

## Spis treści

|  |     |
|--|-----|
| Spis treści .....  | 1   |
| 1.1.1 CHARAKTERYSTYKA FORMACJI I STRUKTUR ODPOWIEDNICH DO GEOLOGICZNEGO SKŁADOWANIA CO <sub>2</sub> .....          | 4   |
| Rejon I - Bełchatów .....  | 4   |
| Inwentaryzacja danych geofizyki wiertniczej i petrofizycznych .....  | 4   |
| Charakterystyka formacji geologicznych odpowiednich do składowania CO <sub>2</sub> .....                           | 6   |
| Inwentaryzacja danych hydrogeologicznych .....   | 8   |
| Wstępna charakterystyka znanych i „nowych” struktur .....  | 10  |
| Rejon II - GZW, w tym Charakterystyka GZW i pokładów węgla (1.1.20 - GIG).....                                     | 15  |
| OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA BUDOWY GEOLOGICZNEJ GZW.....  | 15  |
| WYBRANIE REJONÓW BADAŃ SZCZEGÓŁOWYCH I POZIOMÓW SOLANKOWYCH .....  | 22  |
| Rejon III - Mazowsze .....   | 31  |
| Inwentaryzacja danych geofizyki wiertniczej i petrofizycznych .....  | 31  |
| Charakterystyka formacji geologicznych odpowiednich do składowania CO <sub>2</sub> (jura) .....                    | 34  |
| Charakterystyka formacji geologicznych odpowiednich do składowania CO <sub>2</sub> (trias) .....                   | 36  |
| Inwentaryzacja danych hydrogeologicznych .....   | 40  |
| Rejon IV - brzeżna strefa Karpat i Zapadliska Przedkarpackiego .....   | 42  |
| PODREGION IVA.....   | 42  |
| PODREGION IVB.....   | 91  |
| Rejon V - Lubelszczyzna (i Podlasie).....  | 131 |
| Inwentaryzacja danych geofizyki wiertniczej i petrofizycznych .....  | 131 |
| Charakterystyka formacji geologicznych odpowiednich do składowania CO <sub>2</sub> (karbon) .....                  | 134 |
| Charakterystyka formacji geologicznych odpowiednich do składowania CO <sub>2</sub> w rejonie Podlasia (kambr)..... | 138 |
| Inwentaryzacja danych hydrogeologicznych .....   | 145 |
| Rejon VI - Wielkopolska - Kujawy .....   | 147 |

|  |     |
|--|-----|
| Inwentaryzacja danych geofizyki wiertniczej i petrofizycznych (Teresa Adamczak) .....                                      | 147 |
| Inwentaryzacja danych hydrogeologicznych .....   | 148 |
| Określenie formacji geologicznych perspektywicznych dla geologicznego składowania CO2<br>(Perm – czerwony spągowiec) ..... | 150 |
| Charakterystyka formacji i struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO2. (region<br>Kujawy - jura) .....         | 154 |
| Charakterystyka formacji i struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO2 - kreda w<br>niecce mogileńskiej .....   | 156 |
| Rejon VII - NW Polska .....  | 157 |
| Charakterystyka formacji i struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO2 - jura                                   | 157 |
| Charakterystyka formacji i struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO2 - trias                                  | 160 |
| Inwentaryzacja danych geofizyki wiertniczej i petrofizycznych .....  | 163 |
| Inwentaryzacja danych hydrogeologicznych i hydrogeochemicznych .....   | 164 |
| Rejon VIII - Łeba-Bałtyk oraz NE Polska .....  | 166 |
| Inwentaryzacja danych geofizyki wiertniczej i petrofizycznych .....  | 166 |
| Charakterystyka formacji geologicznych odpowiednich do składowania CO2 (kambr) .....                                       | 170 |
| Inwentaryzacja danych hydrogeologicznych i hydrogeochemicznych .....   | 182 |
| Wstępna ocena potencjału CO2-EOR, CO2-EGR i CO2-ECBM .....   | 184 |
| Wstępna ocena potencjału wspomaganie wydobycia ropy (CO2-EOR) oraz gazu (CO2-EGR) ..                                       | 184 |
| Wstępna ocena potencjału wspomaganie wydobycia metanu pokładów węgla (CO2-ECBM) ..   | 191 |
| Wprowadzanie informacji do bazy danych .....   | 196 |
| Charakterystyka znanych struktur (1.1.19 - IGSMiE PAN) .....   | 197 |
| Rejon I - Bełchatów .....  | 197 |
| Rejon Mazowska (III), linii Kozienice-Lublin (V) oraz Wielkopolski i Kujaw (VI) .....                                      | 202 |
| Rejon frontu Karpat/zapadliska przedkarpackiego (IV) i NW Polski (VII) .....   | 219 |
| Charakterystyka kolektorów P1 (1.1.22 - INiG) .....  | 239 |
| Ogólne dane geologiczne niecki poznańskiej .....   | 239 |
| Charakterystyka wybranych obszarów (kolektorów) czerwonego spągowca niecki poznańskiej .....                               | 243 |

|   |     |
|---|-----|
| Zebranie i podsumowanie podstawowych parametrów złóż w obrębie niecki poznańskiej .....                             | 284 |
| Podsumowanie .....  | 310 |
| Charakterystyka parametrów złożowych (1.1.21 - AGH) .....   | 311 |
| Rejon Zapadliska Przedkarpackiego/frontu Karpat .....   | 311 |
| Zarys budowy geologicznej zapadliska przedkarpackiego .....   | 312 |
| Metodyka określania własności zbiornikowych skał w oparciu o pomiary geofizyki wiertniczej                          | 319 |
| Ilościowa analiza parametrów zbiornikowych skał na podstawie danych geofizyki otworowej                             | 323 |
| Kryteria typowania złóż przeznaczonych do podziemnego składowania CO <sub>2</sub> .....                             | 328 |
| Przegląd złóż węglowodorów na obszarze zapadliska przedkarpackiego i frontu Karpat .....                            | 332 |
| Wstępne rozpoznanie kartograficzne Zapadliska przedkarpackiego i jego podłoża .....                                 | 376 |
| Rejon Lubelszczyzny .....   | 394 |
| Zarys budowy geologicznej rowu lubelskiego .....  | 394 |
| Charakterystyka parametrów zbiornikowych skał karbonu lubelskiego na podstawie danych geofizyki otworowej.....      | 412 |
| Charakterystyka parametrów zbiornikowych skał dewonu i karbonu lubelskiego na podstawie danych laboratoryjnych..... | 424 |
| Rejon Łeba-Bałtyk .....   | 452 |
| Budowa geologiczna kambryjskiego basenu naftowego .....   | 452 |
| Charakterystyka parametrów zbiornikowych skał kambru na podstawie danych geofizyki otworowej .....                  | 472 |

## 1.1.1 CHARAKTERYSTYKA FORMACJI I STRUKTUR ODPOWIEDNICH DO GEOLOGICZNEGO SKŁADOWANIA CO<sub>2</sub>

### Rejon I - Bełchatów

#### Inwentaryzacja danych geofizyki wiertniczej i petrofizycznych (Teresa Adamczak)

W ramach przygotowań do interpretacji i reinterpretacji profilowań geofizycznych z otworów rejonu Bełchatowa, zebrano archiwalne profilowania geofizyczne w formie papierowej i/lub cyfrowej oraz inne dane (np. archiwalne dane hydrogeologiczne, wyniki analiz laboratoryjnych – petrofizycznych – patrz też rozdział 1.1.5) użyteczne do opracowań niniejszego projektu dla 95 otworów wiertniczych (Tabela 1.1.1\_1).

Zgromadzono materiały z otworów zrealizowanych przez Państwowy Instytut Geologiczny oraz przez Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo (bądź firmy lub organizacje będące jego poprzednikiem). Dodatkowo, dla otworów: Aleksandrów Łódzki-1, Sieradz-1, Tuszyn-9, Wieluń-6, Wilczyca-1, wykonano cyfrowanie profilowań geofizycznych (zadanie 1.4.2 – PBG).

Wszystkie zebrane dane stanowią materiał wyjściowy do dalszych opracowań i analiz pod kątem sekwestracji CO<sub>2</sub>.

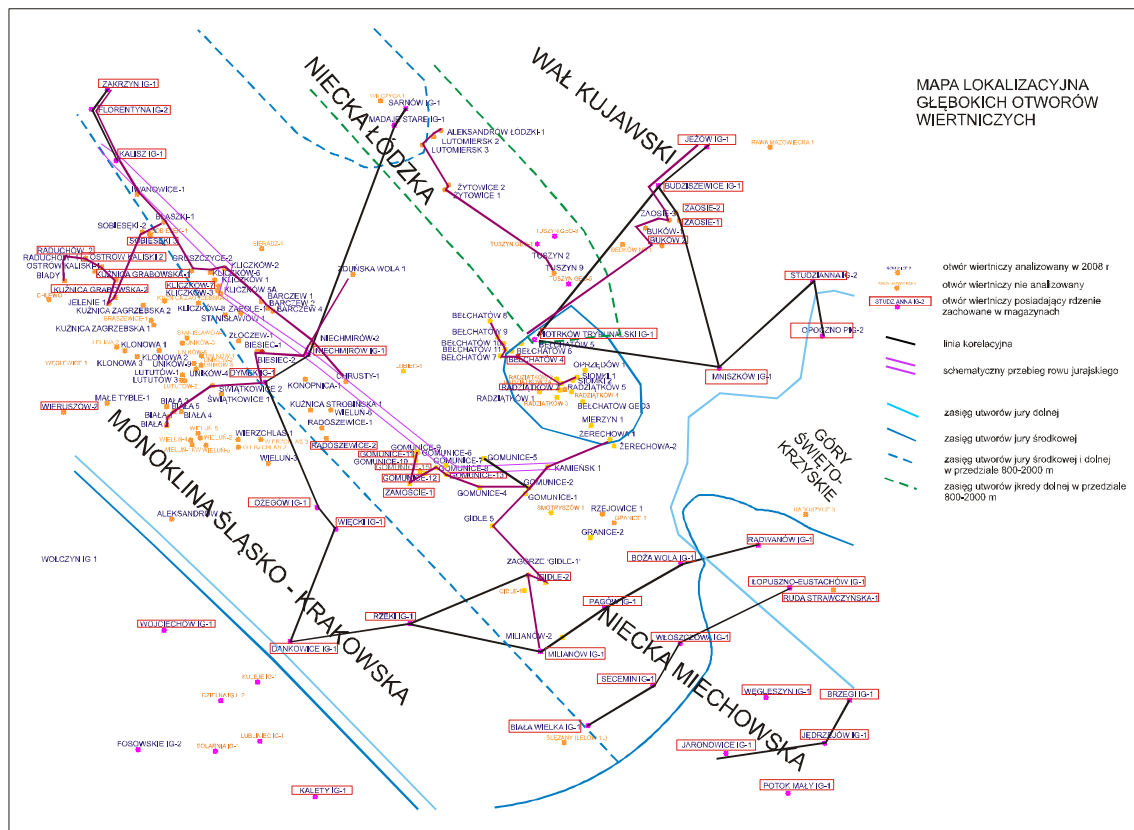
**Tabela 1.1.1\_1** Lista wykorzystanych dokumentacji otworowych geofizyki wiertniczej, w tym z wynikami analiz petrofizycznych.

| L.p. | NAZWA_CBDG           | ROK  | ID_CBDG | L.p. | NAZWA_CBDG        | ROK  | ID_CBDG |
|------|----------------------|------|---------|------|-------------------|------|---------|
| 1    | ALEKSANDRÓW-1        | 1968 | 99042   | 47   | LUTUTÓW-2         | 1984 | 23627   |
| 2    | ALEKSANDRÓW ŁÓDZKI-1 | 1971 | 94771   | 48   | ŁOWICZ IG-1       | 1971 | 94514   |
| 3    | ANNOPOL 254-1        | 2001 | 2063140 | 49   | MADAJE STARE IG-1 | 1967 | 94865   |
| 4    | BARCZEW-1            | 1971 | 97936   | 50   | MAŁE TYBLE-1      | 1968 | 38606   |
| 5    | BEŁCHATÓW-4          | 1961 | 98298   | 51   | MIERZYN-1         | 1971 | 98452   |
| 6    | BEŁCHATÓW-5          | 1963 | 98337   | 52   | MILIANÓW IG-1     | 1968 | 102774  |
| 7    | BEŁCHATÓW-6          | 1964 | 98525   | 53   | MILIANÓW-2        | 1986 | 13578   |
| 8    | BEŁCHATÓW GEO3       | 1961 | 98324   | 54   | MNISZKÓW IG-1     | 1972 | 98792   |
| 9    | BĘDKÓW NR 1          | 1962 | 97251   | 55   | MSZCZONÓW IG-1    | 1977 | 42675   |
| 10   | BIAŁA-1              | 1970 | 97942   | 56   | MSZCZONÓW IG-2    | 1976 | 15989   |
| 11   | BIAŁA-2              | 1971 | 97940   | 57   | NADARZYN IG-1     | 1975 | 3290    |
| 12   | BIAŁA-3              | 1971 | 98016   | 58   | NIECHMIRÓW IG-1   | 1971 | 98261   |
| 13   | BIAŁA-4              | 1970 | 98045   | 59   | NIEŚWIN PIG-1     | 1990 | 16013   |
| 14   | BIESIEC-1            | 1973 | 23629   | 60   | OPOCZNO PIG-2     | 1991 | 16009   |
| 15   | BIAŁA WIELKA IG-1    | 1970 | 104739  | 61   | OŻEGÓW IG-1       | 1970 | 99470   |
| 16   | BUDZISZEWICE IG-1    | 1983 | 14366   | 62   | PAĞÓW IG-1        | 1967 | 102773  |

|             |                      |            |                |    |                           |      |        |
|-------------|----------------------|------------|----------------|----|---------------------------|------|--------|
| 17          | BUKÓW-1              | 1978       | 124894         | 63 | PIOTRKÓW TRYBUNALSKI IG-1 | 1982 | 13500  |
| 18          | BUKÓW-2              | 1986       | 129795         | 64 | POTOK IG-1                | 1967 | 49011  |
| 19          | CHLEWO-1             | 1969       | 38586          | 65 | RADOSZEWICE-1             | 1972 | 98258  |
| 20          | DYMEK IG-1           | 1972       | 98048          | 66 | RADUCZ IG-1               | 1977 | 42703  |
| 21          | FLORENTYNA IG-2      | 1982       | 18156          | 67 | RADWANÓW IG-1             | 1975 | 100048 |
| 22          | FOSOWSKIE IG-2       | 1968       | 102931         | 68 | RADZIĄTKÓW-2              | 1969 | 98528  |
| 23          | GOMUNICE-3           | 1966       | 99858          | 69 | RZEKI IG-1                | 1971 | 102681 |
| 24          | GOMUNICE-10          | 1987       | 11289          | 70 | SARNÓW IG-1               | 1968 | 94774  |
| 25          | GOMUNICE-11          | 1988       | 11284          | 71 | SIERADZ-1                 | 1970 | 96802  |
| 26          | GOMUNICE-15          | 1994       | 11441          | 72 | SKIERNIEWICE GT 1         | 1991 | 14325  |
| 27          | GRANICE-2            | 1966       | 99828          | 73 | SMOTRYSZÓW-1              | 1969 | 99867  |
| 28          | JEŻÓW IG-1           | 1972       | 96506          | 74 | SOBIESEKI-1               | 1975 | 23567  |
| 29          | JĘDRZEJÓW IG-1       | 1968       | 49739          | 75 | SOBIESEKI-2               | 1977 | 96792  |
| 30          | KALETY IG-1          | 1973       | 103556         | 76 | SOBIESEKI-3               | 1987 | 23549  |
| 31          | KALISZ IG-1          | 1974       | 18171          | 77 | STUDZIANNA IG-2           | 1972 | 43142  |
| 32          | KLICZKÓW-3           | 1969       | 96797          | 78 | SZWEJKI-1                 | 1983 | 129562 |
| 33          | KLICZKÓW-8           | 1973       | 98054          | 79 | SZWEJKI IG-3              | 1988 | 15998  |
| 34          | KLONOWA-1            | 1970       | 38584          | 80 | TUSZYN-2                  | 1964 | 96966  |
| 35          | KORABIEWICE PIG-1    | 1991       | 15992          | 81 | TUSZYN-9                  | 1968 | 97234  |
| 36          | KULEJE IG-1          | 1970       | 100350         | 82 | TUSZYN GEO-1              | 1968 | 97230  |
| 37          | KUTNO-1              | 1983       | 13285          | 83 | TUSZYN GEO-5              | 1968 | 96960  |
| 38          | KUŹNICA GRABOWSKA-2  | 1985       | 18194          | 84 | UNIEJÓW-1                 | 1968 | 94609  |
| 39          | KUŹNICA ZAGRZEBSKA-1 | 1971       | 98037          | 85 | UNIKÓW-1                  | 1968 | 98049  |
| 40          | KUŹNICA ZAGRZEBSKA-2 | 1971       | 97990          | 86 | UNIKÓW-3                  | 1968 | 97997  |
| 41          | KUŹNICA ZAGRZEBSKA-3 | 1971       | 97984          | 87 | UNIKÓW-6                  | 1968 | 23626  |
| 42          | LELIWA-2             | 1972       | 38598          | 88 | WIELUŃ-6                  | 1968 | 98224  |
| 43          | LUBIEC-1             | 1962       | 98117          | 89 | WIERUSZÓW-1               | 1968 | 65468  |
| 44          | LUTOMIERSK-2         | 1971       | 94775          | 90 | WIĘCKI IG-1               | 1968 | 99479  |
| 45          | LUTOMIERSK 3         | 1970       | 94772          | 91 | WILCZYCA-1                | 1968 | 94779  |
| 46          | LUTUTÓW-1            | 1972       | 98053          |    |                           |      |        |
| <b>L.p.</b> | <b>NAZWA_CBDG</b>    | <b>ROK</b> | <b>ID_CBDG</b> |    |                           |      |        |
| 92          | ZAKRZYŃ IG-1         | 1984       | 18110          |    |                           |      |        |
| 93          | ZAOSIE-1             | 1978       | 125052         |    |                           |      |        |
| 94          | ZAOSIE-2             | 1989       | 132495         |    |                           |      |        |
| 95          | ZAOSIE-3             | 1989       | 132208         |    |                           |      |        |
| 96          | ZAPOLE-1             | 1972       | 97941          |    |                           |      |        |
| 97          | ZGIERZ IG-1          | 1985       | 13323          |    |                           |      |        |
| 98          | ŻERECHOWA-2          | 1988       | 13566          |    |                           |      |        |
| 99          | ŻYCHLIN IG-3         | 1960       | 93807          |    |                           |      |        |
| 100         | ŻYTOWICE-1           | 1969       | 122784         |    |                           |      |        |
| 101         | ŻYTOWICE-2           | 1972       | 123012         |    |                           |      |        |

## Charakterystyka formacji geologicznych odpowiednich do składowania CO<sub>2</sub> (Anna Feldman-Olszewska)

Na podstawie dotychczasowej wiedzy na temat budowy geologicznej wytypowanego obszaru (Dadlez, Marek, Pokorski (red.) 1998; Deczkowski 1976, 1977; Deczkowski, Franczyk 1988; Dayczak-Calikowska, Moryc 1988; Marek 1977; Marek, Pajchłowa 1997; Mrozek 1975; Pieńkowski 2004) stwierdzono, że najkorzystniejsze warunki kolektorskie powinny wykazywać niektóre poziomy jury środkowej i dolnej oraz w mniejszym stopniu triasu dolnego a także poziom piaskowca trzciniowego triasu górnego. Wykorzystując istniejące bazy danych, na podstawie danych z 150 otworów zakreślono na mapie obszar występowania osadów jury dolnej i środkowej w zakresie głębokości 800-2000 m. Ponadto podano na niej zasięg występowania kredy dolnej, której niektóre poziomy piaskowce uznano za potencjalny dodatkowy kolektor (**Fig. 1.1.1\_1**).



**Fig. 1.1.1\_1** Lokalizacja głębokich otworów wiertniczych i zasięgów perspektywicznych formacji jury i kredy.

Na podstawie zamieszczonych zasięgów uznano, że potencjalnych struktur korzystnych dla składowania CO<sub>2</sub> w utworach jury środkowej należy poszukiwać na obszarze kalisko-częstochowskim, w północnym odcinku niecki miechowskiej, w rejonie bełchatowskim oraz na obszarze wału kujawskiego. Ten sam obszar jest również perspektywiczny dla utworów jury dolnej, przy czym w tym przypadku należy do analizy włączyć cały obszar niecki miechowskiej. Utwory kredy zalegają na odpowiedniej głębokości jedynie na obszarze niecki mogileńsko-tódzkiej. W celu wytypowania struktur w utworach triasowych należało przeanalizować cały obszar badań poza nieką mogileńsko-tódzką oraz rejonem świętokrzyskim.

Przeanalizowano materiały archiwalne ze 155 głębokich otworów wiertniczych pochodzących z dokumentacji wynikowych oraz danych otworowych publikowanych w serii Profile Głębokich Otworów Państwowego Instytutu Geologicznego. Po wstępnej analizie budowy geologicznej podjęto decyzję o ograniczeniu obszaru poszukiwań i wykluczeniu rejonu niecki miechowskiej oraz północnej części niecki łódzkiej, ze względu na niekorzystne warunki dla zatlaczania CO<sub>2</sub> (brak odpowiedniej miąższości skał zbiornikowych). Z tego powodu 15 otworów już przeanalizowanych nie zostało wykorzystanych w następnym etapie badań. Następnie wykonano szczegółową analizę poszczególnych podobszarów na podstawie danych karotażowych, litologicznych oraz wyników badań archiwalnych z 140 głębokich otworów wiertniczych. 71 otworów zostało wykorzystanych do korelacji regionalnych, dla 89 otworów została stworzona baza otworowa zawierająca szczegółową stratygrafię utworów jury środkowej, dolnej oraz triasu. Pozostałe otwory zostały przeanalizowane, jednak zostały wykorzystane jedynie do ogólnego rozpoznania terenu.

### **Analiza archiwalnych danych petrograficznych (Katarzyna Jarmołowicz-Szulc)**

Analiza archiwalnych danych petrograficznych polegała na przejrzaniu dokumentacji i ocenie przydatności zamieszczonych tam informacji. W sumie przeanalizowano 155 dokumentacji z głębokich otworów wiertniczych pod tym kątem.

Ogólna ocena danych archiwalnych, wobec dostępnych dość bogatych materiałów rdzeniowych (patrz rozdział 1.1.5), wypadła negatywnie. Zamieszczone w dokumentacjach wyniki podane są w nienowoczesny sposób, nie zawierają badań porowatości w barwionych płytkach cienkich. Ponadto prezentowane są w bardzo różny sposób, co utrudnia ich wzajemne porównanie. W większości dokumentacji przedstawione wyniki badań petrologicznych mają charakter wrywkowy, nie systematyczny.

## **Inwentaryzacja danych hydrogeologicznych** **(Lidia Razowska-Jaworek)**

W celu wskazania potencjalnych poziomów najlepszych dla geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w rejonie Bełchatowa dokonano analizy parametrów hydrogeologicznych głównie na podstawie wyników uzyskanych z opróbowania poziomów zbiornikowych w głębokich otworach badawczych, poszukiwawczych i hydrogeologicznych Państwowego Instytutu Geologicznego oraz w głębokich otworach wiertniczych Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa. Przeanalizowano około 190 otworów, i ze względu na głębokość, do wstępnej charakterystyki formacji wodonośnych wytypowano 79 otworów wiertniczych ujmujących kompleksy skał o najlepszych właściwościach zbiornikowych i dużym zróżnicowaniu mineralizacji oraz warunków ciśnieniowych, które mogą być potencjalnie zbiornikami do składowania CO<sub>2</sub>, czyli triasu, jury i kredy. Otwory ujmowały utwory od kambru po czwartorzęd.

W celu wstępnego wydzielenia formacji wodonośnych, poza otworami, przeanalizowano opracowania kartograficzne oraz materiały archiwalne, w tym między innymi: Atlas hydrochemiczny i hydrodynamiczny paleozoiku i mezozoiku oraz ascensyjnego zasolenia wód podziemnych na Niżu Polskim (Bojarski, 1996); Geneza i paleohydrogeologiczne warunki występowania wód zmineralizowanych na Niżu Polskim (Paczyński, Pałys, 1970); Mapa miąższości strefy wód słodkich (zwykłych); Atlas hydrogeochemiczny Polski 1:2000000, (Płochniewski, 1968); Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku, mezozoiku i permu, skala 1:1000000 (Pożaryski, Radwański, 1972); Atlas wód geotermalnych Niżu Polskiego. Zbiorniki dolnojurajski i dolnokredowy. Katalog otworów wiertniczych i studni głębinowych w utworach kredy dolnej i jury dolnej na Niżu Polskim (Górecki, 1990).

Przy wydzieleniu formacji o wysokim potencjale do lokowania CO<sub>2</sub> uwzględniano następujące kryteria hydrogeologiczne: głębokość 1000 – 4000 m, miąższość ponad 20 m, obecność izolującego nadkładu i dominujące facje piaskowcowe. Ograniczony potencjał posiadają obszary, gdzie facje piaskowcowe są zastąpione drobnoziarnistymi klastycznymi osadami, zredukowana porowatość piaskowców do 10%, miąższość 10-20 m lub głębokość pomiędzy 800-1000 m.

Przeanalizowano 85 zbadanych poziomów zbiornikowych w otworach wiertniczych, w tym: 9 w utworach kredy dolnej z interwału głębokości od 538 do 2150 m, o mineralizacji 0,3-74 g/l, 14 w utworach jury górnej z interwału głębokości 778-3035 m, o mineralizacji 0,2-109 g/l, 20 w utworach jury środkowej z interwału głębokości 815-2485 m, o mineralizacji 1,2-111 g/l, 18 w utworach jury dolnej z interwału głębokości 518-2485 m, o mineralizacji 0,4-51 g/l, 24 w utworach triasu górnego z interwału głębokości 1025-2576 m, o mineralizacji 6-167 g/l.

Spośród 79 otworów z badanego obszaru, w 17 wykonane były badania porowatości i przepuszczalności skał. Osady jury środkowej zbadano w 4 otworach (7 oznaczeń porowatości i 2 oznaczenia przepuszczalności). Osady jury dolnej zbadano w 5 otworach (23 oznaczenia porowatości i 17 oznaczeń przepuszczalności). Osady triasu górnego zbadano w 12 otworach (50 oznaczeń porowatości i 28 oznaczeń przepuszczalności).

Dane hydrogeologiczne, w różnym zakresie, występują dla osadów jury środkowej w 13 otworach, dla jury dolnej w 19 otworach, a dla triasu górnego w 21 otworach.



W celu dokonania badań hydrogeochemicznych zinwentaryzowano wszelkie dostępne dane dotyczące składu chemicznego i parametrów fizyko-chemicznych w badanym rejonie. Zestawiono 143 analizy chemiczne z 65 otworów wiertniczych z głębokości od 518 m do 4224 m, w tym wśród w/w analiz: 34 z utworów permskich, 11 z dolnotriasowych, 7 środkowotriasowych, 24 górnortriasowych, 18 dolnojurańskich, 20 środkowojurańskich, 14 górnójurańskich i 11 kredowych. Przeanalizowano 137 oznaczeń mineralizacji, 140 oznaczeń ciężaru właściwego, 138 oznaczeń Cl i Ca, 110 oznaczeń Na i 76 oznaczeń Br.

Dla wszystkich analiz wykonano bilans anionowo-kationowy w celu oszacowania błędów analizy i usunięto z dalszych badań te analizy, w których błąd był wyższy od 10%. W 20 przypadkach sięgnięto do oryginalnych dokumentacji ze względu na dyskusyjne wartości niektórych składników, np. brak pewności co do jednostek dla Na w bazie PGNiG. Dokonano wglądu w dokumentacje otworów głębokich z powierzchni: Buków 1, Buków 2, Lutomiersk 2, Lutomiersk 3, Bełchatów 8, Bełchatów 9, Bełchatów 10, Bełchatów 11, Rawa Mazowiecka 1, Jeżów IG 1, Szwejki 1, Szwejki IG 3, Zaosie 1, Zaosie 2, Zaosie 3, Żerechowa 1, Żerechowa 2. Ponadto wykorzystano informacje dotyczące badań hydrogeologicznych zawarte w publikacjach: Budziszewice IG 1, Piotrków Trybunalski IG 1, Wrotnów IG 1 z serii Profile Głębokich Otworów Wiertniczych PIG.

## Wstępna charakterystyka znanych i „nowych” struktur (Adam Wójcicki, Marek Jarosiński)

Na podstawie analizy archiwalnych materiałów geologiczno-geofizycznych (oraz wyników nowych prac wykonanych w ramach tematu, dostępnych na koniec marca 2009) przeprowadzono wstępną weryfikację przydatności struktur w poziomach wodonośnych solankowych opracowanych przez IGSMiE w zadaniu 1.1.19, scharakteryzowanym powyżej (Kliczków, Lutomiersk, Tuszyn, Jeżów) oraz dwóch innych struktur (Gomunice i Gidle), zidentyfikowanych w obrazie archiwalnych map sejsmicznych. Ponadto przeanalizowano strukturę Budziszewice (albo kulminacja Zaosie struktury Justynów-Zaosie zidentyfikowanej przez Marka, 1977).

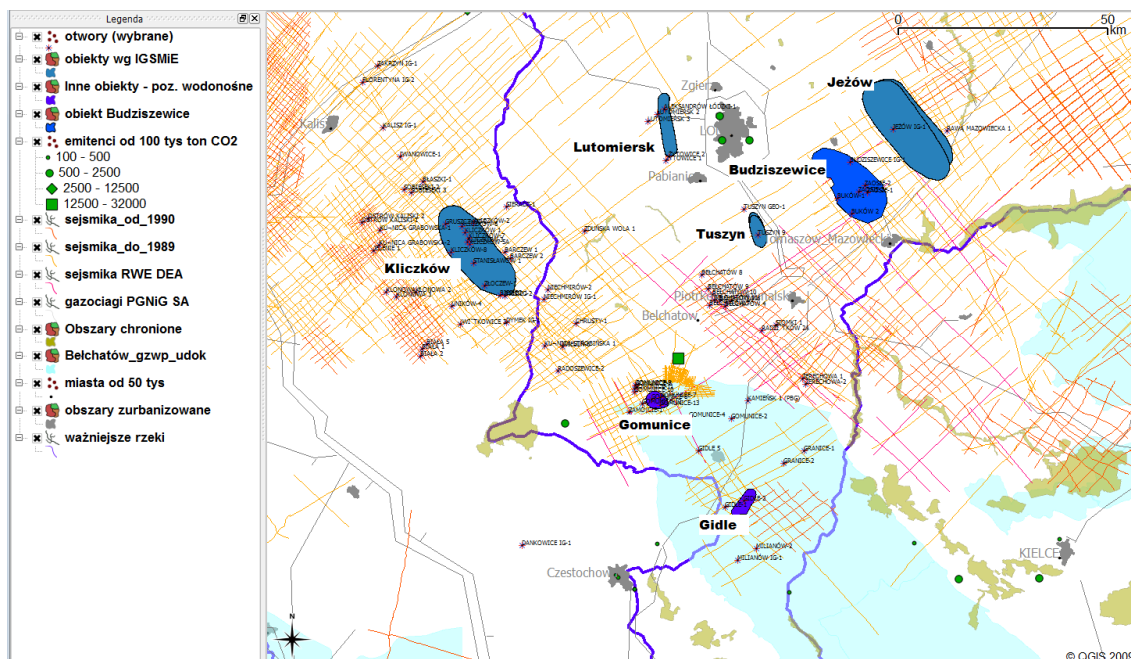


Fig. 1.1.1\_2 Lokalizacja znanych i „nowych” struktur.

Do analiz przydatności struktur, jako potencjalnych składowisk przyjęto następujące, jednolite kryteria (Tabela 1.1.1\_2).

**Tabela 1.1.1\_2** Kryteria oceny przydatności struktur w poziomach wodonośnych solankowych, jako potencjalnych składowisk (na podstawie Chadwick i in., 2006).

| Kryteria                             | Wskaźniki pozytywne              | Wskaźniki negatywne     |
|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Głębokość występowania kolektora     | $\geq 800$ m, $\leq 2000-2500$ m | $> 2500-3000$ m         |
| Miąższość kolektorów                 | $\geq 50$ m                      | $< 20$ m                |
| Porowatość kolektora                 | $\geq 10-20\%$                   | $< 10\%$                |
| Przepuszczalność kolektora           | $\geq 100$ mD                    | $< 10-100$ mD           |
| Zasolenie wód złożowych              | $\geq 30-100$ g/l                | $< 10$ g/l              |
| Miąższość warstw uszczelniających    | $\geq 100$ m                     | $< 50$ m                |
| Integralność warstw uszczelniających | W pionie i poziomie              | Uskoki w obrębie warstw |

Należy przy tym nadmienić że waga poszczególnych kryteriów zależy od danego przypadku. Przyjmuje się zwykle (Chadwick et al., 2006) że niespełnienie dwóch kryteriów (wskaźniki negatywne) dyskwalifikuje strukturę jako potencjalne składowisko. Istotne jest też rozpoznanie geofizyczno-otworowe danej struktury oraz stopień reprezentatywności i jakości posiadanych danych geofizyczno-geologicznych.

W **Tabeli 1.1.1\_3** przedstawiono wyniki wstępnej charakterystyki siedmiu struktur w rejonie Bełchatowa, dokonanej na podstawie powyższych założeń (patrz też rozdział 1.1.2).

**Tabela 1.1.1\_3** Wyniki wstępnej charakterystyki struktur solankowych w rejonie Bełchatowa.

| struktura    | kolektor  | otwór zaty   | strop kolektora | mi szo | wys kolekt | porowat % | przepuszcz | zasolenie g | mi szo | int uszcz | Otwory (op | sejsmika (g |
|--------------|-----------|--------------|-----------------|--------|------------|-----------|------------|-------------|--------|-----------|------------|-------------|
| Gomunice     | Jb1&Jto3; | Gomunice-13  | 900             | 100    | 100        | 20        | 600        | 3.30        | >100   | od NE rów | 3          | 8           |
| Gidle        | Jb1&Jto3; | Gidle-2      | 1100            | 60     | 40         | 15-20     | <500       | <10         | 60     | dostat    | 1. 2       | 3. 5        |
| Kliczków J   | Jpl       | Niechmirów I | 1100            | 200    | 200        | 20        | 500        | 127         | 100    | dostat    | 1. 2       | >10         |
| Kliczków T   | Tp2       | Kliczków-6   | 2100            | 100    | 100        | 10        | 10. 50     | 150         | 200    | dostat    | kilka      | >10         |
| Lutomiersk   | Jb1+a+to3 | Lutomiersk-2 | 1500            | 300    | 150        | 15        | >200       | 100         | 100    | dobre     | 2. 3       | 1           |
| Tuszyn K     | K1        | Tuszyn-2     | 737             | 100    | 50         | 25        | 800        | <1          | ???    | ???       | 2. 3       | 2. 3        |
| Tuszyn J     | J2        | Tuszyn-2     | 1900            | 200    | 100        | 15        | >100       | <1          | 60     | ???       | 2. 3       | 2. 3        |
| Budziszewice | Jp13&Js+h | Zaosie-2     | 775             | 150    | 100        | 22        | 800        | 4. 9        | 100    | dobre     | 6          | 10          |
| Je ów J      | Ja+to3&Jp | Je ów IG-1   | 626             | 250    | 100        | 22        | 600        | 13          | 200    | zuskokowa |            | 27. 8       |
| Je ów T      | Tp2       | Je ów IG-1   | 3000            | 360    | 150        | <20       | <100       | 360         | >200   | ???       |            | 25. 6       |

żadna z dotychczas rozważanych struktur nie ma wystarczającej dokumentacji sejsmicznej, umożliwiającej konstrukcję w miarę precyzyjnego modelu szczegółowego i wstępną lokalizację otworów do zatłaczania. Dodatkowo na istniejących sekcjach na głębokości występowania J1, zwłaszcza w osi struktur wyniesionych (brachyantyklin), jakość sejsmiki jest często niewystarczająca dla scharakteryzowania geometrii struktur. Dokumentacja otworowa rozpatrywanych struktur jest również uboga (zwłaszcza w osi struktur). W odległości ok. 50-100 km od Gór Świętokrzyskich i podtrzęciorzędowych wychodni na wale przedkarpackim kolektor J1 jest wysłodzony poniżej 10 g/dm<sup>3</sup>, z tym, że wysłodzenie to może mieć charakter kopalny, związany z istnieniem zbiornika morskiego o niskim zasoleniu przed inwersją bruzdy duńsko-polskiej oraz występowaniem tam wód słodkich w odległej przeszłości geologicznej. Niecka Miechowska jest wysłodzona z dwóch stron od G.Św. i Jury Krakowsko-Częstochowskiej. Dalej ku N wzdłuż wału śródpolskiego zasolenie J1 zawiera się w przedziale 10-50 g/dm<sup>3</sup>.

Według wstępnych analiz trzy struktury mogą być przydatne jako potencjalne składowiska, wykorzystane ewentualnie przez PGE Bełchatów, jednakże zostanie to jeszcze zweryfikowane przez wyniki prac przedstawionych w kolejnych rozdziałach.

Struktura Lutomierska – jest to południowy skraj ciągu wysadów Kłodawy i częściowo przebitej soli cechsztyńskiej o rozciągłości południkowej. Na podstawie obrazu grawimetrycznego przypuszczać można, że struktura ta jest zamknięta ze wszystkich stron. Od W jest ona ograniczona uskokiem (przedłużeniem uskoku Gopła-Ponętowa – Marek, 1977), który ze względu na brak dobrej jakości danych sejsmicznych z tego obszaru nie może być dokładnie scharakteryzowany, ale informacje z

otworów Lutomiersk-2 i Lutomiersk-3 sugerują, że jego zrzut wynosi w jurze kilkaset metrów. Blisko osi struktury znajduje się jeden otwór (Lutomiersk-2), w którym występują dwa kolektory jurajskie (bajos i aalen&tarok górny), o odpowiedniej miąższości. Strop wyższego kolektora J2 występuje w tym otworze na głębokości ok. 1470 m, co gwarantuje dobre warunki fizyczne zatlaczania (tzn. temperaturę i ciśnienie zapewniające osiągnięcie stanu nadkrytycznego). Również poziomy uszczelniające spełniają tu z powodzeniem kryteria miąższości. W drugim otworze znajdującym się na E skłonie struktury (Aleksandrów Łódzki-1) kolektory mają nieco mniejsze miąższości, które jednak ciągle są zadowalające. Na W od uskoku ograniczającego wyniesienie od W miąższości kolektorów gwałtownie spadają, a ich głębokość wzrasta, co jest wynikiem zarówno synsedymencyjnej jak i późniejszej aktywności wspomnianego uskoku, prawdopodobnie ograniczającego strukturę solną w podłożu. Struktura ta jest, zatem asymetryczna, lecz jej dokładna geometria nie może być zrekonstruowana w oparciu o istniejący materiał archiwalny. Interesująca nas struktura przecięta jest w sąsiedztwie wspomnianych otworów tylko jednym profilem sejsmicznym, inne profile jedynie zahaczają o jej krańce (na południu i NE). Dotychczas stwierdzoną najbardziej istotną wadą tej struktury jest prawdopodobne wystąpienie solanek kolektora J2 poniżej wartości charakterystycznych dla tła tego obszaru, wynikające z wysokiej elektrooporności tego kompleksu, dokumentowanej geofizyką wiertniczą. Otwór znajdujący się na skłonie struktury ma zasolenie normalne dla tego obszaru. Sugeruje to możliwość rozszczelnienia strefy uskokowej ograniczającej strukturę Lutomierska od W, która to strefa może mieć łączność ze strefą uskokową w rejonie Tuszyń. Jednak otwór zlokalizowany najbliżej strefy uskokowej po jej W stronie wykazuje zasolenie normalne w obrębie J2. Informacje te są niejednoznaczne i dlatego struktura ta jest, mimo wszystko, godna rozpatrzenia.

Struktura Budziszewic (segment Zaosie formy strukturalnej Justynów-Zaosie) – Jest to rozległa struktura o dwóch kolektorach w obrębie J1 (pliensbach, synemur&hetang) rozdzielonych przeciętnej miąższości uszczelnieniem i przykryte większej miąższości uszczelnieniem (toarku). W osiowej partii struktury zarówno kolektory jak i uszczelnienia mają mniejszą grubość niż na skłonach struktury. Elewacja górnego kolektora głównego segmentu struktury znajduje się na głębokości ok. 700-770 m (pomiędzy otworami Zaosie-1 i Zaosie-3, gdzie głębokość stropu kolektora pliensbachu wynosi około 770 m, ale kulminacja między może być o kilkadziesiąt metrów wyższa). Z profilu sejsmicznego podłużnego, o słabej jakości, wynika, że zamknięcie tej struktury na jej krótszych końcach może być płytkie: ponad 100 m SE strony oraz kilkadziesiąt m od NW. Ewentualne przelanie się CO<sub>2</sub> od NW strony tej struktury może spowodować przedostanie się do segmentu (Justynowa), gdzie elewacja kolektora może być na głębokości ok. 600 m, a zasolenie < 1 g/dm<sup>3</sup>. W otworze znajdującym się blisko przegubu struktury kolektory znajdują się na dostatecznej głębokości (Budziszewice IG-1). Dla elewacji kolektora segmentu głównego (struktura Budziszewice=Zaosie) charakterystyczne jest płytkie występowanie kolektora pliensbachu, na głębokości odpowiadającej granicy obszaru nadkrytycznego (aby osiągnąć obszar nadkrytyczny temperatura musi być wyższa od 31.3 °C a ciśnienie od 7.3 MPa – to ostatnie zachodzi, przy założeniu ciśnienia hydrostatycznego, na głębokości większej od 730 m). O ile według „surowych” wyników pomiarów temperatury w otworach jej wartości mieszczą się już w tym przedziale, to wartości otrzymane po kalibracji na wpływ konwekcji płuczki i tzw. poprawkę klimatyczną (Szewczyk, 2009) sugerują że temperatura na głębokości 700 m może być niższa, nawet 28-29 C (ale jest to jeden z modeli kalibracji temperatury, dający skrajnie niskie wartości). Sugeruje to możliwość „zagotowania” CO<sub>2</sub> w najwyższej części struktury, gdzie

jednak kolektor wycienia się. W głównym segmencie występują w obrębie płytszego kolektora wody wysłodzone (1-10 g/cm<sup>3</sup>), ale stagnujące, według analiz hydrogeochemicznych zespołu hydrogeologicznego PIG (patrz rozdział 1.1.6) oraz analiz paleontologicznych. Problemem jest, jak w przypadku innych struktur, słaba jakość większości danych sejsmicznych (tylko trzy profile na 14 przechodzących przez strukturę pochodzą sprzed kilku lat, reszta to profile z lat 1970-tych). Ze względu na głębokość i ciśnienia najbardziej obiecujący jest kolektor w obrębie synemuru, ale pod warunkiem dostatecznej izolacji od pliensbachu. Kolektory w obrębie triasu nie posiadają korzystnych własności, może poza pstrym piaskowcem, który jednak występuje zbyt głęboko (~3 km). Zarówno głębokość kolektora pliensbachu jak i umiarkowane zamknięcie struktury od NW sprawia, że istnieje pewne ryzyko odrzucenia tej struktury, jako docelowego miejsca składowania po dokładniejszym jej rozpoznaniu.

Rowy w okolicy Kliczkowa. Struktura ta została określona jako obiecująca ze względu na dobre parametry kolektora w obrębie rowu jurajskiego o szerokości ok. 2 km i rozciągłości NW-SE. Występują tu dwa kolektory jurajskie (potencjalny kolektor pstrygo piaskowca ma wszędzie przepuszczalność bliską minimum, a w obrębie rowu znajduje się ponadto na zbyt dużej głębokości). Strop górnego kolektora J2 w obrębie rowu spłyca się do 600 m, toteż, jako bezpieczny można uważać wyłącznie dolny kolektor jurajski. Wówczas dla osiągnięcia zadowalającej pojemności struktury potrzeba kilkudziesięciu kilometrów rowu. Na podstawie istniejących danych geologicznych nie można stwierdzić czy struktura wykazuje taką ciągłość, a dodatkowo na tak długim odcinku istnieje możliwość rozszczelnienia uskoków ograniczających rów. Mimo dobrych parametrów kolektora (np. w otworze Niechmirów IG-1) i uszczelnień struktura ta daje jeszcze mniejsze szanse na ulokowanie w niej składowiska CO<sub>2</sub> (zbyt mała pojemność).

Pozostałe struktury są, według wyników wstępnych analiz, mniej odpowiednie jako potencjalne składowiska niż wspomniane trzy powyżej.

Kliczków – monoklina na W od rowów jurajskich. Strop kolektora J1 na głębokości 600 m i mniej. Na W od rowu strop pstrygo piaskowca (Tp) spłyca się monoklinalnie z 1800 do 1400 m, ale uszczelnienie jest coraz cieńsze (skrajnie poniżej 40 m). Wadą mięszszego kolektora Tp nie jest głębokość, ale raczej słaba porowatość (10%) i przepuszczalność (kilkadziesiąt mD). Kolektor charakteryzuje wysokie zasolenie.

Struktura Tuszyng – stropy kolektorów J1 i J2 na dużej głębokości ok. 1800 – 2200 m, a mimo to wysłodzenie wody w 2 otworach (< 1 g/dm<sup>3</sup>). Anomalia wysłodzenia wykracza daleko poza wartość tła, a zatem duże ryzyko związane z podłużnym rozcięciem osi struktury przez uskoki (?przesuwczy), o geometrii predestynującej go do reaktywacji. Mała ilość danych sejsmicznych. Sprawdzić można N fragment struktury, oddalony od przewodniej strefy uskoku i cechujący się płytszymi kolektorami – jednak tam brak danych otworowych.

Struktura Jeżowa – elewacje osi zdecydowanie za płytkie (do 550 m) – duże ryzyko „wrzenia” CO<sub>2</sub>, przeciętna ilość danych. Sejsmika sugeruje, że nadkład uszczelniający strukturę od góry jest zuskokowany. Oś struktury płytko zamknięta od strony SE.

Struktura Gomunic – jest dwudzielna, w części północnej spłyca się przy rowie Kleszczowa, gdzie strop najwyższego kolektora (J2) występuje na głębokości ok. 500-600 m. W tym miejscu struktura

kontaktuje z główną, południową dyslokacją rowu (właśnie ten ostatni obiekt zaznaczono na **Fig. 1.1.1\_2**). Od wschodu jest ona prawdopodobnie również ograniczona strefą uskokową rozcinającą rów w okolicach wysadu Dębina.

Struktura Gidle - na dobrej głębokości jest T3 – piaskowiec trzciny – ale ew. struktura jest ledwie zarysowana, płytka i słabo domknięta od W. W jurze nie zaznacza się na (słabej jakości) obrazie sejsmicznym. Największym problemem są strefy uskokowe w sąsiedztwie, które należą do uskoków poprzecznych tnących rów Bełchatowa – aktywne neotektonicznie. Mimo dobrego zasolenia struktura ta może się rozszczelić, ponieważ blok ograniczony jest strefami tektonicznymi. Pojemność ew. struktury jest zbyt mała.

## Rejon II - GZW, w tym Charakterystyka GZW i pokładów węgla (1.1.20 - GIG) (Janusz Jureczka, Włodzimierz Krieger, Michał Rolka, Sławomir Wilk – PIG-PIB OG)

(Jarosław Chećko, Magdalena Głogowska, Karol Kura – GIG)

Zgodnie z założeniami projektu, punkt 1.1.1. „Charakterystyka formacji i struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub>” dla rejonu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) obejmował także zagadnienia szczegółowe, realizowane przez Główny Instytut Górnictwa (GIG) w ramach punktu 1.1.20 „Charakterystyka GZW i pokładów węgla”, przy współudziale Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego Oddział Górnośląski (PIG-PIB OG).

### OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA BUDOWY GEOLOGICZNEJ GZW

#### Rozpoznanie geologiczne i górnicze

Na terenie GZW eksploatację węgla rozpoczęto już w połowie XVII wieku. Według stanu na 31.12.2008 r. (Bilans ..., 2009) w GZW znajduje się 120 rozpoznanych i udokumentowanych złóż węgla kamiennego, w tym 46 złóż jest eksploatowanych przez 32 kopalnie, a 34 złóż jest w stanie zaniechanej eksploatacji. Pozostałe złoża (40 złóż) są niezagospodarowane – Fig. 1.1.1\_3.

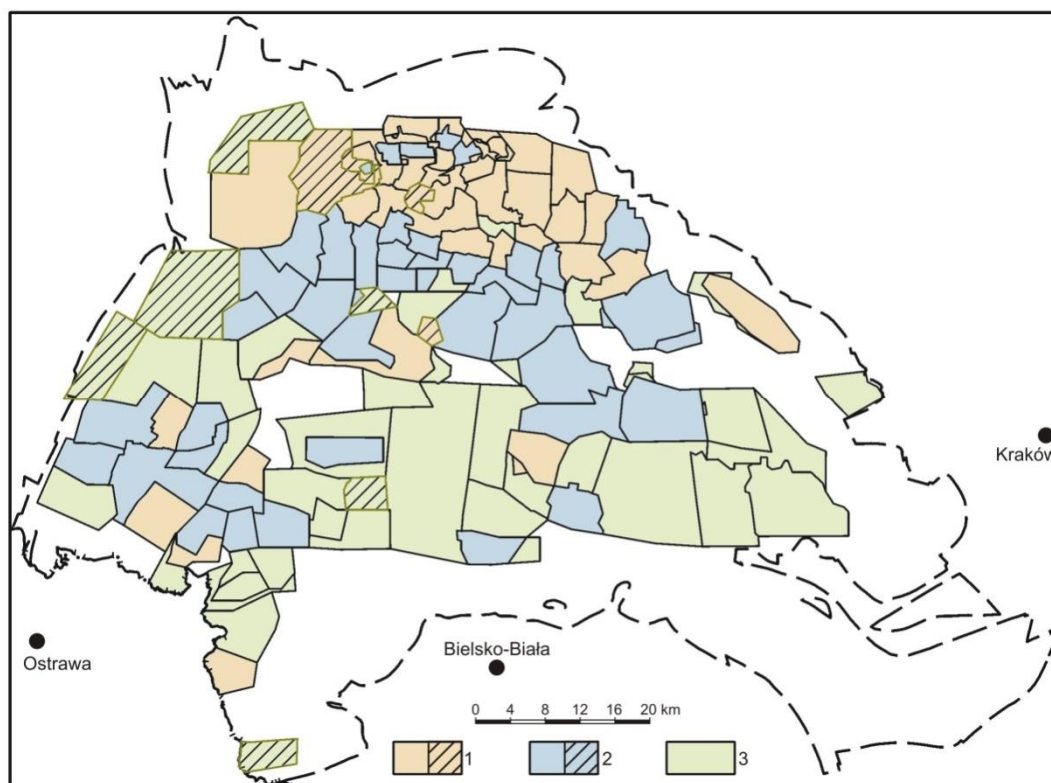
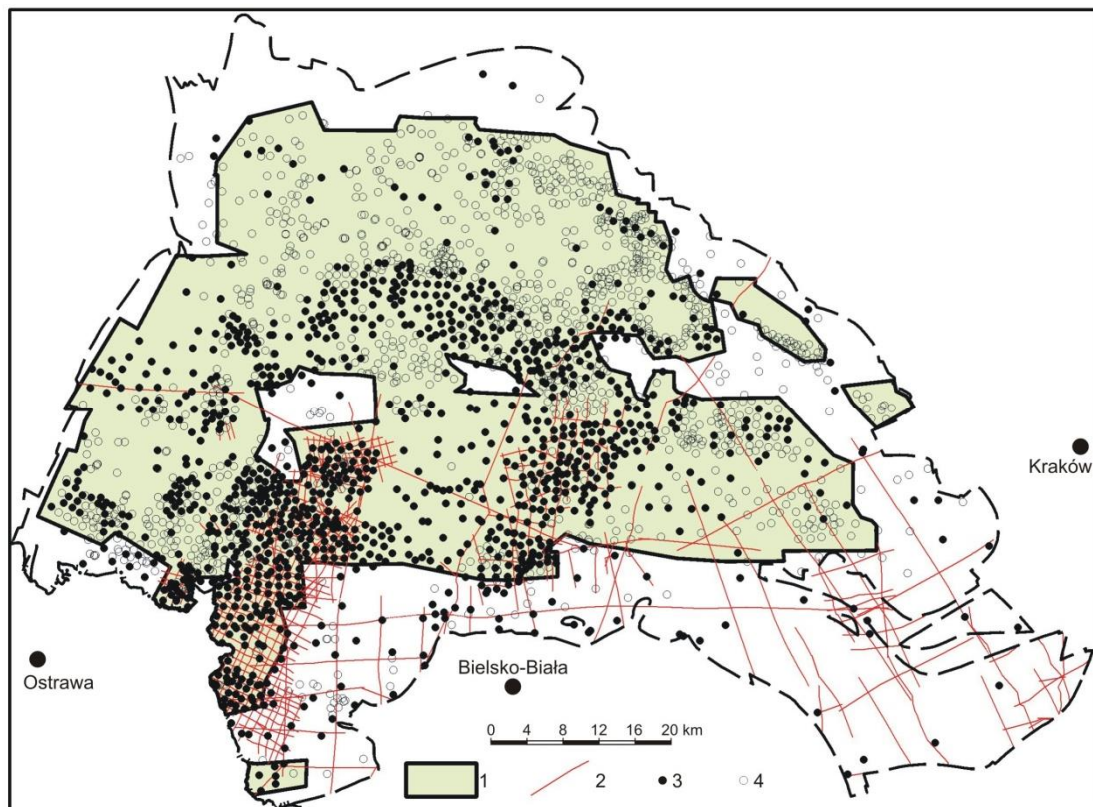


Fig. 1.1.1\_3 Rozmieszczenie złóż węgla kamiennego w GZW (Jureczka i in., 2009)

1 – złoża zaniechane (zakreskowane – złoża skreślone z rejestru), 2 – złoża eksploatowane, 3 – złoża niezagospodarowane (zakreskowane – złoża skreślone z rejestru zasobów)

Dotychczas w granicach Zagłębia Górnośląskiego odwiercono przeszło 5600 otworów wiertniczych (nie licząc tysięcy górniczych otworów dołowych), w tym blisko 2500 otworów o głębokości nie mniejszej niż 500 m, a 1200 o głębokości przynajmniej 1000 m. Zdecydowana większość z tych otworów znajduje się w granicach obszarów dotychczas dokumentowanych złóż. Najstąbiej rozpoznana jest skrajnie północna i południowo-wschodnia część zagłębia. W południowej części zagłębia stopień rozpoznania budowy geologicznej, obok otworów wiertniczych, zwiększa znaczna ilość wykonanych profilowań sejsmicznych (Fig. 1.1.1\_4).



**Fig. 1.1.1\_4** Rozpoznanie geologiczne w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (Jureczka i in., 2009)

1 – obszary dokumentowane, 2 – profile sejsmiczne, 3 – otwory wiertnicze o głębokości przynajmniej 1000 m, 4 – otwory wiertnicze o głębokości od 500 do 1000 m

### Stratygrafia i litologia

Granice GZW określa zasięg utworów węglonośnych karbonu górnego, a częściowo także linie uskoków. Na zachodzie ograniczają ją sfałdowane utwory fliszowe karbonu dolnego (kulmu). Granica północno-wschodnia ukryta jest pod utworami permu i triasu. Poniżej utworów węglonośnych występują sfałdowane utwory dolnopaleozoiczne, na których leżą niezgodnie węglanowe utwory dewonu (wapień węglowa) i karbonu dolnego. Granica południowa przebiega pod nasunięciem fliszu karpackiego. Jest to granica erozyjna. Występują tu metamorficzne utwory prekambriu, a powyżej utwory kambriu i dewonu. Strop karbonu zalega tu na głębokości poniżej 2000-3000 m, sięgając nawet 5000 m (Jureczka i in., 2005).



## **Podłoże utworów węglonośnych karbonu**

Podłoże Górnośląskiego Zagłębia Węglowego zbudowane jest z utworów prekambriu, kambriu, dewonu oraz częściowo z młodszych skał karbonu (Jureczka & Kotas, 1995).

Utwory najniższego prekambriu zbudowane są ze skał krystalicznych oraz kompleksu słabo zmetamorfizowanych skał pelitowych i psamitowych. Kambrium zbudowany jest z utworów klastycznych. Miąższość utworów kambryjskich waha się od 0 do 1100 m.

Utwory dewonu w najstarszej części (dewon dolny) to utwory klastyczne. Ich miąższość waha się od 0 do 78 m. Dewon środkowy to ciemnoszare i czarne dolomity o grubości 250-290 m. Dewon górny reprezentowany jest przez wapień organiczne i detrytyczne.

Karbon dolny (środkowy i górny turnej) GZW budują skały węglanowe, będące kontynuacją sedymentacji platformowej rozpoczętej w dewonie. Najniższa seria to wapień detrytyczny, organodetrytyczny i pseudo-oolitowy. Grubość tej serii sięga do 140 m. Górna seria (dolny i środkowy wizen) zbudowana jest z ciemnoszarych wapieni detrytycznych, organodetrytycznych i pseudo-oolitowych z przewarstwieniami mułowców, tufitów i litytów (Kotas, 1995). Miąższość tej serii także dochodzi do 140 m. Maksymalna miąższość utworów węglanowych dewonu i dolnego karbonu to 1170 m.

Prefliszowa asocjacja węglanowa (wapień węglowy) przechodzi w klastyczne utwory pochodzenia morskiego, odpowiadające utworom fliszowym (Kotas, 1995). Na górnej serii karbonu dolnego leżą zgodnie mułowcowo-piaszczyste utwory asocjacji fliszowej (Jureczka & Kotas, 1995). Granica ta jest wyraźna i dobrze zdefiniowana. Wiek warstw karbonu górnego określany jest na górny wizen i dolny namur A. Seria w północnej i wschodniej części GZW reprezentowana jest przez warstwy malinowickie, które są korelowane we wschodniej części z warstwami zalaskimi, a w części czeskiej z warstwami kijowickimi. Miąższość całego kulmu waha się od 200 m do 1500 m. Utwory te charakteryzuje praktycznie całkowity brak pokładów węgla.

Górna granica warstw malinowickich i zalaskich określana jest w stropie poziomu morskiego Štur. Powyżej tego poziomu następują zmiany litologiczne. Morskie osady przechodzą tutaj w utwory molasowe (tzw. karbon produktywny) zawierające pokłady węgla.

## **Karbon węglonośny**

Utwory produktywny karbonu (**Tab. 1.1.1\_4**) ujawniają asymetryczną budowę w Zagłębiu. Poszczególne ogniwa litostratygraficzne ulegają znacznej redukcji w kierunku wschodnim i południowo-wschodnim.

Seria węglonośna karbonu charakteryzuje się dwudzielną budową. Dolna część, seria paraliczna, leży niezgodnie na morskich osadach silikoklastycznych. Górna część, określana jako osady kontynentalne (lądowe) górnośląskiej serii piaskowcowej, serii mułowcowej i krakowskiej serii piaskowcowej leży penakordantnie na serii paralicznej z przerwą sedymentacyjną.

**Tabela 1.1.1\_4** Podział litostratygraficzny karbonu węglonośnego GZW

(wg Dembowski, 1972 ze zmianami Jureczka, 1988; podział stosowany w górnictwie wg Doktorowicza-Hrebnińskiego i Bocheńskiego, 1952)

| Podział karbonu rekomendowany przez ICS (2008) |         | Podział stosowany w opracowaniach naukowych |         | Podział stosowany w górnictwie |  | Wiek (mln lat)                        |                       |           |           |
|--|---------|---|---------|--------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| Epoka  | Wiek    | Ogniwa litostratygraficzne                  |         |                                |  |                                       |                       |           |           |
| PENSYLVAN                                      | rodkowy | moskow                                      | WESTFAL | D                              | warstwy libi skie                                | p. 110                                | warstwy libi skie     | p. 110    | 307,2±1,0 |
|  |         |   |         | C                              | luka str. ~~~~~<br>warstwy jżaziskie             | p. 119                                | warstwy jżaziskie     | p. 119    |           |
|  |         |   |         | B                              | poziom zmiany facjalnej<br>warstwy orzeskie s.s. | p. 215                                | warstwy orzeskie      | p. 301    |           |
|  | A       | tufit<br>warstwy zaż skie                   |         | p. 364                         | warstwy orzeskie                                 | p. 401                                |                       |           |           |
|  | C       | p. sý Hubert ●●<br>warstwy rudzkie s.s.     |         | p. 419                         | warstwy rudzkie                                  | p. 501                                |                       |           |           |
|  | B       | p. 501<br>warstwy siodŸowe                  |         | p. 501                         | warstwy siodŸowe                                 | p. 501                                |                       |           |           |
| MISSISSIP                                      | górný   | serpuchow                                   | NAMUR   | GORNO I SKA SERIA PASKOWCOWA   | luka str. ~~~~~<br>warstwy jejkowickie           | p. 510                                | warstwy jejkowickie   | p. 510    | 318,1±1,3 |
|  |         |   |         |                                | warstwy grodzieckie                              | p. m. Gaebler ⑥⑥                      | warstwy por bskie     | p. 601    |           |
|  |         |   |         |                                | warstwy jaklowieckie                             | p. m. Barbara ⑥⑥                      | warstwy jaklowieckie  | p. 701    |           |
|  |         |   |         | SERIA PARALICZNA               | warstwy florowskie*                              | p. m. Enna ⑥⑥                         | warstwy gruszowskie   | p. 801    |           |
|  |         |   |         |                                | warstwy sarnowskie*                              | łupek szlifierski<br>p. m. Nanetta ⑥⑥ | warstwy gruszowskie   | p. 848    |           |
|  |         |   |         |                                | warstwy pietrkowickie                            | p. m. ¥ tur (XVI) ⑥⑥⑥⑥                | warstwy pietrkowickie | p. 901    |           |
|  |         |   |         |                                |  | warstwy pietrkowickie                 | p. 915                | 328,3±1,6 |           |

\* - wg podziału Doktorowicza-Hrebnińskiego dla rejonu d browskiego (1935)

### Seria paraliczna (SP)

Seria paraliczna wiekowo zaliczana jest do namuru A. Charakterystyczn¹ jej cech¹ s¹ wystêpuj¹ce cyklicznie w profilu osady klastyczne i fitogenetyczne. Osady klastyczne to w g³ówniej mierze piaskowce drobno- i œrednioziarniste. Obok rzadziej wystêpuj¹cych osadów grubszej frakcji, stanowi¹ one od 20 do 50% ca³ej serii. Sk¹y fitogeniczne to oko³o 3-4% udzia³u. Mi¹szszoœc utworów serii paralicznej we wschodniej czêœci GZW wynosi oko³o 200 m, a w czêœci zachodniej prawie 3800 m. W profilu serii paralicznej wyrózniono 110, zwykle cienkich do 1-1,5 m, pok³adów wêgla.

### Górnośląska seria piaskowcowa (GSP)

Jest pierwszą serią tzw. osadów kontynentalnych karbonu produktywnego GZW. Cechą charakterystyczną GSP jest przewaga piaskowców i zlepieńców nad piaskowcami drobnoziarnistymi i iłowcami oraz występowanie grubych pokładów węgla. Osady gruboklastyczne mają do 70-90% udziału w profilu. W GSP naliczono około 60 pokładów węgla (Jureczka & Kotas, 1995). Są to zazwyczaj dość grube pokłady o miąższości 4-8 m. Najgrubszy pokład ma 24 m (pokład 510, Reden).

### Seria mułowcowa (SM)

Sedymentacyjnie seria mułowcowa jest kontynuacją najwyższej części GSP. Maksymalna miąższość serii w zachodniej części Zagłębia dochodzi do 2000 m, w części wschodniej zredukowana jest do 150 m. Seria mułowcowa wśród kontynentalnych utworów karbonu produktywnego zajmuje największy obszar. Dominują utwory drobnoklastyczne: mułowce, mułowce piaszczyste, rzadziej iłowce. Piaskowce – na ogół drobnoziarniste – stanowią zaledwie 15-25% miąższości profilu serii. Pokłady węgla są liczne, cienkie i zmienne. Rzadko przekraczają miąższość 1,5 m. W serii wyróżniono 160 warstw węgla, z czego 70 ma znaczenie ekonomiczne. Całkowity udział węgla w profilu serii to 5-7%. Stratygraficznie zaliczana jest do westfalu A i dolnej części westfalu B.

### Krakowska seria piaskowcowa (KSP)

Krakowska seria piaskowcowa jest najmłodszą formacją karbonu produktywnego. Jej cechą charakterystyczną jest jednolita budowa na całym obszarze występowania. KSP składa się w przewadze z gruboziarnistego osadu (ok. 70% profilu, czasem więcej do 90%). Są to piaskowce grubo- i średnioziarniste tworzące grube, dużej miąższości pakiety. Pakiety te rozdzielone są interwałami osadów drobnoziarnistych, w obrębie których występują pokłady węgla. Maksymalna miąższość serii to 1140 m w rejonie Libiąża. Obszar depozycji tej serii jest wysunięty najbardziej na wschód. Zaliczana jest do westfalu B-D. Warstwy węgla są nieliczne, lecz o dużej miąższości, nierzadko 6-7 m. W profilu wyróżniono 40 warstw węgla. 20 pokładów ma znaczenie bilansowe. KSP kończy sedymentację karbonu produktywnego.

### **Nadkład karbonu produktywnego**

We wschodniej części Zagłębia stopową część profilu karbonu górnego budują utwory zwane arkozą kwaczalską, zalegające na utworach węglonośnych. Wiek tych utworów określany jest na stefan. Arkozę kwaczalską budują rozsypliwie, gruboziarniste piaskowce arkozowe i żwiry. Utwory te przeławiczone są czerwonymi i pstrymi łupkami. Grubość arkozy kwaczalskiej maksymalnie sięga do 170 m.

Permskie utwory w nadkładzie karbonu GZW występują głównie we wschodniej części Zagłębia, a w mniejszym zakresie także w skrajnie północno-zachodniej części pod przykryciem utworów triasowych. W części wschodniej przeważnie tworzą izolowane wzgórza. Leżą niezgodnie na warstwach karbonu. Wszystkie reprezentują osady czerwonego spągowca (dolny autun). Są to kolejno od spągu: martwica wapienna, zlepieńce myślachowickie – ogniwo węglanowe, i ogniwo

porfirowo-wapienne. Powyżej zalegają tufy filipowickie, melafiry i porfiry. Miąższość utworów permu dochodzi nawet do 400 m.

Utwory triasu w GZW występują najczęściej w obrębie niecek: bytomskiej, chrzanowskiej, wilkoszyńskiej i długoszyńskiej oraz w okolicy Gliwic i Mikołowa. Poza tymi obszarami trias występuje w izolowanych płatach. Dolny trias reprezentowany jest przez utwory klastyczne pstrego piaskowca wykształcone w postaci piaskowców, iłowców oraz mułowców. Powyżej tej serii leżą już typowo morskie osady retu, należące do górnego pstrego piaskowca. Reprezentują je dolomity, margle i wapień jamiste. Sedymentacja morska trwała na omawianym terenie aż do końca wapienia muszlowego (trias środkowy). W tym czasie od Śląska Opolskiego po okolice Zawiercia i Krzeszowic osadzały się na przemian wapień i dolomity. Część tego profilu w okolicach Chrzanowa i w niecce bytomskiej wykształcona jest jako dolomity kruszczońskie. Trias górny (ilasty) występuje w obrębie niecki chrzanowskiej. Miąższość całego triasu nie przekracza 230-250 m.

Jura w nadkładzie karbonu GZW występuje dość marginalnie w skrajnie wschodniej części Zagłębia – w okolicy Chrzanowa, Krzeszowic i dalej na południowy-wschód w kierunku Skawiny. Występują tu margle glaukonitowe i piaskowce zaliczane do jury środkowej oraz wapień skaliste, płytowe i margle środkowej jury. Utwory jury środkowej leżą z niewielką niezgodnością kątową na erozyjnej powierzchni triasu; w okolicach Skawiny zalegają bezpośrednio na karbonie. Miąższość tych utworów dochodzi do 100 m.

W południowej części GZW występuje nasunięcie karpackie. Flisz karpacki nasunięty jest na osady miocenne formacji skawińskiej lub dębowieckiej. Miąższość waha się od 800 m do ponad 2000 m w rejonie Suchej Beskidzkiej.

Trzeciorząd (neogen) wykształcony jest przeważnie w formie nieciągłej pokrywy osadowej na zróżnicowanej morfologicznie powierzchni stropowej karbonu. Lokalnie występuje bezpośrednio na utworach triasu lub osadach jurajskich. Trzeciorząd ma miąższość od kilku do 1100 m (Jureczka & Kotas, 1995). Wiekowo reprezentowany jest przez utwory miocenu i na niewielkim obszarze pliocenu. W części północnej występują najstarsze ogniwa miocenu w formie piasków i iłów. W południowej części GZW w głębokich rynnach erozyjnych zalegają gruboklastyczne osady formacji dębowieckiej. Formacja ta wykształcona jest w postaci zlepieńców, piaskowców, bardzo rzadko przewarstwianych mułowcami i iłowcami. Ich miąższość zwykle nie przekracza 100-150 m, maksymalnie sięga 250-300 m (nie licząc sporadycznie występującego w dolnej części formacji ogniwa zamarskiego). Powyżej położony jest kompleks ilasto-mułowcowy morskich osadów miocenu formacji skawińskiej. Miąższość ich wzrasta w kierunku południowym, gdzie osiąga maksymalną wielkość 1100 m. Najmłodszy miocen reprezentują utwory ewaporatowe w postaci gipsów i soli kamiennych, o miąższości do 150 m oraz kompleks osadów ilasto-mułowcowych miąższości do 300 m. Występuje głównie w zachodniej części GZW. W północno-zachodniej części GZW występują także utwory pliocenu o maksymalnej miąższości stu kilkudziesięciu metrów.

Czwartorzęd tworzy nieciągłą pokrywę o zmiennej miąższości. Maksymalna miąższość występuje w dolinach kopalnych oraz współczesnych rzek i na ogół nie przekracza 100 m.

### **Własności hydrogeologiczne (nadkład, utwory węglonośne karbonu, podłoże)**

Najważniejsze piętra wodonośne w obrębie GZW występują w utworach czwartorzędu, neogenu, triasu i karbonu, a w części wschodniej także jury. Ponadto istnieją także piętra wodonośne w obrębie dewonu i kambru.

Utwory czwartorzędu charakteryzują się zróżnicowanymi warunkami hydrogeologicznymi i są zależne od miąższości i wykształcenia litologicznego osadów (Wilk, red., 2003). W czwartorzędowym profilu piętra wodonośnego wyróżnia się 1-3 poziomów wodonośnych i ma ono bezpośredni kontakt z wodami powierzchniowymi.

Kompleks wodonośny neogenu zbudowany jest z kompleksu ilasto-piaszczystego o miąższości od kilku do 1100 metrów w południowej części Zagłębia. Kształtowanie się wodonośnych utworów neogenu uzależnione jest od ich wykształcenia facjalnego, przepuszczalności oraz warunków zasilania i drenażu. Najwyższe przepuszczalności mają występujące w północno-zachodniej części Zagłębia piaski i żwiry plioceńskie, wypełniające formy dolin kopalnych oraz piaszczysto-ilaste utwory sarmatu (Kleczkowski, 1966; Rudzińska-Zapaśnik, 1997). Trzon utworów neogenu tworzą morskie utwory miocenu, które są słabo wodonośne, praktycznie bezwodne. Przyjmuje się, że jest to kompleks warstw izolujących. W spągu miocenu w zapadlisku przedkarpackim zalegają warstwy dębowieckie tworzące największy zbiornik w profilu utworów wodonośnych neogenu. Warstwy te zbudowane są głównie ze zlepieńców, brekcji i piaskowców (Buła i in., 1994). Miąższości opisywanych warstw są zmienne w przedziale od 25 do 300 m, przeciętnie wynoszą ok. 70 m. Głębokość zalegania waha się przeważnie w przedziale 500-1300 m p.p.t. Zbiornik ten jest nieodnawialny i zawiera wody pogrzebane. Własności warstw dębowieckich są zróżnicowane i zależą od litologii skał oraz stopnia ich diagenety. Obserwuje się tendencję wzrostu ogólnej mineralizacji wód wraz z głębokością.

Utwory fliszu karpackiego nasunięte na utwory neogenu są zmiennej miąższości od kilku do 300 metrów. Wiek określany jest na neogeńsko-paleogeńsko-kredowy. Utwory te tworzą kompleks izolujący, prowadzący niewielkie ilości wód użytkowych w stropowych warstwach oraz wód zmineralizowanych w strefach dyslokacji (Chowaniec i in., 2006).

Piętro wodonośne jury występuje tylko lokalnie w zasięgu zbiornika triasu chrzanowskiego. Miąższości poziomu waha się w granicach kilkudziesięciu metrów. Jest to poziom szczelinowo-krasowy prowadzący wody zwykłe.

W profilu hydrogeologicznym triasu występują trzy główne piętra wodonośne: wapienia muszlowego, retu oraz środkowego i dolnego pstrego piaskowca. Poziom wodonośny środkowego i dolnego pstrego piaskowca budują piaski i słabo zwięzłe piaskowce. Miąższość waha się w granicach do dwudziestu kilku metrów. Jest to poziom porowy o niestałym występowaniu i podrzędnym znaczeniu. Ulega on drenowaniu przez wyrobiska górnicze kopalń węgla kamiennego. Główne poziomy wodonośne triasu występują w węglanowych utworach wapienia muszlowego i retu. Są to poziomy szczelinowo-krasowe, dobrze przepuszczalne i silnie wodonośne. Prowadzą wody zwykłe. Miarodajna miąższość kompleksu wodonośnego utworów węglanowych triasu mieści się w granicach 20-120 m.

Utwory permu występujące we wschodniej części Zagłębia zbudowane są ze zlepieńców, podrzędnie piaskowców i iłowców. Są to skały słabo przepuszczalne, praktycznie bezwodne. Prowadzą wody zwykłe w zasięgu swych wychodni i stref dyslokacji.

Piętro wodonośne karbonu górnego dochodzi nawet do 4,5 km miąższości. Wyróżnia się tutaj cztery kompleksy wodonośne: krakowskiej serii piaskowcowej, serii mułowcowej, górnośląskiej serii piaskowcowej oraz serii paralicznej. Podział ten oparty jest na litostratygraficznej zmienności wykształcenia osadów. Kompleksy wodonośne KSP oraz GSP, głównie w postaci piaskowców, generalnie charakteryzują się wyższymi wartościami właściwości hydrogeologicznych skał w porównaniu z kompleksami SM i SP, które na ogół wykształcone są w postaci kompleksów iłowcowo-mułowcowych (Wilk, 2003).

Wodonośność utworów karbonu związana jest z występowaniem zespołów oddzielnych szczelinowo-porowych poziomów wodonośnych, zbudowanych z piaskowców i zlepieńców. Poziomy te, o miąższościach od kilku do kilkudziesięciu metrów, są od siebie izolowane wkładkami nieprzepuszczalnych iłowców. Obserwuje się łączność hydrauliczną między poszczególnymi poziomami wodonośnymi w strefach uskokowych oraz w zasięgu wpływu oddziaływania eksploatacji górniczej. Piaskowce karbonu górnego charakteryzują się dużą zmiennością parametrów hydrogeologicznych. Wraz z głębokością obserwuje się znaczące obniżenie wodonośności i przepuszczalności warstw wodonośnych karbonu.

Wapienie i dolomity dolnego karbonu oraz górnego i środkowego dewonu tworzą wspólny kompleks wodonośny. Kompleks węglanowy leży pod nakładem młodszego paleozoiku i neogenu, na głębokości kilku kilometrów od powierzchni terenu. Są to skały w zasadzie nieprzepuszczalne. W południowej części zagłębia obserwuje się podwyższoną porowatość i przepuszczalność. Związane jest to z silnym zaangażowaniem tektonicznym obszaru oraz występowaniu powierzchni skrasowiałych i zwietrzałych.

Seria terygeniczna dolnego dewonu i kambru, ze względu na kilkukilometrową głębokość zalegania w centralnej części niecki została stwierdzona nielicznymi otworami. Zalega bezpośrednio na podłożu kambryjskim. Kompleks wodonośny rozpoznany jest w niewielkim stopniu. Tworzy on porowy, słabo przepuszczalny ośrodek hydrogeologiczny.

## **WYBRANIE REJONÓW BADAŃ SZCZEGÓŁOWYCH I POZIOMÓW SOLANKOWYCH**

### **Kryteria wyboru**

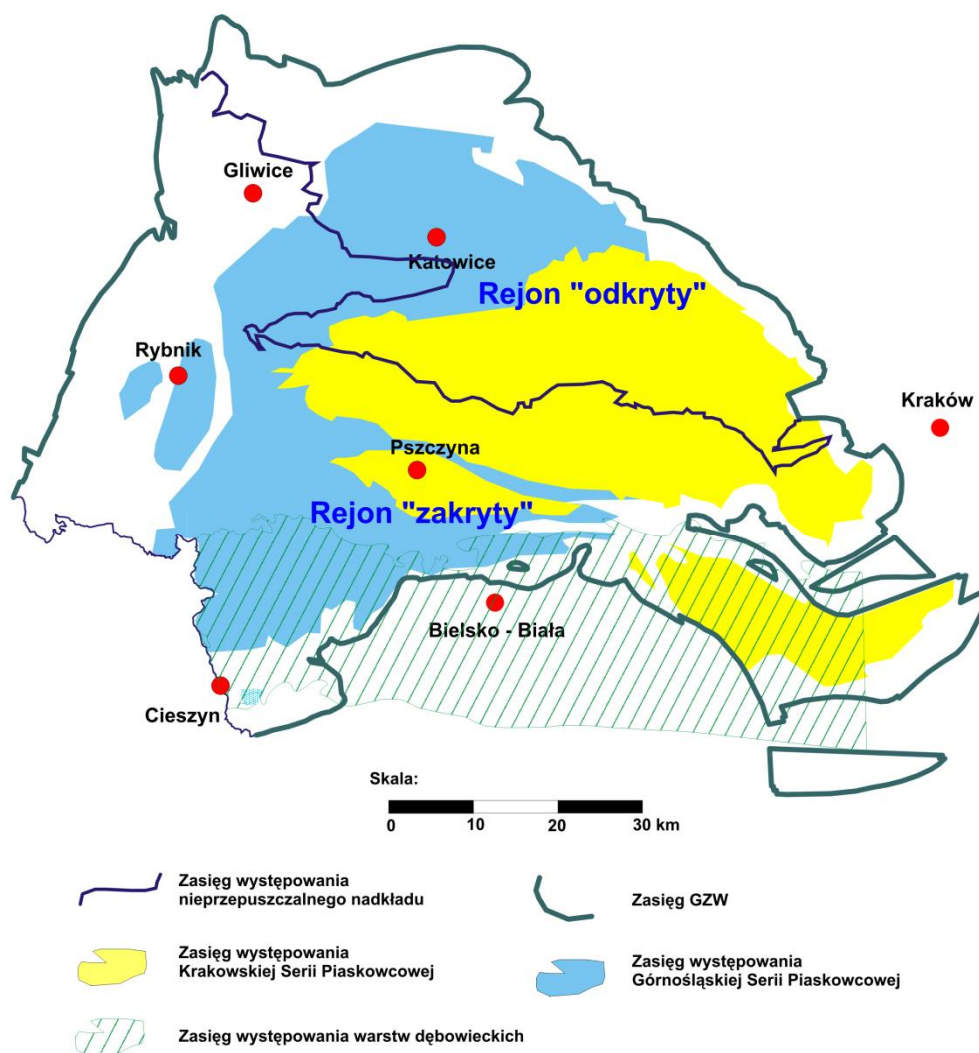
Przy wyborze miejsca składowania dwutlenku węgla uwzględnia się: odległość od głównych emitentów, rodzaj i pojemność struktury przeznaczonej do składowania, budowę geologiczną, głębokość zalegania warstw zbiornikowych, uwarunkowania geotermalne, hydrodynamiczne oraz aspekty ekonomiczne i prawne (Tarkowski, 2005).

Do podziemnego składowania nadają się duże, zamknięte, wyniesione struktury. Istotnym czynnikiem jest odpowiednia pojemność składowiska zależna od porowatości efektywnej i przepuszczalności. Struktury przeznaczone do składowania dwutlenku węgla powinny stanowić pułapkę strukturalną i stratygraficzną tak, aby dwutlenek węgla nie przedostał się na powierzchnię. Niewskazana jest

obecność użytkowych poziomów wodonośnych oraz złóż surowców mineralnych. Składowany dwutlenek węgla powinien być izolowany od poziomów wód pitnych.

Pierwszą wstępną selekcję struktur przydatnych do składowania CO<sub>2</sub> oparto o podstawowe kryteria geologiczne: głębokość zalegania stropu warstwy solankowej na głębokości co najmniej 800 m (ale nie większej niż 2000-2200 m) oraz występowanie nad jej stropem nieprzepuszczalnych utworów o miąższości nie mniejszej niż 50 m (**Tab. 1.1.1\_2**). Przyjęcie tych założeń znacznie ograniczyło możliwości wyznaczenia potencjalnych składowisk w obrębie GZW i jego bezpośrednim sąsiedztwie.

Z przedstawionego zarysu budowy geologicznej GZW wynika, że profilu geologicznym zagłębia występują utwory od prekambriu do czwartorzędu, mające zróżnicowaną miąższość i wykształcenie litologiczne. Dominujące znaczenie mają jednak utwory węglonośne karbonu, których całkowita sumaryczna miąższość, kompilowana z różnych części zagłębia, wynosi ok. 8500 m, a bezwzględna w centralnej części zagłębia ok. 5000 m. Rozwój osadów produktywnych karbonu – co prawda – nie jest równomierny, nie mniej jednak ze względu na duże głębokości zalegania (na ogół poniżej 2500-3000 m) utwory podłoża karbonu węglonośnego (karbon dolny, dewon, kambr) z punktu widzenia składowania CO<sub>2</sub> dla przyjętych w tym projekcie założeń nie mają znaczenia. Wyjątkiem tu może być skrajnie południowa część zagłębia, gdzie utwory podłoża karbonu zalegają na mniejszych głębokościach w granicach od 1500-2000 m. Z punktu widzenia składowania CO<sub>2</sub> podstawowe znaczenie ma też budowa geologiczna nadkładu karbonu i występowanie nieprzepuszczalnych utworów mioceńskich – **Fig. 1.1.1\_5**.



**Rys. 1.1.1\_5** Szkic występowania serii piaskowcowych karbonu z zasięgiem nieprzepuszczalnych utworów miocenu (wg Bromek i in., 2009 ze zmianami, geologia wg Jureczka i in. 2005).

Z przeprowadzonej wstępnej analizy budowy geologicznej karbonu i utworów nadkładu – w tym występowania mięjszych pakietów osadów gruboklastycznych – wynika, że potencjał pod względem geologicznym do składowania dwutlenku węgla na obszarze GZW wykazują tylko utwory dwóch karbońskich jednostek litostratygraficznych – górnośląskiej serii piaskowcowej i krakowskiej serii piaskowcowej, a w profilu utworów nadkładu – kompleks warstw dębowieckich zalegający w spągowej części miocenu, na ogół bezpośrednio na stopie karbonu górnego – **Fig. 1.1.1\_5**. Pewne potencjalne możliwości mogą mieć również utwory stropowej części serii węglanowej (karbon dolny) oraz serii terygenicznego dewonu dolnego i kambru. Serie te zalegają jednak na dużych głębokościach, na ogół znacznie przekraczających 2000-2500 m, z wyjątkiem ograniczonego obszaru w skrajnie południowej części GZW i są w znikomym stopniu rozpoznane geologicznie, w związku z czym odstąpiono od ich charakterystyki.

Ze względu na zasięg utworów miocenu oraz budowę strukturalną utworów karbonu obszary badań dla krakowskiej serii piaskowcowej i górnośląskiej serii piaskowcowej ograniczono wyłącznie do centralnej, wschodniej i południowej części zagłębia – **Fig. 1.1.1\_6**. Z kolei dla warstw dębowieckich w badaniach uwzględniono niemal cały obszar ich występowania z wyjątkiem skrajnie południowo-



wschodniej części zagłębia, gdzie utwory te zalegają pod nasunięciem karpackim na znacznych głębokościach przekraczających 2000-2200 m – Fig. 1.1.1\_6.

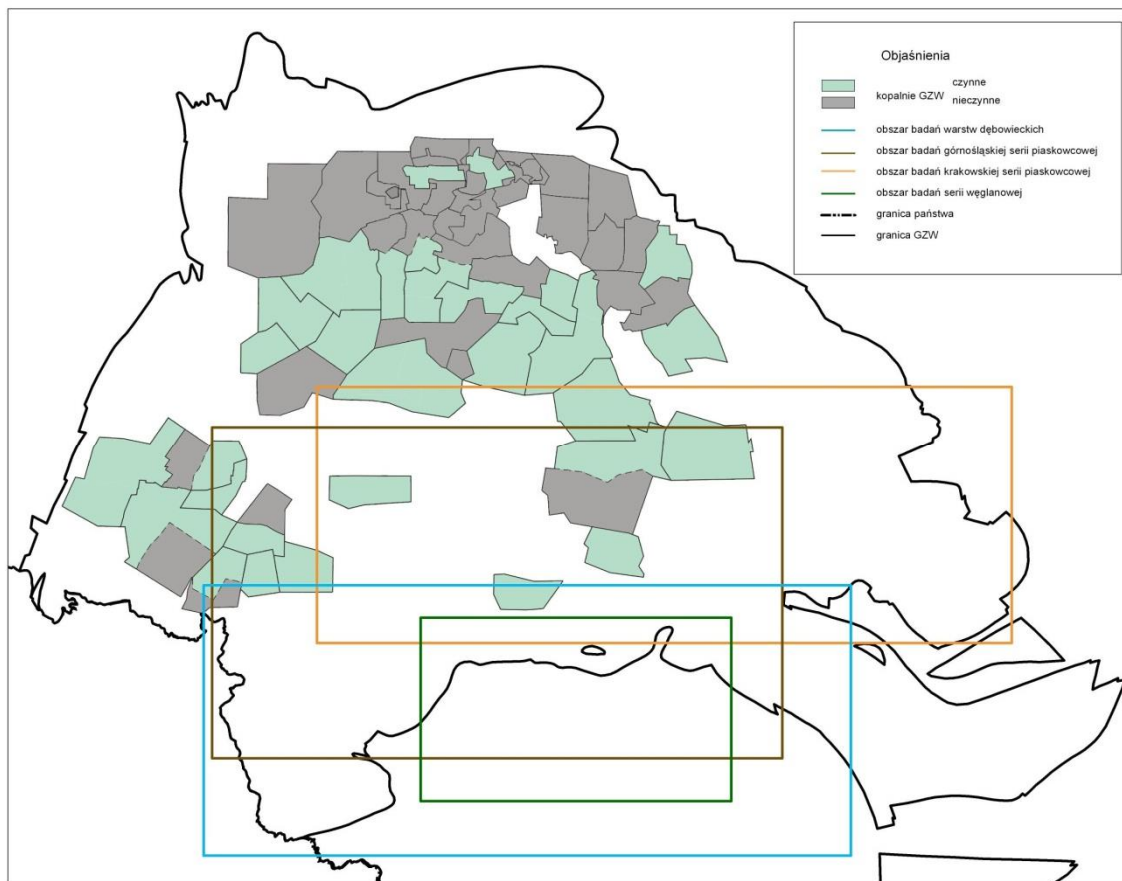


Fig. 1.1.1\_6 Rozmieszczenie obszarów badań na obszarze GZW

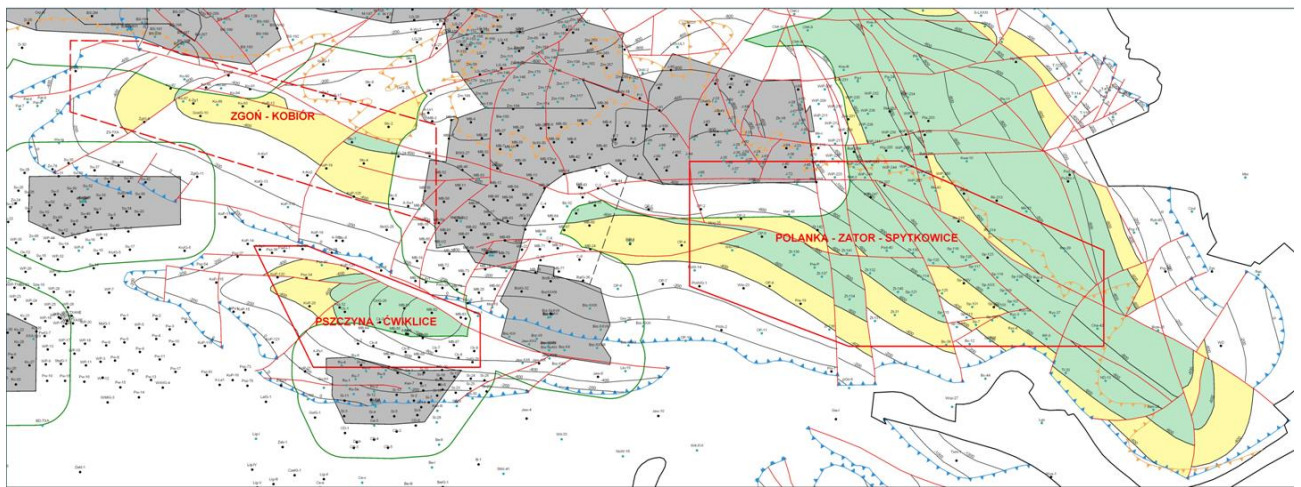
Na podstawie podanych powyżej kryteriów i po określeniu warunków geologicznych, jakie decydują o miejscu składowania oraz po uwzględnieniu aspektów środowiskowych, w tym zwłaszcza uwzględnienia obszarów silnie zurbanizowanych, do dalszych badań zostało wytypowanych kilka rejonów w centralnej i południowej części GZW. Wytypowane obszary charakteryzują się rzadką zabudową i nie kolidują z występującymi na obszarze GZW rezerwatami przyrody. Częściowo jednak, ponad wytypowanymi obszarami poziomów solankowych, na powierzchni terenu występują obszary Natura 2000.

Rejony, jakie zostały wybrane do dalszych badań, znajdują się w obrębie następujących kompleksów litostratygraficznych: krakowskiej serii piaskowcowej i górnośląskiej serii piaskowcowej karbonu górnego oraz warstw dębowieckich zaliczanych do miocenu.

## Lokalizacje rejonów badań

### Krakowska seria piaskowcowa (KSP)

Wstępną selekcją opartą o kryteria geologiczne objęto obszary, które spełniają kryterium szczelności do lokowania CO<sub>2</sub>, to znaczy zlokalizowane są w południowej – hydrogeologicznie zakrytej – części KSP. Podstawą były dane geologiczne z wierceń (w tym zaleganie spągu krakowskiej serii piaskowcowej na głębokościach co najmniej 850-900 m) oraz mapy geologiczno-strukturalne karbonu (Jureczka i in., 2005). Istotne znaczenie miało również uwzględnienie położenie czynnych kopalń węgla kamiennego (kolor szary; linia zielona - dwukilometrowa strefa bezpieczeństwa), które eksploatują pokłady krakowskiej serii piaskowcowej. Uwzględniając powyższe założenia wytypowano trzy potencjalne zbiorniki KSP (**Fig. 1.1.1\_7**):



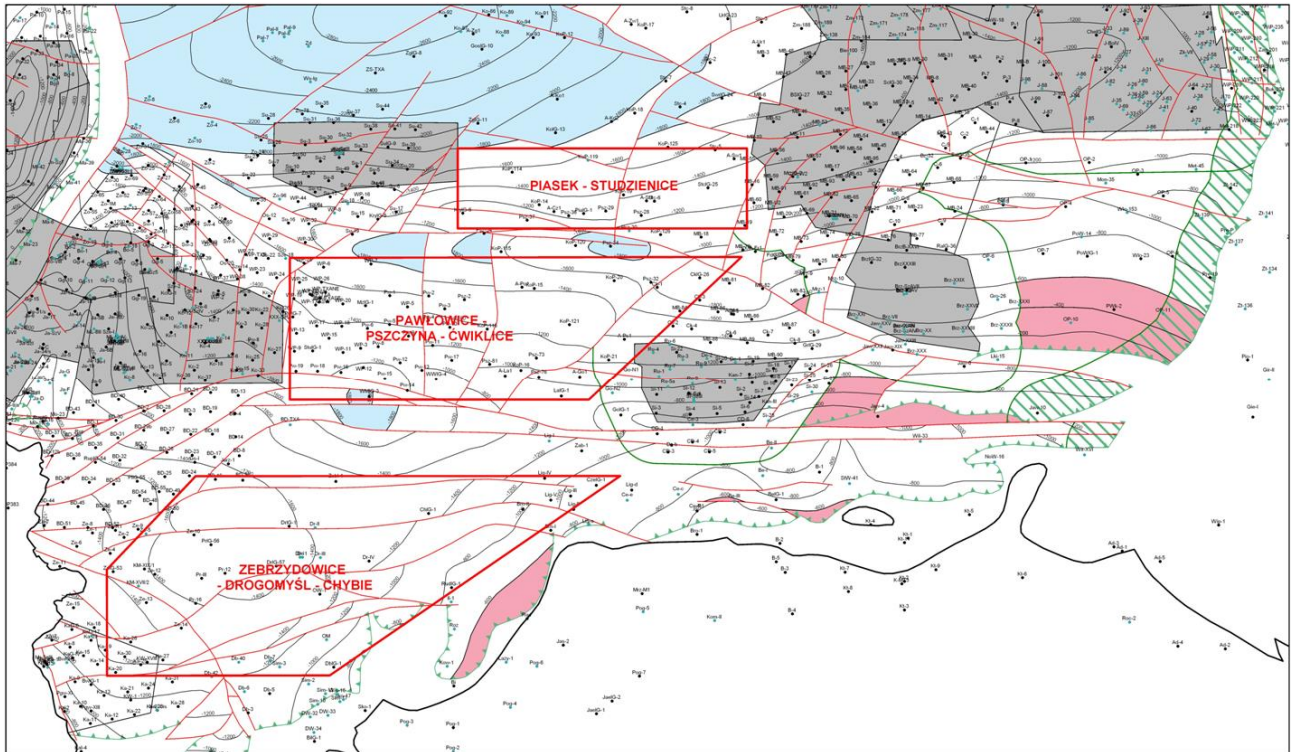
**Fig. 1.1.1\_7** Rejony badań krakowskiej serii piaskowcowej.

Wokół tych kopalń wyznaczono wstępną dwukilometrową strefę bezpieczeństwa (linia zielona). Wyłączenie tych obszarów zdecydowanie ograniczyło rejony, w których KSP zalega na głębokościach poniżej 800 m (kolor zielony na Rys. 1.1.1.8) i jest przykryta izolacyjną warstwą miocenu. Tego stanu nie zmienia rozszerzenie potencjalnych obszarów o rejony sąsiedniego płytszego występowania krakowskiej serii piaskowcowej w granicach 700-800 m (kolor żółty).

### Górnośląska seria piaskowcowa (GSP)

Na podstawie wstępnej selekcji opartej o kryteria geologiczne wybrano obszary w trzech rejonach w południowej i centralnej części GZW (**Fig. 1.1.1\_8**), w obszarze hydrogeologicznie zakrytym. Rejony te wyznaczono na podstawie danych geologicznych z wierceń (w tym zalegania stropu górnośląskiej serii piaskowcowej na głębokościach, co najmniej 800-850 m i jej miąższości nie mniejszej niż 50-100 m) oraz map geologiczno-strukturalnych karbonu (Jureczka i in., 2005). Pewne znaczenie miało również uwzględnienie położenie czynnych kopalń węgla kamiennego, które eksploatują pokłady górnośląskiej serii piaskowcowej bądź też pokłady tej serii znajdują się w zasięgu eksploatacji tych kopalń do głębokości 1000-1200 m. Wybranie potencjalnych rejonów perspektywicznych do składowania CO<sub>2</sub> w utworach górnośląskiej serii piaskowcowej, ze względu na głębokość jej

występowania, w zasadzie nie ogranicza lokalizacja czynnych kopalń węgla kamiennego (na **Fig. 1.1.1\_8** zaznaczone kolorem szarym). Wyjątkiem tu mógłby być wschodni obszar występowania GSP, ale w tej części zagłębia seria się wyklinowuje (zielona szrafura) i dla składowania CO<sub>2</sub> obszar ten jest bez znaczenia. Niewielkie też ograniczenia powodują obszary płytkiego zalegania serii (kolor czerwony), większe znaczenie dla wyłączenia ze składowania mogą mieć obszary bardzo głębokiego zalegania serii poniżej 2000-2200, (obszar niebieski), które praktycznie są nierozpoznane geologicznie.

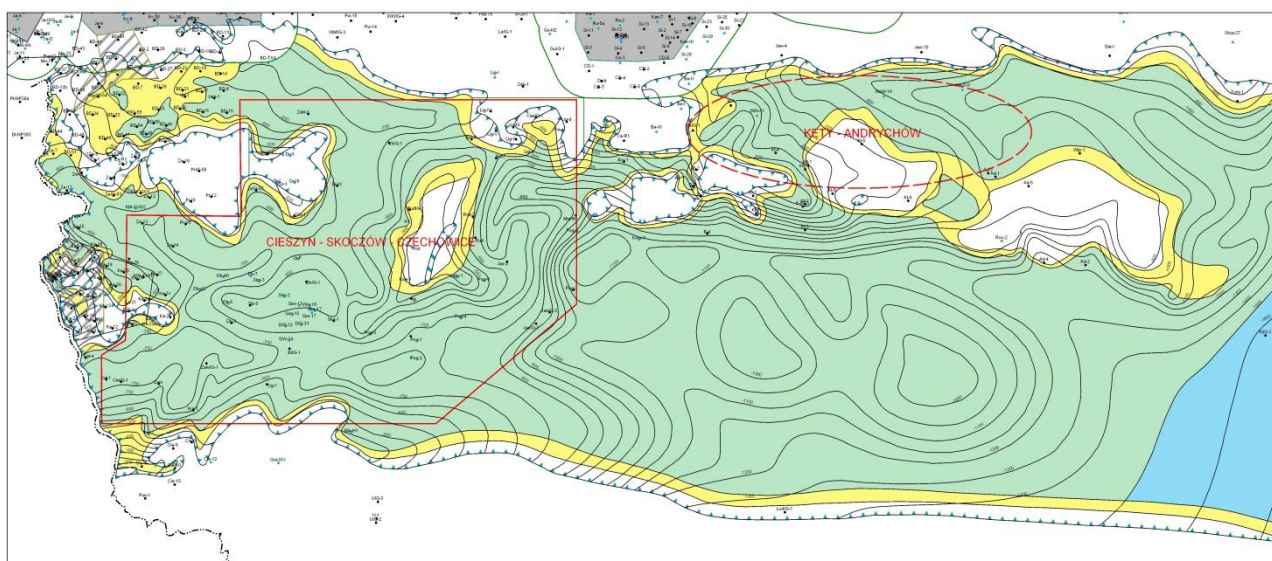


**Fig. 1.1.1\_8** Rejony badań górnośląskiej serii piaskowcowej.

### **Warstwy dębowieckie**

Na etapie wstępnej selekcji do geologicznego składowania CO<sub>2</sub> rozważany był niemal cały rozległy zbiornik słonych wód podziemnych związany z warstwami dębowieckimi, zlokalizowany w południowej części GZW i jego południowym obrzeżeniu. Warstwy dębowieckie tworzą tu równoleżnikowy pas o szerokości do 25 km, zalegający w spągowej części profilu miocenu, przeważnie bezpośrednio na utworach karbonu lub starszego miocenu, a lokalnie także na utworach serii węglanowej dolnego karbonu i dewonu bądź na serii terygeniczej dolnego dewonu i kambru lub nawet prekambriu. Ich obszar występowania wynosi ok. 1750 km<sup>2</sup>. Obszar ten generalnie znajduje się poza zasięgiem górnictwa węgla kamiennego, strop warstw dębowieckich zalega tu na głębokościach na ogół nie mniejszych niż 700-800 m, przeważnie w granicach 850-1000 m, z wyjątkiem części wschodniej i południowo-wschodniej, gdzie zalega na głębokościach znacznie przekraczających 1200-1300 m.

Wybrane dwa potencjalne rejony perspektywiczne do składowania CO<sub>2</sub> w utworach warstw dębowieckich (**Fig. 1.1.1\_9**) położone są poza obszarami czynnych kopalń węgla kamiennego (kolor szary), a także poza obszarami aktualnie projektowanych kopalń (obszary zasrafiowane) Dla rozmieszczenia potencjalnych obszarów istotne znaczenie mają liczne okna erozyjne oraz zmiany miąższości (obszary o grubości warstw dębowieckich poniżej 50 m zaznaczone są kolorem żółtym). Ważny jest również stopień rozpoznania warstw dębowieckich, cała południowa i południowo-wschodnia część ich obszaru występowania jest praktycznie nierozpoznana, w tym obszar bardzo głębokiego zalegania, poniżej 2100-2200 m (kolor niebieski).



**Fig. 1.1.1\_9** Rejony badań warstw dębowieckich.

### **Wstępna charakterystyka geologiczna i hydrogeologiczna potencjalnych formacji i rejonów do składowania CO<sub>2</sub> (na podstawie informacji ze 139 otworów)**

#### Krakowska seria piaskowcowa

Krakowską serię piaskowcową w wyznaczonych rejonach badawczych tworzy kompleks piaskowcowo-mułowcowy, osiągający miąższości rzędu 200-800 m i posiadający budowę blokową (obszar silnie zdyslokowany). Wodonośne są kompleksy gruboklastyczne, których udział w profilu litologicznym waha się od 75 do 90% ogólnej miąższości. Zbiorniki zalegają na głębokościach na ogół od 250-450 m (strop KSP) do 800-1100 m (maksymalnie ok. 1250 m) – spąg KSP i są przykryte ilastymi utworami neogenu o miąższościach wynoszących na ogół 200-400 m, maksymalnie do 650 m. Ciśnienia piezometryczne rosną z głębokością od 1,9 do 4,4 MPa. Współczynniki filtracji piaskowców kształtują się w granicach od  $1,25 \times 10^{-7}$  do  $4,94 \times 10^{-6}$  m/s, a porowatość efektywna kompleksu KSP mieści się w przedziale od 12,3 do 24,47%. Wody podziemne w zasięgu rozpatrywanych rejonów charakteryzują się suchą pozostałością od 70 do 111 g/dm<sup>3</sup> oraz typem chemicznym Cl-Na i Cl-Na-Ca.

### Górnośląska Seria Piaskowcowa

Górnośląska seria piaskowcowa w wyznaczonych rejonach badawczych stanowi kompleks skał piaskowcowo-mułowcowo-iłowcowy, w którym dominują gruboławicowe piaskowce osiągające sumaryczne miąższości do 50-350 m (miąższość całej serii sięga 450 m, przeważnie wynosi w granicach 100-350 m). Strop serii zalega na ogół na głębokościach od 900-1000 m do 1500-1700 m, pod przykryciem serii mułowcowej o zróżnicowanej miąższości od kilkudziesięciu do 1000 metrów, nad którą występują nieprzepuszczalne ilaste osady miocenu. Badane parametry zbiornikowe piaskowców wskazują na skały średnio porowate i zmniejszające się z głębokością (0,52-19,6%), słabo przepuszczalne (0,016-5,1 mD) i wartości malejące z głębokością oraz słabo odsączalne i praktycznie nieodsączalne na głębokościach poniżej 900-1200 m (0,56-4,72%). Współczynniki filtracji są rzędu 10<sup>-8</sup> i 10<sup>-9</sup>m/s i maleją z głębokością.

Utwory GSP tworzą zbiorniki słonych wód podziemnych o mineralizacji ogólnej od 33 do 180 g/dm<sup>3</sup>, typu Cl-Na i Cl-Na-Ca. Ciśnienia piezometryczne w zbiorniku kształtują się od 20 do 26 Mpa i rosną z głębokością.

### Warstwy dębowieckie

W wyznaczonych rejonach badawczych strop warstw dębowieckich zalega na głębokościach na ogół nie mniejszych niż 700-750 m, przeważnie w granicach 850-1100 m, z wyjątkiem części południowo-wschodniej rejonu Cieszyn-Skoczów-Czechowice i wschodniej Rejonu Kety-Andrychów, gdzie zalega na głębokościach przekraczających 1300-1400 m. Warstwy dębowieckie tworzą utwory gruboklastyczne – piaskowce i zlepieńce o miąższościach zmiennych w przedziale od kilku-kilkunastu metrów do 250 m (na ogół w granicach 70-100 m), które wypełniają zagłębienia w stropie utworów paleozoicznych. Zróżnicowanie miąższości wynika z położenia i form morfologicznych podłoża paleozoicznego (głównie powierzchni stropu karbonu). W profilu pionowym warstw dębowieckich obserwuje się gradację uziarnienia, od najgrubszych w części spągowej (zlepieńce gruboziarniste) do drobnych w stropie (piaskowce różnoziarniste). W nadkładzie warstw dębowieckich występuje seria ilasto-mułowcowa należąca do formacji skawińskiej neogenu. Utwory te mają zmienną miąższość do ok. 1100 m. Miejscami (głównie w południowej części) w nadkładzie warstw dębowieckich występują utwory fliszu karpackiego o miąższościach do 1000 m. Występujące w podłożu utwory należące do karbonu, dewonu lub kambru posiadają przepuszczalność szczelinowo-porową w piaskowcach i wapieniach, co umożliwia kontakty hydrauliczne między poziomami. Lokalnie w podłożu występują słabo przepuszczalne utwory starszego neogenu.

Warstwy dębowieckie tworzą porowy, zakryty, nieodnawialny zbiornik wód podziemnych, drenowany w zachodniej jego części przez kopalnie po stronie czeskiej, a w części północno-zachodniej przez kopalnie Jastrzębskiej Spółki Węglowej. Ciśnienia piezometryczne kształtują się w granicach od 2,9 do 10,4 MPa, zaznacza się tendencja wzrostu wartości z głębokością zalegania zbiornika.

Parametry hydrogeologiczne zbiornika są zróżnicowane i uwarunkowane litologią skał oraz głębokością ich zalegania. Cechy przestrzeni porowej, badane laboratoryjnie na próbkach rdzenia, wskazują na skały średnio porowate (0,12-28,4%; śr.=10,3%), od słabo przepuszczalnych do nieprzepuszczalnych (0,003-415 mD, tj. od 2,9 x 10<sup>-12</sup> do 4,00 x 10<sup>-6</sup>m/s; śr.=40,95 mD, tj. 3,9 x 10<sup>-</sup>

7m/s) i słabo lub praktycznie nieodsączalne (0,1-9,65%; śr.= 2,34%). Wodoność zbiornika charakteryzują parametry określone z dopływu płynu do otworu (badania próbnikiem złoża). Otrzymane wydajności otworów mieszczą się w przedziale od 0,003 do 32,2 m<sup>3</sup>/h; wydatki jednostkowe wynoszą od 0,0004 do 0,3521 m<sup>3</sup>/h; współczynniki filtracji kształtują się od 4,15 x 10<sup>-9</sup>m/s do 1,9 x 10<sup>-4</sup>m/s.

Zbiornik dębowiecki zawiera wody słone i solanki o suchej pozostałości w granicach od 10,6 do 98,0 g/dm<sup>3</sup>, typu Cl - Na a sporadycznie Cl - Na - Ca; Cl - HCO<sub>3</sub>- Na.

### **Podsumowanie**

Z przedstawionej charakterystyki geologiczno-hydrogeologicznej występujących w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym kompleksów gruboklastycznych wynika, że najkorzystniejszymi parametrami, pod kątem potencjalnego składowiska CO<sub>2</sub>, charakteryzują się warstwy dębowieckie w profilu utworów mioceńskich, e szczególności w rejonie Cieszyn-Skoczów-Czechowice.

## Rejon III - Mazowsze

### Inwentaryzacja danych geofizyki wiertniczej i petrofizycznych (Teresa Adamczak)

W ramach przygotowań do interpretacji i reinterpretacji profilowań geofizycznych z otworów rejonu Mazowsza, zebrano archiwalne profilowania geofizyczne w formie papierowej i/lub cyfrowej oraz inne dane (np. archiwalne dane hydrogeologiczne) użyteczne dla opracowań niniejszego projektu dla 107 otworów wiertniczych. Zgromadzono materiały z otworów (**Tabela 1.1.1\_5**) wykonanych przez Państwowy Instytut Geologiczny oraz przez Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo (bądź firmy lub organizacje będące jego poprzednikiem).

Dodatkowo, dla otworów: Dębe 2 oraz Gostynin 6, wykonano cyfrowanie profilowań geofizycznych.

Zebrane dane stanowiły materiał wyjściowy do dalszych opracowań i analiz pod kątem sekwestracji CO<sub>2</sub>.

**Tabela 1.1.1\_5** Lista wykorzystanych dokumentacji otworowych geofizyki wiertniczej, w tym z wynikami analiz petrofizycznych.

| L.p. | Nazwa otworu:     | Rok wykonania: | Numer arch.: |
|------|-------------------|----------------|--------------|
| 1.   | Białobrzegi IG 1  | 1969           | 43360        |
| 2.   | Bielsk 1          | 1966           | 93006        |
| 3.   | Bielsk 2          | 1995           | 13213        |
| 4.   | Bie u 1           | 1966           | 92760        |
| 5.   | Bie u 2           | 1976           | 14163        |
| 6.   | Bodzanów GN-1     | 1988           | 14179        |
| 7.   | Bodzanów GN-2     | 1989           | 14213        |
| 8.   | Bodzanów GN-3     | 1989           | 14214        |
| 9.   | Bodzanów IG 1     | 1982           | 14181        |
| 10.  | Ciechanów 1       | 1965           | 41099        |
| 11.  | Cieszkowo 1       | 1964           | 93559        |
| 12.  | Czachówek 1       | 1989           | 3437         |
| 13.  | D be 1            | 1968           | 41598        |
| 14.  | D be 2            | 1971           | 72413        |
| 15.  | D be 5            | 1970           | 72267        |
| 16.  | D be 6            | 1970           | 41418        |
| 17.  | D be 7            | 1970           | 41426        |
| 18.  | D be Wielkie 1    | 1968           | 5261         |
| 19.  | Dobre 1           | 1968           | 5003         |
| 20.  | Dzier anowo 2     | 1965           | 93564        |
| 21.  | Dzier anowo 3     | 1965           | 93573        |
| 22.  | Dzier anowo GEO 1 | 1961           | 93556        |
| 23.  | Garwolin-1        | 1989           | 5464         |
| 24.  | Gyógowiec IG 1    | 1956           | 126476       |
| 25.  | Gostynin IG 1A    | 1966           | 93790        |
| 26.  | Gostynin IG 3     | 1966           | 93795        |

|     |                   |      |       |
|-----|-------------------|------|-------|
| 27. | Gostynin IG 4     | 1961 | 93806 |
| 28. | Gostynin 5        | 1972 | 13207 |
| 29. | Gostynin 6        | 1972 | 13274 |
| 30. | Gostynin 7        | 1984 | 13215 |
| 31. | Gostynin 8        | 1985 | 13214 |
| 32. | Go dzik 1         | 1968 | 43060 |
| 33. | Gradzanowo 1      | 1961 | 92765 |
| 34. | Gradzanowo-2      | 1971 | 92784 |
| 35. | Gradzanowo-3      | 1970 | 92783 |
| 36. | Gradzanowo-4      | 1972 | 92785 |
| 37. | Izdebno IG 1      | 1972 | 43065 |
| 38. | Kamionki IG-3     | 1987 | 13143 |
| 39. | Kamionki 1        | 1973 | 13210 |
| 40. | Kamionki 2        | 1972 | 13209 |
| 41. | Karnkowo 1/IG1    | 1984 | 10774 |
| 42. | Koźbiel 1         | 1964 | 5318  |
| 43. | Korabiewice PIG 1 | 1991 | 15992 |
| 44. | Kompina 2         | 1980 | 14252 |
| 45. | Kro niewice IG 1  | 1966 | 92397 |
| 46. | Kutno 1           | 1983 | 13285 |
| 47. | Lipno 1           | 1963 | 90096 |
| 48. | Lipno 2           | 1972 | 90105 |
| 49. | Lipno 4           | 1972 | 90116 |
| 50. | ówowicz IG 1      | 1971 | 94514 |
| 51. | Magnuszew IG 1    | 1958 | 43001 |
| 52. | Mszczonów IG 1    | 1977 | 42675 |
| 53. | Mszczonów IG 2    | 1976 | 15989 |
| 54. | Nadarzyn IG 1     | 1975 | 3290  |
| 55. | Nasielsk 1        | 1967 | 41420 |
| 56. | Nasielsk 2        | 1966 | 41421 |
| 57. | Okuniew IG 1      | 1967 | 72282 |
| 58. | Pł sk 1           | 1958 | 41475 |
| 59. | Pł sk IG 2        | 1963 | 41445 |
| 60. | Pł sk GEO 3       | 1961 | 41451 |
| 61. | Pł sk 4           | 1964 | 41440 |
| 62. | Pł sk 5           | 1964 | 41438 |
| 63. | Pł sk 6           | 1964 | 41419 |
| 64. | Pł sk 7           | 1972 | 15760 |
| 65. | Pł sk 8           | 1964 | 41431 |
| 66. | Pł sk 9           | 1973 | 15772 |
| 67. | Pł sk 10          | 1973 | 15771 |
| 68. | Podd bice IG 1    | 1971 | 92442 |
| 69. | Podd bice PIG 2   | 1992 | 11170 |
| 70. | Polik IG 1        | 1987 | 13092 |
| 71. | Potycz 1          | 1990 | 3438  |
| 72. | Pułusk 1          | 1965 | 41599 |
| 73. | Pułusk 3          | 1972 | 2977  |
| 74. | Raducz IG 1       | 1977 | 42703 |
| 75. | Radzymin 1        | 1986 | 72277 |



|      |                     |      |         |
|------|---------------------|------|---------|
| 76.  | Rdutów 2            | 1991 | 11164   |
| 77.  | Rbków 1             | 1987 | 5458    |
| 78.  | Róyce 1             | 1982 | 94485   |
| 79.  | Róyce IG 2          | 1986 | 94527   |
| 80.  | Siedlec 1           | 1991 | 11169   |
| 81.  | Sierpc 1            | 1961 | 122976  |
| 82.  | Sierpc 2            | 1972 | 13134   |
| 83.  | Skpe 1              | 1972 | 92746   |
| 84.  | Skierniewice GT-1   | 1991 | 122720  |
| 85.  | Sochaczew 1         | 1972 | 14250   |
| 86.  | Sochaczew 2         | 1974 | 15914   |
| 87.  | Sochaczew 3         | 1972 | 15948   |
| 88.  | Sulbiny Górne 256-1 | 2002 | 2063159 |
| 89.  | Szwejki 1           | 1983 | 15971   |
| 90.  | Szwejki IG 3        | 1988 | 15998   |
| 91.  | Warka IG 1          | 1972 | 43350   |
| 92.  | Warszawa IG 1       | 1964 | 67562   |
| 93.  | Wartkowice 1        | 1973 | 92445   |
| 94.  | Wartkowice 2        | 1973 | 11147   |
| 95.  | Wartkowice 3        | 1973 | 94797   |
| 96.  | Wielgie IG 2        | 1985 | 10773   |
| 97.  | Wilga IG 1          | 1975 | 3433    |
| 98.  | Wilga 255-2         | 1999 |         |
| 99.  | Wojszyce IG 1a      | 1988 | 13224   |
| 100. | Wojszyce IG 3       | 1989 | 11116   |
| 101. | Wojszyce IG 4       | 1989 | 13284   |
| 102. | Wyszogród 1         | 1973 | 14248   |
| 103. | abieniec 1          | 1988 | 5465    |
| 104. | ychlin IG 3         | 1960 | 93807   |
| 105. | ychlin GN 4         | 1991 | 13322   |
| 106. | yrów 1              | 1972 | 42972   |
| 107. | yrów 2              | 1973 | 122001  |

## **Charakterystyka formacji geologicznych odpowiednich do składowania CO<sub>2</sub> (jura) (Anna Feldman-Olszewska)**

Obszar Mazowsza wyznaczony został pomiędzy liniami Ciechanów – Pułtusk – Garwolin- Kozienice na wschodzie; Kozienice – Białobrzegi – Nowe Miasto nad Pilicą na południu; Nowe Miasto – Kutno na południowym zachodzie; Krośniewice – Włocławek - Skępe od zachodu i Skępe – Ciechanów od północy. Są to granice geograficzne Mazowsza, w obręb którego wchodzi trzy jednostki geologiczne: południowy odcinek wału kujawskiego, niecka płocka (warszawska) oraz zachodnia część wyniesienia mazursko-podlaskiego.

Rejony te w okresie jurajskim podlegały nieco odmiennej ewolucji, co wiąże się z obserwowanymi różnicami miąższości i facji. Obszar należący do wyniesienia mazursko-podlaskiego charakteryzuje się monoklinalnym zapadaniem się utworów jury środkowej i dolnej w kierunku południowo-zachodnim, czyli osi basenu. Jednocześnie w tym samym kierunku następuje wzrost miąższości osadów oraz procentowy udział skał droбноziarnistych w profilu. Na obszarze niecki płockiej, na trend obserwowany w północno-wschodniej i wschodniej części opisywanego obszaru nakłada się bardziej złożona ewolucja tektoniczna, której efektem jest obecność antyklinalnych struktur Lipna, Kamionek i Bodzanowa, Sochaczewa i Wyszogrodu, poduszek solnych Gostynina i Wielgiego oraz rowów tektonicznych rejonu Płońska, Kompiny i Różyc. Strefy te wykazywały aktywność w dolnej i środkowej jurze (Dadlez, Marek, 1983; Marek, 1985). Najbardziej południowo-zachodni kraniec Mazowsza położony jest w obrębie kutnowskiego odcinka wału kujawskiego. Charakteryzuje go obecność pełnych profili utworów jury dolnej i środkowej o znacznych miąższościach oraz silnej tektoniki solnej, wyrażającej się obecnością wydłużonych poduszek solnych m. in. poduszki Wojszyc, zlokalizowanej na omawianym obszarze i której aktywność została stwierdzona zarówno w triasie jak i dolnej oraz środkowej jurze (Feldman-Olszewska, 2012).

Konsekwencją odmiennej ewolucji poszczególnych fragmentów obszaru Mazowsza jest różny podział litostratygraficzny stosowany dla utworów jury dolnej wspomnianych rejonów. Charakterystykę litologiczno-stratygraficzną jury środkowej i dolnej z rejonu niecki płockiej zawierają prace Ryll (1983) i Franczyk (1983), natomiast rejon południowego odcinka wału kujawskiego został scharakteryzowany w pracach Ryll (1970, 1971), Dadlez (1971), Feldman-Olszewska (2012). W opracowaniu zastosowano nowy podział litostratygraficzny jury dolnej wprowadzony dla obszaru Niżu Polskiego przez Pieńkowskiego (2004).

Wytypowany obszar jest rozpoznany ponad 100 głębokimi wierceniami (**Fig. 1.1.1\_10; Tabela 1.1.1\_5**), choć nie są one równomiernie rozmieszczone na całym obszarze; dla celów projektu przeanalizowano 96 z nich. Wszystkie nawiercały lub przewiercały utwory jury środkowej i dolnej, przy czym 79 przewierciło przynajmniej jeden potencjalny poziom zbiornikowy i dla tych wierceń wykonano szczegółową analizę profili jurajskich.

Celem badań było rozpoznanie w utworach jury i triasu, a w najbardziej południowej części regionu również karbonu, formacji i struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub>. Dla potrzeb tematu przeanalizowano materiały archiwalne, krzywe profilowań geofizycznych oraz wykonano powtórne profilowanie zachowanych rdzeni wiertniczych. Pobrano również próby na badania petrofizyczne obejmujące pełne spektrum analiz porowatości i przepuszczalności. Badania te zostały zrealizowane przez zespół z Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie pod kierunkiem G. Leśniaka.

W celu prześledzenia zmienności facjalnej, w pierwszym etapie przeprowadzono analizę jakościową dostępnych archiwalnych pomiarów geofizyki otworowej, głównie profilowania gamma, neutron-gamma, potencjałów samoistnych i oporności. Wyniki tej analizy posłużyły do zlokalizowania potencjalnych poziomów zbiornikowych i uszczelniających, spełniających przyjęte kryteria litologiczne i miąższościowe. Dodatkowych informacji dostarczyła analiza zachowanego materiału rdzeniowego, archiwalne opisy rdzeni pobranych z wytypowanych poziomów, a także archiwalne ekspertyzy biostratygraficzne.

W drugim etapie (zadanie 1.1.3), w celu przeanalizowania lateralnej ciągłości poszczególnych poziomów, skonstruowano 14 linii korelacyjnych dla jury (Fig. 1.1.1\_10). Linie zostały poprowadzone zazwyczaj w poprzek struktur geologicznych lub prostopadle do osi regionalnych jednostek tektonicznych, jedynie w części wschodniej obszaru Mazowsza wykonano korelację łączącą otwory ograniczające region od wschodu.

77 otworów zostało wykorzystanych do korelacji regionalnych, dla 95 otworów została stworzona baza otworowa zawierająca szczegółową stratygrafię utworów jury środkowej i dolnej. Pozostałe otwory zostały przeanalizowane, jednak zostały wykorzystane jedynie do ogólnego rozpoznania terenu.

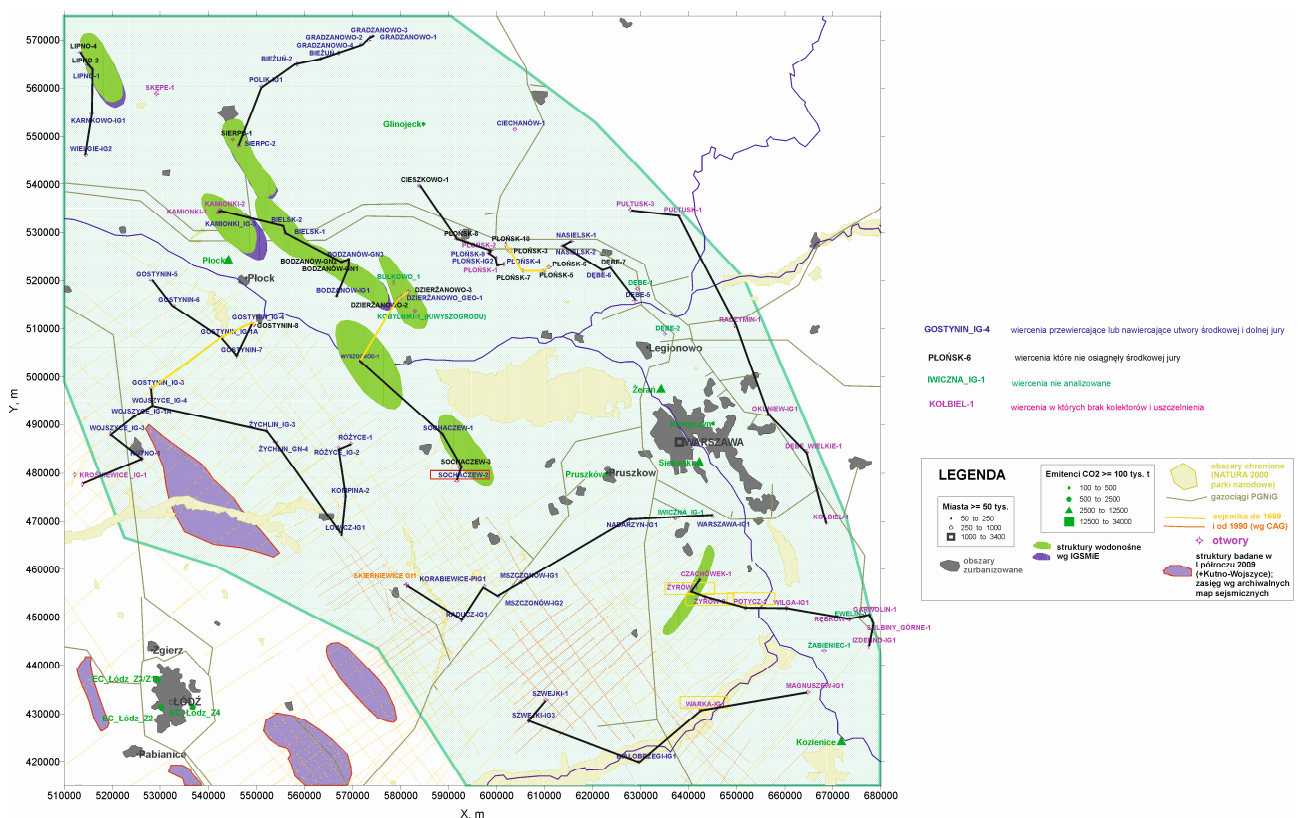


Fig. 1.1.1\_10 Lokalizacja obszaru badań (jura)

## **Charakterystyka formacji geologicznych odpowiednich do składowania CO<sub>2</sub> (trias) (Anna Becker)**

W rejonie Mazowsza przeanalizowano 63 otwory sięgające triasu lub utworów starszych niż trias (**Fig. 1.1.1\_11**). W jednym z nich, otworze Bielsk 2, trias jest w całości zredukowany tektonicznie. W 23 otworach strop triasu położony jest poniżej głębokości 2500 m, uznanej za głębokość graniczną możliwości składowania CO<sub>2</sub> w głębokich poziomach wodonośnych (**Fig. 1.1.1\_11**). Są to otwory położone w zachodniej części obszaru, w strefie granicznej między synklinorium warszawskim i antyklinorium kujawskim. Pozostałe 39 otworów przeanalizowano pod kątem występowania potencjalnych poziomów zbiornikowych i uszczelniających w utworach triasu. Są to otwory położone we wschodniej części synklinorium warszawskiego oraz w północno-zachodniej części synklinorium lubelskiego.

W pierwszym etapie przeanalizowano dostępne archiwalne pomiary geofizyki otworowej, głównie profilowania gamma, neutron-gamma oraz potencjałów samoistnych i oporności. Za potencjalny poziom zbiornikowy uznawano poziom piaskowcowy lub piaskowcowo-węglanowy, wykazujący obniżone wartości naturalnego promieniowania gamma, średnie wartości wzbudzonego promieniowania gamma oraz niskie wartości oporności, o miąższości co najmniej 30 m. Za poziom uszczelniający uznawano poziom iłowcowo-mułowcowy, o wysokim naturalnym promieniowaniu gamma, niskim wzbudzonym promieniowaniu gamma oraz średniej oporności, o miąższości co najmniej 50 m. Dodatkowe informacje zostały zebrane z opisów rdzeni wytypowanych poziomów oraz z analizy samego materiału rdzeniowego. Stopień rdzeniowania osadów triasu w analizowanych otworach jest generalnie niski. Jedynie dwa otwory spośród omawianych 39-ciu były otworami pełnordzeniowanymi w obrębie triasu (Warszawa IG 1, Magnuszew IG 1). Wszystkie one są położone w południowo-wschodniej części obszaru (**Fig. 1.1.1\_11**).

W drugim etapie w celu przeanalizowania lateralnej ciągłości poszczególnych poziomów skonstruowano 8 linii korelacyjnych (**Fig. 1.1.1\_11**). Cztery z nich zostały poprowadzone w kierunku SW-NE, czyli w poprzek regionalnych jednostek tektonicznych. Cztery pozostałe zaś w kierunku NW-SE, czyli równoległe do osi tych jednostek.

Potencjalne poziomy zbiornikowe w triasie (**Fig. 1.1.1\_12**) o dobrych właściwościach kolektorskich tworzą osady piaskowca trzciny (Tk2b, trias górny) w północno-wschodniej części obszaru Mazowsza (rejon Gradzanowa, Ciechanowa, Płońska i Nasielska), osady dolnego kajpru (Tk1, trias środkowy) lokalnie w północno-wschodniej części rejonu Mazowsza (otwory Gradzanowo 4 i Czachówek 1), osady pogranicza środkowego i górnego pstrego piaskowca (Tp2+3, trias dolny) lokalnie w południowo-wschodniej części rejonu Mazowsza (otwory Izdebno IG 1 i Żabieniec 1) oraz osady najniższego dolnego pstrego piaskowca (Pzt/Tp1, trias dolny) w skrajnie południowo-wschodniej części rejonu Mazowsza (otwory Kołbiel 1, Garwolin 1 i Ewelina 1). Potencjalne poziomy zbiornikowe dolnego i środkowego triasu nie posiadają uszczelnienia w bezpośrednim nadkładzie. Jedynym potencjalnym poziomem zbiornikowym w triasie o lateralnej rozciągłości, posiadającym poziom uszczelniający bezpośrednio w nadkładzie, jest piaskowiec trzciny (Tk2b, trias górny). Jego wadą jest niewielka miąższość rzędu 30-40 m. Piaskowce potencjalnych poziomów zbiornikowych triasu górnego (Tk2b, Tk3) oraz triasu środkowego (Tk1) deponowane były w systemie fluwialnym

(Iwanow, 1998), stąd często obserwuje się ich lateralne przechodzenie w osady drobnoziarniste, charakterystyczne dla stref depozycji pozakorytowej. Piaskowcowo-węglanowe osady poziomów zbiornikowych triasu dolnego deponowane były w środowisku szelfu terygeniczo-węglanowego lub równi piaszczysto-mułowych (Iwanow i Kiersnowski, 1998; Iwanow, 1998), a zatem ich lateralna zmienność jest mniejsza.

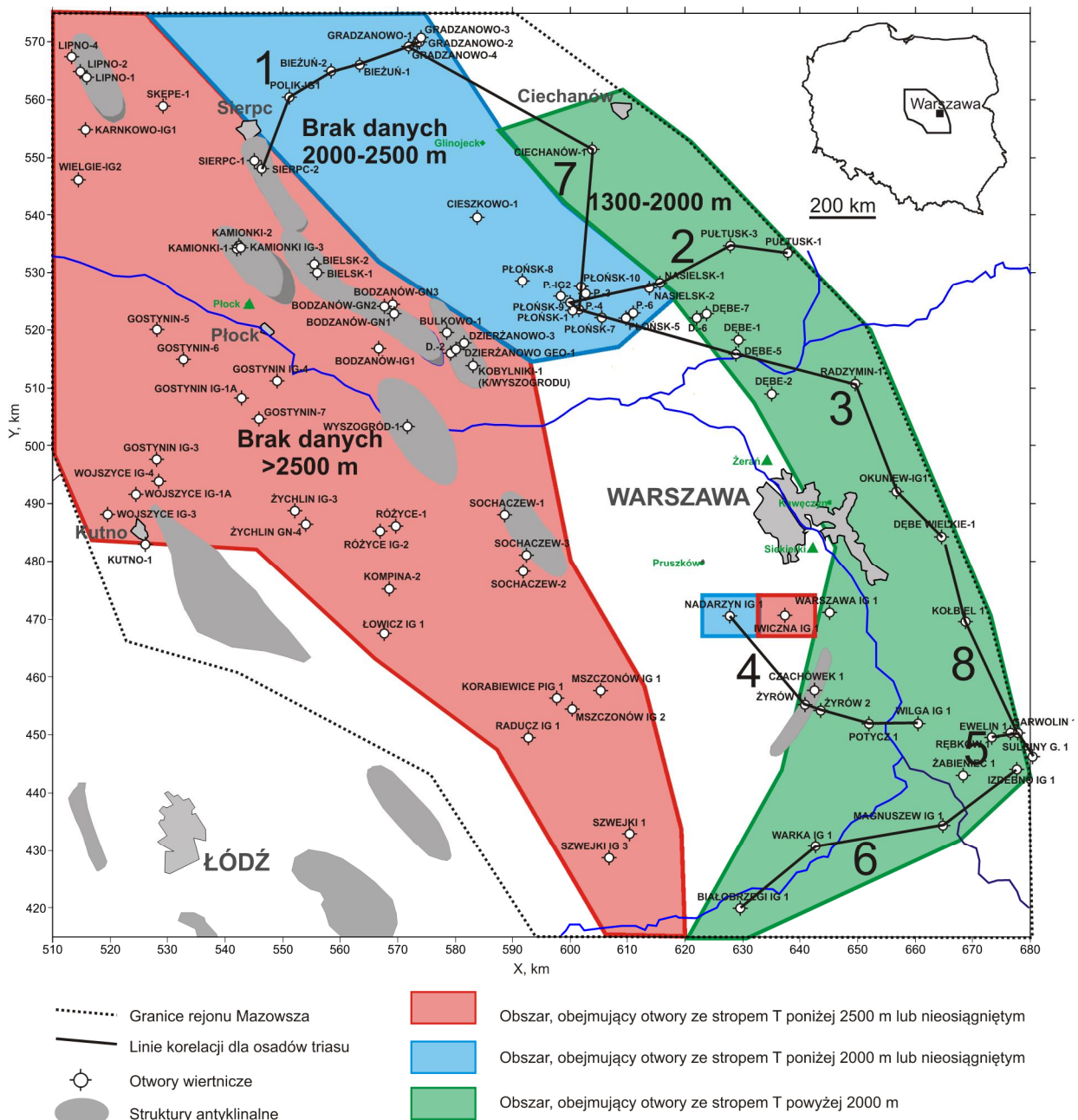
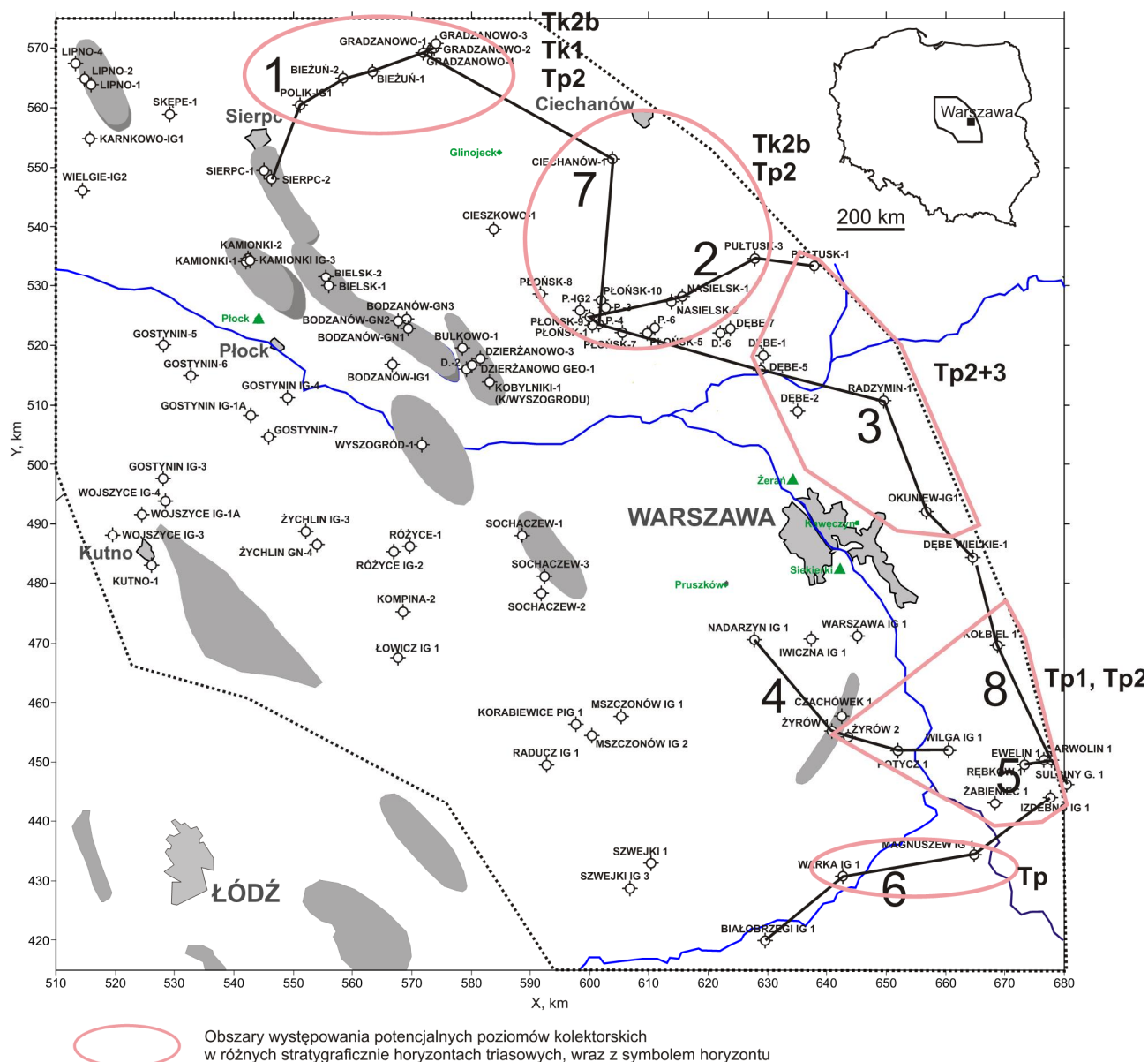


Fig. 1.1.1\_11 Lokalizacja obszaru badań (trias)

Na całym obszarze osady triasu górnego (głównie Tk2d, warstwy nidzickie) tworzą poziom uszczelniający o miąższości rzędu 100 – 200 m, wykazujący dobre własności uszczelniające. Osady te deponowane były w strefach rozległych równi zalewowych systemów fluwialnych oraz krótkookresowo w płytkich lagunach (Iwanow, 1998).

Perspektywiczność poziomów zbiornikowych triasu obszaru Mazowsza dla składowania CO<sub>2</sub> jest niewielka. Główną przyczyną jest jego głębokie zaleganie. W całym pasie struktur antyklinalnych o potencjale składowiskowym trias zalega na głębokości poniżej 2500 m (oprócz struktury Czachówek-Żyrów, **Fig. 1.1.1\_12**). W obszarze, gdzie trias zalega płycej nie zlokalizowana została żadna struktura o potencjale składowiskowym. Potencjalne poziomy zbiornikowe triasu charakteryzuje często brak przepuszczalności, nawet przy osiągnięciu przez nie wymaganych dla potencjalnych kolektorów porowatości.

W rejonie Mazowsza zaobserwowano również niezgodności stratygraficzne, wskazujące na możliwość występowania deformacji nieciągłych w obrębie triasu, w otworach: Biezuń 1, Ciechanów 1, Pułtusk 3 oraz Dębe 5.



**Fig. 1.1.1\_12** Lokalizacja potencjalnych poziomów zbiornikowych (trias)

## **Inwentaryzacja danych hydrogeologicznych (Lidia Razowska-Jaworek)**

W celu wskazania potencjalnych poziomów najlepszych dla geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w regionie mazowieckim dokonano analizy parametrów hydrogeologicznych głównie na podstawie wyników uzyskanych z opróbowania poziomów zbiornikowych w głębokich otworach badawczych, poszukiwawczych i hydrogeologicznych Państwowego Instytutu Geologicznego oraz w głębokich otworach wiertniczych Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa. Przeanalizowano 72 otwory wiertnicze ujmujące kompleksy skał o zróżnicowanych właściwościach zbiornikowych i dużym zróżnicowaniu mineralizacji oraz warunków ciśnieniowych, które mogą być potencjalnie zbiornikami do składowania CO<sub>2</sub>. Otwory ujmowały utwory od kambru po kredę dolną.

W celu wstępnego wydzielenia formacji wodonośnych, poza otworami, przeanalizowano opracowania kartograficzne oraz materiały archiwalne, w tym między innymi: Atlas hydrochemiczny i hydrodynamiki paleozoiku i mezozoiku oraz ascensyjnego zasolenia wód podziemnych na Niżu Polskim (Bojarski, 1996); Geneza i paleohydrogeologiczne warunki występowania wód zmineralizowanych na Niżu Polskim (Paczyński, Pałys, 1970); Mapa miąższości strefy wód słodkich (zwykłych); Atlas hydrogeochemiczny Polski 1:2000000, (Płochniewski, 1977); Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku, mezozoiku i permu. Skala 1:1000000 (Pożaryski, Radwański, 1972); Atlas wód geotermalnych Niżu Polskiego. Zbiorniki dolnojurajski i dolnokredowy. Katalog otworów wiertniczych i studni głębinowych w utworach kredy dolnej i jury dolnej na Niżu Polskim. (Górecki red., 1990).

Przy wydzieleniu formacji o wysokim potencjale do lokowania CO<sub>2</sub> uwzględniano następujące kryteria hydrogeologiczne: głębokość 1000 – 4000 m, miąższość ponad 20 m i obecność izolującego nadkładu, dominujące facje piaskowcowe. Ograniczony potencjał posiadają obszary, gdzie facje piaskowcowe są zastąpione drodnoziarnistymi klastycznymi osadami, zredukowana porowatość piaskowców do 10%, miąższość 10-20 m lub głębokość pomiędzy 800-1000 m.

Procesy przemian chemicznych wód i ich przemieszczania się zachodzą na ogół w czasie geologicznym i obecnie są trudno zauważalne. Jednak w przypadku wyraźnego zaburzenia reżimu hydrodynamicznego wywołanego na przykład bardzo dużym obniżeniem się zwierciadła wody przez intensywną eksploatację lub odwadnianie kopalń może nastąpić wyrównywanie się ciśnień przez dopływ wód z głębszej części basenu. Zjawisko tąpnięć górniczych lub innych może spowodować odnowienie się starych szczelin tektonicznych i ascensję przez pionowe drogi krążenia. Dlatego też uwzględniono działalność człowieka na powierzchni terenu.

Przeanalizowano 266 zbadanych poziomów zbiornikowych w otworach wiertniczych, w tym: 37 w utworach kredy dolnej z głębokości od 290 do 1630 m, o mineralizacji 0,4-39,6 g/l, 68 w utworach jury górnej z głębokości 966-2202 m, o mineralizacji 4,4-102 g/l, 64 w utworach jury środkowej z głębokości 715-2941 m, o mineralizacji 3,9-115 g/l, 29 w utworach jury dolnej z głębokości 1431-3130 m, o mineralizacji 3,1-122 g/l, 22 w utworach triasu górnego z głębokości 1638-4308 m, o mineralizacji 1,2-251 g/l, 16 w utworach triasu dolnego z głębokości 1735-4115 m, o mineralizacji 88-311 g/l, 13 w utworach permu z głębokości 1860-4158 m, o mineralizacji 140-277 g/l, 19 w utworach karbonu z głębokości 2159-4773 m, o mineralizacji 89-282 g/l i 4 w utworach dewonu i kambru z głębokości 2263-4031 m, o mineralizacji 214-300 g/l.



Z 72 otworów z badanego obszaru w 17 wykonano badania porowatości i przepuszczalności skał. Osady jury środkowej zbadano w 4 otworach (7 oznaczeń porowatości i 2 oznaczenia przepuszczalności). Osady jury dolnej zbadano w 5 otworach (23 oznaczenia porowatości i 17 oznaczeń przepuszczalności). Osady triasu górnego zbadano w 12 otworach (50 oznaczeń porowatości i 28 oznaczeń przepuszczalności).

Dane hydrogeologiczne, w różnym zakresie, występują dla osadów jury środkowej w 13 otworach, dla jury dolnej w 19 otworach, a dla triasu górnego w 21 otworach.

W celu dokonania badań hydrogeochemicznych zinwentaryzowano wszelkie dostępne dane dotyczące składu chemicznego i parametrów fizyko-chemicznych w badanym rejonie. Zestawiono 279 analiz chemicznych z 72 otworów wiertniczych z głębokości od 290 m do 4907 m, w tym: 6 z utworów kambryjskich, 4 z utworów dewońskich, 19 z utworów karbońskich, 12 z utworów permskich, 16 dolno i środkowotriasowych, 22 górnotriasowych, 29 dolnojurajskich, 64 środkowojurajskich, 68 górnójurajskich i 37 kredowych. Przeanalizowano 278 oznaczeń mineralizacji, 253 oznaczenia Cl, 254 oznaczenia Ca, 133 oznaczenia Na i 124 oznaczenia K i 124 oznaczenia Br.

Dla wszystkich analiz wykonano bilans anionowo-kationowy w celu oszacowania błędów analizy i usunięto z dalszych badań te analizy, w których błąd był wyższy od 10%. W 36 przypadkach sięgnięto do oryginalnych dokumentacji ze względu na dyskusyjne wartości niektórych składników, np. brak pewności co do jednostek dla sodu w bazie PGNiG. Dokonano wglądu w dokumentacje otworów głębokich z powierzchni: Rawa Mazowiecka 1, Jeżów IG 1, Szwejki 1, Szwejki IG 3, Żerechowa 1, Żerechowa 2. Ponadto wykorzystano informacje dotyczące badań hydrogeologicznych zawarte w publikacjach z serii Profile Głębokich Otworów Wiertniczych PIG.

## **Rejon IV - brzeźna strefa Karpat i Zapadliska Przedkarpackiego**

Region IV obejmuje południową część zapadliska przedkarpackiego i podłoże brzeźnej strefy Karpat zewnętrznych. Zachodnią granicę wyznacza południk Żywca, wschodnią granicą państwa w rejonie Przemyśla. Północną granicę obszaru wyznacza zasięg utworów neogenu, natomiast granicę południową izolacja głębokości -3000m p.p.m. (**Fig. 1.1.1\_13**).

Administracyjnie teren badań obejmuje południowo-wschodnią część województwa śląskiego, województwo małopolskie, południową część województwa świętokrzyskiego i województwo podkarpackie. Region IV podzielono na dwa podregiony, podregion IVA i podregion IVB. Granicę zachodnią podregionu IVA stanowi południk Żywca, wschodnią wyznacza południk Rzeszowa. Podregion IVB rozciąga się na wschód od południka Rzeszowa po wschodnią granicę państwa.

### **PODREGION IVA**

Charakterystyka formacji i struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub>

**(Zbigniew Buła, Ryszard Habryn, Józef Chowaniec, Piotr Freiwald, Tomasz Koziara, Piotr Owsiak, mgr Andrzej Piotrowski, Wojciech Ryłko, Rafał Sikora, Anna Tomasz, Adam Tomasz)**

Do analizy budowy geologicznej obszaru wykorzystano wyniki 234 wierceń (**Fig. 1.1.1\_14**). Wykonano 9 przekrojów podłużnych oraz 10 przekrojów poprzecznych (**Fig. 1.1.1\_15** do **Fig. 1.1.1\_33**).

Analizą objęto utwory starsze od kenozoiku. Wyeliminowano utwory fliszu karpackiego i neogenu. Przyjęto, że te dwa piętra stanowią główny poziom uszczelniający dla przyszłych projektowanych magazynów CO<sub>2</sub>.

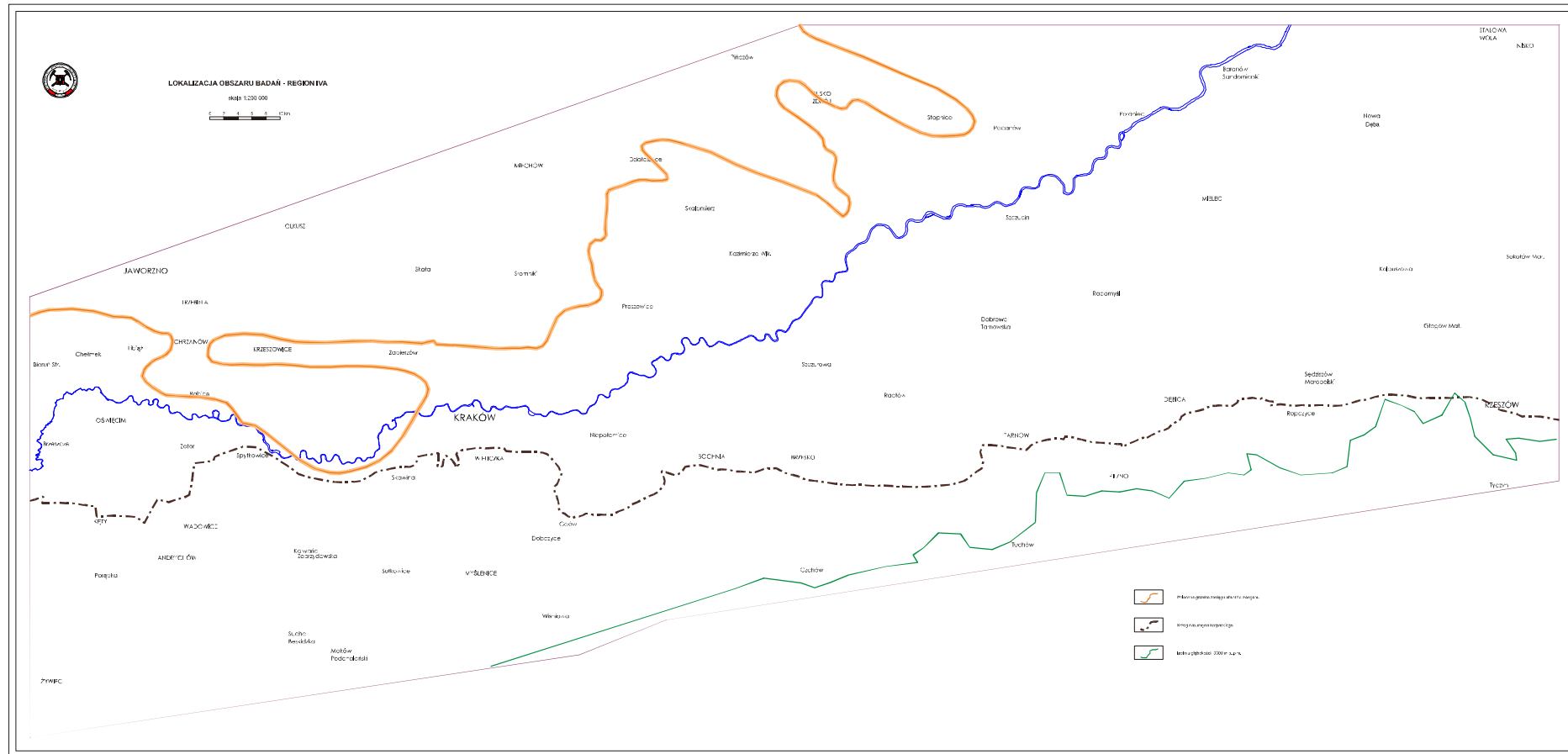


Fig. 1.1.1\_13 Lokalizacja obszaru badań - Region IVA

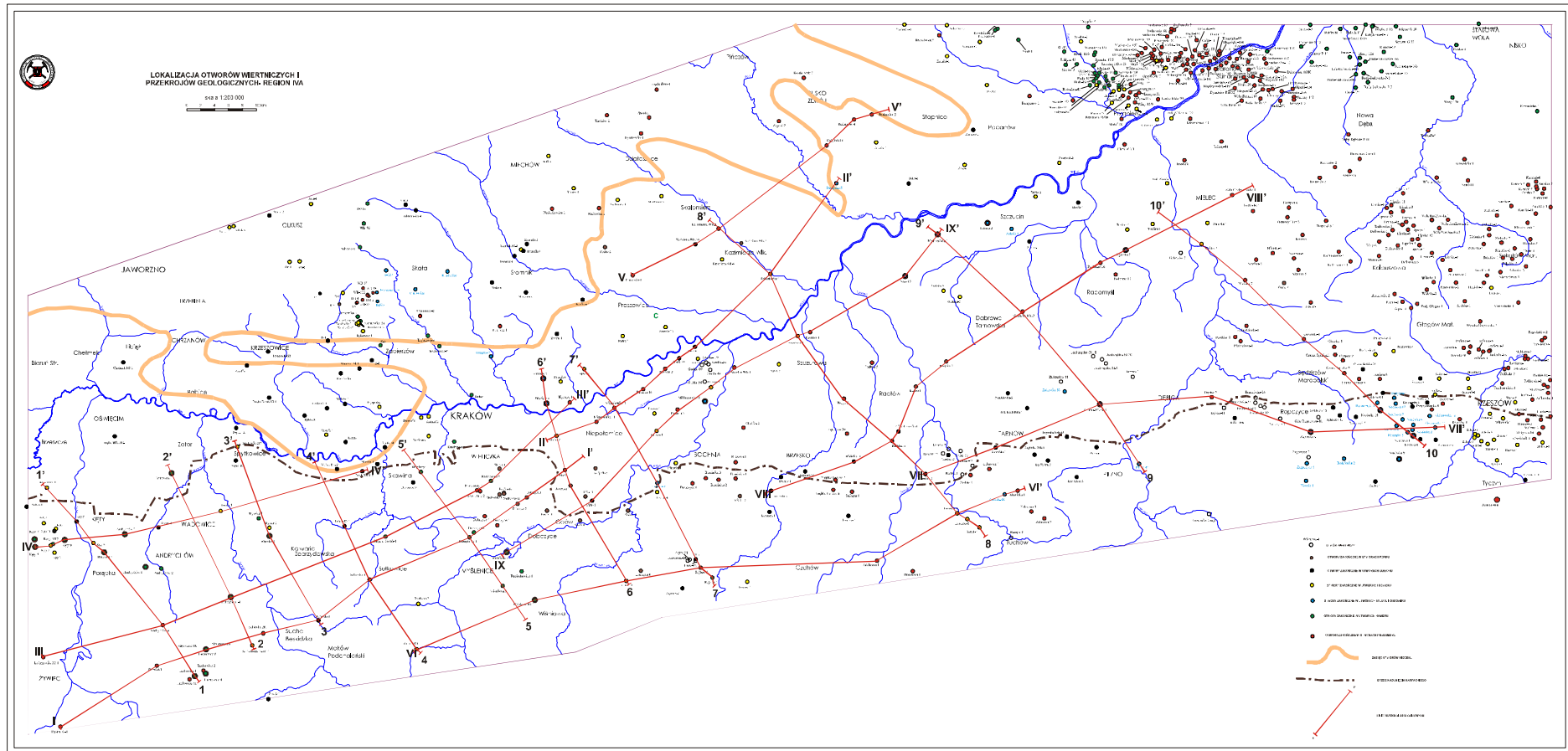


Fig. 1.1.1\_14 Lokalizacja otworów wiertniczych i przekrojów geologicznych- Region IVA

## OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA BUDOWY GEOLOGICZNEJ

### Dolny paleozoik

#### **Kambr dolny na masywie górnośląskim.**

W południowej części bloku górnośląskiego, w podłożu Karpat i na ich bezpośrednim przedpolu, utwory klastyczne kambru dolnego rozpoznano w 22 otworach usytuowanych między Bielskiem-Goczałkowicami na zachodzie, a Krakowem-Rajbrotem na wschodzie, (A. Ślęczka 1976, 1982; A. Kotas 1982a, b; M. Jachowicz, W. Moryc 1985, 2006a; Z. Buła, M. Jachowicz 1996, Z. Buła, R. Habryn-red. 2008). Ich pozycję stratygraficzną określono w otworach: Goczałkowice IG-1, Piotrowice 1, Kęty 7, 8; Andrychów 3, Głogoczów IG-1, Borzęta IG-1, Wiśniowa 3, 6; Rajbrot 1, 2 na podstawie oznaczeń akritarch (W. Brochwicz-Lewiński i in., 1986; M. Moczyłowska 1993; M. Jachowicz, W. Moryc 1995; Z. Buła, M. Jachowicz 1996). Tylko w otworze Goczałkowice IG-1 stwierdzono dolnokambryjskie trylobity z poziomu *Holmia* (S. Orłowski, 1975). W profilu osadów dolnokambryjskich rozpoznanych w tym obszarze wyróżniono dwie jednostki litostratygraficzne w randze formacji (A. Kotas 1982 b, Z. Buła, M. Jachowicz 1996; Z. Buła 1998).

Do starszej jednostki - **formacji z Borzęt** zaliczono utwory kambru dolnego subholmiowego (poziomy *Sabellidites* i *Platysolenites*), stwierdzone pod dewonem lub jurą w otworach: Borzęta IG-1, Wiśniowa 3, 6; Rajbrot 1, 2 (Z. Buła, M. Jachowicz 1996; Z. Buła 1998). Najpełniejszy jej profil rozpoznano w Borzętach IG-1 (gł. od ok. 3030,0m do 3800,0 m). Osady formacji z Borzęt (fm) tworzą tu charakterystyczną trójczłonową, regresywną sekwencję litologiczno-facjalną. Poszczególne człony tej sekwencji potraktowano jako ogniwa (idąc od dołu):

iłowców z Myślenic (og) - tworzą go iłowce ciemnoszare, lokalnie przewarstwiane mułowcami. Wyróżniającą cechą tych skał jest wyraźna liściasta łupliwość,

mułowców z Osieczan (og) - reprezentowane jest przez mułowce przeważnie piaszczyste szare lub szaro-zielone, przewarstwiane piaskowcami drobnoziarnistymi jasnoszarymi z odcieniem zielonym lub szaroróżowym,

piaskowców z Rajbrota (og) - zbudowane jest z piaskowców drobno- i średnioziarnistych, barwy szarej, jasnoszarej, różowej lub różowo-szarej.

W piaskowcach występują przewarstwienia mułowców piaszczystych szarych i szaro-zielonych, rzadziej iłowców ciemnoszarych z odcieniem wiśniowy.

Jak wynika z dotychczasowego rozpoznania osady formacji z Borzęt (fm) występują tylko we wschodniej części bloku górnośląskiego - w rejonie Rajbrota, lokalnie w strefie horstu Rzeszotar i w obszarze Myślenic-Mogilan. Maksymalną miąższość osadów z Borzęt w obszarze Myślenic-Mogilan szacuje się na około 1000m.

Na południe od Goczałkowic-Piotrowic-Wysokiej utworów formacji z Borzęt nie stwierdzono. Występują tu natomiast utwory młodszej dolnokambryjskiej jednostki litostratygraficznej - **formacji z Goczałkowic (fm)**. Wykreował ją A. Kotas (1982b) badając profil osadów dolnokambryjskich z poziomu *Holmia* w otworze Goczałkowice IG-1. Uznał on, że występujące tu osady dolnokambryjskie tworzą trójczłonową, transgresywną sekwencję litologiczno-facjalną. Poszczególne odcinki tej sekwencji wyróżniono w randze ogniwi (idąc od dołu):

piaskowców skolitusowych z Mogilan (og) - najniższą część profilu ogniwa tworzą zlepieńce drobnotoczkowe, zwirowce piaszczyste i piaskowce różnoziarniste. Ku górze zmniejsza się średnica ziarn i kompleks zlepieńcowo-piaszczysty przechodzi stopniowo w kompleks piaskowców różnoziarnistych z podrzędnymi wkładkami zlepieńców i mułowców piaszczystych. Piaskowce i zlepieńce są czerwone, czerwono-brunatne, jasnoróżowe, lokalnie jasnoszare lub białe. Mułowce są przeważnie czerwone lub wiśniowo-brunatne, rzadziej szaro-zielone.

piaskowców bioturbacyjnych z Głogoczowa (og) - zbudowane jest z piaskowców drobno- rzadziej średnioziarnistych, jasnoszarych, szaro-zielonych, laminowanych i przewarstwianych mułowcami piaszczystymi szarymi i szaro-zielonymi.

mułowców z trylobitami z Pszczyny (og) tworzą go mułowce piaszczyste szare, szaro-zielone, przewarstwiane piaskowcami drobnoziarnistymi szarymi.

W skałach formacji z Goczałkowic (fm) występują - miejscami masowo - skamieniałości śladowe.

Skały reprezentujące formację z Goczałkowic (fm) rozpoznano w obszarze na północ i wschód od Bielska-Lachowic po rejon Myślenic-Mogilan. Prawdopodobnie występują one również w obszarze bezpośrednio przylegającym od wschodu do horstu Rzeszotar. Nie stwierdzono ich w strefie horstu Rzeszotar, jak również w rejonie położonym na południe od Bielska-Andrychowa i na zachód od Potrójnej-Lachowic . Miąższość formacji z Goczałkowic (fm) w południowej podkarpackiej części bloku górnośląskiego rośnie idąc od południa i południowego zachodu w kierunku północnym, a zwłaszcza wschodnim. W tym kierunku zwielokrotnieniu ulega głównie miąższość jej dolnego ogniwa - piaskowców skolitusowych z Mogilan (og), od 90m w Goczałkowicach IG-1 do ponad 1400m w Mogilanach 1. Maksymalną miąższość - około 2000m - osady

z Goczałkowic (fm) osiągają w rejonie Myślenic-Mogilan. Sumaryczną miąższość osadów dolnokamryjskich (formacji z Borzęt (fm) i Goczałkowic (fm)) w tym rejonie szacuje się na ponad 2500m.

Skały dolnokambryjskie rozpoznane w południowej, podkarpackiej części bloku górnośląskiego zalegają tektonicznie niezgodnie, z wyraźnie zaznaczającą się niezgodnością kątową, na metamorficznych i anchimetamorficznych skałach prekambryjskich tworzących ten blok. Ponad nimi zalegają utwory dewonu, a lokalnie, w strefie horstu Rzeszotar, utwory jurajskie.

### **Dolny paleozoik na masywie małopolskim**

Utwory dolnopaleozoiczne na bloku małopolskim (poza kielecką częścią Gór Świętokrzyskich) zostały rozpoznane w jego krawędziowej zachodniej części, w rejonie lubliniecko-krakowskim (S. Siedlecki 1962; F. Ekiert 1971; M. Nehring-Lefeld, Z. Modliński, A. Siewniak-Madej 1992; A. Siewniak-Madej 1994; Z. Buła 1994, 1988; Z. Buła, M. Jachowicz, J. Żaba 1997; M. Nehring-Lefeld, B. Szymański 1998; B. Szymański, L. Teller 1998), w rejonie niecki nidziańskiej (K. Jaworowski, H. Jurkiewicz, Z. Kowalczewski 1967; H. Jurkiewicz 1975) oraz na przedpolu Karpat w rejonie między Pilznem-Dąbrową Tarnowską-Buskiem oraz Sędziszowem Małopolskim - Rzeszowem (H. Tomczyk 1963; S. Kwiatkowska, W. Moryc, H. Tomczyk 1966; W. Moryc 1992, 1996, 2006a; W. Moryc, M. Nehring-Lefeld 1997; Z. Buła, R. Habryn-red., 2008).

W wymienionych rejonach bloku małopolskiego utwory dolnopaleozoiczne reprezentowane są przez węglanowe i klastyczne skały ordowiku i syluru. Od dołu kontaktują one tu wzdłuż wyraźnie zaznaczającej się

powierzchni nieciągłości sedymentacyjnej, podkreślonej różnych rozmiarów dyskordancją kątową z silnie sfałdowanymi, sphyllityzowanymi klastycznymi skalami wendyjsko-dolnokambryjskimi ?.

Dotychczasowe wyniki badań geologicznych przeprowadzonych w południowej i zachodniej części bloku małopolskiego wyraźnie wskazują, że utwory ordowiku i syluru nie tworzą tu ciągłej pokrywy w wymienionych wyżej rejonach. Zachowały się one w obrębie wąskich, wydłużonych struktur uformowanych najprawdopodobniej w wyniku późnokaledońskich ruchów tektonicznych. Struktury te niewątpliwie uległy przebudowie w wyniku późniejszych ruchów waryscyjskich i alpejskich. Geneza tych struktur jest niejasna. W rejonie lubliniecko-krakowskim, gdzie utwory ordowiku i syluru rozpoznano licznymi otworami, tworzą one wąskie wydłużone struktury prawdopodobnie o charakterze blokowo-łańdżowym (Z. Buła, M. Jachowicz, J. Żaba 1997; Z. Buła 1998). H. Jurkiewicz (1975) analizując budowę paleozoiku w podłożu niecki nidziańskiej założył, że utwory ordowiku i syluru występują tu w wąskich, asymetrycznych synklinach oddzielonych na skutek przedewońskiej i mezozoicznej erozji "blokami" zbudowanymi ze skał wendyjsko-dolnokambryjskich ?. Podobny styl budowy strukturalnej ordowiku i syluru w rejonie Pilzna-Dąbrowy Tarnowskiej-Buska przyjął W. Moryc (w: W. Moryc 1992, 1996; W. Moryc, M. Nehring-Lefeld 1997). Kierunek przebiegu tych wąskich, wydłużonych struktur utworzonych z utworów ordowiku i syluru jest zmienny.

W rejonie lubliniecko-krakowskim wyróżniane tu struktury łańdżowo-blokowe wydłużone są w kierunku NE-SW (Z. Buła 1998). Według H. Jurkiewicza (1975) synkliny zbudowane z tych utworów w podłożu niecki nidziańskiej rozciągają się w kierunku WNW-ESE. W rejonie Pilzna-Dąbrowy Tarnowskiej-Buska W. Moryc wyróżnił duże synkliny utworzone z utworów ordowiku i syluru. Dłuższa oś pierwszej synkliny usytuowanej w północnej części tego rejonu, między Strożyskami a Zalesiem biegnie w kierunku WNW-ESE. Druga synklina, położona w południowej części tego rejonu między Dąbrową Tarnowską-Pilznem wydłużona jest w kierunku NW-SE. Synkliny te oddzielone są według W. Moryca uskokiem o przebiegu NW-SE. Obecnie trudno jest określić czy obserwowane zmienne kierunki struktur zbudowanych z utworów ordowicko-sylurskich są pierwotne, powstałe w wyniku ruchów późnokaledońskich, czy też zostały zmienione wskutek późniejszych ruchów tektonicznych (np. poprzez rotację poszczególnych segmentów bloku małopolskiego, wzdłuż uskoków przesuwczych).

W profilu osadów ordowicko-sylurskich rozpoznanych w omawianych rejonach bloku małopolskiego zaznaczają się luki sedymentacyjne, skrócenia tektoniczne obejmujące różne poziomy należące do tych systemów. Ponadto obserwuje się lateralne zmiany litologiczno-facjalne osadów, zwłaszcza w ordowiku .

### **Ordowik**

W rejonie lubliniecko-krakowskim ordowik, poczynając od górnego arenigu wykształcony jest wyłącznie w facji węglanowej (M. Nehring-Lefeld i in., 1992, Z. Buła 1994, 1998; M. Nehring-Lefeld, B. Szymański 1998). Sedymentacja osadów węglanowych kontynuowała się tu w sylurze-landowerze i dolnym wenloku (M. Nehring-Lefeld i in., 1992, M. Nehring-Lefeld, B. Szymański 1998, Z. Buła 1998, B. Szymański, L. Teller 1998). W rejonie niecki nidziańskiej sedymentacja ordowiku rozpoczynała się zlepieńcami i piaskowcami glaukonitowymi, której początek przypada na wczesny, dolny arenig (H. Jurkiewicz, 1975) ponad którymi lokalnie występują wapienie dolomityczne i organodetrytyczne karadoku lub utwory ilaste syluru. W rejonach Pilzna – Dąbrowy Tarnowskiej – Buska oraz Sędziszowa Małopolskiego – Rzeszowa zaznaczają się wyraźne zmiany litologiczno –

facjalne w profilach ordowiku (W. Moryc 1992, 1996; W. Moryc i in. 1997). Zmiany te zachodzą generalnie na kierunku NW-SE. W obszarze północno zachodnim (Dąbrowy Tarnowskiej – Buska), w dolnej części profilu ordowiku (tremadok – arening) dominują piaskowce glaukonitowe z wkładkami mułowców, których udział wzrasta idąc w kierunku południowo - wschodnim. W górnej części profilu ordowiku dominują osady węglanowe – wapienie i dolomity. W obszarze południowo – wschodnim (Sędziszów Małopolski – Rzeszów) ordowik wykształcony jest w facji łupków graptolitowych, którym towarzyszą wkładki skał węglanowych i piaskowców. Miąższość osadów ordowiku stwierdzonych w rejonie Pilzna, Dąbrowy Tarnowskiej – Buska oraz Sędziszowa Małopolskiego – Rzeszowa jest zmienna waha się od 0 do ponad 140 m w otworze Pilzno 40, gdzie nie zostały one przebite . Ponad utworami ordowiku występują tu najczęściej skały

syluru – wenloku lub ludlowu. Lokalnie na nich zalegają bezpośrednio utwory dewonu, karbonu lub mezozoiku.

### ***Sylur***

Na obszarze bloku małopolskiego, z wyjątkiem rejonu lubliniecko – krakowskiego, sylur reprezentowany jest przez utwory ilasto – mułowcowe z graptolitami, którym towarzyszą wkładki wapieni marglistych i margli. W Niecce Nidziańskiej łupkom graptolitowym landoweru towarzyszą liczne wkładki lidytów (H. Jurkiewicz 1975). Skały gruboklastyczne – piaskowce, a nawet zlepieńce pojawiają się dopiero w najmłodszych utworach syluru – w ludlowie i to prawdopodobnie górnym. Utwory landoweru w facji węglanowej i łupków graptolitowych udokumentowano w regionie lubliniecko – krakowskim i Niecce Nidziańskiej (M. Nehring i in. 1992; K. Jaworowski i in. 1967; H. Jurkiewicz 1975). W rejonach Pilzna – Dąbrowy Tarnowskiej – Buska oraz Sędziszowa Małopolskiego – Rzeszowa udokumentowano na podstawie oznaczeń graptolitów obecność osadów wenloku i ludlowu (H. Tomczyk 1963; W. Moryc 1992, 1996). Nie stwierdzono tu utworów landoweru. Najpełniejszy profil syluru, o największej dotychczas stwierdzonej miąższości (206 m) rozpoznano w otworze Mędrzechów 1 (H. Tomczyk 1963). Utwory syluru na obszarze bloku małopolskiego uległy przeddewońskiej i późniejszej intensywnej erozji. Na nich zalegają niezgodnie różnowiekowe utwory dewonu, karbonu oraz mezozoiku.

### **Górny paleozoik**

#### ***Dewon i karbon dolny węglanowy***

Platformowe sekwencje utworów młodopaleozoicznych rozwijały się na zróżnicowanym tektonicznie i morfologicznie podłożu kadomsko-kaledońskim (J. Znosko, 1983). Zachodnia część obszaru badań (Cieszyn-Kraków) zajmuje południową część masywu górnośląskiego, będącego w dobie kaledońskiej masywem śródgórskim (A. Kotas, 1982). Na krystalicznych i anchimetamorficznych skałach prekambryjskich (epoka wendyjska) oraz na klastycznych niezmetamorfizowanych skałach kambru dolnego (epoka kaledońska) leżą niezgodnie i z luką stratygraficzną młodopaleozoiczne utwory cyklu waryscyjskiego (A. Ślącza, 1976, 1982; Z. Buła, 1994, 1998; M. Jachowicz, W. Moryc, 1995; Z. Buła, M. Jachowicz, 1996; W. Moryc, W. Heflik, 1998). Profil ich rozpoczynają klastyczne skały dolnodewońskie (ems). Przechodzą one w węglanowe utwory: dewonu środkowego, dewonu górnego (fran, famen), karbonu dolnego (turnej, wizen). Wyżej leżą klastyczne osady morskie i lądowo-morskie wizenu górnego-namuru A dolnego oraz utwory węglonośne karbonu górnego. Profil utworów paleozoicznych kończą klastyczne osady zaliczane do permu (czerwony



spągowiec ?), będące produktem denudacji powaryscyjskiej (W. Moryc, 1971; J. Jasionowicz, 1975; T. Wieser, 1975; S. Połtowicz, 1989).

Na masywie małopolskim (Kraków-Rzeszów) platformowa pokrywa górnopaleozoiczna zalega niezgodnie na silnie zaangażowanych tektonicznie anchimetamorficznych skałach klastycznych prekambriu lub lokalnie na węglanowych i klastycznych utworach ordowiku i syluru (H. Tomczyk, 1963; Moryc, 1992; W. Moryc, M. Nehring-Lefeld, 1997). Obniżenia morfologiczno-tektoniczne podłoża kaledońskiego były wypełniane osadami dewonu w facji old redu. W strefach wyniesionych sedymentacja waryscyjska rozpoczęła się dopiero w dewonie środkowym a nawet w karbonie dolnym. Dewon i karbon (turnej - namur A) są, najogólniej mówiąc, wykształcone podobnie jak w południowej części masywu górnośląskiego. Istnieją jednak pewne różnice. Na masywie małopolskim sedymentacja odbywała się w zbiornikach założonych na blokach tektonicznych, nachylonych i w różnym stopniu labilnych i stąd, między innymi wynika, zróżnicowanie w rozwoju facjalnym osadów. Są one reprezentowane zarówno przez facje platformowe jak i przez facje basenów śródplatformowych. Poszczególne zbiorniki były od siebie oddzielone blokami („progami”) morfologiczno-tektonicznymi, na których brak jest obecnie (pierwotnie?) utworów dewonu i karbonu.

Na masywie górnośląskim węglanowe serie dewonu i karbonu są reprezentowane wyłącznie przez facje platformowe. Utwory karbonu leżą tu na różnych ogniwach dewonu. Na masywie górnośląskim nie obserwuje się przypadku, żeby osady karbońskie występowały na utworach starszych niż dewon, co odnotowuje się na masywie małopolskim. Ponadto, utwory klastyczne wizenu górnego – namuru A na masywie małopolskim są reprezentowane przez fację kulmową. Natomiast na masywie górnośląskim, w tym samym interwale czasowym, obserwuje się zmienność facjalną (zwłaszcza w jego południowej części) polegającą na przejściu od osadów typowo fliszowych do facji kulmu i serii pramolaszowych.

Masywy, górnośląski i małopolski, są rozdzielone strefą tektoniczną Kraków-Lubliniec (Z. Buła, M. Jachowicz, 1996; Z. Buła, M. Jachowicz, J. Żaba, 1997), o założeniach prekambryjskich, czynną po perm i fakt ten miał również duży wpływ na paleorelief i charakter sedymentacji w paleozoicznym zbiorniku sedymentacyjnym na obu blokach. W dolnym permie na obu masywach trwała intensywna denudacja i akumulacja skał orogenu waryscyjskiego (W. Moryc, 1971; R. Wagner, 1988). Morze cechsztyńskie pokryło niewielkie obszary przedpola Karpat (Kraków-Mielec). Deniwelacje terenu były wypełniane przez skały klastyczne, wulkanoklastyczne oraz chemiczne (W. Moryc, H. Senkowiczowa, 1968; W. Moryc, 1971; T. Wieser, 1975; S. Połtowicz, 1989; H. Kiersnowski 1991).

## **Dewon**

Utwory dewonu w południowej części masywu górnośląskiego rozwinięte są w facjach platformowych i występują na różnych ogniwach kambriu i na krystalicznych utworach prekambriu. Podstawową serię pokrywy osadowej waryscyjskiego cyklu sedymentacyjnego stanowią utwory klastyczne rozwinięte w facji old redu. Na podstawie badań mikroflorystycznych osady te zostały zaliczone do górnego emsu dewonu dolnego (E. Turnau, 1974). Seria klastyczna w sposób ciągły przechodzi w węglany dewonu środkowego i górnego. W najpełniejszym profilu dewonu (Głogoczów IG 1) jego miąższość wynosi około 850 metrów. Profil dewonu w południowej części masywu górnośląskiego został podzielony na pięć (I-V) nieformalnych

jednostek litostratygraficznych (A. Tomasz, R. Zając, 1996). I - jednostkę litostratygraficzną stanowią wyżej wspomniane utwory klastyczne emsu, o miąższości od 0 do 30 m. II - jednostkę tworzą dolomity bez fauny, o grubości 30 - 80 m, pelityczne lub drobnokrystaliczne szare i czarne z wkładkami margli i mułowców. Przypuszcza się, że należą one do eiflu. Wyżej występuje cienki (3 do 13 m) poziom utworów

klastycznych - jednostka litostratygraficzna III. Następną IV jednostkę tworzy zespół warstw ze stromatoporoidami. Są to dolomity krystaliczne z przewarstwieniami jasnych wapieni ziarnistych i pelitycznych, a następnie szare i beżowe wapienie laminowane.. W górnej części wapieni pelitycznych laminowanych występują otwornice wyższego franu ( Eonodosaria, Lunucamma, Frondilina) a cała jednostka IV o miąższości 190 - 435 m reprezentować może żywet i fran. Profil dewonu kończą wapienie i dolomity wadcyczne - jednostka V. Jej część spągową stanowi zwarty kompleks jasnych drobnokawernistych dolomitów bez fauny lub wapienie pelityczne z przewarstwieniami tych dolomitów. Wyższą część jednostki V budują wapienie pelityczne z wkładkami dolomitów drobnokawernistych i z poziomami gleb kopalnych. Wapienie tu obecne mają pokrój gruzełkowy, gruzełkowo-grudkowy, struktury okienkowe i miejscami są zbioturbowane. W niektórych poziomach obserwuje się nagromadzenia: ślimaków wermetoidalnych, małżoraczków, otwornic jednokomorowych, kalcisfer. W wapieniach wadcycznych w Potrójnej IG 1, Suchej IG 1, Tokarni IG 1 występują otwornice zony Septatournayella wskazujące na famen dolny (A. Tomasz, R. Zając 1992). Jednostki litostratygraficzne od I do IV obejmują przedział wiekowy górny ems - fran, a jednostkę V zaliczono do famenu. Nieco odmiennym wykształceniem facjalnym charakteryzują się utwory dewonu w wierceniach Lachowice 7 (M. Narkiewicz, 1996). Na platformowych osadach kambru występuje cienka (17 m) seria osadów w facji oldredu. Na profil skał węglanowych o miąższości około 300 metrów składają się (idąc od dołu): wapienie koralowo-stromatoporoidowe, wapienie amfiporowe, wapienie gruzłowe, wapienie ziarniste, wapienie margliste. Reprezentuje on przedział czasowy eifel - żywet - fran. Na obszarze południowo-wschodniego skraju masywu górnośląskiego (Tarnawa 1, Rajbrot 1, 2) na platformowych utworach kambru leży 300 do 400 metrowej grubości kompleks utworów węglanowych. W jego środkowo-górnodewońskim profilu (eifel? - famen) (H. Matyja i in. 1999), idąc od dołu, występują: dolomity, wapienie margliste z bioturbacjami, wapienie i dolomity, wapienie gruzłowo-ziarniste. W Tarnawie 1 w dwóch najwyższych ogniwach litologicznych występują otwornice wskazujące na fameński wiek utworów.

W odróżnieniu od dość jednorodnego typowo platformowego wykształcenia dewonu na masywie górnośląskim, występujący na wschód od Krakowa i sięgający po Rzeszów (masyw małopolski) dewon jest zróżnicowany facjalnie. Sedymentacja odbywała się tu w kilku zbiornikach założonych na przeddewońskich nachylonych blokach podłoża : Liplas-Jadowniki, Mniszów-Grobla, Dębica. Zbiorniki sedymentacyjne o zróżnicowanej głębokości, były od siebie oddzielone wyniesieniami (progami) morfologiczno-tektonicznymi, na których obecnie brak jest zarówno dewonu jak i karbonu. Blok Liplas - Jadowniki jest ograniczony w części północno-zachodniej przez krę rzeszotarską, gdzie pod utworami jury występują osady wczesnego paleozoiku lub utwory permu. Pomiędzy blokami Liplas - Jadowniki i Mniszów - Grobla znajduje się wypiętrzenie Puszczy - Brzozowej i tu osady prawdopodobnego prekambru-kambru są przykryte przez utwory jurajskie. Wypiętrzenie Kwikowa oddziela bloki Grobla - Mniszów i Dębica. Na wypiętrzeniu Kwikowa przerwa w profilu stratygraficznym obejmuje utwory od ordowiku do triasu włącznie. Brak dewonu na progach rozdzielających poszczególne zbiorniki sedymentacyjne jest związany zapewne z późniejszą erozją, niemniej jednak zróżnicowanie facjalne osadów na blokach sugeruje, że progi te odgrywały znaczną rolę w czasie sedymentacji dewonu..

Na bloku Liplas-Jadowniki utwory dewonu są słabo rozpoznane. W północnej części bloku (Tropiszów 1) nawiercono od góry czarne pelityczne laminowane wapienie i margle zawierające konodonty zony trachytera - praesulcata górnego famenu. Niżej zalegają margliste ciemno-szaro-czarne wapienie gruzłowe. Utwory te odpowiadają warunkom basenowym. W środkowej części bloku (Niepołomice 3) w dewonie rozwinęły się w przewadze osady platformowe analogiczne jak na masywie górnosląskim (porównaj **Fig. 1.1.1\_j21 i j22**). Na metaargilitach prekambru - kambru występuje kilkudziesięciometrowa seria osadów old redu z warstwą lamprofiru, odpowiadająca jednostce I na masywie górnosląskim. Wyżej leżące dolomity margliste bez fauny (100 m) są takie jak II jednostka litostratygraficzna na masywie górnosląskim. Zielono-szare iłowce leżące wyżej w profilu stanowią odpowiednik kompleksu III na zachodzie. Seria dolomitów i wapieni ze stromatoporoidami jest porównywalna z IV jednostką w podłożu GZW. Jej dolna część (230 m) jest reprezentowana przez dolomity szare krystaliczne i pelityczne z warstwami dolomitów z amfiporami. W górnej części występują szare wapienie laminowane z przewarstwieniami wapieni amfiporowych. Podobnie jak na masywie górnosląskim wapienie laminowane zawierają zespół otwornic charakterystycznych dla wyższego franu (grupa Eonodosaria). Omówiona część profilu w Niepołomicach 3 obejmuje wiek od górnego emsu do franu włącznie i ma on typowo platformowy charakter. Występujące wyżej ciemne wapienie gruzłowe z warstwą piaskowca wapnistego w spągu, będące epizodem sedymentacji pelagicznej, należą prawdopodobnie do famenu niższego. Kolejny wyższy odcinek profilu jest znów wykształcony podobnie jak w podłożu GZW i oznacza powrót do warunków platformowych. Są to dolomity drobnokawerniste o miąższości 240 m i najmłodsze ogniwo dewonu w tym profilu szare wapienie pelityczne. W tych ostatnich, często fenestralnych, występuje mikrofauna euryhalinowa (ślimaki wermetoidalne, małżoraczki, otwornice jednokomorowe) oraz pojedyncze otwornice *Eoendothyr*a wskazujące na famen. Miąższość osadów dewońskich w profilu Niepołomice 3 wynosi około 1100 metrów.

W południowej części bloku Liplas - Jadowniki (Łapczyca 2, Zakliczyn 1) zachowały się tylko starsze ogniwa dewonu (środkowy i prawdopodobnie część górnego) rozwinięte w facji platformowej i występują one bezpośrednio na przypuszczalnych utworach kambru. Utwory te (Łapczyca 2) można skorelować z podobnie wykształconymi niższymi partiami profilu dewonu w otworze Niepołomice 3 i w podłożu GZW, gdzie odpowiadają one II jednostce i dolnej części IV jednostki litostratygraficznej.

Na bloku Mniszów - Grobla sedymentacja osadów dewońskich odbywała się w warunkach basenowych. Ich profil został przewiercony w otworze Mniszów 16, gdzie jego grubość wynosi około 900 m. Natomiast w otworach Grobla 28 i Dziewin 2 nawiercono ponad 1500 m utworów dewońskich. Profil dewonu na bloku rozpoczynają serie czarnych dolomitów marglistych i pelitycznych, przewarstwianych czarnymi iłowcami i dolomitami bez fauny. W otworze Mniszów 16 kompleks szarych dolomitów marglistych o miąższości około 180 m występuje bezpośrednio na utworach kambru. Brak tu serii klastycznej dolnego dewonu. Wyżej występuje gruba (500 m) seria czarnych wapieni pelitycznych, detrytycznych i drobnogruzłowych z przewarstwieniami dolomitów i margli. W stropie serii czarnych wapieni drobnogruzłowych spotyka się otwornice charakterystyczne dla wyższego franu (grupa Eonodosaria). Jest to jedyny wskaźnik stratygraficzny serii dewońskiej w tym rejonie. Dolomity i wapienie drobnogruzłowe reprezentują przedział wiekowy dewon środkowy - fran. Ponad wapieniami drobnogruzłowymi zalega kompleks ciemnych, marglistych wapieni gruzłowych o miąższości około 300 metrów. Ich część spągowa może być zdolomityzowana (Grobla 28) lub zapiaszczona (Mniszów 16). Z następstwa litostratygraficznego sądząc, wapienie gruzłowe należą do famenu. Tym bardziej, że wyższe kompleksy skalne na bloku Mniszów - Grobla wykształcone jako czarne wapienie i margle laminowane, o miąższości 100 - 220 m, są podobne do wapieni

i margli laminowanych na bloku Liplas - Jadowniki (Tropiszów 1), a te ostatnie są udokumentowane przez konodonty jako famen górny (zony trachytera - praesulcata). Przyjąć można, że wapienie i margle laminowane na bloku Mniszów - Grobla są także górnofameńskiego wieku. W otworze Grobla 28 powyżej kompleksu wapieni i margli laminowanych występuje jeszcze 150 metrowa seria ciemnych zdolomityzowanych wapieni gruzłowych. Dewon w południowej części bloku Mniszów - Grobla (Tarnów 19) jest słabo rozpoznany. Występują tu wapienie pelityczne, fenestralne i dolomityczne o grubości nieprzewierconej około 300 m, reprezentujące facje platformowe, a powyżej zalegają pelagiczne wapienie gruzłowe o miąższości około 215 m.

Rzóż facjalny osadów dewońskich na bloku Dębicy jest zróżnicowany. Zdecydowanie przeważają tu facje platformowe, jedynie w części zachodniej zaznacza się wpływ facji basenowych, natomiast w centralnej części bloku utwory dewonu nie występują. Wpływ facji basenowych stwierdzono wierceniami Radłów 5 i Niwki 3. W profilu Radłów 5 węglanowy profil dewonu, powyżej serii osadów wykształconych w facji old redu (31 m) obejmuje szare dolomity pelityczne bez fauny z przewarstwieniami zielonych iłowców a wyżej szare wapienie drobnogruźłowe i gruzłowe. Profil dewonu w otworze Niwki 3 rozpoczyna old red - pstry piaskowce i mułowce o grubości 50 metrów. Wyżej zalega kompleks grubości około 250 m reprezentowany w większości przez facje basenowe (idąc od dołu): wapienie styliolinowe, ciemne wapienie drobnogruźłowe, ciemne wapienie gruzłowe, wapienie krynoidowe. W spągowej części wapieni gruzłowych występują konodonty poziomu *Palmatolepis crepida* famenu dolnego (R. Zajac, 1984). Brak utworów dewonu w centralnej części bloku Dębicy w rejonie: Dębicy, Nieczajnej, Podborza, Kamionki przypisuje się lokalnym ruchom wypiętrzającym przeddewońskiego bloku. Nie jest jednak wykluczone, że utwory dewońskie osadziły się miejscami, lecz potem w trakcie karbonu dolnego zostały zniszczone (R. Zajac, 1984, 1987).

Centralna i wschodnia część bloku Dębicy (Zalesie 1, Niwiska 3,7, Bratkowice 1,3, Swarzów 9) w okresie dewonu stanowiły obszar sedymentacji perylitoralnej. Na utworach old redu o miąższości 98 - 124 m w ciągłości sedymentacyjnej występują tu beżowe i szare dolomity pelityczne z poziomem gleby kopalnej (R. Zajac, 1984). Miąższość serii dolomitycznej jest zmienna i wynosi od 60 do 140 metrów. Zarówno w utworach old redu, jak i w dolomitach brak jest fauny wskaźnikowej, stąd też poglądy na temat wieku obu tych serii są różne. Dla osadów old redu przyjmuje się wiek dolnodewoński - emski a dla dolomitów mikrytowych wiek środkowodewoński (A. Tokarski, 1962; J. Kicuła, H. Żakowa, 1972; W. Moryc, 1987, 1992). Według innego poglądu (R. Zajac, 1984, 1987), opartego na szczegółowej analizie litologicznej, mikrofacjalnej i karotażowej profili dewonu na bloku Dębicy oraz regionalnej korelacji tych utworów, utwory dewonu w facji old redu mogą reprezentować nie tylko dewon dolny ale także dewon środkowy.

Utwory dewonu w rejonie Leszcze-Rzeszów, na północny-zachód od Rzeszowa leżą bezpośrednio na metaargilitach prekambru (W. Moryc, 1992, 1996). Dewon dolny, jest wykształcony w facji old red (ems) i reprezentowany przez serię pstrych utworów ilasto-piaskowcowych. Wypełniają one pokałedońskie nierówności terenu, a ich miąższość waha się od kilkudziesięciu metrów w strefach podniesionych (Zgórsko 2) do około 180 metrów w strefach obniżonych (Mielec 3). Seria pstra old redu przechodzi w sposób stopniowy w osady węglanowe dewonu środkowego - górnego (l. cit.). Są to szare i beżowe wapienie i dolomity. Spotyka się wśród nich wkładki wapieni o zabarwieniu czerwonym oraz wkładki i nieregularne przemazy iłów pstrych. Grubość węglanowych osadów dewońskich przekracza miejscami (Mielec 3, Leszcze 1) 200 m.

Analiza utworów dewonu w podłożu zapadliska przedkarpackiego wskazuje na ich duże zróżnicowanie facjalne. Typowa sedimentacja platformowa odbywała się na całym bloku górnośląskim. W północnej części bloku Liplas - Jadowniki utwory dewonu górnego (famenu) rozwinięte w facji basenowej nie są przewiercone. W środkowej części bloku cały profil dewonu z wyjątkiem famenu dolnego reprezentują facje platformowe, natomiast w południowo-wschodniej części bloku zachowały się niższe ogniwa dewonu węglanowego, które są wykształcone w facjach platformowych. Na obszarze bloku Mniszów - Grobla, w północno-zachodniej jego części, dewon rozwinięty jest w facji basenowej, a w południowej części występują pelagiczne facje famenu i platformowe franu. Na bloku Dębicy przewagę stanowią facje platformowe z wyjątkiem jego zachodniej części, gdzie epizody facji pelagicznych obserwujemy we franie i niższym famenie.

### **Karbon dolny**

Karbon dolny w południowo-zachodniej części masywu górnośląskiego rozpoczynają utwory wizenu górnego w facji kulmu, które leżą na różnych ogniwach famenu lub na franie (Kęty 9, Lachowice 7). W Potrójnej IG 1, Suchej IG 1, Głogoczowie IG 1 seria diastroficzna kulmu zawiera pojedyncze cienkie wkładki wapieni z otwornicami najwyższego wizenu (Warnantien, zona Cf6 Neoarchaediscus). W południowo-wschodniej części masywu górnośląskiego (Kryspinów 1, Głogoczów IG 1, Tarnawa 1, Rajbrot 2) karbon dolny jest wykształcony w facji wapienia węglowego, a jego profil w poszczególnych wierceniach jest bardziej lub mniej kompletny. W Kryspinowie 1 profil karbońskiej serii utworów węglanowych jest stratygraficznie niemal pełny a jego miąższość wynosi 860 m (A. Tomasz, R. Zając, 1996). Jest on reprezentowany przez wapienie ziarnowe (detrytyczne, biodetrytyczne) i wapienie mikrytowe fenestralne bez fauny lub z fauną euryhalinową (ślimaki wermetoidalne, małżoraczki, kalcisfery). W wapieniach ziarnowych niższej części profilu występują otwornice wskaźnikowe dla turneju (Hastarian, zona Cf1 Chernyshinella). Miąższość tego piętra wynosi około 430 m. W wapieniach ziarnowych wyższej części profilu stwierdzono otwornice wizenu (Moliniacien, zona Cf4 Eoparastaffella; Livien, Cf5 Pojarkovella; Warnantien, Cf6 Neoarchaediscus). Wizen jest tu kompletnie wykształcony, a jego miąższość wynosi około 430 m. Pozostaje do dyskusji kwestia obecności lub braku utworów turneju górnego. Profil w Kryspinowie 1 został opracowany kilka lat temu (A. Tomasz, R. Zając, 1996). W wapieniach na głębokości około 700 m stwierdzono obecność otwornic turneju środkowego (Hastarian, zona Cf 1), a na głębokości około 670 m otwornic najwyższego turneju górnego (Ivorien najwyższy, zona Cf3). Granicę pomiędzy turnejem i wizenem przyjęto na głębokości 622 m. Przyjęto również założenie, że turniej górny jest albo niekompletny i reprezentowany jedynie przez jego część najwyższą (zona Cf3) albo też jest w pełni wykształcony, lecz skondensowany do parudziesięciu metrów. W ostatnim czasie pozyskano dodatkowy materiał podstawowy z głębokości 670 m. Stwierdzono tu, obok otwornic wcześniej oznaczonych typowych dla najwyższego turneju (zona Cf3), również taksony charakterystyczne dla wizenu niższego (Moliniacien, zona Cf4). Otwornice dostarczają nam jedynych informacji stratygraficznych w profilu Kryspinów 1, jakimi dysponujemy i w oparciu o nie granicę między turnejem i wizenem obniżono do głębokości około 670 m. Przy takim założeniu granicy Tn/V najbardziej prawdopodobny wydaje się całkowity brak utworów turneju górnego. Sekwencja węglanowych utworów dolnego karbonu w Kryspinowie 1 obrazuje kolejne cykle pogłębiania i spłykania się zbiornika sedimentacyjnego, które są odbiciem słabych ruchów epejrogenicznych na badanym obszarze. Efektem pogłębiania się morza karbońskiego są wapienie ziarnowe, natomiast wapienie

mikrytowe fenestralne z fauną euryhalinową odpowiadają fazom spłykania i kurczenia się zbiornika sedimentacyjnego. Znaczne pogłębienie w omawianym profilu zaznacza się w najwyższym wizenie (V3bc), w którym rozwinęły się czarne wapienie onkoidowe z gigantoproduktusami, podobne do utworów znanych z okolic Dębника (Czerwona Ścianka). Na wapieniach wizeńskich leżą utwory jurajskie. W otworze Głogoczów IG 1 (A. Tomasz, R. Zajac, 1992, 1996) utwory turneju, o miąższości około 90 metrów, są reprezentowane przez wapienie ziarnowe z otwornicami wskaźnikowymi (Hastarian, zona Cf1 Chernyshinella; Ivorien, Cf2 Tournayella). Wyżej leży kompleks wapieni o grubości około 80 m, mikrytowych (biolityty mikrytowo-fenestralne z fauną euryhalinową), a następnie ziarnowych. Wapienie mikrytowe reprezentują prawdopodobnie wizen niższy (V1 - V2), a wapienie ziarnowe zawierają otwornice charakterystyczne dla wizen wyższego (Livien, zona Cf5 Pojarkovella). Profil węglanowego karbonu dolnego w Głogoczowie IG 1 jest prawdopodobnie skondensowany a możliwe, że również miejscami niekompletny. W leżącej wyżej serii diastroficznej występuje liczna fauna gigantoproduktusów i pojedyncze cienkie wkładki wapieni ziarnowych z otwornicami wskazującymi na najwyższy wizen (Warnantien, zona Cf6 Neoarchaediscus). W Tarnawie 1 profil węglanowych utworów karbonu dolnego liczy około 490 metrów. Obejmuje on (idąc od dołu): wapienie gruzłowe i ziarniste, poziom marglisty, wapienie ziarniste, wapienie mikrytowe. Obecne w wapieniach otwornice dokumentują turnejski wiek osadów (Hastarian, zona Cf1 Chernyshinella; Ivorien, Cf2 Paraendothya) (H. Matyja i in. 1999). W poziomie marglistym oznaczono konodonty, które definiują jego wiek na najwyższą część karbońskiego poziomu isosticha - dolna crenulata i/lub dolny poziom typicus, czyli pogranicze pięter Hastarien i Ivorien. Powyżej serii węglanowej dolnego karbonu występują osady silikoklastyczne najwyższego wizen a następnie utwory triasu. Sekwencja węglanowych utworów dolnego karbonu w Rajbrocie 2 jest reprezentowana przez: wapienie gruzłowe i ziarniste, poziom marglisty, wapienie ziarniste, wapienie i margle górne (M. Jachowicz, W. Moryc, 1995; H. Matyja i in., 1999). Wykazuje ona duże podobieństwo litofacjalne względem profilu warstw obserwowanych w Tarnawie 1. Obecne w wapieniach otwornice dokumentują turnejski (Ivorien, zony: Cf2 Tournayella, Cf3 Tetrataxis diversa) oraz wizeński (Livien, zona Cf5 Koskinotextularia nibelis) wiek osadów. Miąższość utworów dolnego karbonu w Rajbrocie 2 wynosi 783 m, a w ich nadkładzie występują osady jurajskie.

Utwory karbonu dolnego na masywie małopolskim stanowią kontynuację facjalną osadów dewońskich. Na masywach Liplas - Jadowniki i Mniszów - Grobla w dolnym karbonie rozwijały się facje basenowe i platformowe. Na bloku Dębicy karbon dolny jest wykształcony w postaci facji platformowych, w turneju są to utwory terygeniczne i węglanowe, a w wizenie głównie facje węglanowe.

Na bloku Liplas - Jadowniki utwory niższego turneju są znane tylko z części północnej bloku w otworze Tropiszów 1. Jest to seria, o grubości około 500 m, złożona z czarnych margli i wapieni spikulowych z przewarstwieniami czarnych iłowców, mułowców, rogowców. W środkowej części profilu występują konodonty (oznaczenia Z. Bełka), które dokumentują przełom turneju dolnego i środkowego (zony sandbergi - delicatus). W środkowej (Liplas 2) i w południowej (Łąka 2) części bloku nawiercono utwory turneju reprezentowane przez osady allodapiczne. Są to szare i beżowe wapienie organodetrytyczne z przewarstwieniami czarnych wapieni i mułowców. Otwornice obecne w wapieniach dokumentują ich górnoturnejski wiek (Ivorien, zony: Cf2 Tournayella, Cf3 Tetrataxis diversa).

Na bloku Mniszów - Grobla powyżej utworów dewońskich występują turbidyty wapienne, zaliczone na podstawie nielicznych otwornic, ogólnie do turneju. Seria turbidyty składa się z cienkich (10-20 cm) cykli

sedymenacyjnych, z których każdy rozpoczynają wapienie detrytyczne niekiedy z poziomami brekcji, przechodzące w wapienie pelityczne a następnie w margle, margle laminowane i iłowce margliste. Grubość utworów turnejskich przekracza 200 metrów.

Utwory wizeny na masywach Liplas - Jadowniki i Mniszów - Grobla są wykształcone podobnie. Niższe części profilu są reprezentowane przez szare wapienie allodapiczne z przewarstwieniami i laminami czarnych mułowców i rogowców. W wapieniach występują otwornice przewodnie dla niższego wizeny (Moliniacien, zona Cf4 Eoparastaffella). Wyższą część profilu, odpowiadającą wizenowi środkowemu i prawdopodobnie najniższemu wizenowi górnemu, stanowi seria szarych i czarniawych wapieni i margli spikulowych z cienkimi przewarstwieniami wapieni allodapicznych. Obecne w wapieniach otwornice pozwalają na zaliczenie tego odcinka profilu do wizeny wyższego (Livien, zona Cf5 Pojarkovella). Miąższość wizeny w facji węglanowej na bloku Liplas - Jadowniki wynosi około 130 m, a na bloku Mniszów - Grobla jest ponad 3-krotnie większa i przekracza 400 m. W otworze Liplas 2 powyżej serii utworów węglanowych wizeny wyższego (V2b - V3a) leży około 100 m osadów w facji kulmu. Są to czarne iłowce i mułowce z nielicznymi wkładkami wapieni allodapicznych, tufitów i piaskowców. W wapieniach stwierdzono otwornice najwyższego wizeny (Warnantian, zona Cf6 Neoarchaediscus). W nadkładzie dolnego karbonu węglanowego obu bloków występują utwory jury a w przypadku otworu Liplas 2 permu.

Na bloku Dębicy, utwory karbonu dolnego leżą na osadach dewonu, starszego paleozoiku lub metaargilitach prekambry. W jego centralnej części, osadów turneju nie stwierdzono. Przypuszcza się, że zostały one częściowo zerodowane w turneju, na skutek ruchów wypiętrzających (R. Zajac, 1984). W zachodniej i wschodniej części bloku Dębicy osady turneju są kontynuacją utworów dewońskich. W części zachodniej turneju niższy jest reprezentowany przez wapienie organodetrytyczne (liliowcowe) zapiaszczone. We wschodniej części bloku Dębicy do turneju niższego należą prawdopodobnie wyższe partie jasnych dolomikrytów bez fauny z bioturbacjami i poziomami gleb kopalnych. Wyższa część profilu turneju na bloku Dębicy jest zróżnicowana facjalnie. W bezpośrednim sąsiedztwie obszaru lądowego bloku Dębicy rozwinęła się strefa osadów terygeniczných pstrych: mułowce, piaskowce, zlepieńce, podrzędnie wapienie i dolomity. Równolegle do niej przebiega strefa utworów węglanowo-mułowcowych (mułowce, iłowce, margle, wapienie, dolomity) z warstwami anhydrytów i poziomami gleb kopalnych, będących stratygraficznym odpowiednikiem pstrych utworów terygeniczných. Kolejną, bardziej zewnętrzną strefą facjalną, w zachodniej części bloku Dębicy, są wapienie organodetrytyczne zapiaszczone z konodontami wyższego turneju. W części wschodniej bloku Dębicy do turneju mogą należeć, występujące pod udokumentowanymi utworami wizeny, osady terygencjno-węglanowe. W rejonie Leszcze - Rzeszów, do górnego turneju (kompleks „A”) zaliczono serie piaszczyste i ilaste z podrzędnymi wkładkami węglanów pelitycznych, o maksymalnej stwierdzonej grubości 80 metrów (W. Moryc, 1992, 1996).

Wizen na bloku Dębicy rozwinęły w facji węglanowej, leży na utworach turneju, starszego paleozoiku lub prekambry. W pełnym rozwoju obejmuje on trzy kompleksy litostratygraficzne (A. Tomasz, R. Zajac, 1998),

których sumaryczna miąższość przekracza 200 m. Kompleks najniższy, o grubości od kilkunastu do kilkudziesięciu m, obejmuje osady węglanowo - terygencjne (idąc od dołu): iłowcowo-margliste, piaszczyste lub zlepieńcowate, wapienie margliste, wapienie pelityczne, wapienie detrytyczne oraz dolomity. W wapieniach występują otwornice wizeny najniższego (Moliniacien, najniższa część zony Cf4 Eoparastaffella). Wyższą część profilu tworzy kompleks wapieni detrytycznych, o miąższości od 10 do parudziesięciu m, z otwornicami wizeny niższego (Moliniacien, wyższa część zony Cf4 Eoparasteffella).

Powyżej zalega kompleks wapieni biodetrytycznych, który w stropowej części zawiera cienkie wkładki ciemnych iłowców. Jego maksymalna grubość wynosi 160 m. W dolnej części kompleksu występują otwornice wizeny wyższego (Livien, zona Cf5 Pojarkovella), a zespół otwornic obecny w górnej części kompleksu wapieni biodetrytycznych odpowiada najwyższemu wizenowi (Warnantien, zona Cf6 Neoarchaediscus). Nadkład utworów węglanowych wizeny na bloku Dębicy stanowią osady w facji kulmu, które rozwinęły się, podobnie jak na pozostałym obszarze zapadliska przedkarpackiego w najwyższym wizenie.

### ***Karbon terrygeniczny i węglonośny***

W profilu utworów karbonu występujących w południowej, podkarpackiej części bloku górnośląskiego wyróżniane są trzy zróżnicowane litologicznie i facjalnie kompleksy (asocjacje):

- utwory węglanowe karbonu dolnego,
- utwory klastyczne karbonu dolnego i górnego,
- utwory węglonośne karbonu górnego tworzące południową część Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

### ***Utwory klastyczne karbonu dolnego i górnego.***

Utwory klastyczne karbonu dolnego i górnego (wizen górny - dolny namur A) rozpoznane w południowej, podkarpackiej części bloku górnośląskiego stanowią odpowiedniki różnych jednostek litostratygraficznych fliszu karbońskiego wyróżnianych w podłożu górnokarbońskich utworów węglonośnych w zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i w strefie morawsko-śląskiej. W ich profilu wyróżniane są dwie nieformalne, równowiekowe jednostki litostratygraficzne - warstwy malinowickie i zalaskie (A. Kotas, 1972). Typowe profile warstw malinowickich, cząstkowe lub pełne, rozpoznano pełnordzeniowanymi otworami wykonanymi w rejonie Śląska Cieszyńskiego i w obszarze na północ od Bielska (m.in. Dębowiec IG-1, Rudzica IG-1, Bestwina IG-1, Bielowicko IG-1). Są one reprezentowane przez mułowce piaszczyste laminowane poziomo, niekiedy faliście piaskowcami drobnoziarnistymi i ciemnoszare masywne iłowce, w których często występuje fauna morska (głównie małże). Utwory te przewarstwiane są piaskowcami drobnoziarnistymi, często o spoiwie węglanowym. Sporadycznie występują cienkie do 20cm wkładki ciemnoszarych wapieni marglistych. Utwory warstw malinowickich charakteryzują się cykliczną budową. Ich cechy litologiczno-facjalne wskazują, że mają one charakter subfliszu lub kryptofliszu. Zdaniem A. Kotas tworzyły się one w środowisku morskim poza zasięgiem prądów zawieszinowych.

W kierunku na wschód od rejonu Śląska Cieszyńskiego warstwy malinowickie zmieniają stopniowo charakter litologiczno-facjalny i przechodzą w nieco odmiennie wykształcone warstwy zalaskie. Różnice w wykształceniu warstw zalaskich w odniesieniu do warstw malinowickich polegają na zwiększonym udziale w ich profilu wkładek wapieni, głównie organodetrytycznych z członami krynoidowymi. Ponadto, co jest charakterystyczne, w profilu warstw zalaskich pojawiają się cienkie warstwy węgla humusowego lub sapropelowego, a także łupków węglowych o charakterze humusowym lub sapropelowym. Skały węglowe podścielane są na ogół poziomami gleb stigmariowych. Dość często jednak obserwuje się obecność poziomów gleb stigmaliowych



ponad którymi brak jest warstw węglowych. Profile warstw zalaskich, cząstkowe lub pełne, rozpoznano wierceniami wykonanymi w rejonie Wadowic-Skawiny i dalej na południe, w rejonie Jachówki-Suchej Beskidzkiej. Najdokładniej profile reprezentujące te warstwy zbadano w pełnordzeniowanych otworach Borek Szlachecki i Leńcze IG-1. Według A. Kotas (1972) warstwy zalaskie utworzyły się w brzeżnej części zbiornika morskiego, przy stosunkowo dużym dopływie materiału klastycznego, o rytmicznie osadzającym i podnoszącym się dnie co prowadziło do okresowych wynurzeń i rozwoju roślinności. Osady warstw zalaskich mają cechy osadów paramolasowych, litologicznie i facjalnie podobne są do osadów niższej części profilu karbonu nadburzańskiego (A. Kotas, 1972).

Wyniki badań stratygraficznych (makro- i mikroflorystycznych oraz makro- i mikrofaunistycznych) wskazują, że zarówno warstwy malinowickie jak i warstwy zalaskie należą do wizenu górnego i dolnej części namuru A. Od dołu utwory warstw malinowickich lub zalaskich kontaktują ze skałami węglanowymi karbonu dolnego. Granica ta jest na ogół ostra. Ponad nim występują paraliczne utwory węglonośne karbonu górnego GZW należące do namuru A górnego. W stropowej części profilu tych jednostek litostratygraficznych w skałach klastycznych występują nagromadzenia morskiej fauny. Te odcinki profili wyróżniane są, jako poziom morski Stur XVI, w którego stropowej części na całym obszarze GZW, wyznaczana jest granica między molasowymi utworami węglonośnymi a terrygenicznymi, fliszowymi lub fliszopodobnymi utworami karbonu. Utwory o podobnym charakterze litologicznym i facjalnym, jak stwierdzone w rejonach Wadowic, Skawiny i Suchej Beskidzkiej Jachówki zaliczane również do warstw zalaskich, rozpoznano ostatnio w otworze Tarnawa 1 (Z. Buła i in. 1998) położonym na wschód od horstu Rzeszotar. Stwierdzone tu na głębokości około 4364,00-4623,50m skały ilasto-mułowcowo-piaszczyste zawierające cienkie wkładki węgla humusowych, zaliczono na podstawie wyników badań mikroflorystycznych wykonanych przez S. Dybową-Jachowicz i P. Filipiaka oraz A. Trzepierczyńską do wizenu górnego i dolnego namuru A (w: Z. Buła i in., 1998). W otworze tym pod utworami górnowizeńsko-dolnonamurskimi występują węglanowe skały dewońsko-dolnokarbońskie. Ponad nimi (na głębokości 4214,00-4364,40m) stwierdzono kompleks skał piaszczysto-mułowcowych, w których na podstawie danych geofizyki otworowej występują pokłady węgla. Kompleks ten przez U. Baran, W. Jawor, E. Jawora (1987) został zaliczony do karbonu górnego. Jednakże wyniki badań mikroflorystycznych przeprowadzonych przez S. Dybową-Jachowicz i P. Filipiaka (w: Z. Buła i in., 1998), na próbkach skał z tego kompleksu, wskazują na jego dolnopermski wiek.

Miąższość górnowizeńsko-dolnonamurskich osadów wyróżnionych jako warstwy malinowickie i zalaskie, maleje od północnego-zachodu w kierunku na południe, a zwłaszcza w kierunku południowo-wschodnim. W tym kierunku następują również stopniowe zmiany facjalne w ich profilu i przejście od osadów typowo morskich w morsko-lądowe. Maksymalną miąższość warstwy zalaskie na przedpolu Karpat osiągają w rejonie Skawiny - ponad 600m. Miąższość warstw malinowickich rośnie od rejonu Śląska Cieszyńskiego w kierunku na północ i północny-zachód. W rejonie tym ich miąższość przekracza 400 m.

### ***Utwory węglonośne karbonu górnego tworzące południową część Górnośląskiego Zagłębia Węglowego***

W profilu utworów węglonośnych karbonu górnego tworzących południową, podkarpacką część Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wyróżniane są cztery główne, nieformalne jednostki litostratygraficzne - serie, znane z innych części GZW. Są to idąc od dołu: seria paraliczna, górnośląska seria piaskowcowa, seria mułowcowa i krakowska seria piaskowcowa.

Seria paraliczna reprezentująca dolne ogniwo sukcesji węglonośnej GZW, należy do górnej części namuru A. Rozpoznane na omawianym obszarze osady serii paralicznej są litologicznie i facyjnie podobne do równoległych osadów opisanych przez S. Doktorowicza-Hrebnińskiego (1935) w rejonie dąbrowskim GZW (Dąbrowy-Górnicej). Zasadnicza różnica w wykształceniu osadów tej serii rozpoznanych w podłożu Karpat i regionie dąbrowskim w odniesieniu do jej stratotypowego profilu znanego z zachodniej części GZW, polega na znacznie mniejszym udziale osadów z fauną morską, tworzących w zachodniej części GZW poziomy, które stanowią tu podstawę jej podziału na mniejsze jednostki - warstwy (A. Kotas, W. Malczyk, 1972a). Z tej przyczyny w wielu opracowaniach archiwalnych (głównie dokumentacjach otworów wiertniczych), w profilach serii paralicznej rozpoznanej w rejonach: Śląska Cieszyńskiego, Czechowic-Dziedzic, Wadowic, Suchej Beskidzkiej, wydzielane są nieformalne jednostki litostratygraficzne - warstwy, które wyróżnił S. Doktorowicz-Hrebniński (1935) w jej profilu w regionie dąbrowskim. Są to idąc od dołu warstwy: sarnowskie, florowskie i grodzieckie. Przy czym odpowiedniki wszystkich trzech wymienionych wyżej jednostek litostratygraficznych stwierdzane są w profilach tej serii rozpoznanych w rejonie Śląska Cieszyńskiego i Czechowic. W rejonie-Suchej Beskidzkiej-Jachówki-Skawiny występują tylko odpowiedniki warstw sarnowskich i florowskich. Seria paraliczna na omawianym obszarze utworzona jest z występujących w zmiennych proporcjach: piaskowców (głównie drobnoziarnistych), mułowców, iłowców i węgla. Cechą charakterystyczną jest niewielki udział w jej profilu wkładek węgla o małych miąższościach, sporadycznie osiagających grubość powyżej 0,5m. Często oprócz węgla humusowego spotykane są węgle sapropelowe. Miąższość serii paralicznej podobnie jak innych jednostek litostratygraficznych wyróżnianych w profilu utworów węglonośnych GZW maleje od północnego-zachodu w kierunku południowym, a zwłaszcza południowo-wschodnim. W podłożu Karpat największe miąższości seria ta osiąga w rejonie Śląska Cieszyńskiego.

Górnośląska seria piaskowcowa - wiekowo należy do namuru B i C. W jej profilu dominują utwory grubodetryczne, głównie piaskowce gruboziarniste i żwirowce. Cechą charakterystyczną jest obecność miąższych pokładów węgla, które lokują się głównie w jej dolnej części. W profilu serii wyróżniane są dwie nieformalne jednostki litostratygraficzne - warstwy siodłowe (namur B) i warstwy rudzkie s.s. (namur C), (A. Kotas, W. Malczyk, 1972 b). Utwory reprezentujące tę jednostkę litostratygraficzną stwierdzono w rejonie Śląska Cieszyńskiego, gdzie osiagają one maksymalną miąższość rzędu 500m. W kierunku wschodnim miąższość serii ulega szybkiej redukcji. W rejonach Wadowic, Suchej Beskidzkiej, Jachówki brak jest jej odpowiedników.

Seria mułowcowa - to kompleks osadów utworzony w przewadze z osadów drobnoklastycznych - mułowców i iłowców, którym towarzyszą wkładki piaskowców, przeważnie drobnoziarnistych. W profilu serii występują liczne,

o zmiennej grubości pokłady węgla. Cechą charakterystyczną jest obecność licznych kongrecji syderytów ilastych, które towarzyszą ławicom mułowców i iłowców. Wiekowo seria mułowcowa należy do westfalu A i B. W jej profilu wyróżniane są dwie nieformalne jednostki niższego rzędu - warstwy orzeskie s.s. i warstwy załęskie (J. Porzycki, 1972). Podział tej słabo zróżnicowanej litologicznie serii, rozpoznanej w podłożu Karpat, na dwie wyżej wymienione jednostki litostratygraficzne, utrudnia brak przewodniego poziomu tufitowego występującego w obrębie lub sąsiedztwie pokładu 327 lub 328. W stropie tego pokładu przyjmowana jest granica między tymi jednostkami litostratygraficznymi. Miąższość serii mułowcowej w podłożu Karpat ulega redukcji podobnie jak jednostek starszych, idąc od zachodu, północnego-zachodu w kierunku południowo-wschodnim. W rejonie Śląska Cieszyńskiego miąższość serii sięga 1000m (otwór Drogomyśl IG-1). W rejonach Wadowic, Suchej Beskidzkiej, Jachówki jej miąższość redukuje się do kilkudziesięciu metrów.

Krakowska seria piaskowcowa - jest najmłodszym ogniwem w górnokarbońskiej sukcesji węglonośnej GZW. Wiekowo należy do westfalu B, C i D. W jej profilu zdecydowanie przeważają skały grubookruchowe: zwirowce i piaskowce o zróżnicowanym uziarnieniu. Udział skał drobnoklastycznych jest nieznaczny.

Za cechę wyróżniającą należy uznać obecność nielicznych, o znacznej grubości pokładów węgla, rozdzielanych pakietami skał grubookruchowych. Seria ta dzieli się na warstwy łaziskie i warstwy libiąskie (Z. Dembowski, 1972). Utwory reprezentujące tę serię w podłożu Karpat rozpoznano w rejonach: Potrójnej, Suchej Beskidzkiej, Jachówki. Występują tu prawdopodobnie tylko odpowiedniki jej dolnego ogniw - warstw łaziskich, osiagających tu miąższość rzędu 200m.

Dotychczasowe badania górnokarbońskich utworów węglonośnych w południowej podkarpackiej części GZW wskazują na silną ich redukcję w odniesieniu do centralnej i zachodniej części GZW. W rejonie Suchej Beskidzkiej - Jachówki (otwory Potrójna IG-1, Sucha Beskidzka IG-1, Jachówka 1), gdzie stwierdzono obecność utworów węglonośnych karbonu w przedziale wiekowym od namuru A po westfal D, w ich profilu obserwuje się brak lub silną redukcję miąższości ogniw litostratygraficznych wyróżnianych w centralnej i zachodniej części GZW i obecność związanych z tą redukcją luk stratygraficznych. Redukcji ulegają tu utwory górnej części serii paralicznej (wyższa część namuru A). Brak jest odpowiedników osadów górnośląskiej serii piaskowcowej (namur B-C). Występujące tu silne zredukowane utwory serii mułowcowej reprezentują tylko wyższą część jej profilu (westfal B). Brak jest również odpowiedników wyższej części profilu krakowskiej serii piaskowcowej. W tym miejscu należy podkreślić, że nie odnotowano tu niezgodności tektonicznych na kontaktach ogniw litostratygraficznych, pomiędzy którymi stwierdzono znaczne luki stratygraficzne.

Na utworach węglonośnych karbonu górnego tworzących południową podkarpacką część Zagłębia Górnośląskiego, zalegają niezgodnie utwory molasowe miocenu, lokalnie (w rejonie Cieszyna) również utwory fliszu karpackiego. W rejonie Jachówki (otwór Jachówka 1) i prawdopodobnie Zawoi (otwór Zawoja 1) ponad utworami węglonośnymi karbonu górnego stwierdzono kompleksy skał klastycznych o niejasnym dotychczas wieku i genezie. Badania mikroflorystyczne tych osadów przeprowadzone przez S. Dybową-Jachowicz w otworze Jachówka 1 (w: W. Krieger, 1997) nie dały jednoznacznych wyników. Stwierdzone tu zespoły mikroflory są wyraźnie różne od karbońskich. Osady te, rozpoznane w otworze Jachówka 1 litologicznie nie różnią się od stwierdzonych poniżej w tym otworze węglonośnych utworów krakowskiej serii piaskowcowej. W ich profilu wyznaczono na podstawie pomiarów geofizyki otworowej dwa pokłady węgla. Nie można wykluczyć, że odpowiednikami tych utworów są osady dolnopermskie z pokładami węgla (wg. danych geofizyki otworowej) rozpoznane ponad skałami górnowieżeńsko-dolnonamurskimi stwierdzonymi w otworze Tarnawa 1, o czym wspomniano wcześniej.

Powierzchnia stropowa karbonu w południowej, podkarpackiej części bloku górnośląskiego, jest powierzchnią erozyjną silnie zróżnicowaną morfologicznie. Wykazano to w rejonie Śląska Cieszyńskiego (m.in. Z. Buła, D. Jura, 1983; Z. Buła, A. Kotas, 1994 red.), gdzie strukturę karbonu i utworów starszych występujących tu w podłożu miocenu i nasuniętych karpackich jednostek fliszowych, rozpoznano licznymi wierceniami i pracami sejsmicznymi.

W wyniku przeprowadzonych prac i badań, wykazano istnienie bardzo dużych deniwelacji powierzchni podmioceniowej (rzędu 200-700m). Wyraźnie zaznaczają się tu wąskie strefy paleodolin przedzielane paleogrzbietami. Morfostruktury te mają przebieg subrównoleżnikowy (WNW-ESE). W rejonie tym, gdzie stropowa część profilu karbonu reprezentowana jest przez szeroko rozprzestrzenione węglonośne utwory serii

mułowcowej (westfal A i B), obserwuje się znaczną, a niekiedy całkowitą redukcję miąższości tej serii w strefach paleodolin, podczas, gdy w obrębie paleogrzbietów zachowane są jej profile o znacznych miąższościach. Tak więc dotychczasowe dane wskazują, że rozwijające się w południowej, podkarpackiej części bloku górnośląskiego przedmiocieńskie procesy erozyjne o zróżnicowanej intensywności, doprowadziły do nierównomiernego usunięcia części osadów paleozoicznych w tym głównie karbońskich, co znajduje odbicie między innymi w obrazie zachowanych miąższości utworów węglonośnych karbonu.

Na masywie małopolskim utwory karbońskie należące do wizenu górnego i dolnego namuru A reprezentowane są przez iłowce, mułowce, mułowce piaszczyste i piaskowce. Sedymentacja tych osadów ma charakter rytmiczny, stąd często określane są one mianem osadów fliszopodobnych lub jako kulm. W skałach tych często znajdowane są fragmenty fauny morskiej lub flory, o znaczenia których stanowią podstawę ich datowania (H. Jurkiewicz, H. Żakowa 1994; W. Moryc 1992, 1996). Osady klastyczne wizenu górnego i dolnego namuru A kończą sedymentację osadów karbońskich na bloku małopolskim. W okresie późniejszym utwory te poddane zostały intensywnej przedpermskiej i przedmezozoicznej, a lokalnie również przedmiocieńskiej erozji. Zachowały się one wyłącznie w strefach obniżonych tektonicznie segmentów bloku małopolskiego. Jak dotychczas poza rejonem lubliniecko – krakowskim i Niecki Nidziańskiej nie podjęto próby ustalenia modelu budowy geologiczno-strukturalnej powierzchni podpermskiej, czy też podmezozoicznej w innych częściach tego bloku. Z tego względu brak jest danych o rozmieszczeniu segmentów (struktur blokowych) zbudowanych z utworów karbońskich. Utwory klastyczne karbonu dolnego i górnego o największej zachowanej miąższości (502 m) stwierdzono w otworze Czudec 1, położonym na południe od Sędziszowa Małopolskiego (W. Moryc 1996).

## **Perm**

Utwory permu w podłożu zapadliska przedkarpackiego (masywy górnośląski i małopolski) występują w czterech obszarach: I - w rejonie Myślenic, II - między Krakowem i Czchovem, III - na północ i północny-zachód od Tarnowa, IV - w rejonie Mielca (W. Moryc, 1971). Osady permskie (czerwony spągowiec, cechsztyń) wypełniają nierówności tektoniczno-morfologiczne warwyscyjskiego cyklu sedymentacyjnego.

Obszar występowania osadów permskich w rejonie Myślenic (obszar I) wyznaczają otwory Tokarnia IG 1 i Trzebunia 2. W profilu Tokarnia IG 1 pomiędzy węglanowymi utworami jury (kelowej) i dewonu, zalega 10,7 m czerwonych zlepieńców złożonych ze skał wulkanoklastycznych (T. Wieser, 1975). Są to: zargilityzowane pumenksy, krystaloblasty kwarcu, skalenie i przeobrażone w kaolinit biotyty. Okruchy wulkanoklastyczne tkwią w wiśniowo-ceglastej masie tufu. Podobieństwo tych utworów do tufów filipowickich pozwoliło na przyjęcie permskiego wieku zlepieńców i ich zaliczenie, z pewnym zastrzeżeniem do czerwonego spągowca (J. Jasionowicz 1975; T. Wieser, 1975). W profilu Trzebunia 2 na utworach dolnego karbonu i pod jurą (baton) występuje seria piaskowcowo-zlepieńcowa o miąższości 96 m uznana za perm (S. Połtowicz, 1989). Są to najpierw piaskowce średnio- i gruboziarniste szaro-zielone, a następnie piaskowce czerwone i zlepieńce złożone głównie z kwarcu. Spoiwo zlepieńców stanowi czerwona masa marglista. Utwory opisane wyżej nie posiadają dokumentacji biostratygraficznej i ich zaliczenie do permu opiera się wyłącznie na przesłankach litologicznych.

II obszar występowania permu jest największym w zapadlisku przedkarpackim, a miąższość osadów permskich waha się tu w szerokich granicach, od 15 do 1368 m. Są one reprezentowane głównie przez fację

terygeniczną: mułowce, iłowce, piaskowce i zlepieńce o barwach pstrych. Na ogół zlepieńce występują w formie soczewek i przewarstwień w osadach iłowcowo-mułowcowych. Zdarza się, że utwory permu są reprezentowane wyłącznie przez zlepieńce. W otworach Puszcza 4 i Grabie 2 kilkudziesięciometrowy kompleks zlepieńców jest zbudowany prawie wyłącznie z okruchów skał podłoża, (wapieni, dolomitów) i czerwonego dolomitycznego lub ilasto-marglistego spoiwa. W profilu utworów permskich, reprezentowanych głównie przez facje terygeniczne, pewien udział mają również facje węglanowe i siarczanowe. W północnej części obszaru drugiego zaznaczają się wpływy facji węglanowej (Świątniki 2), gdzie wśród utworów ilasto-piaszczystych występują przewarstwienia czerwonych i różowych wapieni (W. Moryc, 1971). W profilu Liplas 2 przewagę stanowią utwory wykształcone w facji siarczanowej (W. Moryc, H. Senkowiczowa, 1968). Kompleks osadów permskich, o grubości 1370 m, podzielono na cztery części. Idąc od dołu wydzielono serie: piaskowcowo-zlepieńcową (24 m), piaskowcowo-iłowcową pstrą (108 m), siarczanowo-ilastą (910 m) złożoną z gipsów, anhydrytów, iłowców, mułowców, piaskowców oraz najmłodszą serię utworów ilasto-siarczanowych (327 m). W niemal całym profilu osadów permskich w Liplasie 2 występują szczątki organiczne na podstawie których został on zaliczony do cechsztynu (W. Moryc, H. Senkowiczowa, 1968). Jedynie seria ostatnia (ilasto-siarczanowa) nie posiada dokumentacji paleontologicznej.

III obszar występowania permu, na północ i północny-zachód od Tarnowa, wyznaczają otwory wiertnicze: Pojawie 1, Radłów 5, Swarzów 9. Jest on reprezentowany przez czerwone zlepieńce polimiktyczne i czerwono-wiśniowe łupki ze zlepieńcami, o miąższości od 29 do ponad 60 m. W profilu permu w Pojawiu 1 zlepieńce składają się głównie z wapieni, którym towarzyszą: spongiolity, radiolaryty, rogowce, kwarc, piaskowce oraz skały wylewne o strukturze porfirowej (J. Brzezicka, 1961). Spoiwo jest piaszczysto-węglanowe lub ilasto-węglanowo-anhydrytowe. Osady zlepieńcowate w Pojawiu 1 należą do czerwonego spągowca na podstawie podobieństwa litologiczno-petrograficznego (J. Brzezicka, 1961) lub do cechsztynu w oparciu o analizę regionalną (W. Moryc, 1971).

IV obszar występowania osadów permu w zapadlisku przedkarpackim jest wyznaczony przez wiercenia: Podborze 10, Trzciana 3, Wojsław 3, Niwiska 4 i prawdopodobnie Kamionka 1 (W. Moryc, 1971)). Wiercenie Wojsław 3 zawiera najpełniejszy profil dla wschodniej części obszaru IV. W spągowej części profilu występują utwory piaskowcowo-mułowcowe pstre, miejscami zlepieńcowe czerwonego spągowca (A. Tokarski, 1962, K. Pawłowska, 1963). Ich miąższość wynosi 17,3 m (K. Pawłowska, 1963) lub 13 m (A. Tokarski, 1962). Seria terygeniczna była również zaliczana do cechsztynu a jej grubość oceniano na 16 m (J. Wdowiarz, 1954). Wyżej w profilu leżą osady węglanowe - wapienie margliste i dolomity, zaliczane do cechsztynu na podstawie mały (A. Tokarski, 1962). W spągu serii węglanowej (o grubości 48 m) występuje 0,5 m białego piaskowca (K. Pawłowska 1964). Seria węglanowa z białym piaskowcem w spągu ma reprezentować cechsztyln - cyklotemy Z1 i Z2, a leżący wyżej piaskowiec (10 cm) ze szczątkami roślin i seria wiśniowych mułowców z bulastymi skupieniami węglanów (5 m) odpowiada cyklotemowi Z3 (K. Pawłowska, 1964). Według innego poglądu (A. Tokarski, 1962) utwory zaliczane do cyklotemu Z3 należą już do retu. Ogólnie stwierdzić można, że we wschodniej części obszaru IV cechsztyln jest rozwinięty w facji węglanowej. Potwierdzają to również profile innych wierceń. Reprezentatywnym profilem osadów permskich w zachodniej części czwartego obszaru jest profil w wierceniu Podborze 10 (K. Pawłowska, 1964). Obejmuje on, idąc od dołu, biały piaskowiec (0,2 m), pstre ility z bułami wapieni (3,5 m) oraz ility barwy ceglastej z gniazdami gipsu (3 m), należące do cyklotemu Z1. Wyżej leżą czerwone piaskowce i zlepieńce (31 m), wapienie z przerostami mułowców oraz zlepieńce (0,5 m), zaliczane do cyklotemu Z2 (l. cit.).

W podsumowaniu omówienia utworów permskich w zapadlisku przedkarpackim stwierdzić należy, że zaliczane przez niektórych autorów pstry iłowcowo-mułowcowo-piaszczysto-zlepieńcowate osady do czerwonego spągowca nie posiadają dokumentacji paleontologicznej. Utwory te mają bardzo niepewną pozycję stratygraficzną i zaliczanie ich do czerwonego spągowca może się odbywać tylko z zastrzeżeniem. Utwory cechsztyńskie obecne w zapadlisku przedkarpackim posiadają dokumentację paleontologiczną tylko w rejonie Liplasu i Mielca.

Osady cechsztynu są rozwinięte głównie w facji terygeniczej. Wpływy facji węglanowej w postaci przewarstwień wapieni w seriach klastycznych zaznaczają się w północnej części II obszaru i w zachodniej części IV obszaru. Typowa facja węglanowa występuje we wschodniej części obszaru IV. Facja siarczanowo-terygeniczna rozwinęła się w II obszarze, w rejonie Liplasu.

### **Charakterystyka osadów mezozoicznych**

W epoce alpejskiej nie zaznaczało się już zróżnicowanie obszaru podłoża zapadliska przedkarpackiego i Karpat na masywy, górnośląski i małopolski, ustała również aktywność strefy tektonicznej Kraków-Lubliniec (J. Żaba, 1975; W. Brochwicz-Lewiński, W. Pożaryski, H. Tomczyk, 1983; Z. Buła, 1998; W. Moryc, 2006b). Na speneplenizowanej powierzchni powaryscyjskiej rozpoczęła się akumulacja osadów alpejskiego cyklu sedymentacyjno-tektonicznego. Tworzyły się epikontynentalne utwory triasu, jury środkowej i górnej oraz kredy dolnej i górnej (E. Jawor, 1970; W. Moryc, 1971, 1987, 1992, 1996; Morycowa, W. Moryc, 1976; I. Heller, W. Moryc, 1984; I. Garlicka, 1986). Omawiany obszar stał się podłożem zapadliska przedgórskiego i orogenu Karpat fliszowych. Utwory triasowe, występują tylko we wschodniej części omawianego obszaru (Kraków-Rzeszów). Reprezentowane głównie przez facje terygeniczne, z pewnym udziałem facji węglanowych i siarczanowych, wypełniały podobnie jak osady permskie obniżenia powaryscyjskie (W. Moryc, 1992, 1996). Sedymentacja odbywała się w zbiornikach śródlądowych, miejscami z wpływami środowiska morskiego i w płytkich akwenach morskich. Profil utworów środkowojurajskich jest reprezentowany przez litofację lądowych osadów ilasto-piaszczystych w części dolnej oraz morskie serie piaszczysto-wapienne w części górnej (E. Morycowa, W. Moryc, 1976; I. Garlicka, 1986; W. Moryc, 1987, 1992, 1996). Osady lądowe wypełniały lokalne obniżenia i charakteryzują się niewielkim rozprzestrzenieniem. Seria morska znaczy początek transgresji jurajskiej i nie pokrywa większych wyniesień morfologicznych. Utwory jury górnej w podłożu zapadliska przedkarpackiego i Karpat tworzą ciągłą rozległą pokrywę skał osadowych od Wadowic po Rzeszów (I. cit.). Jest ona reprezentowana przez różnorodne facje węglanowe, wapienno-marglisto-dolomityczne. Ich duży zasięg terytorialny i ogromna różnorodność mikrofacjalna wskazują na sedymentację w morzu szelfowym, w którym panowały zmienne warunki batymetryczne i środowiskowe. Epikontynentalne utwory kredy dolnej, wykształcone w postaci serii mułowcowo-węglanowo-piaszczystych, występują obecnie jedynie we wschodniej części zapadliska przedkarpackiego (W. Moryc, J. Waśniowska, 1965; S. Geroch, A. Jednorowska, W. Moryc, 1972; W. Moryc, 1996). Transgresyjne osady kredy górnej leżą, na obszarze pomiędzy Krakowem i Rzeszowem, na speneplenizowanej powierzchni osadów jurajskich i są to glaukonityczne osady zlepieńcowato-piaszczyste, wapienno-piaszczyste, marglisto-wapienne oraz margle.

Dzisiejszy obraz podneogeńskiej powierzchni obszaru zapadliska przedkarpackiego i Karpat jest efektem i wypadkową, wielokrotnie się powtarzających w dobie kaledońskiej, waryscyjskiej i alpejskiej, procesów tektonicznych, zjawisk erozyjnych i sedymentacji utworów platformowych.

### ***Trias***

Osady triasowe w podłożu zapadliska przedkarpackiego i Karpat leżą niezgodnie na różnych ogniwach paleozoiku i prawdopodobnie na skałach prekambriu (W. Moryc, 1971, 1992, 1996). Jedynie w otworach Liplas 2, Pojawie 1, Swarzów 9 utwory triasowe leżą prawdopodobnie w ciągłości sedymentacyjnej na osadach cechsztynu. Na podjurajskiej powierzchni erozyjnej utwory triasowe występują w dwóch obszarach. Pierwszy znajduje się w rejonie Krakowa, gdzie obecne są tylko utwory pstrego piaskowca. Drugi obszar rozciąga się pomiędzy: Tarnowem, Dabrową Tarnowską, Szczucinem, Rzeszowem i Pilzнем, na którym reprezentowany jest pełny profil osadów triasowych (W. Moryc, 1971, 1992, 1996).

### ***Pstry piaskowiec***

Pstry piaskowiec jest wykształcony w niższej części jako pstre osady piaskowcowe-ilaste, w wyższej zaś należącej do retu, jako osady marglisto-węglanowe ze skałami siarczanowymi.

Pstry piaskowiec niższy na całym Przedgórzu Karpat jest rozwinięty podobnie. W jego profilu w otworze Swarzów 9 wydziela się (W. Moryc, 1971) dwa kompleksy. Kompleks niższy rozpoczyna seria piaskowcowo-iłowcowa pstra o miąższości 71 m. Powyżej występuje seria 13 metrowej grubości, piaskowcowo-iłowcowa, z wkładkami zlepieńców złożonych z otoczków wapieni prawdopodobnie karbońskich. Nad nią leży 111 metrów osadów iłowcowo-piaskowcowych z wkładką anhydrytu. Całkowita miąższość niższego kompleksu piaskowcowo-iłowcowego w otworze Swarzów 9 wynosi 195 m. Wyższy kompleks niższego pstrego piaskowca obejmuje iłowce pstre z cienkimi warstewkami piaskowców, z gniazdami różowego anhydrytu i z wkładkami zlepieńców złożonych z pstrych otoczków iłowców. Miąższość wyższego kompleksu wynosi około 160 m, a całkowita grubość niższego pstrego piaskowca osiąga około 350 m. W otworze Radłów 1 pod jurą występuje gruba (1005 m) seria pstrych osadów ilasto-piaszczystych z dwoma poziomami zlepieńców. Zostały one w całości zaliczone do niższego pstrego piaskowca, chociaż jest możliwe, że ich spągowa część reprezentuje perm (W. Moryc, 1971). Obecność dolnego-środkowego pstrego piaskowca stwierdzono w licznych wierceniach na obszarze od Pilzna, przez Sędziszów Małopolski po Rzeszów (W. Moryc, 1992, 1996). W dolnej części profilu są to pstre piaskowce i zlepieńce piaszczyste z otoczkami iłowców, piaskowców, wapieni karbońskich i łupków typu kulmowego oraz różnobarwnych kwarców. Młodsze utwory środkowego pstrego piaskowca są reprezentowane przez pstre piaskowce i iłowce. Największą miąższość dolnego-środkowego pstrego piaskowca stwierdzono w rejonie Łęk Górnych 2, gdzie osiąga ponad 600 metrów. Cechy litologiczne osadów niższego pstrego piaskowca wskazują na sedymentację w płytkowodnym zbiorniku śródlądowym, lokalnie z wpływami środowiska morskiego.

### ***Pstry piaskowiec górny - ret***

Pstry piaskowiec górny - ret na Przedgórzu Karpat obejmuje morskie utwory marglisto-węglanowe z wtrąceniami skał siarczanowych. Występują tu jasne osady dolomityczno-wapienne i ciemne osady margliste, z wkładkami anhydrytów. Utwory retu są genetycznie związane z cyklem sedymentacyjnym wapienia muszlowego. Na podstawie cech litologicznych utwory retu zostały podzielone na ogniwa: „a”, „b”, „c” (W. Moryc, 1971). Ogniwo „a” leży zazwyczaj na pstrym piaskowcu niższym i jest reprezentowane przez zespół ciemnoszarych wapieni pelitycznych, często marglistych, z wkładkami wapieni detrytycznych i jasnych dolomitów. Zespół wapieni i margli zawiera gniazda lub warstewki anhydrytu i gipsu. W stropie ogniwa „a” występuje dziesięciometrowy poziom wapieni gruzłowych, a w środkowej części ogniwa spotyka się wkładki zlepieńców śródformacyjnych. Miąższość ogniwa „a” wynosi od 30 do 50 m. Ogniwo „b” obejmuje szare wapienie z przewarstwieniami margli i dolomitów, niekiedy kawernistych i spirytyzowanych. Obecne są tu również gniazda, żyłki lub rozproszone kryształy anhydrytu i gipsu. Stwierdzono także faunę małży przewodnią dla retu. Miąższość ogniwa „b” waha się od 30 do 50 m. Ogniwo „c” budują szare i beżowe wapienie pelityczne, z warstwami jasnych wapieni krystalicznych krynoidowych oraz dolomitów z kryształkami gipsu, żyłkami anhydrytu i ziarnami glaukonitu.

### ***Wapień muszlowy***

W podłożu zapadliska przedkarpacciego i Karpat występują utwory wapienia muszlowego dolnego, środkowego i górnego (W. Moryc, 1971, 1992, 1996). Dolny wapień muszlowy jest reprezentowany przez ogniwa: „d”, „e”, „f” (W. Moryc, 1971), które wyróżniają się charakterystycznymi cechami litologicznymi. Ogniwo „d” to jasne, krystaliczne wapienie faliste z przewarstwieniami ciemniejszych wapieni pelitycznych i marglistych. Wapienie zawierają liczne liliowce, skupienia pirytu i ziarna glaukonitu. Falistość wapieni podkreślona jest ciemnymi i szaro-zielonymi iłowcami. Miąższość ogniwa „d” waha się w granicach od 14 do 18 m. Ogniwo „e”, o grubości 6 do 10 m, tworzą jasne, niekiedy faliste wapienie krystaliczne z liliowcami i kongrecjami brązowych krzemieni. Najwyższe ogniwo dolnego wapienia muszlowego „f” jest reprezentowane przez utwory marglisto-wapienne, o miąższości 25 do 28 m. Wapienie są krystaliczne lub pelityczne, gruzłowe lub faliste i zawierają liczną faunę liliowców. Obecna w nich fauna małży i ramienionogów jest charakterystyczna dla dolnego wapienia muszlowego. Całkowita miąższość dolnego wapienia muszlowego wynosi od 45 do 56 m.

Wapień muszlowy środkowy odznacza się odmiennym wykształceniem litologicznym i jest on w zasadzie pozbawiony fauny. Wydzielono w nim ogniwa : „g”, „h”, „i” (W. Moryc, 1971). Ogniwo „g” (6-8 m) budują cienkoławicowe, szare, krystaliczne wapienie przewarstwiane marglami z gniazdami gipsu. W ogniwie „h” (18 m) występują dolomity z wkładkami wapieni i margli. Dolomity są niekiedy kawerniste i zawierają cienkie przewarstwienia gipsów oraz gniazda gipsów i anhydrytów. Najwyższe ogniwo „i” (17 m) wapienia muszlowego jest reprezentowane przez cienkoławicowe, szare wapienie często margliste z wkładkami wapieni dolomitycznych i dolomitów. Dolomity są czasem kawerniste.

Wapień muszlowy górny obejmuje ogniwa: „j”, „k”, „l” (W. Moryc, 1971). Ogniwo „j” (8 m) jest rozwinięte w postaci szarych, beżowych i brązowych wapieni drobnokrystalicznych, w których masowo występują małże. Wapienie są miejscami warstwowane faliście lub gruzłowo. Ogniwo „k” (9 m) to kompleks szarych



wapieni krystalicznych i pelitycznych, o strukturze falistej lub gruzłowej, podkreślonej przez ciemne margle. W wapieniach spotyka się liczne liliowce. Ogniw „I” ( 7 m) tworzą szaro-beżowe wapienie krystaliczne przepelnione skorupami ramienionogów. W jego stropowej części widoczna jest ławica wapienia liliowcowego.

### ***Kajper***

Utwory kajpru leżą w ciągłości sedymentacyjnej na osadach wapienia muszlowego (P. Karnkowski, E. Głowacki, 1961; E. Głowacki, H. Senkowiczowa, 1969; W. Moryc, 1971). Wcześniejszy pogląd, wyrażony przez A. Tokarskiego (1962, 1965), zakładał niezgodność stratygraficzną przedkajprówą i ścięcie różnych pięter wapienia muszlowego. Osady kajpru występują w rejonie Mielec - Niwiska i Oblekoń. Są one reprezentowane przez pstrą serię iłowcowo-piaskowcową. Dolną część profilu tworzą ciemne mułowce i iłowce bezwapniste przewarstwiane szarymi piaskowcami. W niektórych profilach obecne są również cienkie wkładki zlepieńców, wapieni, dolomitów i syderytów. Charakterystyczną cechą serii mułowcowo-iłowcowej jest obecność zwęglonego detrytusu roślinnego, tworzącego laminy i nadającego osadom ciemną barwę, dlatego też nazwano je „serią iłowglową” (A. Tokarski, 1962). Powyżej „serii iłowglowej” występują „pstre pelity” (l. cit.). Są to iłowce i mułowce pstre, szare i czarne przewarstwiające się wzajemnie, z rzadkimi wkładkami pstrych piaskowców. Miąższość osadów zaliczanych do kajpru waha się od 40 do 95 m (A. Tokarski, 1962; E. Głowacki, P. Karnkowski, 1961).

### ***Retyk***

Utwory retyku leżą niezgodnie na starszych ogniwach triasu lub paleozoiku i niezgodność ta jest związana z ruchami epeirogenicznymi fazy eokimeryjskiej (P. Karnkowski, E. Głowacki, 1961; A. Tokarski, 1962, 1965; E. Głowacki, H. Senkowiczowa, 1969; W. Moryc, 1971, 1992). W rejonie Trzciany, Słupca, Mielca i Niwisk retyk jest reprezentowany przez osady piaszczysto-zlepieńcowate: szare i czerwone piaskowce z wkładkami zlepieńców, złożonych z okruchów wapieni, piaskowców i mułowców. W profilu wiercenia Trzciana 3 występuje fauna przewodnia dla retyku (P. Karnkowski, E. Głowacki, 1961). Do retyku zaliczane są również pstre utwory ilaste, które stwierdzono w profilach wierceń Niwiska 1 i Niwiska 2 (A. Tokarski, 1962). Za należące do retyku uważa się też, występujące na osadach retu, iłowce z wkładkami zlepieńców, utworzonych z okruchów wapieni i iłowców w profilu Kamionka 1. Miąższość utworów retyku dochodzi do 76 metrów.

### ***Jura***

Utwory jury w podłożu zapadliska przedkarpackiego i Karpat są znane z dwóch obszarów. Pierwszy obejmuje część Przedgórzia Karpat pomiędzy Wadowicami i Rzeszowem, drugi to rejon Lubaczowa (P. Karnkowski, E. Głowacki, 1961; Z. Obuchowicz, 1963; J. Stemulak, E. Jawor, 1963; P. Karnkowski, S. Ołtuszyk, 1968; W. Moryc, 1961, 1965, 1987, 1992, 1996; E. Jawor, 1970; E. Morycowa, W. Moryc, 1976; I.

Garlicka 1986). Osady jurajskie, reprezentowane na Przedgórzu Karpat przez dogger i malm, leżą niezgodnie na utworach triasu lub na różnych ogniwach paleozoiku.

Utwory jury środkowej wypełniały nierówności terenu i zachowały się w formie niewielkich płątów w okolicy: Wieliczki, Jadownik, Mikłuszowic i Pogórskiej Woli. Jej dolna część jest reprezentowana przez lądową serię ilasto-piaszczystą, która zawiera liczną zwęgloną florę oraz laminy i wkładki węgla. W najniższej części profilu występuje zlepienie złożony z otoczków: kwarcu, skał wulkanicznych i metamorficznych, piaskowców, mułowców i wapieni oraz spoiwa mułowcowego. Wyżej leżą bezwapniste osady piaszczysto-ilaste z dużym nagromadzeniem uwęglonej siewki roślinnej, w postaci rozproszonej lub w formie lamin, warstewek oraz wkładek węgla. Wiek serii piaszczysto-ilastej, na podstawie badań palynologicznych, określono na bajos - baton środkowy (I. Jurkiewiczowa, 1974; M. Brzozowska, 1975, 1980). Największą miąższość (90 m) osadów serii lądowej stwierdzono w Zatoce Gdowskiej w otworze Zabłocie 1. Seria morska jury środkowej występuje przekraczając względem serii lądowej, jednakże niektóre wyniesienia morfologiczne nie zostały zalane przez morze. Seria morska jury środkowej jest reprezentowana przez kompleks osadów piaszczysto-wapiennych, złożony ze: zlepieńców, piaskowców wapnistych, wapieni organodetrytycznych, mułowców. W najniższej części profilu występują piaskowce różnoziarniste, słabo wapniste lub mułowcowe. Wyżej leżą zlepienie lub piaskowce gruboziarniste. Stropową część profilu tworzą wapienie organogeniczne z glaukonitem i chlorytem (I. Garlicka, 1986). W rejonie Mielca - Dąbrowy Tarnowskiej seria morska jury środkowej jest reprezentowana przez pstry wapienie margliste o miąższości od 1 do 5 m, w spągu których występuje niekiedy cienka warstwa piaskowcowo-zlepieńcowa mająca charakter zlepieńca podstawowego (W. Moryc, 1965; E. Morycowa, W. Moryc, 1976). Serię pstrych wapieni marglistych zalicza się zwykle do keloweju górnego (I.cit.), jednakże ze względu na duże nagromadzenia stomiosferidów, przynajmniej jej część może już należeć do dolnego oksfordu (I. Garlicka, 1986). W profilu wiercenia Mogielnica 1 występuje seria piaskowcowo-iłowcowa: piaskowce drobnoziarniste o spoiwie dolomityczno-syderytycznym, miejscami chlorytowym, piaskowce z liczną zwęgloną siewką roślinną, iłowce, mułowce. Seria ta reprezentuje bajos?-baton-kelowej (W. Moryc, 1987). Powyżej stwierdzono obecność utworów węglanowych zaliczanych do oksfordu (W. Moryc, 1987) lub do jury środkowej (I. Garlicka, 1986). W rejonie Lubaczowa profil jury środkowej zaczyna się od cienkiej warstwy zlepieńców, które przechodzą w piaskowce wapniste lub ilasto-żelaziste z licznymi zwęglonymi szczątkami roślin. Osady te są starsze od kujawu, a nawet nie jest wykluczony ich aaleński wiek (W. Moryc, 1987). Wyżej leżą ciemne, bezwapniste utwory mułowcowo-ilaste z wkładkami piaskowców w części spągowej, w których obecne są otwornice kujawu (W. Moryc, 1961). W wyższej części serii mułowcowo-ilastej występują amonity środkowego batonu.

Do keloweju w rejonie Lubaczowa zalicza się drobnoziarniste piaskowce z oolitami żelazistymi i leżące wyżej szaro-beżowe wapienie gruzłowate bez fauny (W. Moryc, 1961). Grubość keloweju w tym rejonie ocenia się na 6 do 14 metrów. Profil utworów doggeru na obszarze Pilzno-Sędziszów Małopolski reprezentowany jest przez osady od bajosu? do keloweju (W. Moryc, 1996). W dolnej części występują piaskowce, iłowce i mułowce bajosu? - kujawu dolnego. Wyżej, w kujawie środkowym, leżą dwa poziomy, ilasty i piaskowcowy. W najwyższej części profilu jury środkowej wyróżnia się poziom ilasty kujawu górnego oraz osady ilaste, mułowcowe, piaskowcowe batonu i keloweju. Maksymalne miąższości osadów środkowej jury wynoszą w rejonie Rzeszowa ponad 300 m, a w rejonie Lubaczowa 464 m (W. Moryc, 1987, 1992, 1996).

Utwory jury górnej na Przedgórzu Karpat tworzą ciągłą pokrywę osadową od Wadowic do Rzeszowa, a także występują w rejonie Lubaczowa-Cieszanowa-Księżpola. Są one wykształcone w facji węglanowej a ich miąższość przekracza 1150 m (J. Golonka, 1978; E. Morycowa, W. Moryc, 1976; I. Garlicka, 1986). W profilu osadów górnourajskich wyróżnia się serie: wapieni gąbkowych, marglisto-wapienną, koralowo-glonową, dolomityczno-wapienną (I. Garlicka, 1986), odpowiadające wydzielanym wcześniej „formacjom” (E. Morycowa, W. Moryc, 1976; J. Golonka, 1978).

W skład serii wapieni gąbkowych wchodzi kilka odmian lito- i mikrofacjalnych wapieni: bulaste, margliste, organogeniczne, skaliste i ziarnowe. Wapienie bulaste, leżące na granicy jury środkowej i górnej, występują głównie w zachodniej części zapadliska przedkarpackiego i w rejonie Lubaczowa. Są to szaro-zielone wapienie gruzłowo-zlepieńcowate o spoiwie ilasto-marglistym. Wapienie marglistych to wapienie pelityczne ze smugami i przeławiczeniami margli. Wapienie zawierają organizmy planktoniczne wskazujące na oksford (I. Garlicka, R. Tarkowski, 1980). Odmianę wapieni skalistych tworzą głównie wapienie nieuławicone lub gruboławicowe z licznymi szczątkami organicznymi i krzemieniami. Obecne są tu również różnej grubości kompleksy dolomitów drobnokrystalicznych, kawernistych z gniazdami i żyłami gipsów oraz anhydrytów (E. Głowacki, 1963; J. Kruczek, 1972). Wapienie ziarnowych są reprezentowane przez wapienie onkoidowo-grudkowe mikrytowych wśród których spotyka się warstewki ciemnych spikulitów marglistych. Utwory serii wapieni gąbkowych występują na całym obszarze zapadliska przedkarpackiego, lecz rozkład i miąższość poszczególnych typów wapieni charakteryzują się dużym zróżnicowaniem. Warstwa bulasta i wapienie margliste stanowią cienki (0,1-20 m) poziom w spągowej części serii wapieni gąbkowych. Wapienie skaliste największą miąższość (300 m) osiągają w zachodniej części zapadliska przedkarpackiego. W południowo-zachodniej części zapadliska są one częściowo zastępowane przez wapienie koralowe (Leszczyna 1,4) lub wapienie krynoidowe (Iwkowa 1)(I. Garlicka, 1986). Ogólna miąższość serii wapieni gąbkowych waha się od 21 do 385 m. Jest ona zaliczana do dolnego-środkowego oksfordu i niższych poziomów oksfordu górnego (S. Z. Różycki, 1953; E. Jawor, 1970).

Seria marglisto-wapienna zawiera margle i wapienie margliste z przewarstwieniami wapieni skalistych, organogenicznych, ziarnowych, zlepieńcowatych i brekcji. Wszystkie typy skał serii przeławicają się bezładnie i powtarzają się w profilu wielokrotnie. Obserwuje się w nim liczne powierzchnie rozmyć i poziomy zlepieńców śródformacyjnych, a miejscami osady są zdolomityzowane. W zachodniej części zapadliska przedkarpackiego przeważają mikrofacje typowe dla wapieni skalistych, natomiast w kierunku wschodnim większy udział mają margle, wapienie mikrytowe i grudkowo-onkoidowe (I. Garlicka, 1986). Wiek serii marglisto-wapiennej określa się jako niższą część górnego oksfordu -raurak (A. Tokarski, 1962; Z. Obuchowicz, 1963; E. Morycowa, W. Moryc, 1976) lub kimeryd (E. Jawor, 1970). Miąższość serii wapienno-marglistej wynosi od 20 do 370 m (I. Garlicka, 1986).

Seria koralowo-glonowa obejmuje różne typy skał, lecz głównie wapienie organogeniczne i organodetrytyczne z przewarstwieniami wapieni pelitycznych, oolitowych i oolitowo-onkolitowych. W profilu serii widoczne są liczne powierzchnie rozmyć erozyjnych i dolomityzacja. Wapienie organogeniczne to biohermy koralowcowe i glonowe. Wapienie organodetrytyczne składają się z okruchów koralu i glonów. Seria koralowcowo-glonowa jest zaliczana do górnego oksfordu -astartu (P. Karnkowski, E. Głowacki, 1961; Z. Obuchowicz, 1963; E. Morycowa, W. Moryc, 1976) lub do kimerydu (J. Golonka, 1978). Miąższość serii wynosi od 20 do 370 m (I. Garlicka, 1986).

Seria dolomityczno-wapienna odznacza się dużym zróżnicowaniem litologicznym i jest reprezentowana przez: muszlowce, wapienie margliste, margle i dolomity. Muszlowce tworzą kompleks osadów złożony z margli, wapieni marglistych, wapieni organogenicznych (ostrzygowych). Wapienie margliste i margle występują w rejonie Niwisk i Trzciany, gdzie zastępują wapienie serii koralowcowo-glonowej i muszlowce serii dolomityczno-wapiennej. Dolomity występują niekiedy w formie grubych kompleksów. W rejonie Woli Rzędzińskiej i Ropczyc kompleks dolomitów osiąga 240 m (I. Garlicka, 1986). Seria dolomityczno-wapienna w otworach Niwiska 7 i Trzciana 3 zawiera mikrofaunę oksfordu (astartu) - kimerydu (A. Tokarski, 1962), co pozwala muszlowce, dolomity i wapienie margliste serii dolomityczno-wapiennej traktować jako odmiany facjalne i osady równowiekowe (I. Garlicka, 1986).

Na przedkredowej powierzchni erozyjnej najstarsze ogniwa jury górnej występują w rejonie Krakowa, a ku wschodowi widoczne są coraz młodsze serie i pełniejsze profile. Najlepiej wykształcone profile jury górnej stwierdzono w otworach Radłów 1 i Niwiska 7, czyli w północno-wschodniej części obszaru jej występowania.

### **Kreda**

Osady kredy dolnej w podłożu zapadliska przedkarpackiego występują w rejonie Pilzna -Dębicy i w rejonie Lubaczowa. W wierceniu Stasiówka 1 (rejon Dębicy) na osadach jury górnej występuje seria szarych i czarnych wapnistych mułowców (10 m) przewarstwianych ciemnymi wapnistymi iłowcami. Seria ta reprezentuje górny walańzyn (S. Geroch, A. Jednorowska, W. Moryc, 1972). Kreda dolna w rejonie na południe od Sędziszowa Małopolskiego (Wola Wielka 2, Nawsie 1, Zagórzycy 6) jest reprezentowana przez osady ilasto-węglanowe (W. Moryc, 1996). W dolnej i górnej części profilu są to utwory organogeniczne, w środkowej mulowcowo-iłowcowe, z fauną wskazującą na walańzyn. Ich maksymalna miąższość wynosi 40 metrów. Kreda dolna w wierceniu Basznia 1 (rejon Lubaczowa) jest wykształcona w postaci utworów mułowcowo-węglanowo-piaszczystych o miąższości 22m (W. Moryc, J. Waśniowska, 1965). Profil rozpoczyna zlepieniec (30 cm) złożony z fragmentów wapieni jurajskich spojonych materiałem marglistym. Wyżej leży szaro-zielonkawy piaskowiec węglanowo-glaukonitowy (1,7 m), a następnie kompleks margli piaszczystych z glaukonitem (6 m). Te ostatnie przechodzą w serię szarych wapieni lekko piaszczystych (5 m). Ponad nimi występują ciemne mułowce wapniste z glaukonitem (6 m) a następnie ciemne mułowce (1,5 m). Mułowce zostały zaliczone do hoterywu-walańzynu (W. Moryc, J. Waśniowska, 1965). Ostatnim najwyższym ogniwem dolnej kredy w profilu Basznia 1 jest warstwa szarozielonego piaskowca marglistego z glaukonitem i z kongrecjami fosforytowymi (1 m), który zaliczono do albu (I. cit.).

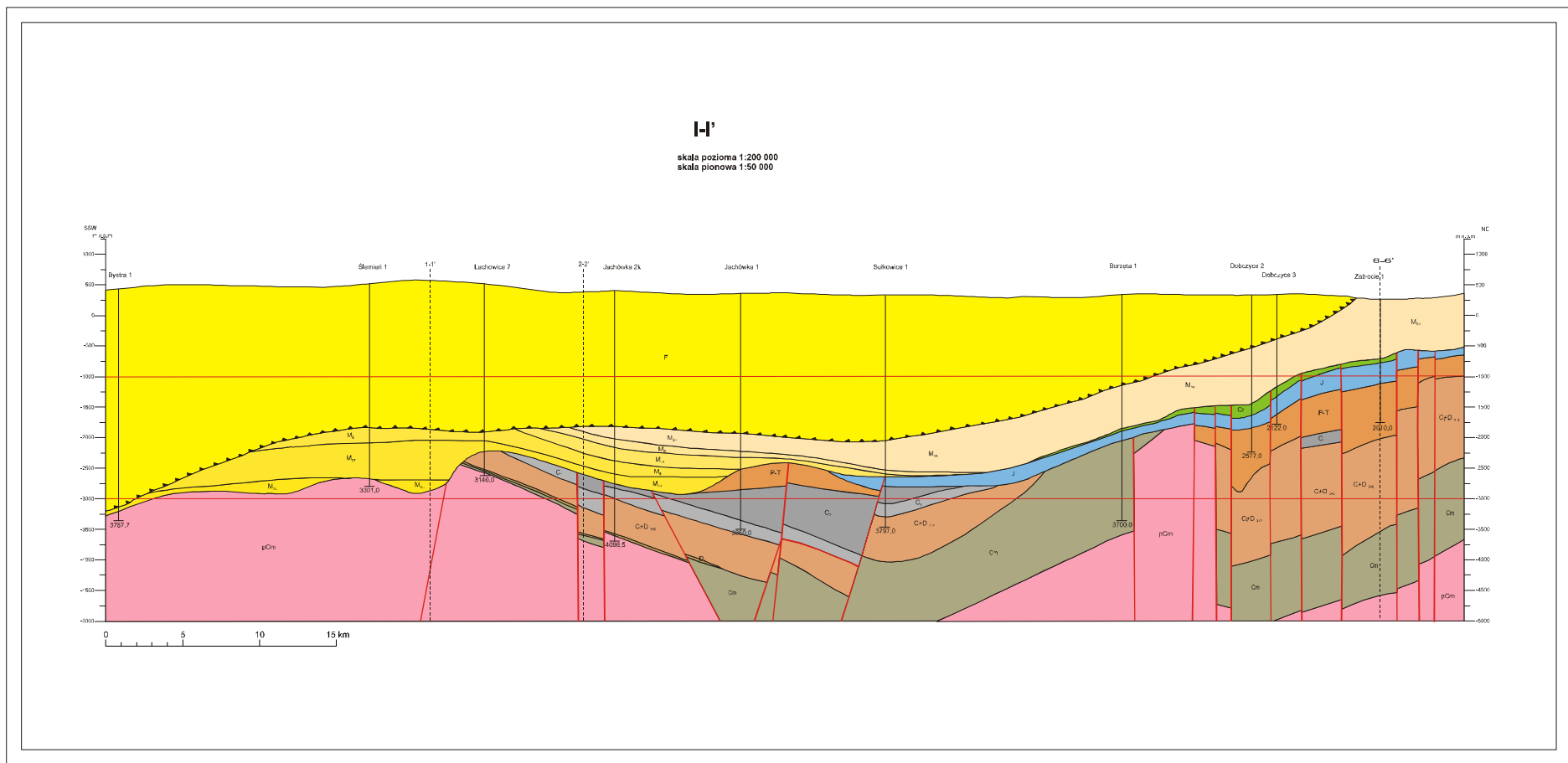
Transgresyjne utwory kredy górnej, na przeważającej części zapadliska przedkarpackiego (obszar Kraków-Rzeszów), leżą na speneplenizowanej powierzchni osadów jurajskich wypełniając przedkredowe obniżenia morfologiczne (E. Jawor, 1970). Profil utworów górnokredowych jest reprezentowany przez dwa niezgodne kompleksy osadowe, dolny obejmujący skały od cenomanu do koniak i górny złożony z osadów od santonu do mastrychtu (W. Moryc, 1996). Na różnych ogniwach jury górnej leżą szarozielone glaukonityczne utwory zlepieńcowato-piaszczyste (E. Jawor, 1970; N. Oszczypko, A. Tomasz, 1976; I. Heller, W. Moryc, 1984, W. Moryc, 1996). Peryferyjne części zbiornika sedimentacyjnego wyznaczają osady grubookruchowe, złożone z otoczków kwarcu, rogowców i skał jurajskich. Im dalej od brzegu zbiornika tym materiał okruchowy jest drobniejszy i zlepieniec przechodzi stopniowo w piaskowce, od grubo- do drobnoziarnistych. Seria

zlepieńcowato-piaskowcowa, o miąższości od 1 do 100 m, została zaliczona do cenomanu. Powyżej leżą przekraczająco wapienie piaszczyste glaukonitowe (1 do 16 m), a następnie jasne wapienie krystaliczne turonu (l. cit.). W serii tej spotyka się również szare wapienie margliste, margle twarde typu opoki oraz soczewki, buły i ławice brązowych krzemieni. Profil utworów zaliczonych do koniaku jest reprezentowany przez margle, wapienie margliste, opokę wapienną i marglistą oraz nieliczne wkładki ciemnych iłotupków (l. Heller, W. Moryc, 1984; W. Moryc, 1996). Największa miąższość tych utworów wynosi 70 metrów. Utwory senonu leżą przekraczająco na osadach cenomanu, turonu, koniaku, a nawet na osadach jury górnej i pokrywają również obszary wcześniej wyniesione (wyniesienia Puszczy i Wyciąża-Łuczyc, rejon Tarnów-Dębica). Senon jest reprezentowany przez serię marglisto-wapienną. Jej najstarszą część stanowią szarozielone margle, piaszczyste w części spągowej, z glaukonitem i materiałem zlepieńcowatym oraz wapienie margliste santonu (E. Jawor, 1970; N. Oszczypko, A. Tomasz, 1976; l. Heller, W. Moryc, 1984; W. Moryc, 1996). Miąższość tej serii wynosi od 20 do 180 metrów. Wyżej występuje kompleks: szarych i zielonych margli, wapieni marglistych z opokami i białych wapieni z czertami, o grubości dochodzącej do 350 metrów, który należy do kampanu (E. Jawor, 1970; N. Oszczypko, A. Tomasz, 1976; l. Heller, W. Moryc, 1984; W. Moryc, 1996). W najwyższej części profilu osadów kampanu obserwuje się strefę zwietrzelinową. Utwory mastrychtu są kontynuacją sedymentacji marglisto-węglanowej kampanu i zajmują najmniejszą powierzchnię wśród utworów górnokredowych na Przedgórzu Karpat. Górna część profilu jest objęta strefą zwietrzelinową. Miąższość osadów mastrychtu dochodzi do 350 metrów.

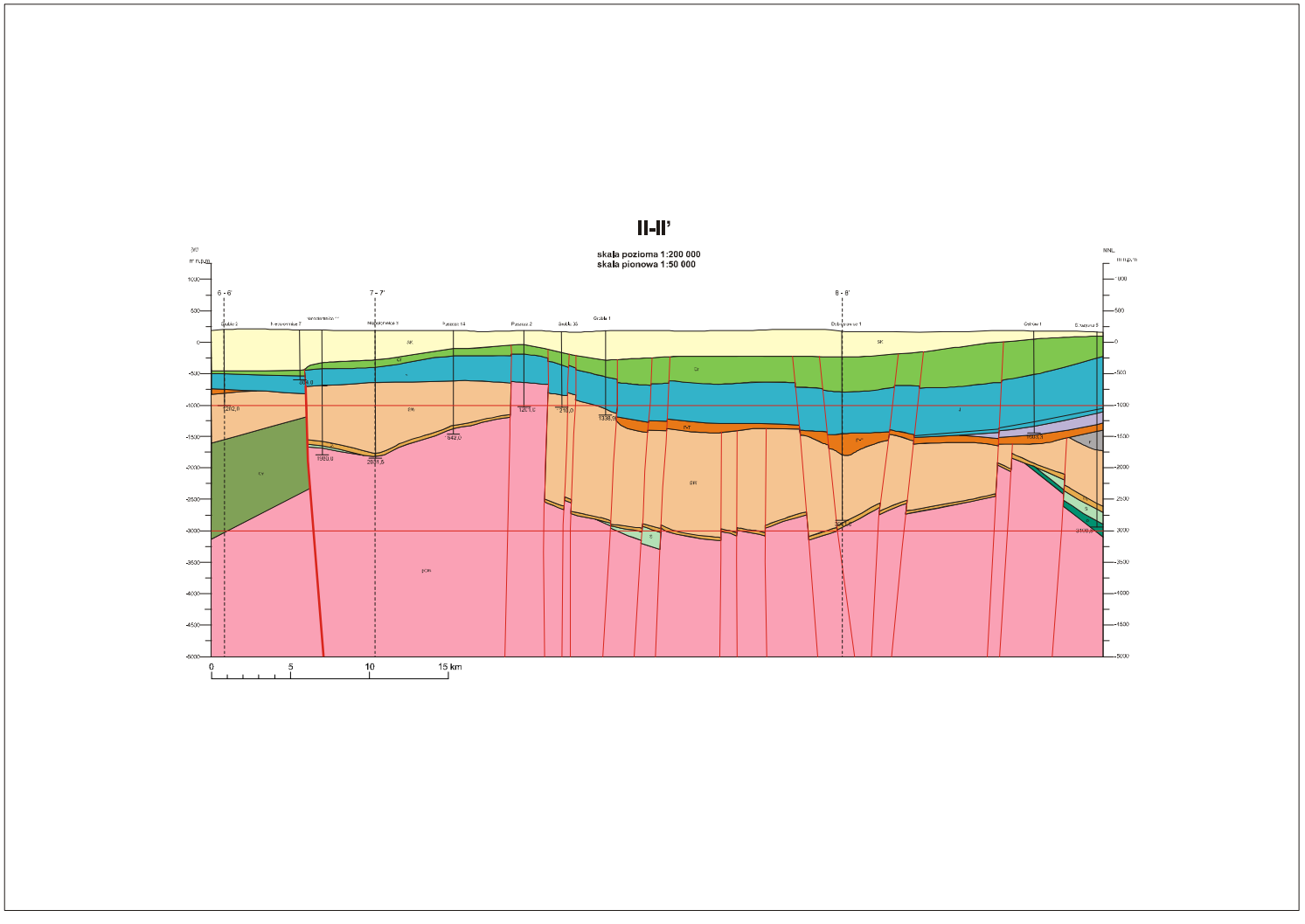
Pierwszą wstępną selekcję struktur przydatnych do składowania CO<sub>2</sub> oparto o podstawowe kryteria geologiczne: głębokość zalegania stropu warstwy solankowej na głębokości co najmniej 1000 m, ale nie większej niż 3000-3200 m oraz występowanie nad jej stropem utworów nieprzepuszczalnych o miąższości nie mniejszej niż 50 m. To ostatnie kryterium jest spełnione w całym regionie IVA, gdyż wszędzie nadkład stanowi kilkusetmetrowa seria ilastych utworów miocenu ( w większości warstwy skawińskie, a dodatkowo w części południowej kompleks utworów fliszowych. Również nieprzepuszczalny ekran stanowią w swojej większości utwory mezozoiku. Przyjęcie tych założeń znacznie ograniczyło możliwości wyznaczenia potencjalnych składowisk w obrębie regionu IVA (zapadlisko przedkarpackie i front Karpat zewnętrznych).

Na podstawie podanych powyżej kryteriów i po określeniu warunków geologicznych, jakie decydują o miejscu składowania oraz po uwzględnieniu aspektów środowiskowych, w tym zwłaszcza uwzględnienia obszarów silnie zurbanizowanych, do dalszych badań zostały wytypowane cztery obszary: pierwszy z nich to rejon (zbiornik) Kalwaria Zebrzydowska, drugi to zbiornik Gdowa, trzeci Niepołomic a czwarty to rejon (zbiornik) Grobli.

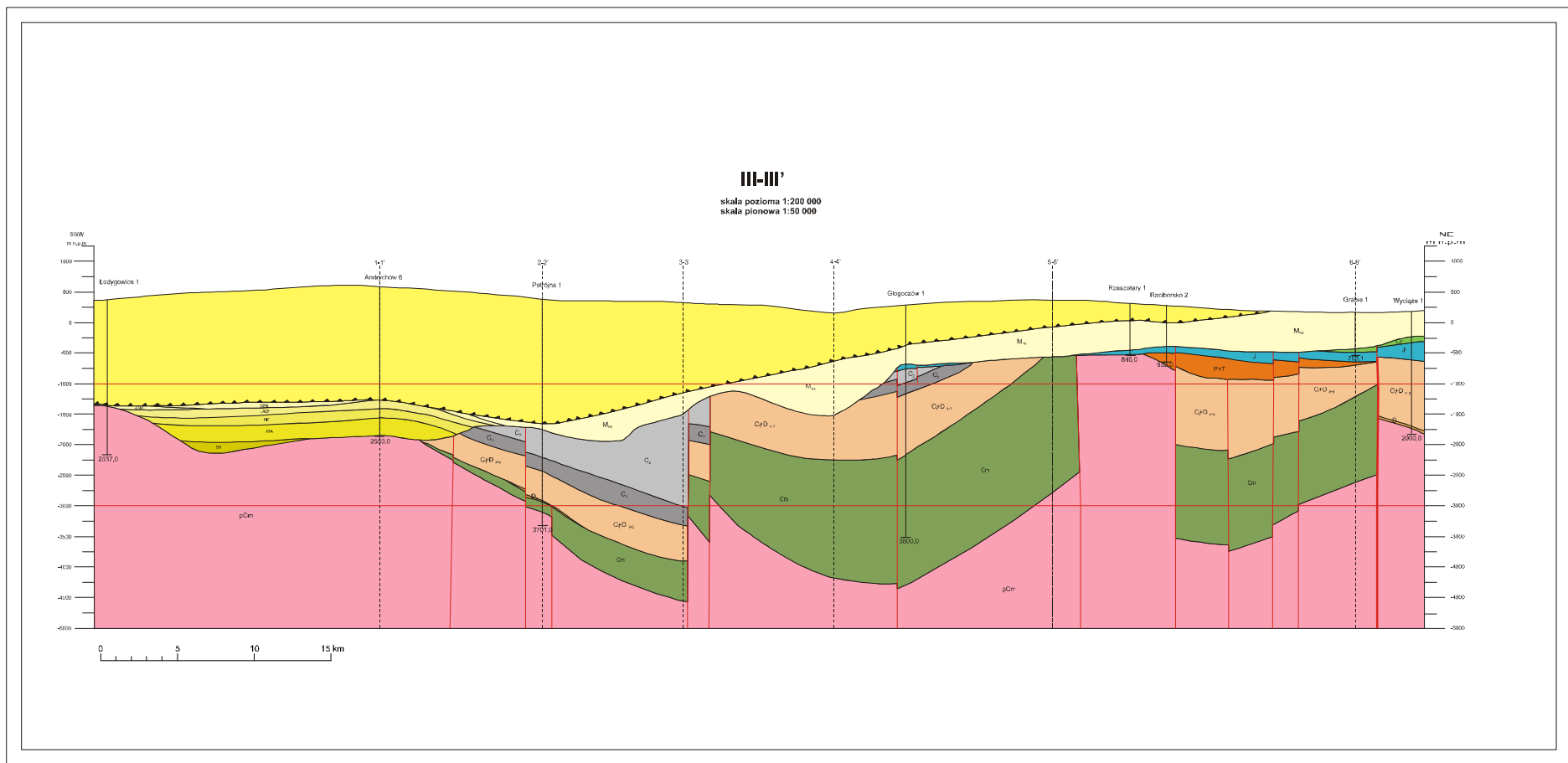
Wytypowane obszary charakteryzują się rzadką zabudową i nie kolidują z występującymi na obszarze IVA rezerwatami przyrody. Częściowo jednak, ponad wytypowanymi obszarami na powierzchni terenu występują obszary Natura 2000. Na wytypowanych obszarach jako warstwę zbiornikową (magazynową) przyjęto utwory dewońsko-karbońskiej serii węglanowej. Jej szczegółowa charakterystyka litologiczno-facjalna i petrograficzno-petrofizyczna przedstawiona została w rozdziałach **1.1.3** i **1.1.5**.



**Fig. 1.1.1\_15** Przekrój geologiczny podłużny I-I' (Bystra-Zabłocie)



**Fig. 1.1.1\_16** Przekrój geologiczny podłużny II-II' (Grabie-Strużyska)



**Fig. 1.1.1\_17** Przekrój geologiczny podłużny III-III' (Łodygowice-Wyciąże)



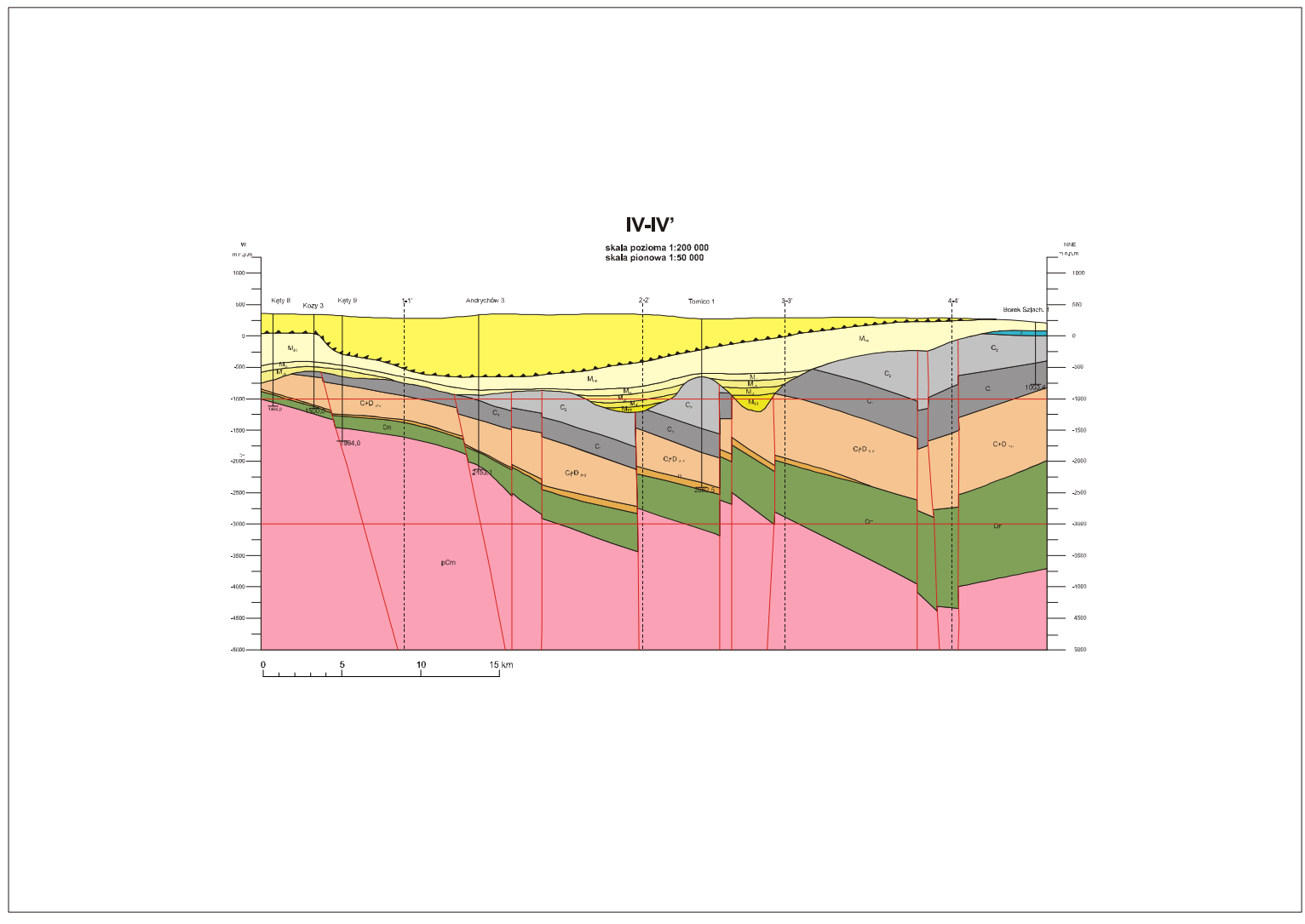
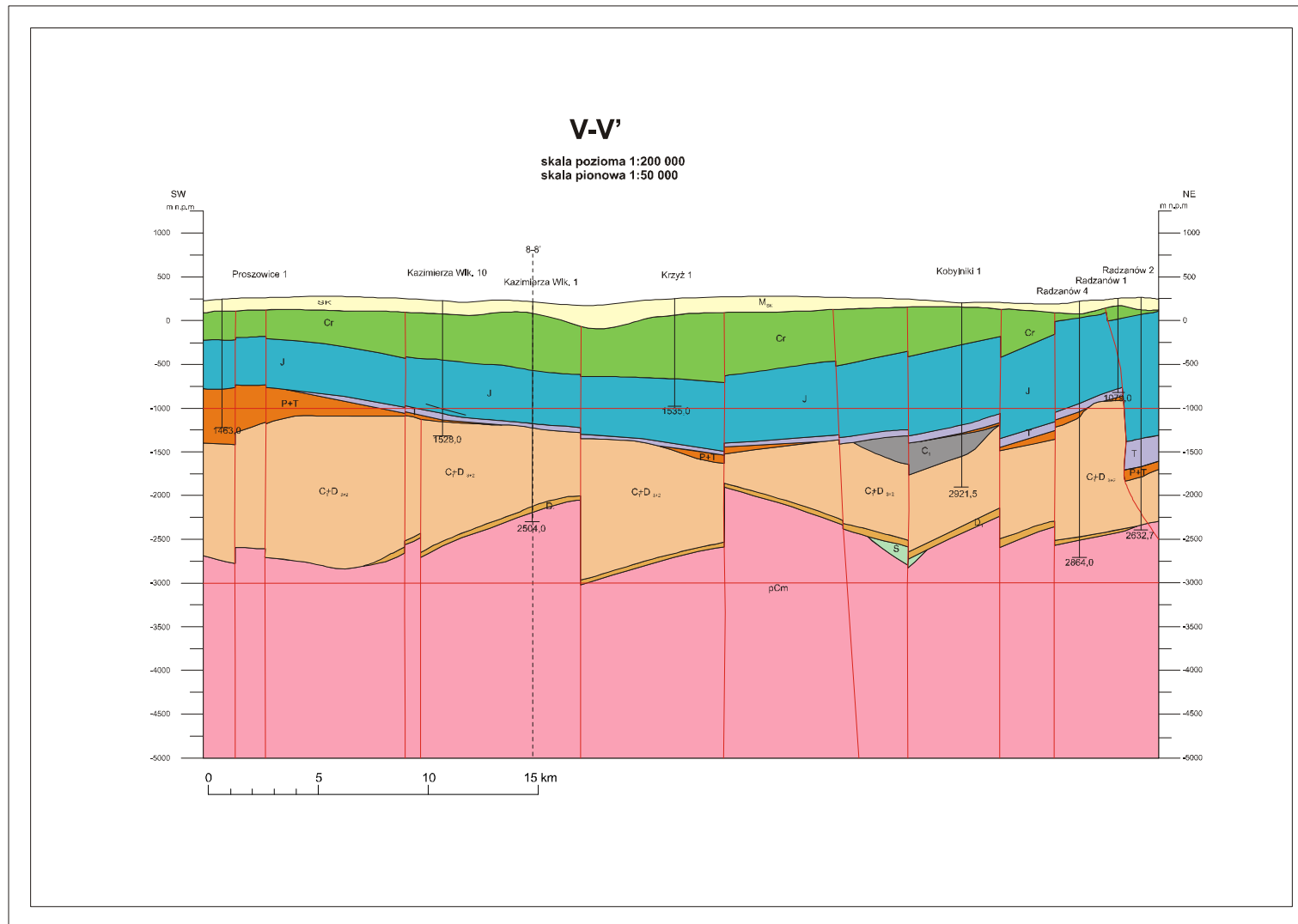


Fig. 1.1.1\_18 Przekrój geologiczny podłużny IV-IV' (Kęty-Borek Szlachecki)



**Fig. 1.1.1\_19** Przekrój geologiczny podłużny V-V' (Proszowice-Radzanów)

VI - VI'

skala pozioma 1:200 000  
skala pionowa 1:50 000

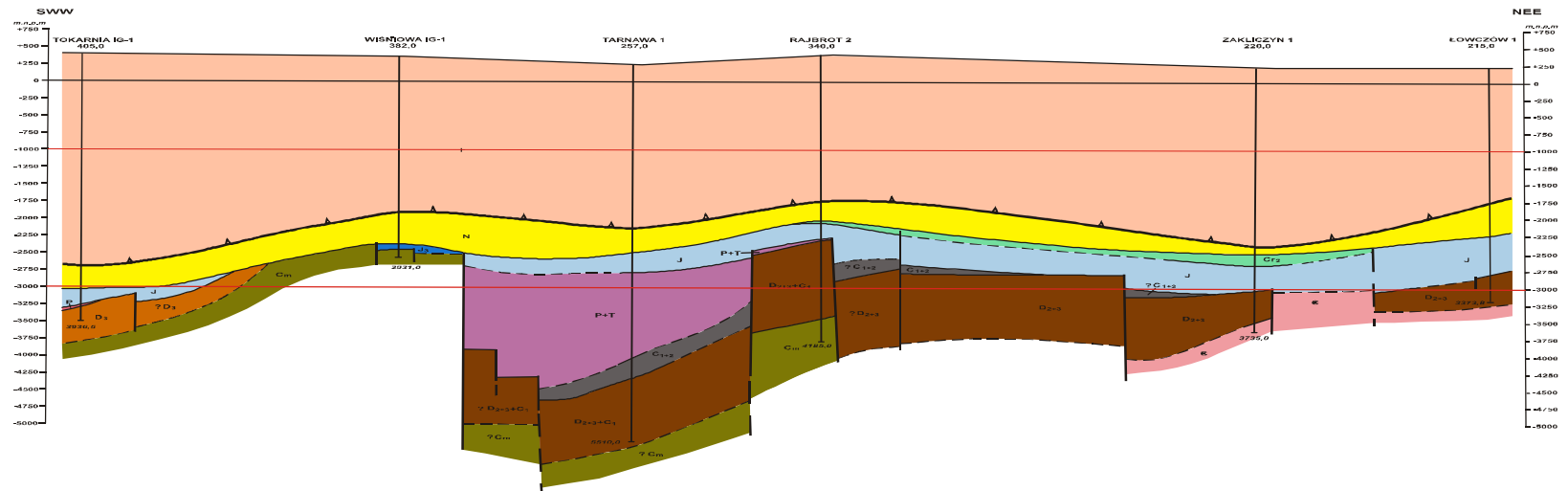


Fig. 1.1.1\_20 Przekrój geologiczny podłużny VI-VI' (Tokarnia-Łowczów)

VII - VII'

skala pozioma 1:200 000  
skala pionowa 1:50 000

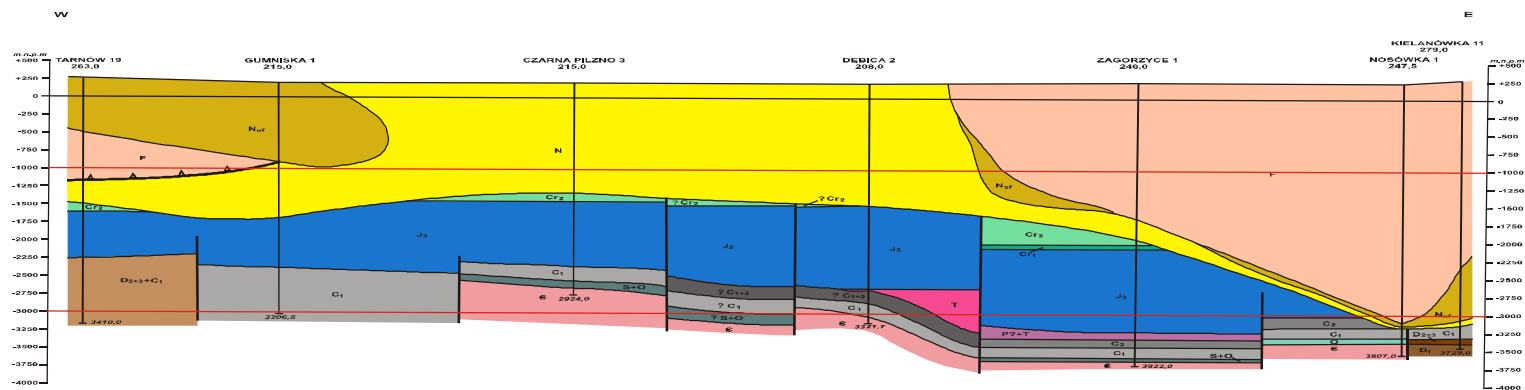


Fig. 1.1.1\_21 Przekrój geologiczny podłużny VII-VII' (Tarnów-Kielanówka)

VIII - VIII'

skala pozioma :200 000  
skala pionowa 1:50 000

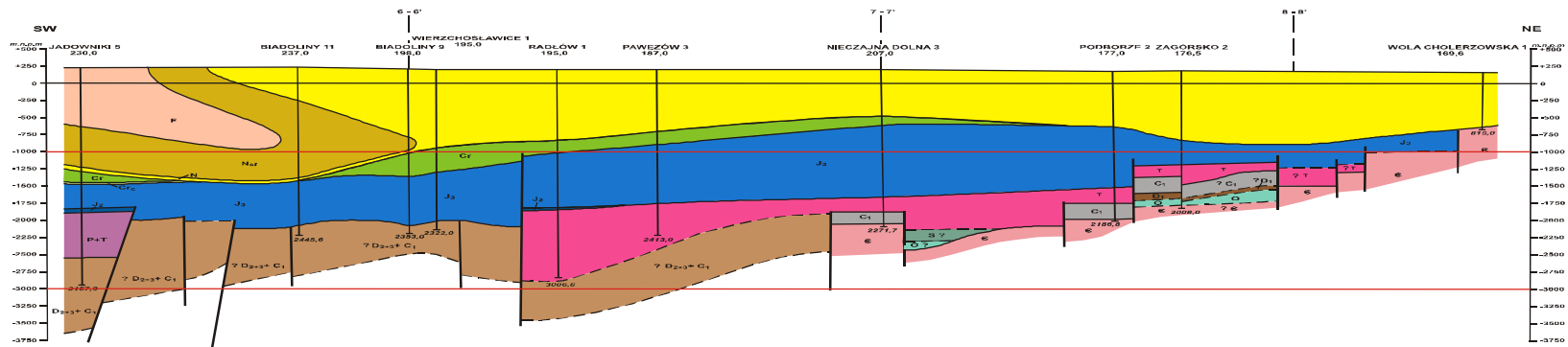


Fig. 1.1.1\_22 Przekrój geologiczny podłużny VIII-VIII' (Jadowniki-Wola Cholerzowska)

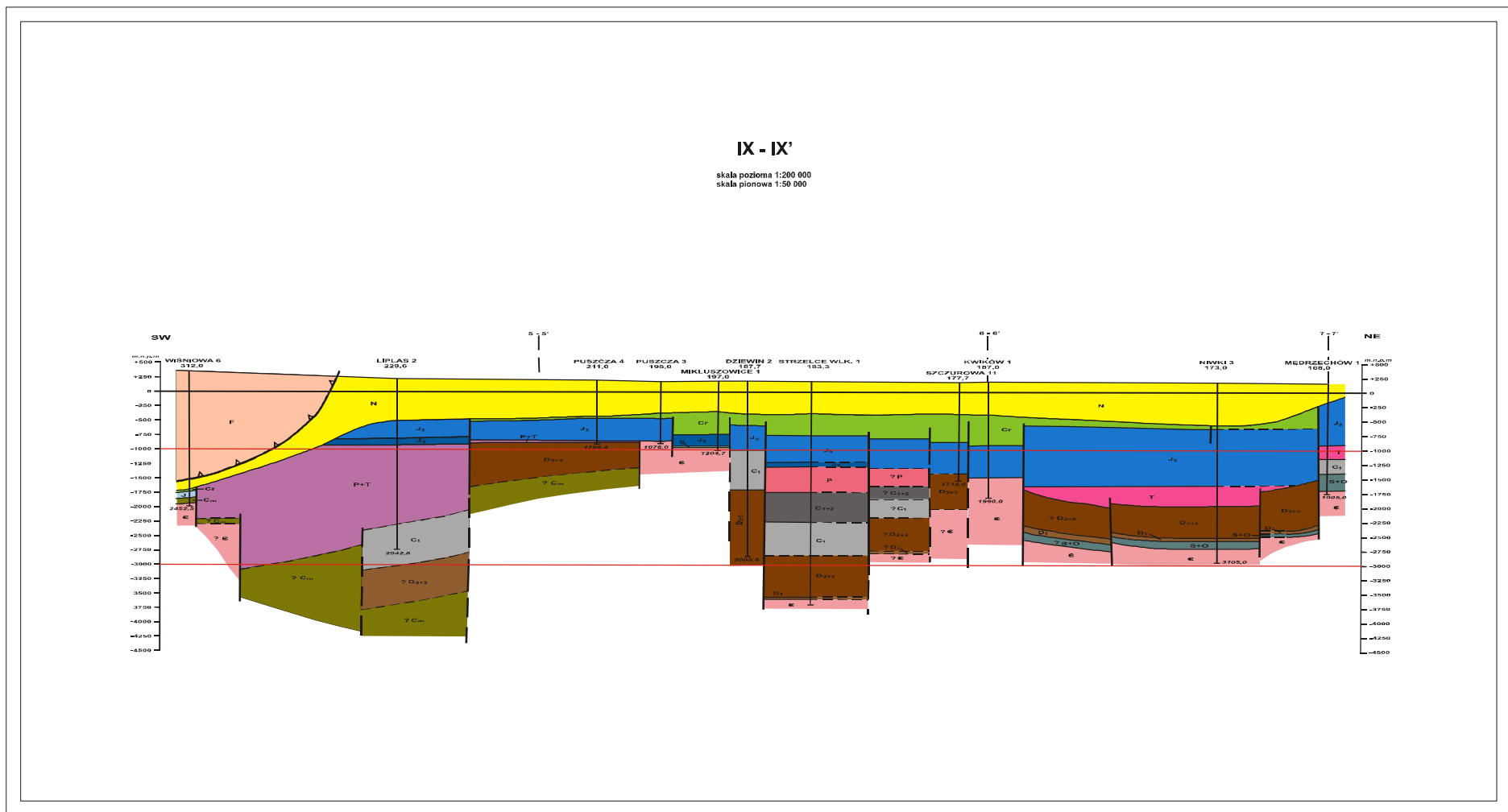
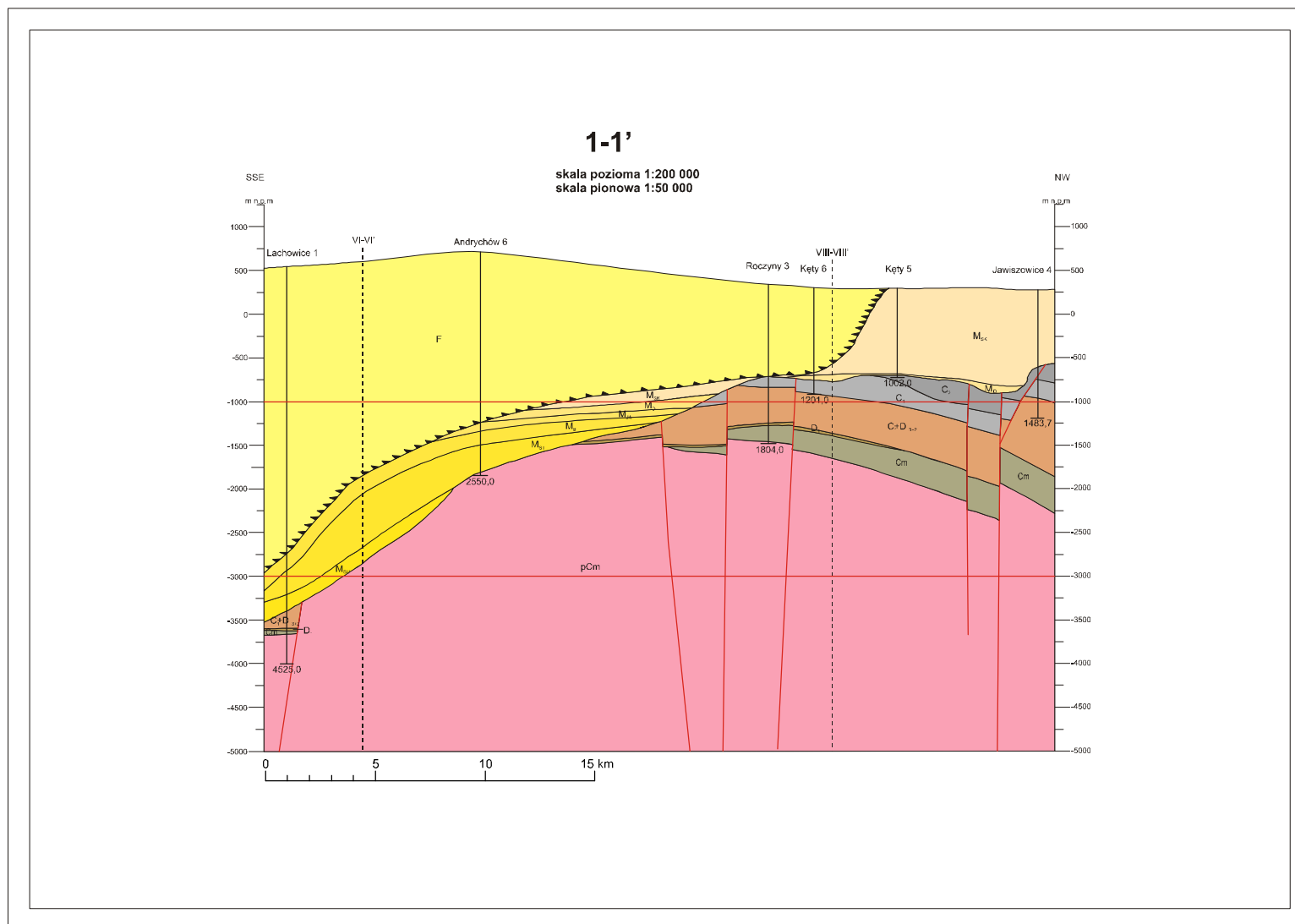


Fig. 1.1.1\_23 Przekrój geologiczny podłużny IX-IX' (Wiśniowa-Mędrzechów)



**Fig. 1.1.1\_24** Przekrój geologiczny 1-1' (Lachowice-Jawiszowice)

## 2-2,

skala pozioma 1:200 000  
skala pionowa 1:50 000

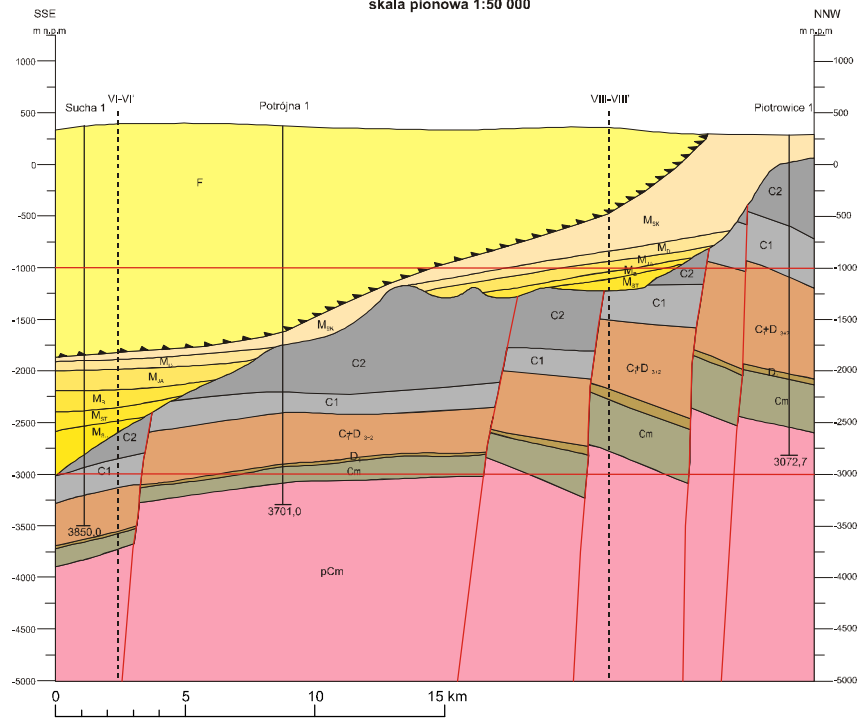
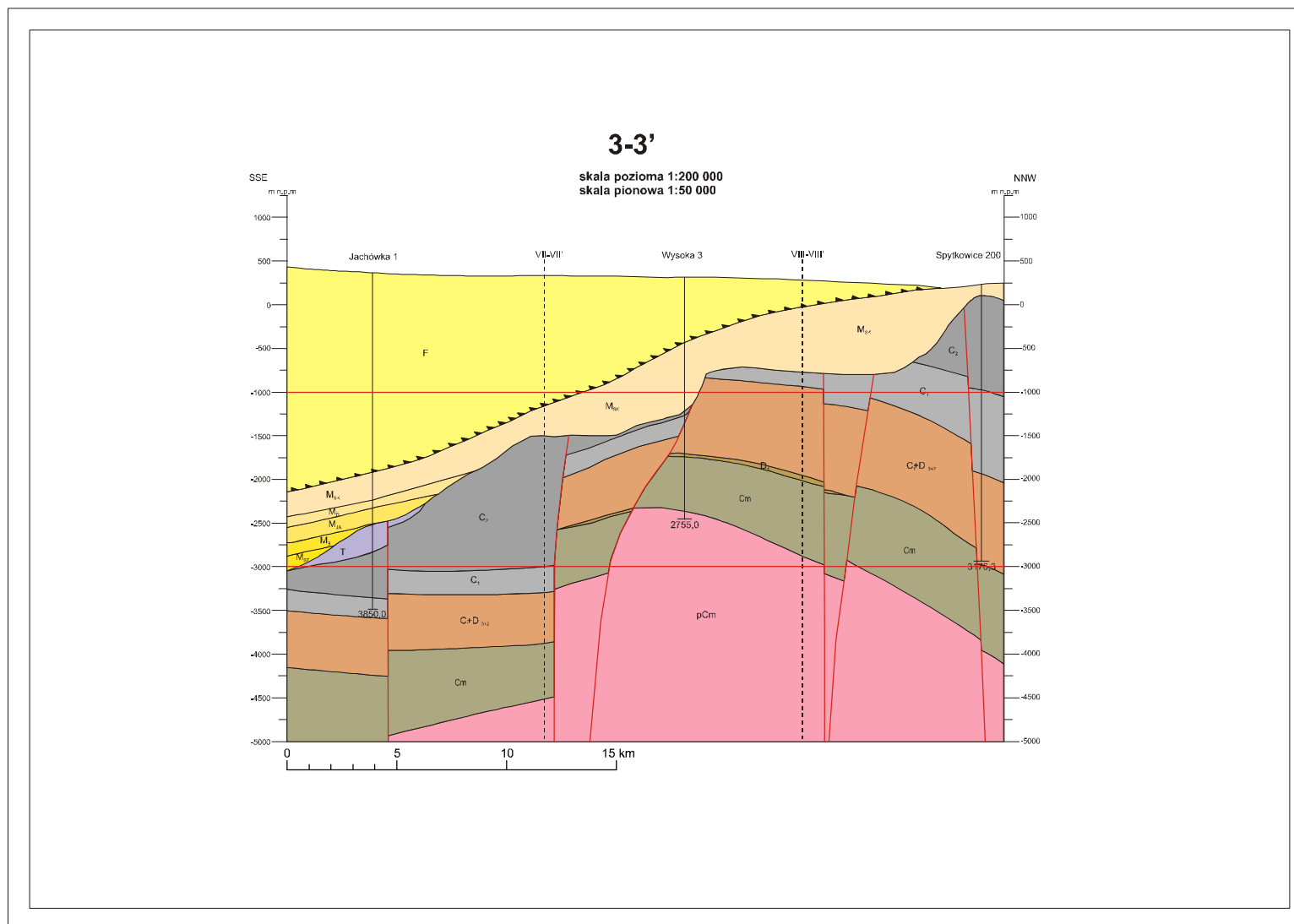
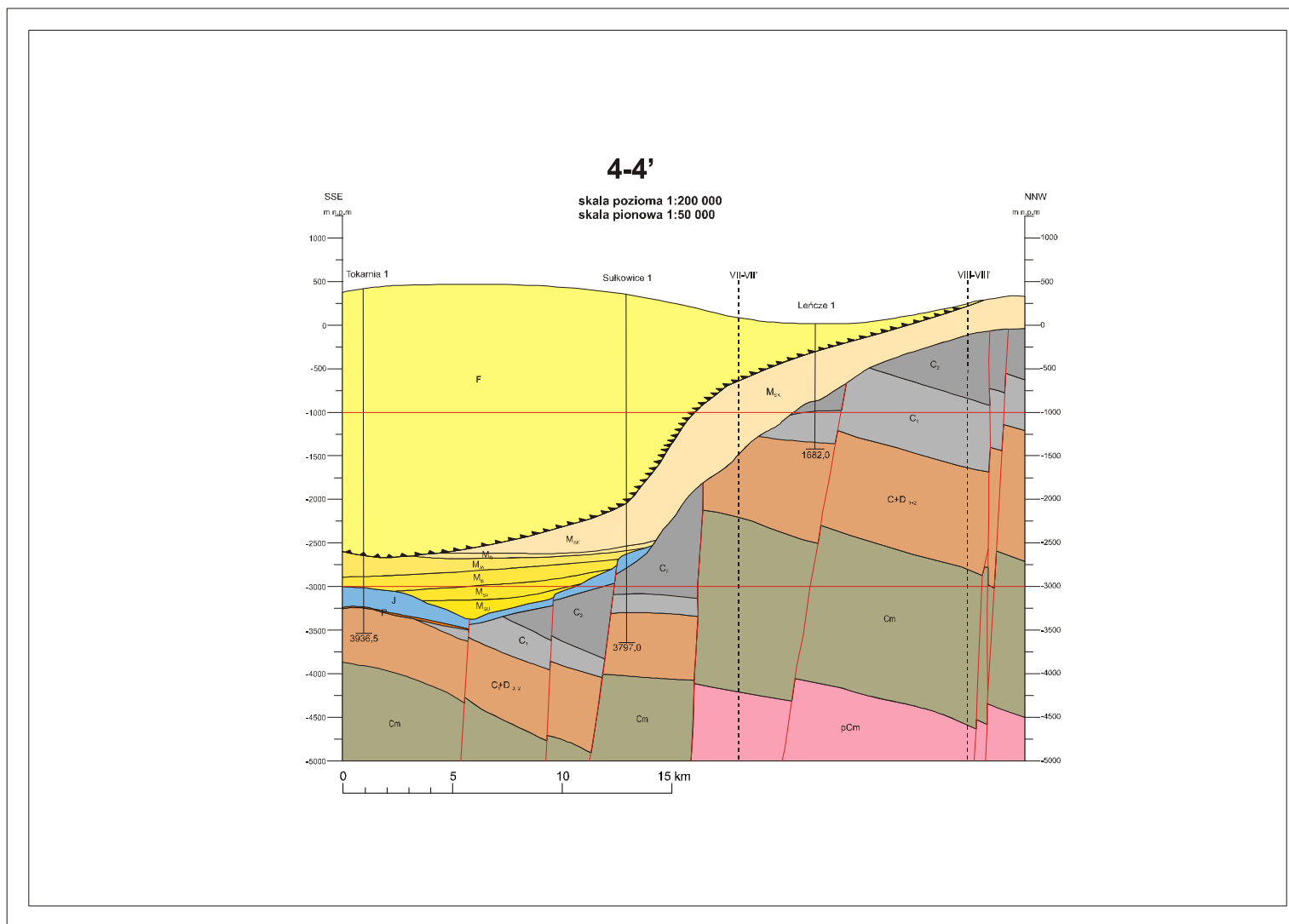


Fig. 1.1.1\_25 Przekrój geologiczny 2-2' (Sucha-Piotrowice)

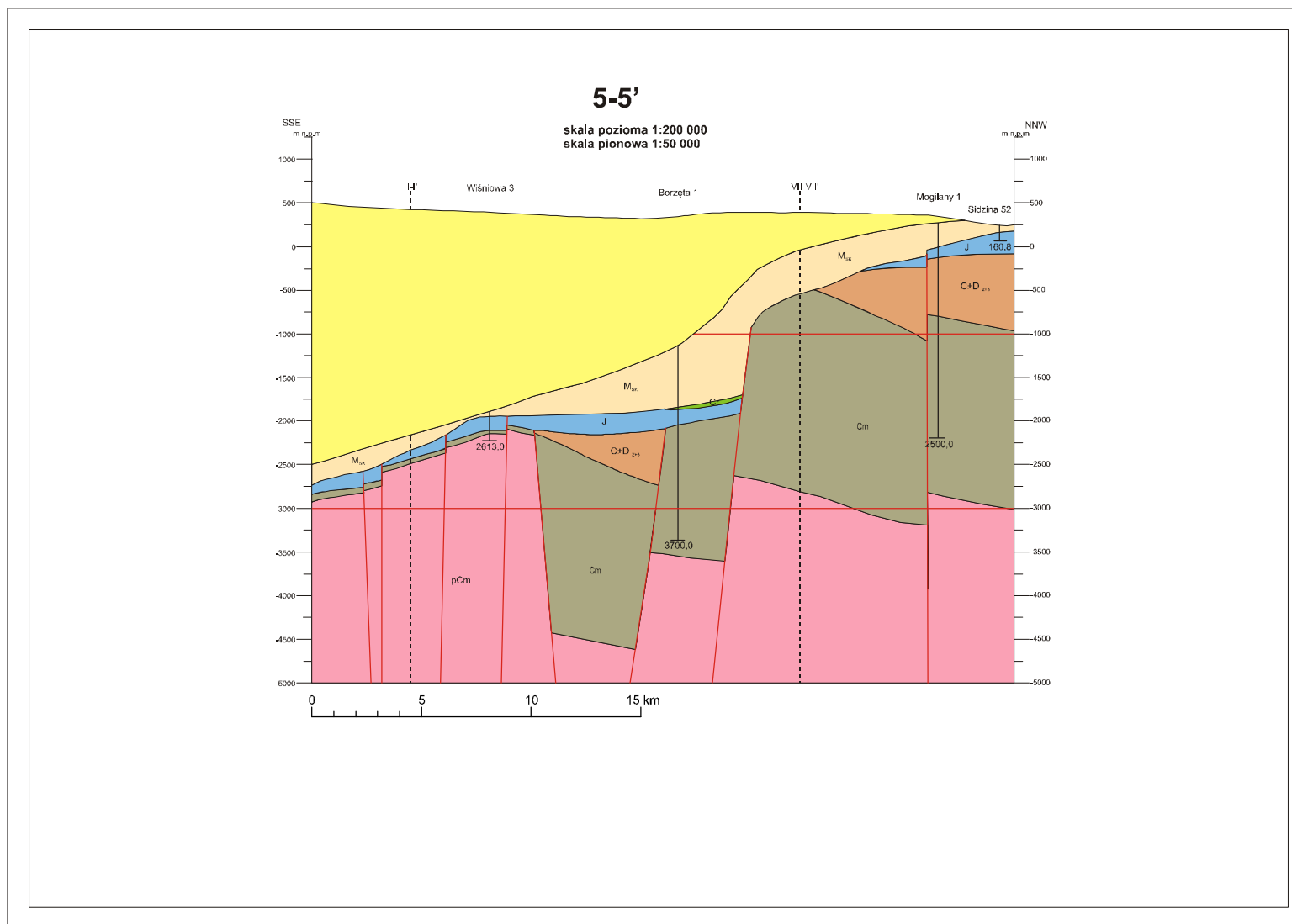




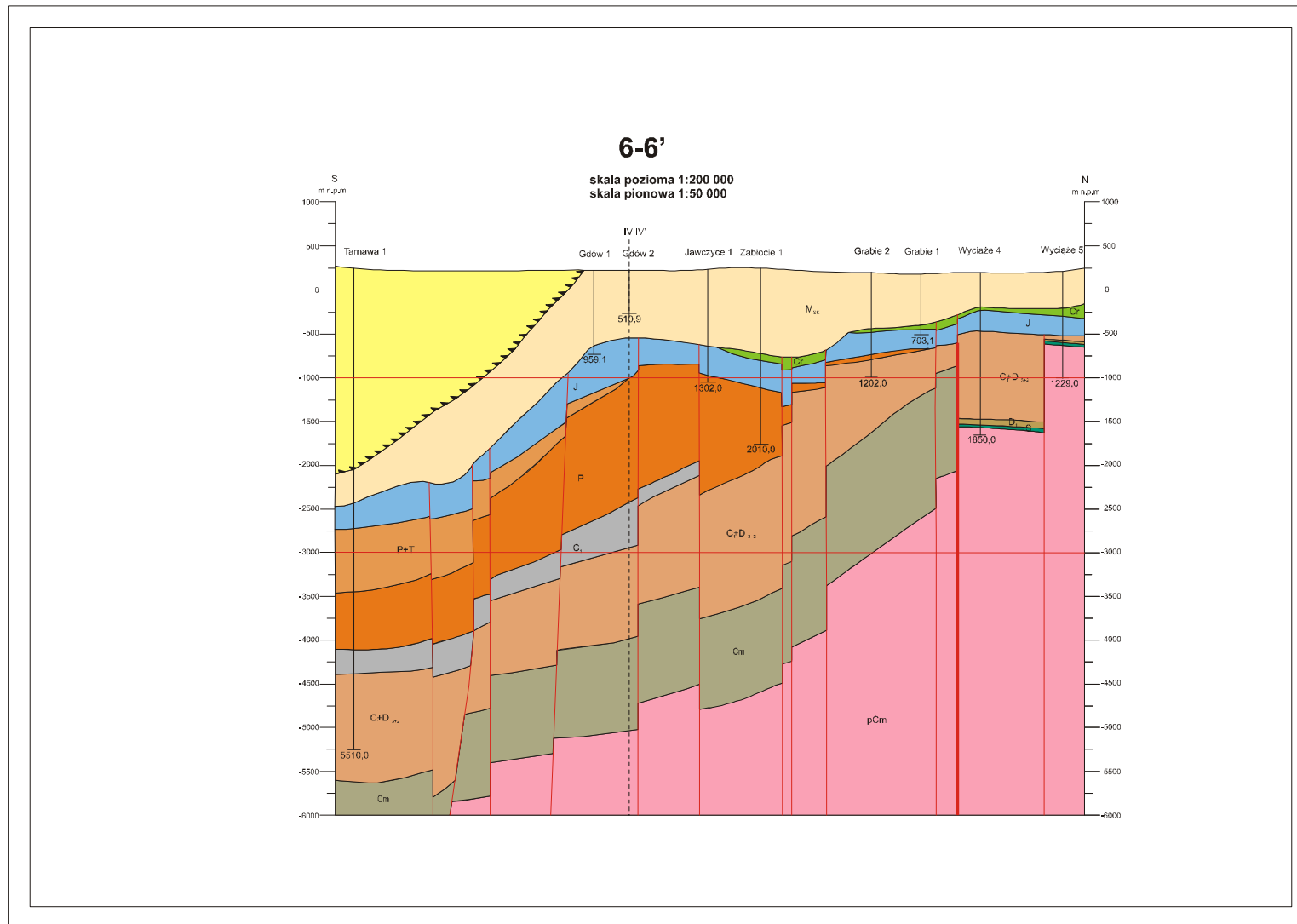
**Fig. 1.1.1\_26** Przekrój geologiczny 3-3' (Jachówka-Spytkowice)



**Fig. 1.1.1\_27** Przekrój geologiczny 4-4' (Tokarnia-Leńcze)



**Fig. 1.1.1\_28** Przekrój geologiczny 5-5' (Wiśniowa-Sidzina)



**Fig. 1.1.1\_29** Przekrój geologiczny 6-6' (Tarnawa-Wyciąże)

7 - 7'  
 skala pozioma 1:200 000  
 skala pionowa 1:50 000

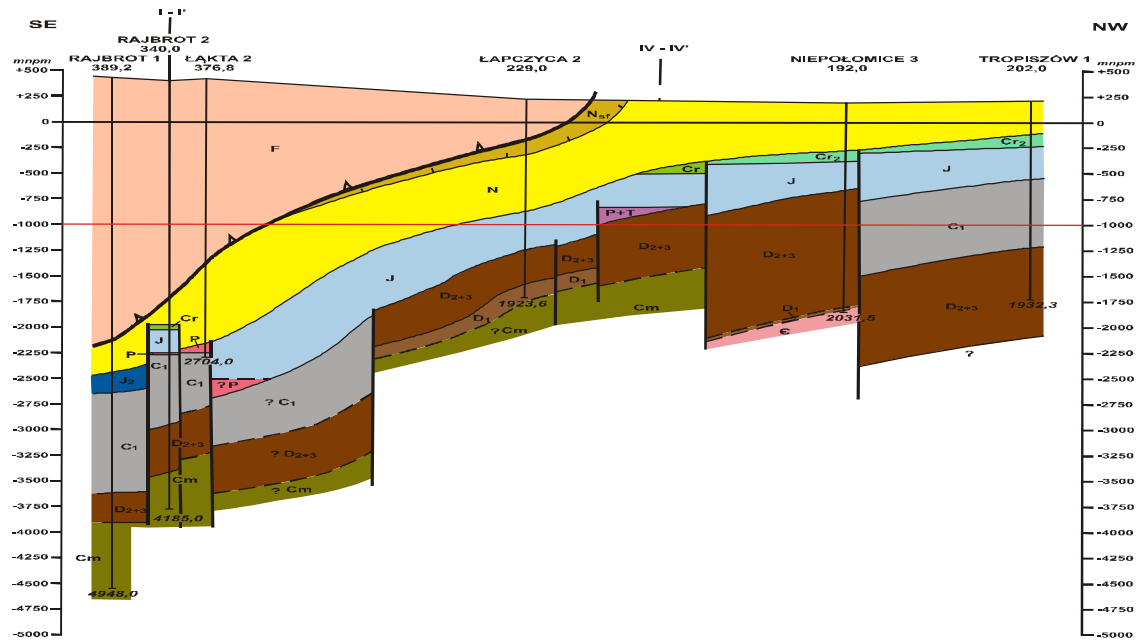


Fig. 1.1.1\_30 Przekrój geologiczny 7-7' (Rajbrot-Ropiszów)

8 - 8'

skala pozioma 1:200 000  
skala pionowa 1:50 000

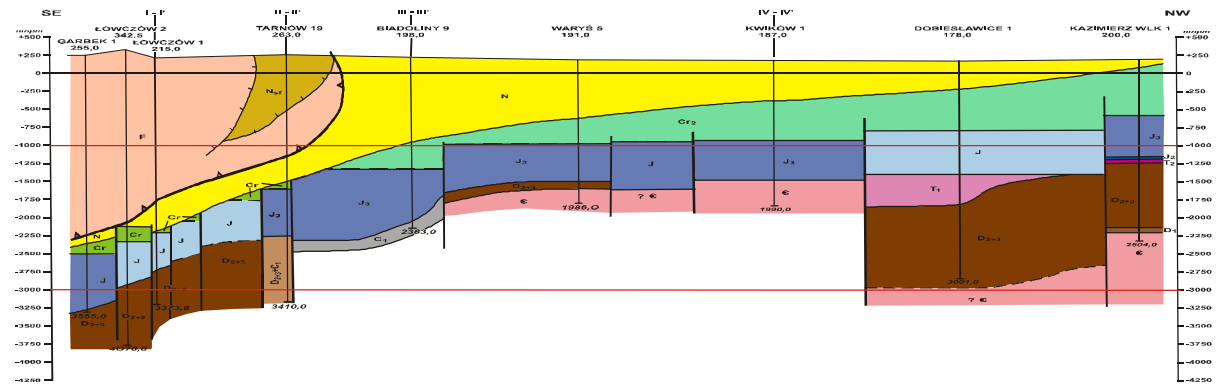


Fig. 1.1.1\_31 Przekrój geologiczny 8-8' (Garbek-Kazimierza Wielka)

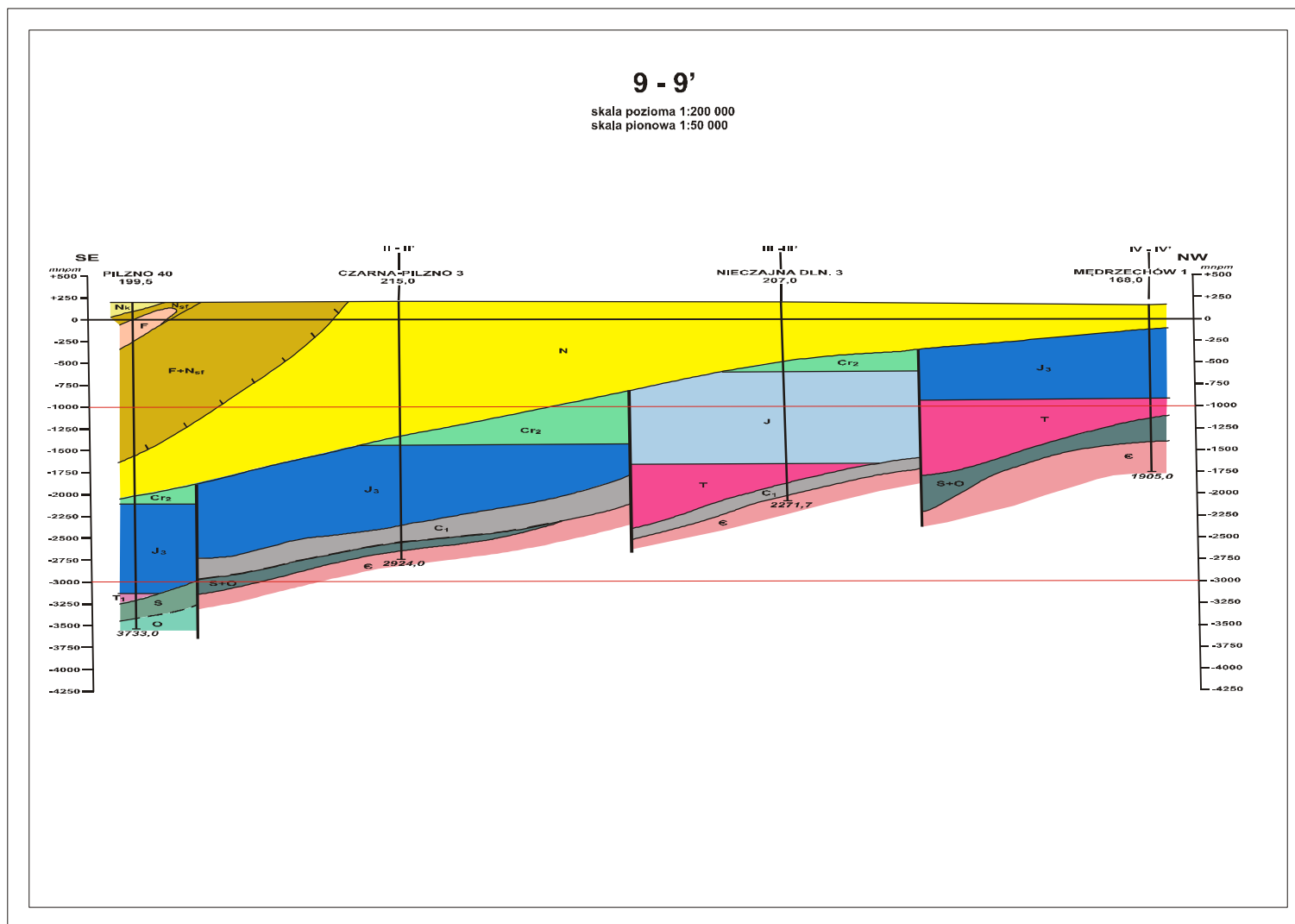


Fig. 1.1.1\_32 Przekrój geologiczny 9-9' (Pilzno-Mędrzechów)

# 10 - 10'

skala pozioma 1:200 000  
skala pionowa 1:50 000

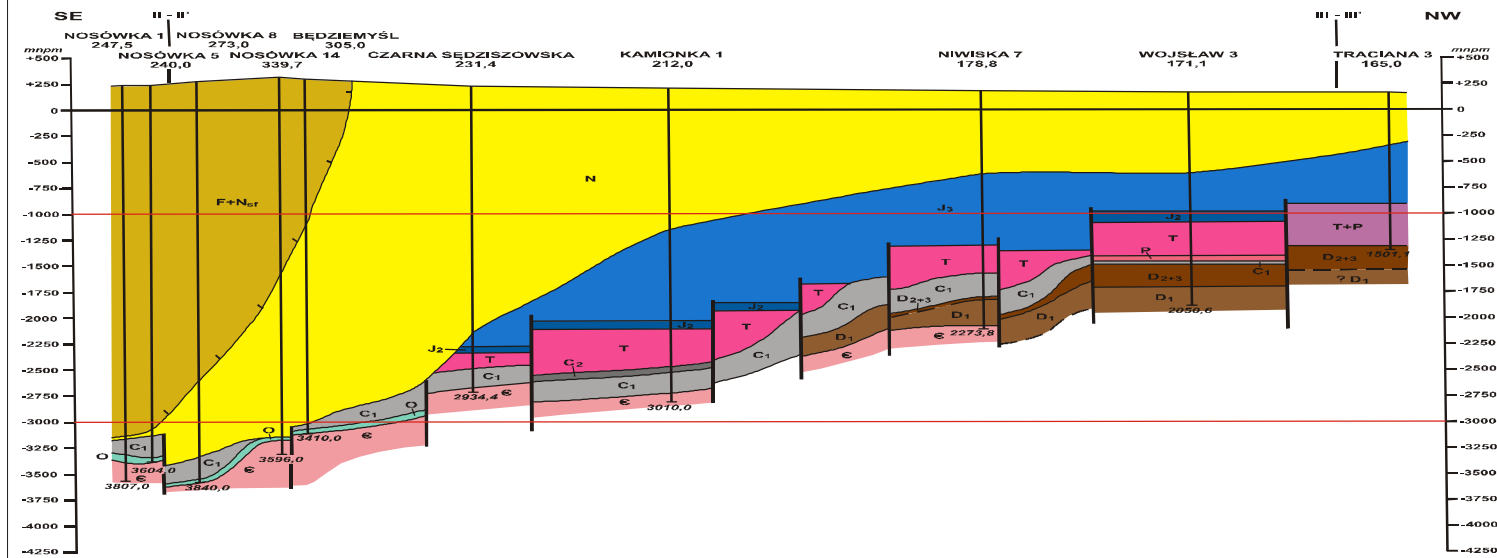


Fig. 1.1.1\_33 Przekrój geologiczny 10-10' (Nosówka-Trzciana)



## OBJAŚNIENIA BARW I SYMBOLI DO PRZEKROJÓW GEOLOGICZNYCH



























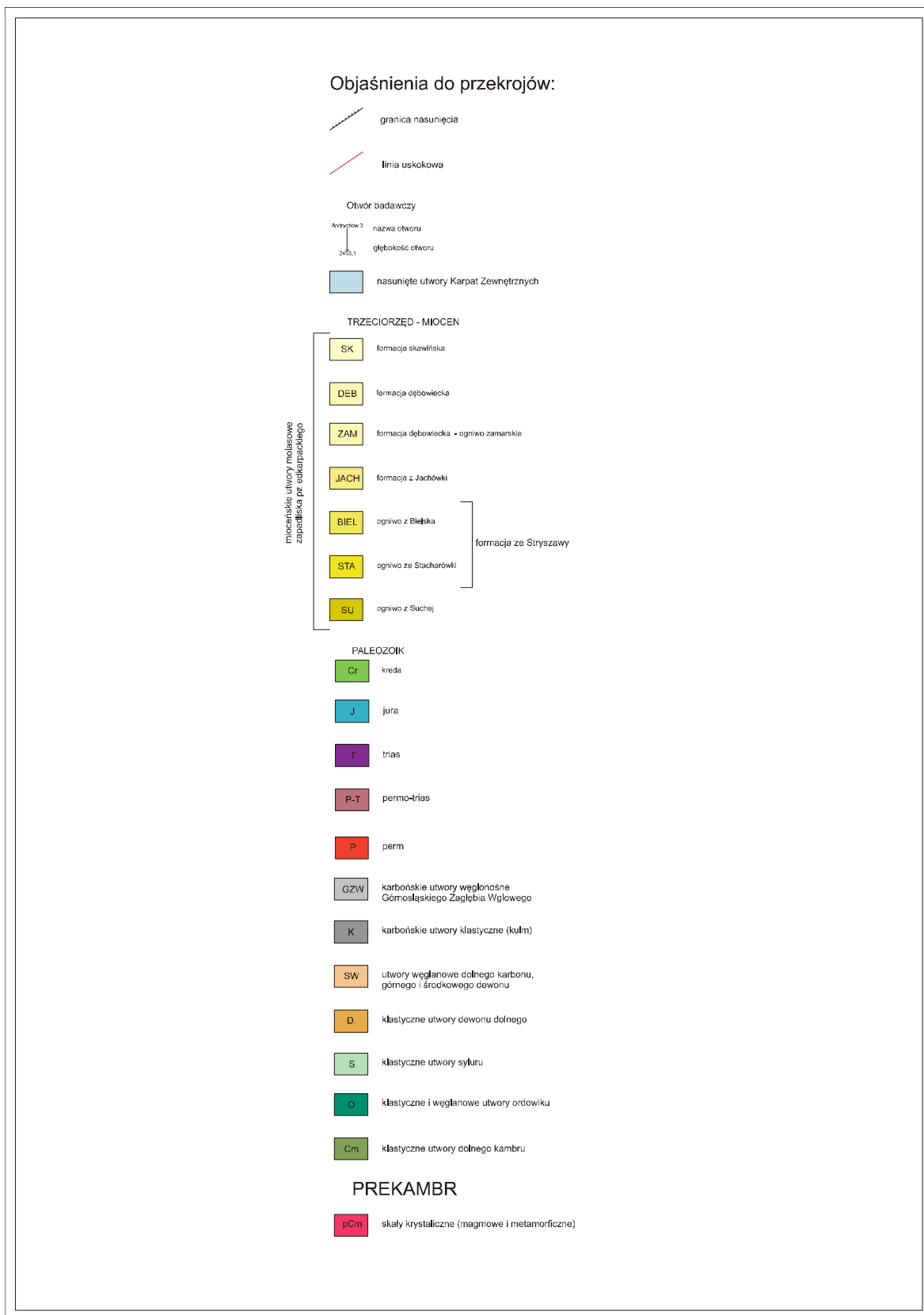
|   |                             |  |   |                                  |  |
|---|-----------------------------|--|---|----------------------------------|--|
|    | Nk                          | Utwory neogenu na Karpatach fliszowych                                     |    | T <sub>2</sub>                   | Utwory triasu środkowego   |
|    | N                           | Utwory neogenu zapadliska przedkarpackiego                                 |    | T <sub>1</sub>                   | Utwory triasu dolnego  |
|    | N <sub>sf</sub>             | Sfałdowane utwory neogenu  |    | P+T                              | Utwory permu i triasu nierozdzielone                               |
|    | F+N <sub>sf</sub>           | Sfałdowane utwory neogenu i fliszu karpackiego                             |    | P                                | Utwory permu nierozdzielone  |
|    | F                           | Utwory fliszu karpackiego  |    | C <sub>1+2</sub>                 | Utwory karbonu nierozdzielone                                      |
|    | Cr                          | Utwory kredy nierozdzielone  |    | C <sub>2</sub>                   | Utwory karbonu górnego   |
|    | Cr <sub>c</sub>             | Utwory kredy górnej (cenoman)  |    | C <sub>1</sub>                   | Utwory karbonu dolnego   |
|    | Cr <sub>2</sub>             | Utwory kredy górnej  |    | D <sub>2+3</sub> +C <sub>1</sub> | Utwory dewonu środkowego i górnego + karbon dolny-utwory węglanowe |
|    | Cr <sub>1</sub>             | Utwory kredy dolnej  |    | D <sub>3</sub>                   | Utwory dewonu górnego  |
|   | J                           | Utwory jury nierozdzielone   |   | D <sub>2+3</sub>                 | Utwory dewonu środkowego i górnego nierozdzielone                  |
|  | J <sub>3</sub>              | Utwory jury górnej   |  | D <sub>1</sub>                   | Utwory dewonu dolnego  |
|  | J <sub>2</sub>              | Utwory jury środkowej  |  | S+O                              | Utwory syluru i ordowiku nierozdzielone                            |
|  | T                           | Utwory triasu nierozdzielone   |  | S                                | Utwory syluru  |
|  | O                           | Utwory ordowiku  |  | C <sub>m</sub>                   | Utwory kambru  |
|  | ε                           | Utwory neoproterozoiku   |   |                                  |  |
|  |                             | Nasunięcie Karpata fliszowych  |  |                                  | Strefy złuskowaceń   |
|  |                             | Granice wydzielen<br>a - pewne<br>b - przypuszczalne                       |  |                                  | uskoki   |
|  | RADŁÓW 1<br>155,0<br>3008,0 | Nazwa otworu<br>rzędna terenu w m.n.p., p.m.<br>głębokość otworu w metrach |  | III-III<br>5-5'                  | Miejsce skrzyżowania przekrojów geologicznych                      |

Fig. 1.1.1\_34 Objasnienia barw i symboli do przekrojow geologicznych (VI-VI', VII-VII', VIII-VIII', IX-IX', 7-7', 8-8', 9-9', 10-10')



**Fig. 1.1.1\_35** Objasnienia barw i symboli do przekrojów geologicznych (I-I', II-II', III-III', IV-IV', V-V', 1-1', 2-2', 3-3', 4-4', 5-5', 6-6')

## **PODREGION IVB**

### **Charakterystyka formacji i struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub>**

**(Leszek Jankowski, Robert Kopciowski, Małgorzata Jugowiec – Nazarkiewicz)**

Zgodnie z założeniami projektu, punkt 1.1.1. „Charakterystyka formacji i struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub>” dla rejonu Karpat Zewnętrznych i Zapadliska Przedkarpackiego (obszar na E od Rzeszowa) analizie poddano obszar Karpat Zewnętrznych wraz z ich przedpołem pomiędzy granicą państwa, w rejonie Przemyśla a południkiem Rzeszowa.

W pierwszym etapie prac, którego wyniki są prezentowane w niniejszym raporcie, zostały przeanalizowane możliwości składowania CO<sub>2</sub> w tym rejonie. Prace obejmowały szczegółową analizę budowy geologicznej, wybór ewentualnych potencjalnych poziomów solankowych, ich weryfikację oraz wybór i określenie parametrów potencjalnych zbiorników dla obszaru Karpat Zewnętrznych i Zapadliska Przedkarpackiego (obszar na E od Rzeszowa).

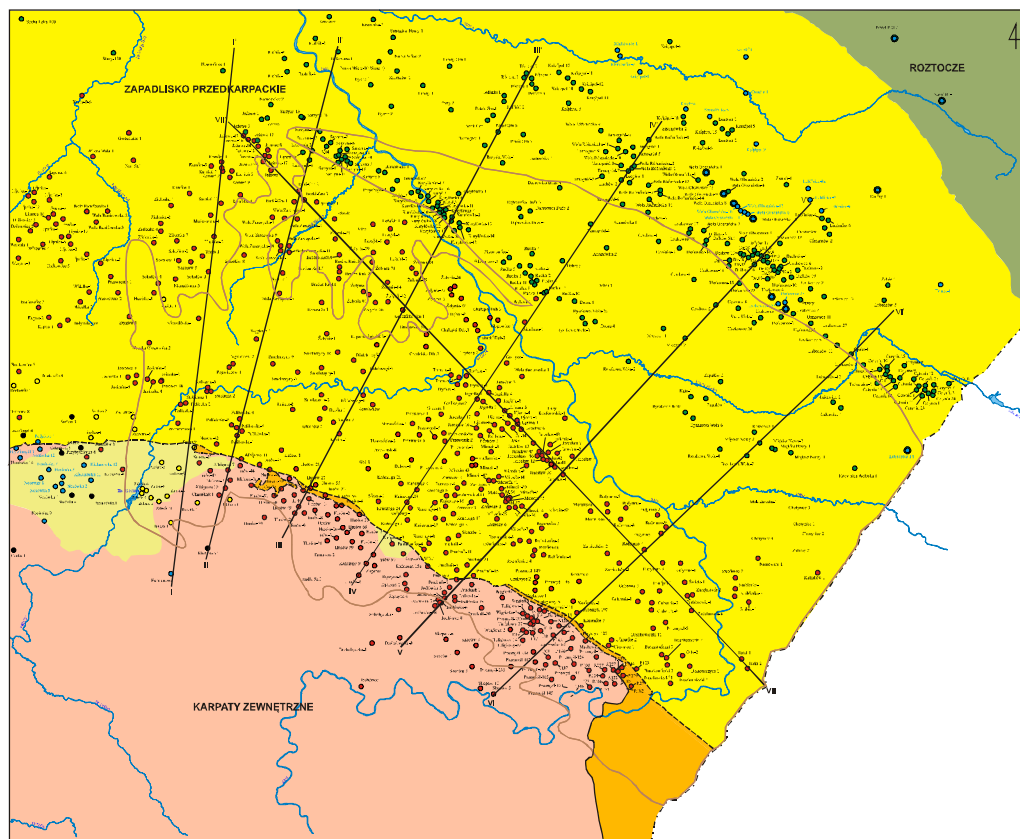
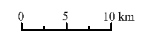
Prace wykonane skupiały się głównie na charakterystyce budowy geologicznej Karpat Zewnętrznych i Zapadliska Przedkarpackiego, określeniu ich potencjalnych możliwości tworzenia warunków do składowania jak również zagrożenia wynikające z uwarunkowań budowy geologicznej.

Do analizy budowy geologicznej obszaru wykorzystano wyniki 234 wierceń (**Fig. 1.1.1\_36**). Wykonano 7 przekrojów podłużnych oraz przekrój poprzeczny (**Fig. 1.1.1\_37**).

Analizą objęto utwory starsze od kenozoiku i utwory mioceńskiego przedpola Karpat.

OBSZAR PODLEGAJĄCY OCENIE POD KATEM SKŁADOWANIA CO<sub>2</sub>

SKALA 1 : 200 000



OBJASNIENIA

- Otwory skalkowane w utworach karkonowca
- Otwory silikozonowe w utworach dewonu
- Otwory na osłabkach w profilach bez naruszenia dolnego paleozoiku
- Otwory naruszone osłabki i dolny paleozoik
- Otwory przewiercone osłabki i dolny paleozoik i wchodzące w próżnię
- Otwory naruszone kambi
- Otwory naruszone kambi i podłoża pakiety karkonowca
- Otwory przewiercone osłabki i dolny paleozoik i wchodzące w utworzy kambi
- Granica państwa
- Włocławski region Karpatów Białych
- Włocławski region przedkarpaccy
- Karpaty Zewnętrzne
- Roztocze
- Jednostka stębnicka
- Nasunięcie
- ~ Obszar ograniczony przez kryterium głębokości zagrożenia studzi

Fig. 1.1.1\_36 Obszar badań - rejon IVB, wraz lokalizacją profili regionalnych

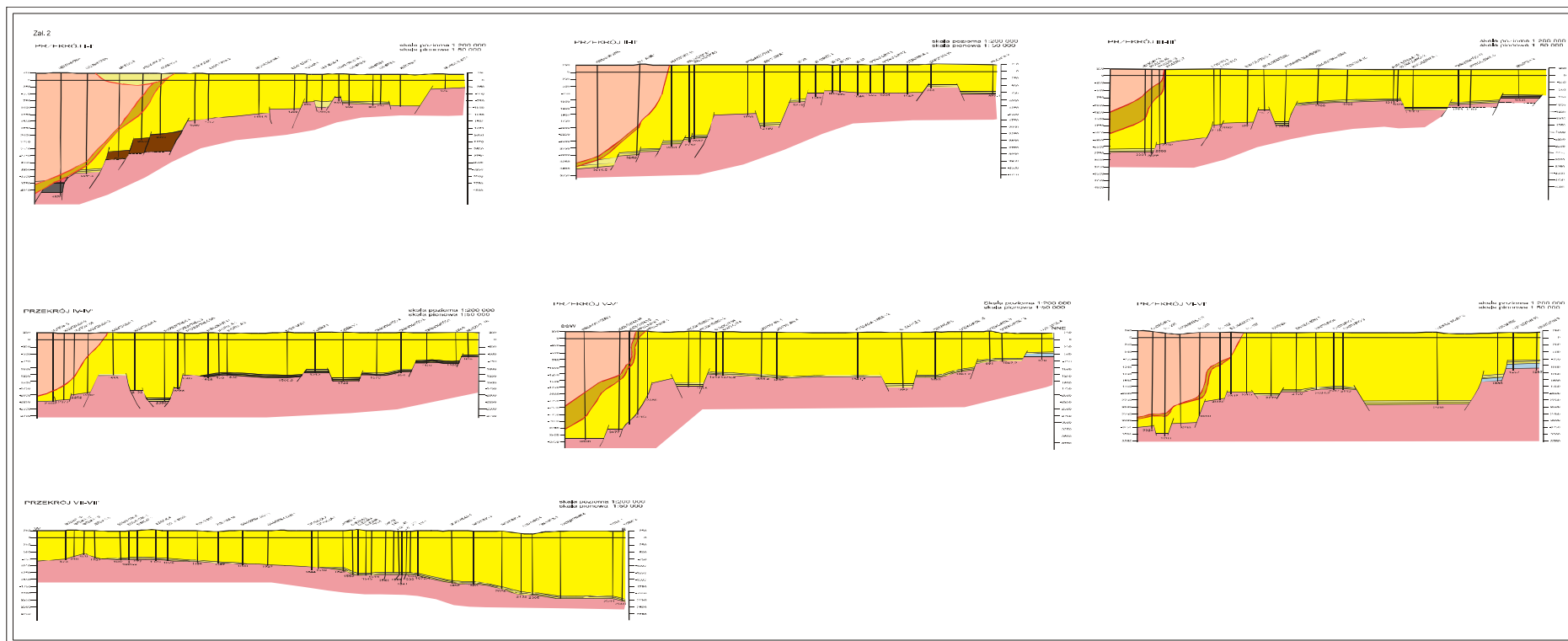


Fig. 1.1.1\_37Przekroje geologiczne na profilach regionalnych w rejonie IVA

## OBJAŚNIENIA BARW I SYMBOLI DO PRZEKROJÓW GEOLOGICZNYCH







|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
|  <b>N<sub>k</sub></b>    | Utwoy neogenu na Karpatach fliszowych                                  |  <b>T<sub>2</sub></b>     | Utwoy triasu środkowego   |
|  <b>N</b>                | Utwoy neogenu zapadliska przedkarpackiego                              |  <b>T<sub>1</sub></b>     | Utwoy triasu dolnego  |
|  <b>N<sub>sf</sub></b>   | Sfaldowane utwoy neogenu   |  <b>P+T</b>               | Utwoy permu i triasu nierozdzielone                                 |
|  <b>F+N<sub>sf</sub></b> | Sfaldowane utwoy neogenu i fliszu karpackiego                          |  <b>P</b>                 | Utwoy permu nierozdzielone  |
|  <b>F</b>                | Utwoy fliszu karpackiego   |  <b>C<sub>1+2</sub></b>   | Utwoy karbonu nierozdzielone  |
|  <b>Cr</b>               | Utwoy kredy nierozdzielone   |  <b>C<sub>2</sub></b>     | Utwoy karbonu górnego   |
|  <b>Cr<sub>c</sub></b>   | Utwoy kredy górnej (cenoman)   |  <b>C<sub>1</sub></b>     | Utwoy karbonu dolnego   |
|  <b>Cr<sub>2</sub></b>   | Utwoy kredy górnej   |  <b>D<sub>2+3+4</sub></b> | Utwoy dewonu środkowego i górnego<br>→ karbon dolny-utwoy węglanowe |
|  <b>Cr<sub>1</sub></b>   | Utwoy kredy dolnej   |  <b>D<sub>3</sub></b>     | Utwoy dewonu górnego  |
|  <b>J</b>                | Utwoy jury nierozdzielone  |  <b>D<sub>2+3</sub></b>   | Utwoy dewonu środkowego i górnego nierozdzielone                    |
|  <b>J<sub>3</sub></b>  | Utwoy jury górnej  |  <b>D<sub>1</sub></b>   | Utwoy dewonu dolnego  |
|  <b>J<sub>2</sub></b>  | Utwoy jury środkowej   |  <b>S+O</b>             | Utwoy syluru i ordowiku nierozdzielone                              |
|  <b>T</b>              | Utwoy triasu nierozdzielone  |  <b>S</b>               | Utwoy syluru  |
|  <b>O</b>              | Utwoy ordowiku   |  <b>C<sub>m</sub></b>   | Utwoy kambru  |
|  <b>ε</b>              | Prekambr i kambr nierozdzielone  |  |   |
|                        | Nasunięcie Karpat fliszowych   |                         | Strefy złuskowaceń  |
|                        | Granice wydzielań<br>a - pewne<br>b - przypuszczalne                   |                         | uskoki  |
|                        | RADŁÓW 1<br>1963<br>3006,0   |                         | Miejsce skrzyzowania przekrojów geologicznych                       |
|   | Nazwa otworu<br>rzedna terenu w m.n. p.m<br>głębokość otworu w metrach |  |   |

Fig. 1.1.1\_38 Objasnienia do przekrojów geologicznych

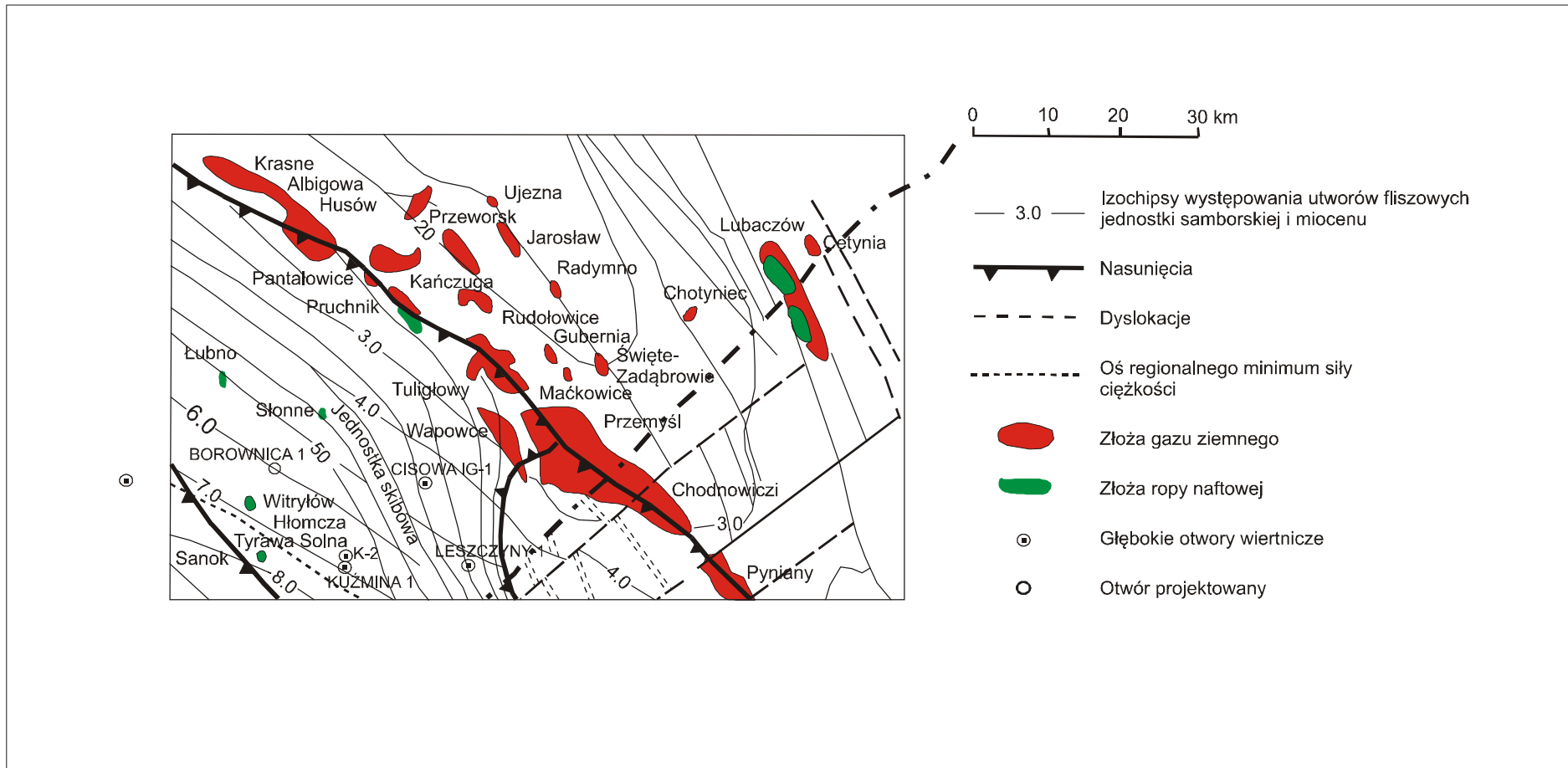


Fig. 1.1.1\_39 Obszar badań - rejon IVB, wraz lokalizacją złóż węglowodorów

## **OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA BUDOWY GEOLOGICZNEJ**

Administracyjnie fragment Karpat Zewnętrznych i Zapadliska Przedkarpackiego (obszar na E od Rzeszowa) położony jest w obrębie województwa podkarpackiego (Fig. 1.1.1\_36). Obszar podlegający ocenie rozciąga się między granicą państwa w rejonie Przemyśla a Rzeszowem.

Zagospodarowanie przestrzenne powierzchni terenu jest zróżnicowane. Mniejszość powierzchni terenu to obszary zurbanizowane. Większe miasta znajdują się wzdłuż historycznego szlaku przedkarpackiego (obecnie trasa Rzeszów – Przemyśl). Zabudową zwartą charakteryzuje się głównie część biegnąca wzdłuż drogi krajowej Rzeszów - Przemyśl. Obszary leśne skupiają się głównie w północnej i południowej części opisywanego obszaru.

W pewnej części są to obszary chronione, wpisane do rejestru Natura 2000. Usytuowane są głównie w południowej części obszaru oraz na jego krańcach północnych.

Analizowany obszar obejmuje rejon nasunięcia górotworu Karpat zewnętrznych na osady mioceńskiego przedpola aż po granicę Roztocza, rejonu genetycznie związanego z obszarem przedpola Karpat. Rejon samego nasunięcia Karpat i ich przedpola jest stosunkowo dobrze rozpoznany wiertniczo, niestety pod czwartorzędowe utwory są słabo odsłonięte, co utrudnia szereg podstawowych badań geologicznych, zarówno w zakresie sedymentacji jak i tektoniki obszaru. Większość danych uzyskano z wierceń, których jakość opisu w znacznym stopniu zależy od okresu wiercenia. Istotnym czynnikiem jest brak możliwości zweryfikowania danych – stan zachowania rdzeni jest zaledwie szczątkowy i obecnie nie można potwierdzić szeregu wyników badań, zarówno odnoszących się do parametrów skał jak nawet stratygrafii.

Jak wspomniano rejon obejmuje strefę krawędziową nasunięcia Karpat. Obejmuje tzw. orograficzny, łatwo wyróżniany w morfologii terenu brzeg Karpat, znaczony pojawianiem się facji charakterystycznych dla profili karpaccich (np. facja menilitowa czy też warstwy inoceramowe).

W rejonie ocenianym przebieg orograficznego brzegu Karpat charakteryzuje się tzw. sigmoidą przemyską - gwałtownym skrętem (w kształcie odwróconej litery s) przebiegu jednostki skolskiej i poszerzeniem wychodni jednostki stebnickiej – zdeformowanego elementu składającego się z facji zaliczanych do miocenu przedpola.

Zarówno element Karpat jak i jednostki stebnickiej nasunięte są na prawie niezdeformowane utwory basenu Karpat wypełnione już badeńskimi i sarmackimi facjami. Ku północnemu wschodowi stopień deformacji utworów mioceńskich, na które nasunięty jest zarówno element zaliczany do Karpat zewnętrznych jak i tzw. miocenu sfałdowanego spada.

Przekroje odnoszące się do omawianego regionu, oparte zarówno na danych otworowych (karty otworowe – arch. PIG OK) jak też na danych sejsmicznych (Krzywiec, 1999, 2001, Krzywiec i inni, 2005; Maksym i inni, 1997) ukazują blokową budowę stosunkowo słabo zdeformowanego, w wyniku kompresji, fragmentu przedpola Karpat. Na ocenianym obszarze zrębowa tektonika w obrębie mioceńskiego kompleksu skalnego położonego na zerodowanym podłożu widoczna jest w szeregu horstów i rowów o przebiegu NW - SE.



Wstępna analiza obszaru opiera się na analizie modelu przestrzennego w oparciu o przekroje, oparte na wykonanych w obszarze nasunięcia i przedpola.

Historia tektoniczna i rozwoju basenu przedpola wskazuje na szereg etapów rozwoju basenu i rozwoju tektonicznego. Proces utworzenia basenu przedpola poprzedził etap denudacji przedpola i erozji znacznej części osłony kambryjskiego/prekambryjskiego podłoża. W okolicach Przemyśla i Rzeszowa znaczny obszar podłoża podmiocenskego stanowi masyw Sanu czyli zerodowane utwory kambru prekambru. Jedynie we fragmentach i w obszarze Roztocza pojawiają się znowu utwory paleozoicznej, mezozoicznej i nawet paleogeńskiej pokrywy.

Na większości obszaru transgredujące utwory badenu pokrywają cienką pokrywą głównie utwory kambryjskiego podłoża - szeroko rozprzestrzeniony choć z licznymi lukami (wyspami) poziom ewaporatowy wraz transgresyjnymi warstwami baranowskimi stanowi pokrywę masywu wraz z jego młodszą osłoną. Ocenie poddano region między Rzeszowem a Przemyślem.

### **Rozpoznanie geologiczne i górnicze**

Na terenie Karpat Zewnętrznych i Zapadliska Przedkarpackiego (obszar na E od Rzeszowa) wykonano kilkaset wierceń, większość to otwory złożowe wykonane dla eksploatacji – otwory sięgające podmiocenskego podłoża zestawiono na **Fig. 1.1.1\_36**.

Wschodnia część zapadliska przedkarpackiego ciągle jest obiektem intensywnych badań geologicznych i geofizycznych ze względu na występowanie w obrębie utworów miocenskich licznych, ciągle eksploatowanych złóż gazu (Karnkowski, 1994; Myśliwiec, 2004; Myśliwiec i in., 2004). Najbardziej rozpoznane są rejony między złożami i w strefie przygranicznej.

Obecnie eksploatacji podlegają złoża gazu rozpoznane wzdłuż nasunięcia karpackiego i na obszarze miocenskego przedgórz (Fig. 1.1.1\_39).

### **Stratygrafia i litologia - Karpat Zewnętrznych i Zapadliska Przedkarpackiego (obszar na E od Rzeszowa)**

**Podłoże utworów** Karpat Zewnętrznych i Zapadliska Przedkarpackiego ( obszar na E od Rzeszowa).

#### ***Podłoże skonsolidowane***

W podłożu Karpat fliszowych i zapadliska przedkarpackiego pod pokrywą platformowych utworów mezo - paleozoicznych (Oszczypko i in., 1989) zalega seria utworów krystalicznych i metamorficznych wieku prekambryjskiego/kambryjskiego, opisywana często w literaturze pod nazwą podłoże krystaliczne lub podłoże skonsolidowane. Podłoże krystaliczne Karpat polskich rozpoznane zostało wierceniami. Otwory te nawierciły zwykle utwory o charakterze fyllitów, o różnym stopniu metamorfizacji, często silnie sfałdowane oraz w pojedynczych przypadkach skały krystaliczne. Informacja na temat utworów budujących krystaliczne podłoże Karpat jest z natury rzeczy punktowa i niepełna. Głębokie wiercenia przebijające Karpaty sięgają do stropu masywu Sanu jeszcze kilkadziesiąt kilometrów od frontu nasunięcia.

Na opisanym obszarze są to utwory prekambru i kambru zbudowane są ze skał krystalicznych oraz kompleksu słabo zmetamorfizowanych skał pelitowych i psamitowych. Miąższość w tym rejonie trudna do ustalenia gdyż wiercenia dochodzą tylko do części stropowych tego kompleksu. Odslonięcia terenowe tego kompleksu zwanego niekiedy masywem Sanu występują jedynie w obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich.

### **Dewon**

Utwory te znane są na opracowanym obszarze z wierceń Wilkowyja 1, Krasne1 Zalesie 11, w których stwierdzono strop dewonu nie przewiercając kompleksu. Są to utwory węglanowe dewonu środkowego i górnego. W profilu węglanowego kompleksu dewońsko wyróżniane są dwie części tzw. serie - dolomityczną i wapienną (Kotas 1982). Seria dolomityczna, leżąca w spągu tego kompleksu zbudowana jest z ciemnoszarych i czarnych dolomitów z rzadka występującymi, cienkimi wkładkami margli i mułowców, przeważnie przepojonych anhydrytem. Wyżej leżąca seria wapienna utworzona jest z wapieni organodetrytycznych i organogenicznych, miejscami pelitycznych i pseudoolitowych.

### **Jura**

Utwory jury w podłożu zapadliska przedkarpackiego i Karpat są znane z dwóch obszarów. Pierwszy obejmuje część Przedgórze Karpat pomiędzy Wadowicami i Rzeszowem, drugi to rejon Lubaczowa (Poprawa i Nemcok, 1989, Karnkowski, Głowacki, 1961; Obuchowicz, 1963; J. Stemulak, Jawor, 1963; Karnkowski, Ołtuszyk, 1968; Moryc, 1961, 1965, 1987, 1992, 1996; Jawor, 1970; Morycowa, Moryc, 1976; Garlicka 1986, Gutowski i inni, 2005). Osady jurajskie, reprezentowane na Przedgórzu Karpat przez dogger i malm, leżą niezgodnie na utworach triasu lub na różnych ogniwach paleozoiku.

Na opracowywanym obszarze w rejonie Lubaczowa do keloweju zalicza się drobnoziarniste piaskowce z oolitami żelazistymi i leżące wyżej szaro-beżowe wapienie gruzłowe bez fauny (Moryc, 1961). Grubość keloweju w tym rejonie ocenia się na 6 do 14 metrów. Profil utworów doggeru na obszarze Pilzno-Sędziszów Małopolski reprezentowany jest przez osady od bajosu? do keloweju (Moryc, 1996). W dolnej części występują piaskowce, iłowce i mułowce bajosu? - kujawu dolnego. Wyżej, w kujawie środkowym, leżą dwa poziomy, ilasty i piaskowcowy. W najwyższej części profilu jury środkowej wyróżnia się poziom ilasty kujawu górnego oraz osady ilaste, mułowcowe, piaskowcowe batonu i keloweju. Maksymalne miąższości osadów środkowej jury wynoszą w rejonie Rzeszowa ponad 300 m, a w rejonie Lubaczowa 464 m (Moryc, 1987, 1992, 1996).

Utwory jury górnej na Przedgórzu Karpat tworzą ciągłą pokrywę osadową od Wadowic do Rzeszowa, a także występują w rejonie Lubaczowa-Cieszanowa-Księżpola. Są one wykształcone w facji węglanowej a ich miąższość przekracza 1150 m (Golonka, 1978; Morycowa, Moryc, 1976; Garlicka, 1986). W profilu osadów górnourajskich wyróżnia się serie: wapieni gąbkowych, marglisto-wapienną, koralowo-glonową, dolomityczno-wapienną ( Garlicka, 1986), odpowiadające wydzielanym wcześniej „formacjom” (Morycowa, Moryc, 1976; Golonka, 1978).

W skład serii wapieni gąbkowych wchodzi kilka odmian lito- i mikrofacjalnych wapieni: bulaste, margliste, organogeniczne, skaliste i ziarnowe. Wapienie bulaste, leżące na granicy jury środkowej i górnej, występują głównie w zachodniej części zapadliska przedkarpackiego i w rejonie Lubaczowa. Są to szaro-zielone wapienie gruzłowo-zlepieńcowate o spoiwie ilasto-marglistym. Wapienie margliste to wapienie pelityczne ze smugami i przeławiczeniami margli. Wapienie zawierają organizmy planktoniczne wskazujące na oksford

(Garlicka, Tarkowski, 1980). Odmianę wapieni skalistych tworzą głównie wapień nieuławiczone lub gruboławicowe z licznymi szczątkami organicznymi i krzemieniami. Obecne są tu również różnej grubości kompleksy dolomitów drobnokrystalicznych, kawernistych z gniazdami i żyłami gipsów oraz anhydrytów (Głowacki, 1963; Kruczek, 1972). Wapień ziarnowych są reprezentowane przez wapień onkoidowo-grudkowe mikrytowych, wśród których spotyka się warstewki ciemnych spikulitów marglistych. Utwory serii wapieni gąbkowych występują na całym obszarze zapadliska przedkarpackiego, lecz rozkład i miąższość poszczególnych typów wapieni charakteryzują się dużym zróżnicowaniem. Warstwa bulasta i wapień margliste stanowią cienki (0,1-20 m) poziom w spągowej części serii wapieni gąbkowych. Wapień skaliste największą miąższość (300 m) osiągają w zachodniej części zapadliska przedkarpackiego. W południowo-zachodniej części zapadliska są one częściowo zastępowane przez wapień koralowe (Leszczyzna 1,4) lub wapień krynoidowe (Iwkowa 1 - Garlicka, 1986). Ogólna miąższość serii wapieni gąbkowych waha się od 21 do 385 m. Jest ona zaliczana do dolnego-środkowego oksfordu i niższych poziomów oksfordu górnego (Różycki, 1953; Jawor, 1970).

Seria marglisto-wapienna zawiera margle i wapień margliste z przewarstwieniami wapieni skalistych, organogenicznych, ziarnowych, zlepieńcowatych i brekcji. Wszystkie typy skał serii przeławicają się bezładnie i powtarzają się w profilu wielokrotnie. Obserwuje się w nim liczne powierzchnie rozmyć i poziomy zlepieńców śródformacyjnych, a miejscami osady są zdolomityzowane. W zachodniej części zapadliska przedkarpackiego przeważają mikrofacje typowe dla wapieni skalistych, natomiast w kierunku wschodnim większy udział mają margle, wapień mikrytowe i grudkowo-onkoidowe (Garlicka, 1986). Wiek serii marglisto-wapiennej określa się, jako niższą część górnego oksfordu -raurak (Tokarski, 1962; Obuchowicz, 1963; Morycowa, Moryc, 1976) lub kimeryd (Jawor, 1970). Miąższość serii wapienno-marglistej wynosi od 20 do 370 m (Garlicka, 1986).

Seria koralowo-glonowa obejmuje różne typy skał, lecz głównie wapień organogeniczne i organodetrytyczne z przewarstwieniami wapieni pelitycznych, oolitowych i oolitowo-onkolitowych. W profilu serii widoczne są liczne powierzchnie rozmyć erozyjnych i dolomityzacja. Wapień organogeniczne to biohermy koralowcowe i glonowe. Wapień organodetrytyczne składają się z okruchów koralu i glonów. Seria koralowcowo-glonowa jest zaliczana do górnego oksfordu -astartu (Karnkowski, Głowacki, 1961; Obuchowicz, 1963; Morycowa, Moryc, 1976) lub do kimerydu (Golanka, 1978). Miąższość serii wynosi od 20 do 370 m (Garlicka, 1986).

Seria dolomityczno-wapienna odznacza się dużym zróżnicowaniem litologicznym i jest reprezentowana przez: muszłowce, wapień margliste, margle i dolomity. Muszłowce tworzą kompleks osadów złożony z margli, wapieni marglistych, wapieni organogenicznych (ostrygowych). Wapień margliste i margle występują w rejonie Niwisk i Trzciany, gdzie zastępują wapień serii koralowcowo-glonowej i muszłowce serii dolomityczno-wapiennej. Dolomity występują niekiedy w formie grubych kompleksów. W rejonie Woli Rzędzińskiej i Ropczyc kompleks dolomitów osiąga 240 m (Garlicka, 1986). Seria dolomityczno-wapienna w otworach Niwiska 7 i Trzciana 3 zawiera mikrofaunę oksfordu (astaru) - kimerydu (Tokarski, 1962), co pozwala muszłowce, dolomity i wapień margliste serii dolomityczno-wapiennej traktować jako odmiany facjalne i osady równowiekowe (I. Garlicka, 1986).

Na przedkredowej powierzchni erozyjnej najstarsze ogniwa jury górnej występują w rejonie Krakowa, a ku wschodowi widoczne są coraz młodsze serie i pełniejsze profile. Najlepiej wykształcone profile jury górnej stwierdzono w otworach Radłów 1 i Niwiska 7, czyli w północno-wschodniej części obszaru jej

występowania. Utwory kredy odsłaniają się dopiero w północnym obrzeżeniu zapadliska jako podłoże miocenu Roztocza (fot. 3)

### **Karpaty Zewnętrzne (*jednostka skolska*)**

Na omawianym obszarze można wyróżnić kilka pięter strukturalnych, przy czym część z nich znana jest jedynie z wierceń. Najstarsze z nich tworzą sfałdowane i zmetamorfizowane prekambryjskie skały ilaste i zlepieńce, nawiercone np. w rejonie Handzlówki (otwory Husów 24, 39 i 49). Na nich spoczywają niezgodnie osady dewońskie i karbońskie (Czudec 1, Kielnarowa 1) lub węglanowe utwory jury (Mogielnice 1). Utwory te na skutek ruchów blokowych zostały miejscami zerodowane, a na wyrównaną powierzchnię (jak również na sfałdowane i zerodowane Karpaty) wkroczyło morze mioceńskie. Jego osady na opisywanym obszarze występują w trzech pozycjach strukturalnych: jako miocen autochtoniczny zapadliska przedkarpackiego, zachowany pod nasunięciem karpackim, jako miocen sfałdowany u czoła Karpat (jednostka zgłobicka, w profilach wierceń opisywana jako jednostka stebnicka) oraz jako miocen transgresywny (paraautochtoniczny) na Karpatach, nasunięty wraz z nimi na zapadlisko przedkarpackie.

Bezpośrednie podłoże utworów czwartorzędowych na tym obszarze stanowią przede wszystkim sfałdowane osady Karpat zewnętrznych (fliszowe), nasunięte wraz z jednostką stebnicką na utwory miocenu autochtonicznego. Utwory fliszowe tu występujące należą niemal wyłącznie do jednostki skolskiej i obejmują przedział wiekowy górna kreda - miocen. Utwory fliszowe na obszarze omawianych arkuszy tworzą szereg struktur fałdowych o biegu NW - SE. W jądrach antyklin (niekiedy złuskowanych) ukazują się tu warstwy inoceramowe a jądra synklin wypełnione są przez zróżnicowane litologicznie warstwy krośnieńskie górne (miocen).

U czoła Karpat Zewnętrznych na sfałdowanych i zerodowanych utworach fliszowych leżą niezgodnie osady mioceńskie tzw. zatoki rzeszowskiej, sięgające do 1000 m miąższości (otwór Mogielnice 1). Poza zwartym obszarem „zatoki” tworzą one również niewielkie izolowane płyty na jej obrzeżeniu (Niechobrz, Babica, Przylasek), wykształcone jako wapienie mszywiotowo - litotamniowe, gipsy lub iły, piaski i żwiry.

Skały podłoża przykryte są przez zróżnicowane i słabo rozpoznane utwory czwartorzędowe, tworzące nieciągłą pokrywę, sięgające jednakże niekiedy znaczne miąższości (miejscami nieprzewiercone do 35 m, ponad 30 m w Boguchwale, Lutoryżu i Budziwoju), przede wszystkim w północnej części obszaru projektowanych badań. Występują tu osady z okresu zlodowacenia maksymalnego - gliny zwałowe i ich rezydwa z eratykami, piaski fluwioglacjalne (Niebylec, Wyżne) oraz iły warwowe (Niebylec), zróżnicowane pokrywy tarasów rzecznych (środkowopolskie, vistuliańskie i holoceni), niekiedy z torfami w starorzeczach. Znaczne obszary (szczególnie w północnej części terenu, m.in. również starsze tarasy) przykryte są przez miąższe pokrywy lessowe i lessopodobne oraz deluwia i koluwia.

Według istniejących map geologicznych (Kuciński 1964-1965; Borysławski i in., 1980; Gucik i in., 1980; Nescieruk i in., 1992; Jankowski i inni, 2004) na powierzchni terenu odsłaniają się następujące wydzielenia:

#### *Margle krzemionkowe, z Hołowni*

Jest to kompleks twardych, białawych margli krzemionkowych i wapieni płytkowych z przeławiczeniami łupków i margli fukoidowych (fot. 21, 22), których ilość zwiększa się ku górze profilu. W marglach występują liczne igły gąbek. Lokalnie występują spongiolity. W wyższej części tego ogniwa pojawiają się wkładki

cienkoławicowych, drobnoziarnistych, szaroniebieskawych piaskowców wapnistych nie różniące się od wyżej występujących piaskowców warstw inoceramowych. Natomiast na południowy wschód od Birczy pakiet warstw typu inoceramowego (określany ostatnio jako warstwy z Cisowej) występuje poniżej margli krzemionkowych. W zewnętrznej części jednostki margle krzemionkowe sięgają do dolnego senonu, w części wewnętrznej natomiast nie przekraczają turonu. Miąższość ich na północy wynosi około 50 m, ku południowi wzrasta i dochodzi do 150 m.

#### *Warstwy inoceramowe*

W profilu jednostki skolskiej margle krzemionkowe przechodzą stopniowo w wyżej występujący kompleks warstw inoceramowych. W dolnej części ogniwo to jest wykształcone jako naprzemianległe szarozielonawe i szare łupki ilaste lub margliste oraz cienko- i średnioławicowe, drobnoziarniste, laminowane, szaroniebieskie piaskowce wapniste (fot. 25, 26). Lokalnie występują wkładki czerwonych łupków, a w niższej części wkładki margli krzemionkowych i fukoidowych. W części brzeżnej miąższość tego dolnego ogniwa wynosi 50 m, w części centralnej zaś zwiększa się do 250 m. W centralnej zachodniej części jednostki skolskiej pojawiają się pakiety gruboławicowych, gruboziarnistych, sypkich, często glaukonitowych piaskowców reprezentujących środkową część warstw inoceramowych. Miąższość ich dochodzi do 700 m. Ku górze profilu przechodzą one ponownie w zespół cienkoławicowych piaskowców i łupków. W obszarach gdzie brak jest środkowego ogniwa całe warstwy inoceramowe wykształcone są w facji łupkowo piaskowcowej. W Karpatach ukraińskich odpowiednikiem warstw inoceramowych są warstwy stryjskie (*Stryj Beds*), natomiast w Karpatach rumuńskich **Hangu beds, Hongazu beds, Poiana Uzului beds**.

#### *Margle z Węgierki*

W północno-wschodniej części jednostki skolskiej, między Ropczycami a Dobromilem, w polskiej części Karpat zewnętrznych, w wyższej części warstw inoceramowych pojawiają się soczewki (do 200 m miąższości) margli piaszczystych i wapieni marglisto - piaszczystych, jasnoszarych, niekiedy niebieskawych lub zielonawych z wkładkami szarych i czarnych łupków oraz cienkoławicowych piaskowców i sporadycznie zlepieńców. Noszą one nazwę margli bakulitowych, rzadziej margli z Węgierki. Stwierdzono w nich bogaty zespół amonitów. W literaturze karpackiej niekiedy identyfikowane są ze znanymi z platformy osadami znanymi jako opoka lwowska.

#### *Iły babickie*

W profilu jednostki skolskiej ponad warstwami inoceramowymi, a sporadycznie jeszcze w ich najwyższej części występują ciemne mułowce piaszczyste i ilaste zawierające otoczaki skał egzotycznych i liczne szczątki skorup mięczaków. Mułowce przeławicane są piaskowcami i zlepieńcami. Iły babickie stanowią utwory powstałe w wyniku wielkich podmorskich sptywów mułowych. Miąższość ich dochodzi do kilkudziesięciu metrów. Świadczą o depozycji na płytkim skłonie basenu Karpat.

#### *Łupki czerwone i zielone i cienko ławicowe piaskowce – łupki pstry*

Ponad kompleksem warstw inoceramowych lub też w północnej części jednostki skolskiej ponad poziomem iltów babickich rozwinięty jest stosunkowo stały poziom łupków pstrych (fot 19).

Poziom łupków pstrych stanowią zwykle czerwone i zielone łupki ilaste z wkładkami jasnych zwykle cienko ławicowych piaskowców. Łupki pstre są tu bezwapniste, cienko łupliwe. Poziom jest stosunkowo często wykorzystywany, jako poziomy odkłucia. Miąższość tego ogniwa jest stosunkowo zmienna, z ogniem tym związane są poziomy odkłucia tektonicznego, co ma także istotny wpływ na jego tektoniczne wytarcia może osiągnąć do 200 m.

#### *Warstwy hieroglifowe*

Występują najczęściej nad łupkami pstrymi. Wykształcone są zwykle jako cienkoławicowe piaskowce i łupki o barwie zielonkawo-szarej (fot. 24). Wykazują cechy turbidytów. Są twarde, glaukonitowe rozpadające się kostkowo z charakterystycznymi hieroglifami także na powierzchni stropowej ławic. W wewnętrznej części jednostki skolskiej eocen, głównie środkowy, reprezentowany jest przez zespół łupków ilastych zielonych, seledynowych i szarych oraz piaskowców cienkoławicowych, glaukonitowych niekiedy silnie skrzemieniałych. Lokalnie występują wkładki zlepieńców.

#### *Warstwy popielskie*

W północno-wschodniej części jednostki skolskiej występuje soczewkowato rozwinięty kompleks zielonawych lub brunatnych, piaszczystych itów marglistych zawierających bloki skał egzotycznych, głównie wapiennych, oraz dobrze zachowaną faunę (mięczaki itp.). Na terenie Ukraińskich Karpat jest to typowy olistostromowy kompleks.

Ku południowemu zachodowi warstwy popielskie przechodzą w łupki zielone lub warstwy hieroglifowe.

#### *Warstwy menilitowe (jednostki borysławsko-pokucka, skolska)*

Warstwy menilitowe są poziomem diachronicznym w Karpatach, o ustalonej dolnej granicy. Najprawdopodobniej w najbardziej zewnętrznych elementach tektonicznych Karpat sedimentacja warstw menilitowych trwa aż do miocenu dolnego. Warstwy menilitowe wykształcone są tutaj w kilku poziomach. Ich cechą charakterystyczną jest obecność ciemnych łupków bitumicznych oraz rogowców (fot. 13, 14, 15, 16). Ponadto występują tu mięszsze pakiety piaskowców kliwskich, a nawet poziomy diatomitów. Ich sedimentacja rozpoczyna się cienkim poziomem brunatnych łupków i margli podrogowcowych z cienkimi poziomami tufowymi. Lokalnie występuje kilkunastometrowej miąższości soczewka ciemnoszarych i brunatnych zlepieńców (z Siedlisk) zawierających liczną faunę.

Powyżej łupków podrogowcowych przychodzi poziom zawierający brunatne rogowce i margle krzemionkowe, przykryty kompleksem łupków brunatnych (menilitowych). W centralnej i południowej części jednostki skolskiej wśród łupków menilitowych rozwinięty jest charakterystyczny kompleks piaskowców kliwskich (fot. 17, 18). Są to piaskowce gruboławicowe, jasnoszare, białawe, sporadycznie brunatnawe, drobno- i gruboziarniste, rzadziej zlepieńcowe, zwykle glaukonitowe. Na ogół są kruche, łatwo rozsypujące się. Górna granica warstw menilitowych przebiega diachronicznie podnosząc się ku północy. Maksymalne miąższości, do 400 m, warstwy te osiągają w wewnętrznej części jednostki skolskiej. Ku północy miąższość ich maleje do kilkudziesięciu metrów.

W obrębie warstw menilitowych występuje chronostratygraficzny poziom tzw. wapienia jasielskiego w brzeżnej części Karpat znajduje się zwykle w obrębie warstw menilitowych (Kotlarczyk, 1988;

Malata i Rączkowski, 1996) lub na pograniczu warstw krośnieńskich i menilitowych. Są to tutaj jasne wapienie laminowane. Ich maksymalna miąższość na tym obszarze to 1 m (Kotlarczyk, 1988)

### **Warstwy krośnieńskie**

Na omawianym obszarze, czyli jednostce skolskiej wyróżnia się warstwy krośnieńskie dolne i górne, poziomem granicznym jest tzw. Poziom łupków z Niebylca, który uważa się za granice oligocen/miocen.

#### *Warstwy krośnieńskie dolne*

Złożone są głównie z piaskowców gruboławicowych, mikowych, w stanie świeżym popielatych, po zwietrzeniu żółtawoszarych, rozsypliwych i kruchych. W dolnej ich części warstw występują wkładki i soczewki ankerytów bądź też margli syderytycznych. W wyższej części tego ogniwa pojawiają się obok piaskowców gruboławicowych, piaskowce płytowe i skorupowe przewarstwiane szarymi łupkami (fot. 20).

#### *Warstwy krośnieńskie górne*

##### *Łupki z Niebylca*

Poziom łupków z Niebylca, dzieli kompleks warstw krośnieńskich na dolne i górne. Łupki z Niebylca najczęściej wykształcone są jako margliste łupki, szare i popielate, o typie warstw krośnieńskich, silnie mikowe.

*Piaskowce i łupki – warstwy krośnieńskie górne.* Główną część warstw krośnieńskich stanowi ogniwo piaskowcowo – łupkowe. Wykształcone jest tutaj typowo, jako wapniste, cienko- i średnioławicowe piaskowce, przeławicane łupkami szarymi, wapnistymi z dużą ilością miki. Piaskowce są zwykle szare, niekiedy z niebieskawym odcieniem, często konwolutive lub płytowe, z ripplemarkami prądowymi w spągu (fot.20).

##### *Diatomyty z wkładkami piaskowców, łupków i rogowców*

Utwory te są najmłodszym elementem serii skolskiej na obszarze arkusza. Kończą sedymentację w tej części Karpat, tu występują nad kompleksem piaskowcowo-łupkowy warstw krośnieńskich, nad nimi występuje niekiedy jeszcze kilkudziesięciometrowy pakiet iłów. Utwory te, zwykle przeławicane są łupkami o typie krośnieńskim. Oprócz utworów o typie warstw krośnieńskich spotyka się w tym poziomie skały o litotypie warstw menilitowych, zwykle łupków brązowych, krzemionkowo – ilastych. Występują tu też podobne do menilitowych rogowce oraz obecne są sphyry. Diatomyty tego poziomu określa się (Kotlarczyk, 1988) jako zdiagenezowane diatomyty bądź łupki diatomitowe.

### **Zapadlisko przedkarpackie**

Obszar zapadliska przedkarpackiego znajduje się w pobliżu wielkiej granicy tektonicznej Europy, w pobliżu krawędzi tzw. platformy wschodnio - europejskiej, stabilnej, skonsolidowanej już w prekambry skorupie krystalicznej (Ziegler, 1990), pokrytej zwykle mniej deformowanymi tektonicznie osadami paleozoicznymi i mezozoicznymi.

Granicą tektoniczną tej płyty, w tej części Europy jest tzw. strefa Teisseyre'a - Tornquista (T-T) oddzielająca ją od bardziej zdeformowanej części platformy, w której wyróżnia się kilka pasowo ułożonych elementów, utworzonych w głównie w orogenezie waryscyjskiej i przykrytych osadami paleozoicznymi i mezozoicznymi.

Na profil starszych przed kredowych utworów składają się osady kilku cykl (Cieśliński i inni, 1994), przerywanych okresami silnej denudacji. Niektóre z nich znane są na obszarze jedynie z otworów wiertniczych jednakże silna denudacja związana z postępowaniem karpackiej pryzmy akrecyjnej pozwoliła na odsłonięcia w obrębie tzw. wału metakarpackiego utworów paleozoicznych, mezozoicznych nawet utworów prekambryjskich. W niektórych przypadkach proces erozji doprowadził do bezpośredniego kontaktu nawet utworów kambryjskich z pokrywą trzeciorzędową (Kwapisz, 1998).

Budowa geologiczna obszaru zapadliska została podsumowana w szerokim opracowaniu Neya(1968), późniejsze opracowania mają jedynie charakter przyczynkowy i fragmentaryczny a w niektórych wypadkach raczej przynoszą następne problemy gmatwające obraz rozwoju basenu (np. Jasionowski, 1995)

Obszar wschodniej części zapadliska przedkarpackiego stanowił w mezozoiku część basenu osadowego bruzdy środkowopolskiej (Krzywiec i inni, 2000), która w późnej kredzie –paleogenie uległa inwersji, a następnie erozji.

Zasadniczy etap ewolucji tektonicznej tego obszaru miał być związany z mioceńską ekstensją zgięciową (Krzywiec i inni, 2005) związaną z nasunięciem na przedpole brzeżnej strefy orogenu karpackiego (Oszczypko i Ślęczka, 1985, 1989; Oszczypko,1996, 1999; Krzywiec, 1999, 2001,Krzywiec i inni, 2005). Ten sposób tłumaczenia mechanizmu powstania wymaga jednak ponownego rozpatrzenia.

Znane z wielu opracowań (Krzywiec, 1999, 2001, Krzywiec i inni, 2005; Maksym i inni, 1997.) ukształtowanie stropu podłoża wschodniej części polskiego zapadliska przedkarpackiego jest silnie zróżnicowane zarówno pod względem zmiany nachylenia powierzchni podłoża pod mioceńskiego jak też jego morfologii. Przy obszarze Roztocza podnosi się na poziom kilkudziesięciu metrów (**Fig. 1.1.1\_39**) natomiast pod obszarem Karpat zniża do 2 km (Ney, 1968).

W jego morfologii widać wyraźnie blokowy układ – zaznacza bloczność, gdzie poszczególne elementy o charakterze horstów i zrębów bądź półtrołów mają kierunki rozciągłości NW – SE – nawiązują do starszych odziedziczonych kierunków tektonicznych

Jednym z najwcześniej rozpoznanych horstów jest tzw. zręb Ryszkowej Woli (**Fig. 1.1.1\_37**) którego genezę wiąże się z mioceńską lewoskrętną przesuwcznością o kierunku NW–SE w obrębie podłoża paleozoicznego (Krzywiec i in., 2005, Rauch, 2009).

### ***Miocen transgresyjny, sfałdowany***

U brzegu nasunięcia Karpackiego wyróżnić można strefę tzw. miocenu sfałdowanego różniącego się w istocie profilem od bardziej północnych obszaru miocenu sfałdowanego, co ma związek synsedymencyjnym rozwojem tektonicznym tej strefy.

Ponadto istnieje szereg rozbieżności w pojmowaniu i klasyfikacji różnego rodzaju stref do bądź to orogenu Karpackiego bądź to do obszaru zapadliska. W niniejszym opracowaniu przyjęto tradycyjny podział i klasyfikacje poszczególnych stref orogenu Karpat jak i obszarów zapadliska.



Przedstawiony poniżej profil jest stosunkowo źle odsłonięty w obszarze polskich, znacznie lepiej w obszarze Karpat Ukraińskich.

#### *Warstwy worotyszczzańskie, worotyskie*

Warstwy te stwierdzono we wschodniej części zapadliska przedkarpackiego (Jankowski i inni, 2004). Rozwinięte są jako kompleks ciemnych i szarych iłów warstwowanych, z soczewkami gipsu oraz soczewkami prawie czarnych iłów, impregnowanych solą kamienną (fot. 10, 11). Miejscami w iłach pojawiają się wkładki piaskowców i zlepieńców, złożonych z materiału niekarpackiego (Ney, 1968). Wyróżnia w niższej części formacji pstre iły, mułowce i piaskowce zlepieńcowate z żyłkami, gipsu i ziarnami soli, lub nawet warstewkami soli, następnie brązowoszare i zielone iły z licznymi gniazdami soli, a w części najwyższej szare i ciemnoszare słone iłowce i iłotupki z wkładkami i żyłkami gipsu włóknistego oraz przerosty mułowców. Miąższość tych warstw wynosi około 500 m. Warstwy worotyszczzańskie obejmują także kompleksy chaotyczne o charakterze typowych olistostromy (fot.). Zwykle kontaktują one od dołu z warstwami polanickimi bądź z warstwami menilitowymi. Ostatnie badania (Olszewska, Garecka, 1999) wskazują na ich dolno mioceński wiek)

#### *Warstwy polanickie*

Wykształcone są jako szare, ilasto – margliste łupki i szare, piaskowce mikowe, skorupowe i płytowe. Występują lokalnie w niektórych elementach tektonicznych Karpat Ukraińskich, w ich brzeżnej części (jednostka borysławsko - pokucka, skolska). Warstwy polanickie nie różnią się specjalnie pod względem petrograficznym od „warstw krośnieńskich” Karpat środkowych i zachodnich. Badania (Jankowski i inni, w przygotowaniu) potwierdziły ich dolnomioceński wiek.

#### *Zlepieńce słobódzkie, z Dubnika*

Kompleks zlepieńców wyróżniony został przez Paula, Tietzego (1887) oraz Zuber (1882) w rejonie Słobody Rungurskiej położonej na Pokuciu w Karpatach wschodnich (na Ukrainie). W materiale skalnym zlepieńców występują otoczaki, różnokaliłbrowe, zielonych i czerwonych fyllitów, kwarcytów, łupków chlorytowych, jasnych wapieni oraz piaskowców i łupków (fot. 5). Materiał skalny jest często słabo obtoczony i niekiedy robi wrażenie nietransportowanego rumoszu skalnego. Otoczaki lub okruchy skalne tkwią w masie marglistego mułowca o barwie szarej. Zlepieńce słobódzkie albo są słabo spojone i rozsypują się na zwirowiska, albo zwięzłe, tworząc formy skalne. Występują zarówno w postaci cienkich soczewek, jak i wielkich kompleksów, osięgających znaczną miąższość. Podkreślić należy że od samego początku istniały różnicowane poglądy odnośnie pozycji stratygraficznej zlepieńców słobódzkich.

Kreatorzy tego wydzielenia uważali zlepieńce słobódzkie za wtrącenia w formacji solonośnej; Zuber (l.c.) za stały poziom w spągu miocenu (pod warstwami dobrotowskimi), a następnie – za fację zastępczą warstw dobrotowskich, częściowo łupków menilitowych. Bujalski (1930) – za równorzędne podkarpackiej formacji solonośnej, ale sięgające w dół aż do łupków menilitowych i zastępujące lokalnie warstwy polanickie, a nawet część łupków menilitowych. Świdorski (1936) – za leżące transgresywnie na oligocenie karpackim.

Zlepieńce słobódzkie ograniczone są do tzw. strefy podkarpackiej („molasowej” Zuber) Karpat pokuckich. W profilu jednostek borysławsko- pokuckiej leżą niezgodnie na łupkach menilitowych, a nawet na eocenie. Ku zachodowi stopniowo zanikają, redukując się do soczewek.

### Warstwy stebnickie

Ponad warstwami worotyskimi Tołwiński (1927) wyróżnił warstwy stebnickie. Są one dwudzielne: w dolnej części występują gruboławicowe zlepieńce i piaskowce, a w górnej – margliste mułowce piaszczyste z podrzędnymi wkładkami piaskowców i drobnoziarnistych zlepieńców; mułowce mają charakterystyczną różową barwę (Ney, 1968; Ney i in., 1974 – fot. 6, 7, 8). W dolnej piaszczystej części warstw stebnickich, w spągu są to gruboławicowe piaskowce o spoiwie marglistym których głównym składnikiem są ziarna kwarcu, białych wapieni oraz zielonych i różowych łupków sflylizowanych. Piaskowce są przekątnie warstwowane i wykazują liczne laminacje. Wśród tych piaskowców występują szare mikowe piaskowce skorupowe i cienkie soczewki drobnych zlepieńców. Poszczególne ławice piaskowców przedzielone są pakietami szarych piaszczystych łupków marglistych, niekiedy o odcieniu brunatnym lub różowym. W spągu tej piaszczysto - zlepieńcowej serii leży kompleks szaro-zielonych iłów i mułowców wapnistych. Miąższość kompleksu piaszczystego wynosi około 500 m. Górną część warstw stebnickich tworzą margliste mułowce piaszczyste z podrzędnymi wkładkami piaskowców mikowych i drobnych zlepieńców. Seria ta ma charakterystyczną dla warstw stebnickich barwę różową i brunatno-różową. Ta najwyższa część warstw stebnickich została stwierdzona u czoła Karpat na podstawie profili wierceń w okolicy Rzeszowa, a także na południe od Bochni (Ney i in., 1974). Miąższość górnej części warstw stebnickich wynosi około 700 m.

Zespół otwornic stwierdzony w warstwach stebnickich (Strzępka, 1980) wskazują na ottnang, natomiast nanoplanktonu wapiennego (Garecka i Jugowiec, 1999) – na karpat/wczesny baden

### Warstwy balickie

Na osadach warstw stebnickich zalegają warstwy balickie (de Cizancourt, 1929). Są to gruboławicowe mułowce margliste, przeławiczone piaskowcami od drobno- do gruboziarnistych, a nawet z wkładkami zlepieńców (Ney, 1968; Połtowicz, 1972; Ryłko, 2004 – fot. 9). Zlepieńce występują w formie soczewek, są na ogół słabo spojone, materiał ich jest na ogół drobny, pochodzenia karpackiego i pozakarpackiego. Spoiwo zlepieńców i piaskowców jest margliste. W niektórych miejscach wśród margli piaszczystych występują wkładki zielonych łupków ilastych. Cechą charakterystyczną warstw balickich są gipsy i anhydryty występujące w szczelinach spękań margli i mułowców, rzadziej wśród piaskowców. Gipsy i anhydryty mają charakter syn- i epigenetyczny. W Polsce warstwy balickie osiągają miąższość powyżej 1000 m. Na powierzchni występują w rejonie Przemyśla, natomiast bardziej na zachód znane są z profili wierceń usytuowanych w brzeżnej części Karpat. Występowanie *Sphenolithus abies*, *Sphenolithus heteromorphus*, *Discoaster formosus* sugeruje badeński wiek utworów warstw balickich (Garecka i Jugowiec, 1999).

### Warstwy skawińskie

Warstwy te złożone są z szarych zielonawoszarych mułowców i iłołupków z wkładkami piaskowców i słabo spojonych zlepieńców. Wśród mułowców często występują wkładki tufitów. Warstwy te wyróżnione zostały przez Neya (1965) pod nazwą warstw przemyskich. Zawierają one mikrofaunę charakterystyczną dla dolnego tortonu z *Orbulina suturalis*. Utwory tego ogniwa występują w zredukowanej formie wzdłuż nasunięcia Karpat na miocen autochtoniczny, oraz we wschodnim obrzeżeniu zatoki rzeszowskiej, gdzie rozwinięte są głównie jako szare iły z wkładkami piasków i piaskowców. W okolicach Przemyśla występują w formie płatów w okolicach Olszan i Rokszyca (Gucik i inni, 1980).

Jest on tam rozwinięty w postaci ciemnoszarych i zielonawych iłołupków, silnie wapnistych, przekładanych

szarymi, rozsypliwymi piaskowcami (Watycha, 1964). Wiek tych warstw został określony przez Alexandrowicza i Neya (1965) na dolny torton (baden). Na niektórych opracowaniach kartograficznych (Gucik i inni, 1980) element ten jest traktowany jako fragment nasuniętej sukcesji ale w części zachodniej jako fragment już sukcesji niezdeformowanej (Jasionowski, 1995), co ma związek z migracją frontu górotworu.

Ogólnie warstwy skawińskie traktuje się jako kompleks podewaporytowy, rozwinięty na znacznej przestrzeni zapadliska przedkarpackiego. Pokrywający różne ogniwa rozwinięte w pierwotnej fazie tworzącego się zapadliska (na zachód od tzw. Rygla krakowskiego jak i na wschód), m.in. w zachodniej części zapadliska pokrywają tzw. formację dębowiecką, czyli kompleks zrzucony do tworzącego się zapadliska u frontu górotworu natomiast w niektórych fragmentach w północnym obszarze warstwy te pokrywają osady limniczne (Ney, 1968).

Rozpoznanie wymaga relacja tychże warstw do opisanych poniżej tzw. warstw baranowskich – istnieje możliwość wzajemnego lateralnego zastępowania.

#### *Zlepieńce radyckie*

Stanowią najwyższe ogniwo miocenu w jednostce stebnickiej. Są one złożone z grubych ławic zlepieńców i kruchych piaskowców rozdzielonych wkładkami piaszczystych mułowców. Materiał zlepieńców jest pochodzenia karpackiego, na który składają się otoczaki różnego rodzaju piaskowców i rogowców. Miąższość zlepieńców radyckich wynosi około 250 m. Na zachód od rejonu Rzeszów - Przemyśl zlepieńce radyckie stopniowo zanikają, a ich miejsce zajmują utwory piaszczysto-ilaste. Wiek zlepieńców radyckich – wołyń (Olszewska, 1999).

#### *Oligocen i miocen autochtoniczny*

W północnej części zapadliska przedkarpackiego występują serie głównie utworów morskich badenu i sarmatu ale też w niektórych miejscach występują utwory oligocenu jak też limniczne osady miocenu dolnego (karpatu). Seria osadów powstałych w badeńskiej transgresji jest słabo zaburzona tektonicznie w procesie kompresji jednakże silnie ze szczelinowana na etapie ekstensyjnego rozpadu tej części zapadliska. Nie spełnia w istocie roli dobrego uszczelniacza.

Utwory oligocenu rozpoznane są na terenie basenu przedgórze na południe od Roztocza ( Myśliwiec, Smist, 2008).

Warto dodać, że na obszarze Ukrainy na wspomnianej serii kijowskiej leżą utwory nazywane tam serią żurowską (Bogucki i inni, 1998), zaliczane do najniższego miocenu (Karpat). Odślaniają się w rejonie Żółtkwi (wsie Glińsko, Trostianiec) oraz w rejonie Rawy Ruskiej (wsie Niwy, Dubrowica). Leżą tam na erozyjnej powierzchni piasków glaukonitowych eocenu, serii kijowskiej. Wykształcone są jako ilasto - węglisty ( Bogucki i inni, 1998) pakiet składający się z przeławień węgla brunatnego i ciemnoszarych łąw węglistych. łąy są plastyczne i zawierają fragmenty uwęglonego drewna. Pokryte są cienkoławicowymi, ciemnoszarymi i szaro-zielonymi łąwami i piaskami.

Profil tzw. niezaburzonego, autochtonicznego miocenu wykazuje trójdzielność gdzie istotnym łąwto wyróżnialnym w sekwencji osadów oraz w obrazie sejsmicznym elementem osadowym jest poziom

ewaporacyjny, zaliczany ostatnio (Oszczypko i inni, 2005) już do górnego badenu. Osady miocenu morskiego, pomijając występujące w niektórych obszarach utwory tzw. burowęgla (węgiel brunatny) występują na powierzchni erozyjnej, której główny element stanowi trzon prekambryjski. Gdziekolwiek zachowały się starsze osady paleozoiku (Poprawa i Nemcok, 1989) oraz mezozoiku ale także fragmentarycznie osady oligocenu (Myśliwiec, Śmist, 2006) natomiast w północnym ograniczeniu zapadliska (obszar Rostocza znajdują się także osady eocenu - Buraczyński, 2002).

Cała sekwencja wykazuje duże zróżnicowanie facjalne, czemu towarzyszy zazębianie się kolejnych facji w zależności od kierunków transportu materiału. Rozpoznanie historii tektoniczno-osadowej osadów miocenu a przede wszystkim procesu tworzenia się przestrzeni akomodacyjnej wymaga dalszych badań, które zatrzymały się etapie opisu. Dodatkowo należy rozpoznać następstwo i relacje wiekowe facji a obrębie przedpola Karpat ukraińskich gdzie stopień odsłonięcia jest znacznie lepszy. Relacje facjalne i następstwo niektórych tu elementów stratygraficznych wskazują że część z nich może być jedynie mniej lub bardziej dystalnymi odpowiednikami niektórych facji. Wydzielane tu warstwy jarosławskie czy przeworskie są prawdopodobnie jedynie kolejnym lub obocznym fragmentem tego samego systemu depozycyjnego i często kreacja poszczególnych elementów nosi cechy nadinterpretacji.

Ponadto wyjaśnienia ciągle wymaga relacja wiekowo – lateralna elementów facjalnych na wschód od Rzeszowa z tymi widzialnymi na zachód od Rzeszowa. Dla uniknięcia nieporozumień dla niniejszego opracowania przyjęto wydzielenia za opracowaniem kartograficznym Gucika i innych (1980), które dotyczy rejonu między Rzeszowem a Przemyślem i określa obecne tutaj relacje facjalne jak też elementy zdeformowane lub autochtoniczne. Proces skośnej deformacji brzegu Karpat i przesuwania się frontu deformacji doprowadza do wciągania w struktury zdeformowanego orogenu coraz to nowych elementów facjalnych co wprowadza problemy z tzw. formalizacją poszczególnych elementów – próby odtworzenia historii tektoniczno-facjalne należy oprzeć o historię zdarzeń i proces zmiany systemów depozycyjnych wraz z wyjaśnieniem procesów sedymentologicznych. Próby korelacji niektórych elementów jak choćby poziomu ewaporatowego doprowadzają raczej do nieporozumień niż do wyjaśnienia procesów sedymentacyjnych (Jasionowski, 1995). Wiele opracowań odnosi się jedynie do części zapadliska (np. Mastalerz i inni, 2006), uwzględniając jedynie tamtejszy zapis logów czy sekcji sejsmicznych bez względu na inne fragmenty przedpola karpackiego górotworu.

### *Warstwy baranowskie*

Za najstarsze, morskie utwory miocenu w części wschodniej zapadliska przedkarpackiego są uważane warstwy baranowskie (formacja z Pińczowa — Alexandrowicz i in., 1982). Zalegają one transgresywnie na różnych ogniwach stratygraficznych Wiek warstw baranowskich to dolny baden (np. Karnkowski, 1969; Alexandrowicz, 1971; Ney i in., 1974; Olszewska, 1999). Zwykle są to piaskowce, mułowce ze sporadycznymi wkładkami wapieni litotamniowych. Piaski i piaskowce mają zwykle szare zabarwienie z domieszką biotyту, szkliwa wulkanicznego i innych minerałów. Ich miąższość nie osiąga więcej niż kilkanaście do 30 metrów. W większości otworów wiertniczych warstwy baranowskie wyróżnia się na podstawie charakterystyk logów wiertniczych – ich zapis pozwala sadzić że są mylone niekiedy z zlepieńcami transgresyjnymi na zerodowanym podłożu.

Szczegółową charakterystykę litologiczną tych utworów we wschodniej części zapadliska przedkarpackiego przedstawiali różni autorzy (Czapowski, 2004).

Zwykle ku górze w profilu przechodzą w serie tzw. osadów siarkonośnych czyli głównie anhydrytów z wkładkami piaskowców i iłowców.

Warto dodać, że w wielu miejscach utwory badenu zalegają na limnicznych utworach o charakterze węgla brunatnych (tzw. burowęgli). Ta szeroko rozprzestrzeniona facja stanowi pokrycie starszego podłoża na znacznym obszarze Podkarpacia. Rozprzestrzeniona została na obszarze ukraińskiego i polskiego przedkarpacia jak również w szeregu mioceńskich rowów na terenie Polski środkowej. Przykrywana jest później transgresyjnymi obszarami rozwijającego się zapadliska przedkarpackiego.

#### *Osady ewaporytowe (warstwy wielickie)*

Nad poziomem warstw skawińskich czy prawdopodobnie lateralnym odpowiednikiem warstw baranowskich występuje poziom ewaporatowy, w którym w części zachodniej dominują sole, gipsy i ily natomiast w części wschodniej głównie anhydryty i gipsy (fot. 12). Poziom ów jest wyznacznikiem dość istotnej granicy sekwencji znacząc prawdopodobny higstand w tym obszarze. Kompleks ewaporatowy, tradycyjnie uważany za środkowobadeński, jednak zgodnie z najnowszymi datowaniami zaliczany już do badenu górnego – poziom nanoplanktonowy NN6 (Oszczypko i in., 2005; Peryt i in., 1998; Peryt, 1999; Garecka i Jugowiec, 1999).

Brak jest szczegółowych opracowań mineralogicznych odnoszących się do procesu dehydratacji gipsu i przechodzenia w anhydryt. Często lateralnym odpowiednikiem osadów ewaporatowych w różnych częściach zapadliska są wtórne wapienie ( w niektórych obszarach noszące lokalną nazwę wapieni ratyńskich), występują też na Karpatach w okolicach Kańczugi). Kompleksy ewaporytowe złożone są z szarych i szarzielonych mułowców z wkładkami iłowców, drobnoziarnistych piaskowców i zlepieńców. Gipsy, anhydryty, sól kamienna, margle i wapienie występują wśród tych warstw w formie cienkich wkładek i soczewek. Miąższość warstw wielickich w rejonie Przemyśla nie przekracza 70 m. W części wschodniej osady zespołu facji ewaporatowych zbudowane są głównie w postaci anhydrytów aminowanych poziomo oraz gruzłowych (Peryt i in., 1998). Występują wśród nich cienkie przeławiczenia osadów drobnoziarnistych oraz węgla brunatnego i iltu węglistego. W stropowej części wkładek silikokolastycznych stwierdzono występowanie pogrążów wypełnionych anhydrytem. Ponad ewaporatami występuje znacznej miąższości (do ponad 2 km) seria osadów piaszczysto-ilastych tworzących pokrywę wypełniającą zapadlisko. Stopień erozji tego kompleksu nie jest do końca znany.

#### *Warstwy chodenickie*

W polskiej części Karpat zewnętrznych, na omawianym obszarze występują na powierzchni w zatoce rzeszowskiej. Ogniwo to tworzą głównie piaszczyste lub pylaste ily, z przerostami mułkowymi i wapnistymi. Miejscami zawierają otoczaki i ułamki piaskowców karpackich. Prawdopodobnie warstwy chodenickie i grabowieckie są lateralną odmianą tego samego systemu depozycyjnego.

#### *Warstwy grabowieckie*

Ogniwo to tworzą głównie piaszczyste lub pylaste ily, z przerostami mułkowymi i wapnistymi. Miejscami zawierają otoczaki i ułamki piaskowców karpackich. W wiek powstania osadu na to przełom baden/sarmat (Garecka, Jugowiec 1999). Występują w nich zwęglone szczątki roślinne. Ku górze w profilu pionowym zdecydowanie zmniejsza się udział piaskowców w warstwach grabowieckich i stopniowo przechodzą one w

nadległe iły krakowieckie. Relacje warstw chodenickich i grabowieckich wymagają badań w obszarze dobrze odsłoniętym gdyż mogą one być lateralnymi odpowiednikami tej samej facji.

#### *Warstwy jarosławskie*

Na obszarze stanowią one podłoże pietra przeworskiego, z którym stanowią ciągłość sedymentacyjną (Gucik i inni, 1980). Są wieku późny baden – późny sarmat (Czepiec, 1996; Olszewska, 1999). Mają one zmienną miąższość, w granicach 1000–2500 m, jedynie w strefie Rowu Wielkich Oczu ich miąższość znacznie przekracza 3000 m (np. Karnkowski, 1969; Dziadzio i Jachowicz, 1996; Dziadzio, 2000). Zwykle są to szare i ciemnoszare mułowce i iły, iły zapiaszczone wraz z wkładkami drobnoziarnistych, wapnistych piaskowców barwy jasnoszarej. Lokalnie piaskowce bywają gruboziarniste.

#### *Warstwy przeworskie (iły krakowieckie)*

Osady te leżą niezgodnie na różnych utworach badenu. Są one złożone z szarych, wapnistych iłów i mułowców z wkładkami cienkoławicowych piaskowców. Sporadycznie występują w nich cienkie warstewki bentonitów. Warstwy te zalegają prawie płasko na całym obszarze zapadliska przedkarpackiego, z wyjątkiem wąskiej strefy przed czołem nasunięcia stebnicko - karpackiego, gdzie są one nieznacznie wyruszone ze swego pierwotnego położenia. Miąższość warstw przeworskich waha się od 1100 do 1500 m.

#### *Wapienie litotamniowe i ostrygowe*

Utwory te stanowią główne facje miocenijskich pokryw brzeżnej części zapadliska na obszarze Rostocza ale też fragmentarycznie występują płatami na nasuniętym górotworze Karpat. Charakter depozycji zdecydował o tym, że nie ma jednolitego profilu utworów węglanowego miocenu. Generalnie płytkowodne, brzegowe facje cechuje znaczna zmienność litologiczna, zróżnicowana jest także miąższość osadów. Cechą profili utworów miocenijskich jest obecność licznych luk sedymentacyjnych, powierzchni erozyjnych i zmienność facjalna. Tworzone zbiorcze profile (np. Musiał, 1987) nie oddają w istocie relacji facjalnych w północnym obrzeżeniu zapadliska Karpackiego i obszarze Rostocza. Pierwotnie są deponowane wapienie litotamniowe (lokalnie zającebiające się z marglami piaszczystymi), które ku górze przechodzą w wapienie organodetrytyczne i rafowe, lokalnie przetławicowe iłami piaszczystymi i mułowcami. Młodsza część wapieni organogenicznych była deponowana już w sarmacie.

#### *Czwartorzęd*

W obrębie pokryw czwartorzędowych tego obszaru wyróżnić można:

- gliny i iły zastoiskowe zlodowaceń południowopolskich
- rezidua glin zwałowych i innych osadów lodowcowych zlodowaceń południowopolskich
- piaski i żwiry fluwioglacjalne zlodowaceń południowopolskich
- osady rzeczne zlodowaceń południowopolskich
- osady rzeczne zlodowaceń środkowopolskich
- lessy piaszczyste i gliny o różnej genezie

- lessy
- osady rzeczne zlodowacenia północnopolskiego
- koluwia
- osady deluwialne
- mady rzeczne holocenu
- piaski, żwiry i mułki rzeczne holocenu

### ***Zestawienie otworów wiertniczych wykorzystanych dla wykonania przekrojów***

Hermanowa 1, Kielnarowa 1, Tyczyn 1, Zalesie 2, Zalesie 4, Wilkowyja 1, Krasne 9, Terliczka 3, Terliczka 2, Stobierna 3, Nienadówka 1, Sokołów 3, Turza 1, Markowizna 1, Kamień 11, Kamień 7, Jeżowe 16, Kielnarowa 1, Malawa 1, Chmielnik 1, Albigowa 11, Malawa 2a, Palikówka 1, Palikówka 4, Pogwizdów 1, Węgliska 1, Wola Zarczycka 8, Wydrze 1, Wola Zarczycka 4, Wola Zarczycka 11, Wola Zarczycka 10, Wola Zarczycka 9, Wola Zarczycka 2, Borki Górne 1, Borki Górne 2, Łętownia 4, Sarzyna 15, Rudnik 3, Husów 24, Husów 46, Husów 13, Husów 21, Husów 27, Kosina 1, Kosina 2, Białobrzegi 1, Białobrzegi 3, Kopanie Żołyńskie 1, Grodzisko Górne 1, Żołyń 75, Kuryłówka 15, Kuryłówka 2, Kuryłówka 1, Tarnogród 17, Potok Grn 5, Biszczka 2, Husów 6, Kańczuga 9, Husów 56, Kańczuga 3, Kańczuga 1, Kańczuga 6, Przeworsk 4, Przeworsk 3, Przeworsk 9a, Jarosław 17, Jagiełta 1, Jagiełta 3, Sieniawa 1, Rudka 1, Dobra 5, Tarnogród 4, Tarnogród 6, Tarnogród 1, Wola Różaniecka 8, Księżpol 18, Drohobyczka 3, Jodłówka 16, Jodłówka 2, Jodłówka 3, Pruchnik 4, Rożwienica 2, Rożwienica 3, Mirocin 36, Mirocin 4, Jarosław 1, Jarosław 4, Ryszkowa Wola 2, Młodycz 2, Cewków 5, Uszkowce 15, Uszkowce 8, Uszkowce 12, Lubliniec 4, Skopów 5, Przemyśl 230, Przemyśl 112, Przemyśl 239, Przemyśl 162, Tuligłowy 9, Przemyśl 197, Gubernia, Zamiechów 1, Radymno 4, Radymno 1, Radymno 9, Miękiś Nowy 2, Łukawiec 2, Lubaczów 10, Lubaczów 3, Torki 2, Torki 1, Franipol 1, Radymno 8, Radymno 4, Radymno 3, Radymno 1, Morawsko 1, Jarosław 1, Jarosław 11, Jarosław 41, Jarosław 42, Jarosław 43, Jarosław 45, Jarosław 6, Ujezna 1, Ujezna 4, Ujezna 3, Tryńcza 7, Tryńcza 3, Grodzisko Dln 1, Grodzisko Grn 1, Żołyń 82, Żołyń 14, Żołyń 78, Żołyń 23, Leżajsk 4, Smycze 1, Borki Górne 1, Borki Górne 2, Jeżowe 4, Jeżowe 10, Jeżowe 12, Jeżowe 16.

### ***Układ strukturalny i ukształtowanie powierzchni stropu podłoża podmiocześnego.***

Jak wspomniano za przyczynę powstania zapadliska przedkarpacciego najczęściej obecnie uznaje się uginanie płyty przedpola (Krzywiec, 1999), czemu zwykle towarzyszyć ma rozwój deformacji o typie uskoków normalnych. Przesuwanie ku północy bądź północnemu-wschodowi orogenu Karpat Zewnętrznych miało mieć znaczny wpływ na charakter i rodzaj deformacji przedpola i także zmianę kierunku naprężeń.

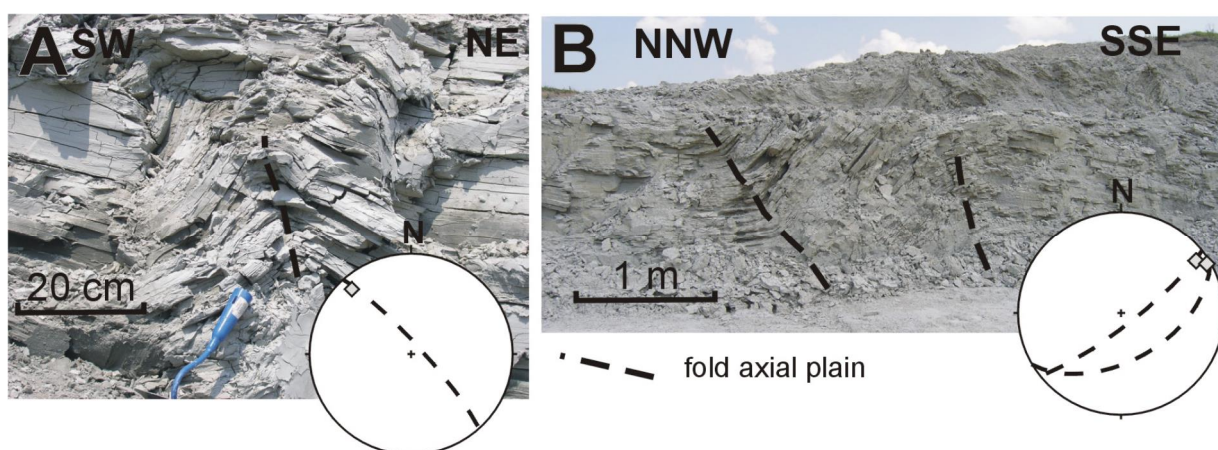
Szczególny rodzaj kolizji o typie kolizji skośnej powodować miał m.in. inwersje starszych struktur odziedziczonych po wcześniejszych etapach deformacji obszaru na północ od orogenu Karpat. Wg niektórych badaczy (m.in. Krzywiec, 1999, Krzywiec i inni, 2008) ekstensja ugięciowa mogła mieć istotny wpływ na charakter podłoża utworów miocześnych i jednocześnie determinować charakter rozkładu

facjalnego i układu systemów depozycyjnych w obrębie miocennego morza. Za przyczynę pojawiania się „wysp” (m.in. tzw. wyspę Rzeszowa) odpowiedzialna miało być zablokowanie obszaru podłoża podmiocennego.

Rozkład bloków ograniczonych uskokami normalnymi miał mieć wpływ na rozkład paleodolin w znacznej mierze determinujących sposób rozprawiania materiału deponowanego głównie z erodowanych obszarów północno - zachodnich. Na istotną rolę odziedziczonych struktur dla rozwoju zapadliska przedkarpackiego zwrócił Ney (1968). Niektóre z uskoków wykazują proces wielokrotnej reaktywacji w czasie istnienia basenu miocennego, uważa się że także reaktywacje następowały już we wcześniejszych etapach deformacji obszarów Polski Środkowej (Krzywiec 1999, 2001, 2006).

Tworzenie przestrzeni akomodacyjnej dla utworów miocenu miało się odbywać poprzez stopniowe uginanie przedpola i zapełnianie przestrzeni facjami klastycznymi (Krzywiec i inni, 2008) o dominacji kierunków z górotworu.

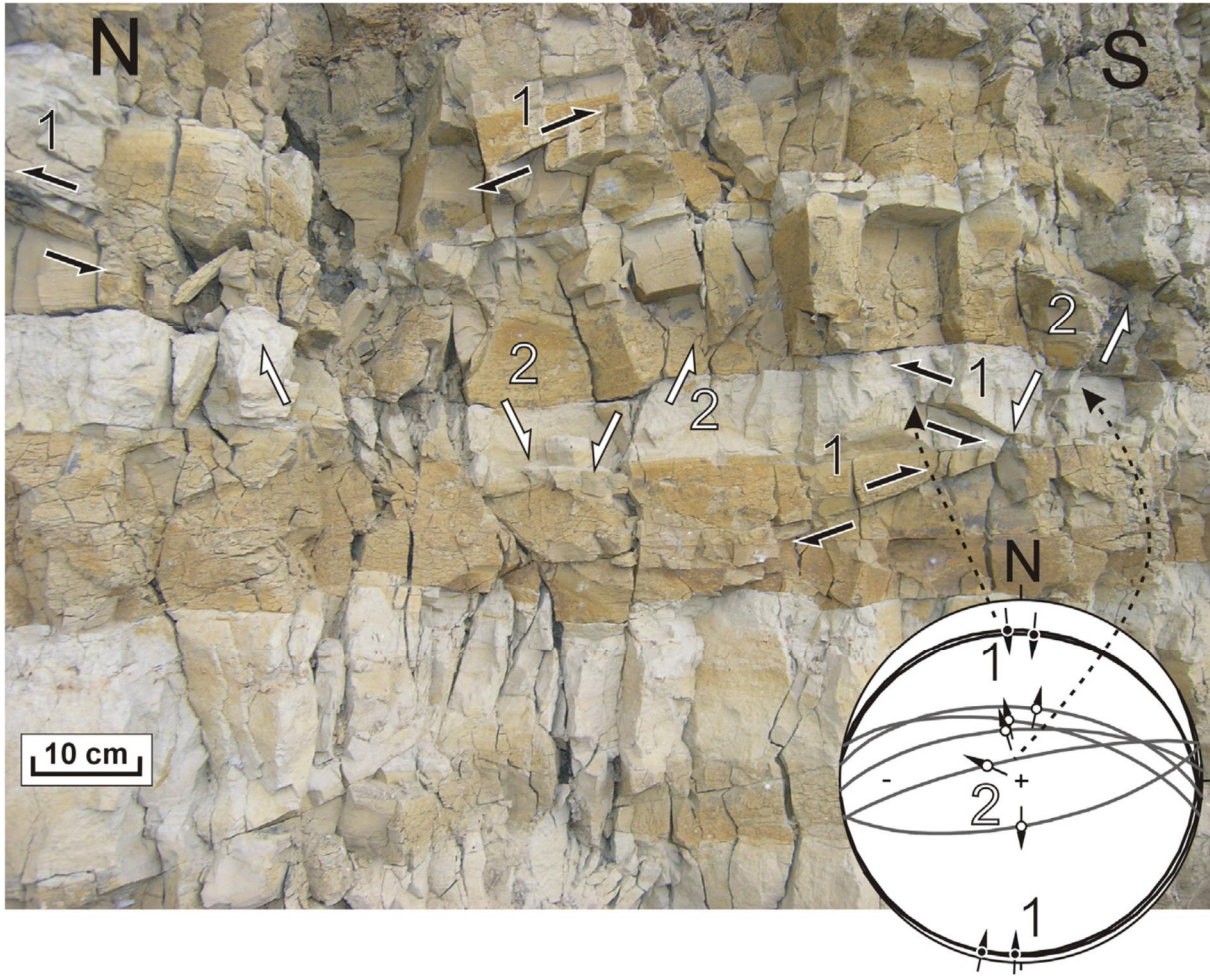
Niejasne jest pojawienie się facji chemicznych w różnych fragmentach basenu przedpola i rola zmian eustatycznych wydaje się niedoceniona. Zapis zatrzymania się frontu deformacji wyraźnie widoczny jest na obszarze Karpat Ukraińskich. W obrębie polskiej części przedpola struktury kompresyjne widoczne są także w utworach sarmackich (Rauch 2009, Neścieruk i inni, 2007). Znacznie ważniejszy jest pokompresyjny charakter deformacji w obrębie przedpola – uskoki normalne są powszechne (Rauch, 2009), strefy uskokowe o przebiegu SSE – NNW z których najbardziej istotna jest strefa dyslokacji tworząca południowe ograniczenie Rostocza rozcinają nawet najmłodsze elementy sukcesji osadowej basenu przedgórze. Współczesne obserwacje terenowe (Rauch 1995, 2009, Rauch i inni, 2006 – fot. 1, 2) wskazują na znaczne ze szczelinowanie najmłodszych sukcesji osadowych. Obserwacje potwierdzają znane z sekcji sejsmicznych zuskokowanie całej sukcesji osadowej miocenu (Maksym i inni, 1997; Krzywiec i inni, 2008). Zatem sukcesja osadowa miocenu nie może być traktowana jako jednolity, niezaburzony i niezszelinowany kompleks i nie można jej traktować jako pokrywy uszczelniającej.



Fot.

Fot.1. Silne deformacje i spękania w obrębie utworów najmłodszego miocenu (Rauch, 2009). Fot.M. Rauch





Fot.2. Spękania w obrębie najmłodszej pokrywy miocenu (Rauch, 2009). Fot. M. Rauch.



Fot. 3. Roztocze. Spękania w podłożu podkredowym



Fot. 4. Roztocze. Spękane utwory miocenu. Wapienie organodetrytyczne.



Fot. 5. Miocen sfałdowany. Zlepienie z Dubnika (słobódzkie)



Fot. 6. Miocen sfałdowany. Warstwy stebnickie  
1-115



Fot. 7. Miocen sfałdowany. Okol. Przemyśla. Warstwy stebnickie



Fot. 8. Miocen sfałdowany. Warstwy stebnickie



Fot. 9. Miocen sfałdowany. Okol. Przemyśla. Warstwy balickie



Fot. 10. Miocen sfałdowany. Warstwy worotyszczęńskie  
1-117



Fot. 11. Kruhel k. Przemyśla. Warstwy worotyszczęńskie



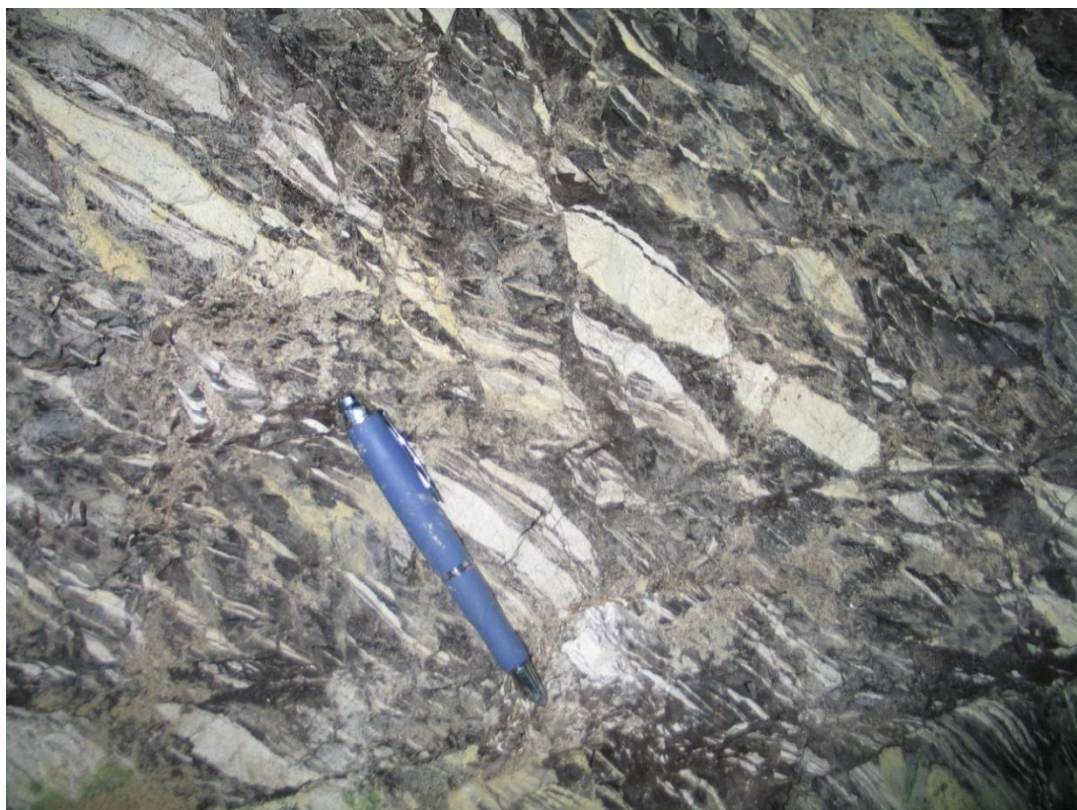
Fot.12. Miocen. Poziom ewaporytowy  
1-118



Fot.13. Jednostka skolska. Karpaty. Warstwy menilitowe. Dajki piaskowcowe



Fot.14. Jednostka skolska. Karpaty. Warstwy menilitowe. Deformacje kompresyjne





Fot.15. Jednostka skolska. Karpaty. Warstwy menilitowe. Silne spękania.



Fot.16. Jednostka skolska. Karpaty. Warstwy menilitowe. Deformacje synsedymencyjne



Fot. 17. Piaskowce kliwskie. Spękania ekstensyjne



Fot.18. Piaskowce kliwskie. Spękania ekstensyjne



Fot. 19. Jednostka skolska. Łupki pstre



Fot.20. Jednostka skolska. Warstwy krośnieńskie. Spękania ekstensyjne  
1-123



Fot.21. Jednostka skolska. Margle krzemionkowe.



Fot.22. Jednostka skolska. Margle krzemionkowe



Fot. 23. Jednostka skolska. Strefa brzeżna. Deformacje kompresyjne.



Fot. 24. Jednostka skolska. Zuskokowane warstwy hieroglifowe



Fot. 25. Jednostka skolska. Warstwy inoceramowe.  
1-126



Fot.26. Jednostka skolska. Warstwy inoceramowe.

### ***Kryteria geologiczne do wyboru miejsc składowania***

Pierwszą wstępną selekcję struktur przydatnych do składowania CO<sub>2</sub> oparto o podstawowe kryteria geologiczne (Chadwick et al., 2006, z modyfikacjami):

- a) głębokość składowania > 800 m, < 2500 m
- b) przepuszczalność > 300 mD (50-100 mD)
- c) porowatość efektywna > 20% (> 10%)
- d) miąższość efektywna > 30 m
- e) uszczelnienie (o budowie ciągłej, niezaburzonej) > 50 m
- f) mineralizacja > 30g/dm<sup>3</sup>

Już wstępna analiza przekrojów (**Fig. 1.1.1\_z2**) nakazywała rozważenie możliwości składowania jedynie w kilku fragmentach ocenianego regionu. W grę wchodził obszar przykarpacki i ewentualnie fragmenty mioceńskiego przedpola.

Obszar jest terenem eksploatacji złóż (**Fig. 1.1.1\_39**), które są ciągle intensywnie eksploatowane – po zakończeniu eksploatacji przewidziane są prace badawcze mające na celu ewentualność wykorzystania obszarów pokopalnianych jako tereny ewentualnych magazynów gazu jak też przydatności do sekwestracji (G. Leśniak - inf. ustna).

Prace badawcze jednak nie mogą się rozpocząć przed zakończeniem eksploatacji. Zatem obszary kopalniane muszą na obecnym etapie zostać wykluczone jako ewentualne miejsca składowania. Rejon jest stosunkowo dobrze rozwiercony – przez lata pozostanie problem stopniowej likwidacji otworów wiertniczych, na obecnym etapie eksploatacji nie można przewidzieć okresu likwidacji czy też czasu trwania eksploatacji poszczególnych złóż.

Wstępnie przyjęte kryteria oceny nakazują rozważenie głębokości między 800 – 2500 m jako ekonomicznie uzasadnionej dla procesów składowania. Tę przestrzeń na ocenianym obszarze zajmuje pokrywa sfałdowanych lub niesfałdowanych utworów miocenu, pokrywających transgresyjnie skonsolidowany blok podłoża – głównie utworów prekambriu (**Fig. 1.1.1\_37**).

Jako poziomu uszczelniające należałoby by przyjąć jedynie szeroko rozprzestrzeniony poziom ewaporytowy bądź też pokrywę nasuniętego górotworu Karpat Zewnętrznych.

Budowa geologiczna obszaru przedpola w znacznym stopniu determinuje możliwości oceny obszaru. Stosunkowo prosta budowa geologiczna obszaru powoduje łatwość oceny przydatności tego obszaru dla celów składowania. Relacje podłoża podmioceńskiego i mioceńskiej pokrywy wskazują w istocie na brak pewnego i nieobarczonego ryzykiem jak również spełniającego jakikolwiek wymogi miejsca do składowania.

Przyjmowane za dobry horyzont uszczelniający horyzonty ewaporatowe występują fragmentarycznie, nie stanowią zwartej, jednolitej litologicznie pokrywy uszczelniającej (liczne wkładki zlepieńców i piaskowców) – sekcje sejsmiczne ukazują znaczne ich zuskokowanie. Poziom ewaporatowy w istocie nie jest do końca



rozpoznany wiertniczo (w wielu przypadkach poziom rozpoznano na podstawie charakterystyki logów otworowych)

Istotnym, rozstrzygającym kryterium jest ich znikoma miąższość tego horyzontu - maksymalnie do kilkudziesięciu metrów, zwykle kilkanaście, występujący zwykle na poziomach transgresyjnego zlepieńca lub fragmentarycznie zachowanym tzw. poziomie podewaporatowym.

Znajdujący się bezpośrednio pod poziomem ewaporatowym blok skał kambryjskich nie spełnia żadnych kryteriów skały zbiornikowej. Typowany do oceny tzw. Poziom podewaporatowy (tzw. warstwy baranowskie na ocenianym obszarze) podobnie jak ewaporaty rozprzestrzeniony jest fragmentarycznie. Bardzo zmienny litologicznie, jako poziom transgresyjny, cechuje się ponadto znikomą miąższością (**Fig. 1.1.1\_37**), zaledwie do kilkunastu metrów – co czyni go poziomem całkowicie nieprzydatnym dla celów składowania.

Rozważana jako pokrywa uszczelniająca bądź kolektorowa sekwencja klastycznych utworów miocenu (baden-sarmat) w toku ostatnich badań okazała się kompleksem znacznie zeszcelinowanym i zuskokowym (Rauch, 2009; Rauch i inni, 2006; Krzywiec i inni, 2008, Mastalerz i inni, 2006). Wieloetapowa historia tektoniczna z licznymi etapami kompresji a zwłaszcza ekstensji powoduje silne zuskokowanie kompleksu przedpola w kilku etapach, niekiedy synsedymanetacyjne.

Słabo odsłonięte najmłodsze utwory miocenu, klasycznie nazywane łałami krakowieckimi w toku badań terenowych ukazują nie tylko struktury kompresyjne (Neścieruk i inni, 2007) ale co istotne szereg spękań związanych z etapami ekstensji odzwierciedlającymi się znacznym zuskokowaniem o typie uskoków normalnych (Rauch, 2009, fot. 1, 2), jak również istnieniem uskoków przesuwczych o pewnej składowej rotacji. Strefy dyslokacji wykorzystywane w procesie formowania złóż jako strefy migracji w znaczny sposób determinują jednak stopień bezpieczeństwa składowania dwutlenku węgla. Badań dodatkowych wymaga proces odgazowywania miocenu przedpola, podobnie jak to ma ciągle miejsce na terenie górotworu Karpat gdzie strefy nieciągłości, ścięć tektonicznych czy melanży są strefami ciągłej ekshalacji gazów. Istnienie złóż w strefach zwanych w starszej literaturze „guzami” (Reinisch, 1972) sugeruje kontakty poszczególnych bloków poprzez strefy uskoków.

Podobnie jak z pokrywa frontowego obszaru górotworu Karpat Zewnętrznych, który przeszedł dość skomplikowaną historię tektoniczną a stopień deformacji tektonicznej i zuskokowania (fot.23), jak też komplikacji nie pozwalającej na dokładne rozpoznanie stratygraficznego i tektonicznego rozpoziomowania brzeżnego fragmentu Karpat dyskwalifikuje ten fragment górotworu jako ewentualną pokrywę uszczelniającą.

Istotnym czynnikiem determinującym przydatność ocenianego regionu dla składowania jest brak znaczącego emitenta dwutlenku węgla. Poza lokalnymi ciepłowniami brak w na terenie województwa podkarpackiego zakładu produkującego znaczne ilości dwutlenku węgla. Metalurgiczne i hutnicze zakłady w Stalowej Woli nie są obecnie znacznym emitentem. Zarysowany plan rozwoju województwa podkarpackiego związany m.in. z istnieniem strefy nowoczesnej technologii zarówno w okolicach Rzeszowa jak i Mielca zakłada raczej rozwój zakładów w oparciu o niskoemisyjne, tzw. wysokie technologie. Podobnie jest w południowej części ocenianego obszaru gdzie istnieją jedynie małe zakłady czy huty szkła. W najbliższym okresie nie należy spodziewać się pojawienia znaczącego dla procesu składowania emitenta.

Istotnym czynnikiem pozostaje także kolizyjność ewentualnej strefy składowania z obszarami chronionymi. Od północy obszar zapadliska ogranicza obszar o unikalnych walorach przyrodniczych chronionych najwyższej rangi ochroną czyli parkiem narodowym – jest to obszar Rostocza. Od strony południowej i południowo - zachodniej rejon Karpat także chroniony jest m.in. parkiem krajobrazowym Pogórza Przemyskiego. W ocenianym obszarze istnieje kilka obszarów chronionych programem Natura 2000.

#### **Wnioski:**

**Oceniany rejon nie stwarza możliwości składowania dwutlenku węgla w poziomach solankowych.**

#### **Kryteria główne negujące możliwości składowania:**

- brak odpowiedniej skały kolektorskiej (miąższość utworów podewaporatowych jest zbyt mała i spękanie skał serii miocenu negują przydatność tych poziomów do składowania)
- brak odpowiedniego regionalnego poziomu uszczelniającego (poziom ewaporatowy nie osiąga wymaganej kryteriami miąższości, spękania i deformacje pokrywy nasuniętego orogenu i wyższych partii serii miocenijskich także neguje przydatność tych poziomów)

#### **Kryteria poboczne negujące możliwości składowania**

- brak odpowiednio dużego emitenta w ocenianym rejonie
- produkcja gazu ziemnego w kilku obszarach górniczych
- możliwa kolizja z obszarami chronionymi

## Rejon V - Lubelszczyzna (i Podlasie)

### Inwentaryzacja danych geofizyki wiertniczej i petrofizycznych (Teresa Adamczak)

W ramach przygotowań do interpretacji i reinterpretacji profilowań geofizycznych z otworów rejonu Lubelszczyzny, zebrano archiwalne profilowania geofizyczne w formie papierowej i/lub cyfrowej oraz inne dane (np. archiwalne dane hydrogeologiczne) użyteczne dla opracowań niniejszego projektu dla 109 otworów wiertniczych (dla 96 otworów w przypadku geofizyki wiertniczej). Zgromadzono materiały z otworów (**Tabela 1.1.1\_6**) wykonanych przez Państwowy Instytut Geologiczny oraz przez Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo (bądź firmy lub organizacje będące jego poprzednikiem).

**Tabela 1.1.1\_6** Lista wykorzystanych dokumentacji otworowych, tym geofizyki wiertniczej (karbon).

| L.p. | Nazwa otworu   | Rok wykonania | Numer arch: |
|------|----------------|---------------|-------------|
| 1    | ABRAMÓW-1      | 1970          | 122984      |
| 2    | ABRAMÓW-2      | 1969          | 118328      |
| 3    | ABRAMÓW-3      | 1970          | 118316      |
| 4    | ABRAMÓW-5      | 1970          | 116973      |
| 5    | ABRAMÓW-6      | 1970          | 7599        |
| 6    | ABRAMÓW-7      | 1986          | 7531        |
| 7    | ABRAMÓW-8      | 1972          | 7600        |
| 8    | ABRAMÓW-9      | 1971          | 116984      |
| 9    | BASZANIA 1     | 1960          | 59362       |
| 10   | BAKOWA IG-1    | 1964          | 46694       |
| 11   | BEŁŻYCE 2      | 1969          | 118816      |
| 12   | BEŁŻYCE 3      | 1970          | 118794      |
| 13   | BUSÓWNO IG-1   | 1975          | 118564      |
| 14   | BYCHAWA IG-1   | 1969          | 119013      |
| 15   | BYCHAWA IG-2   | 1972          | 119066      |
| 16   | BYSTRZYCA IG-1 | 1958          | 118995      |
| 17   | CHEŁM IG-1     | 1955          | 119353      |
| 18   | CHRZANÓW IG-1  | 1969          | 58412       |
| 19   | CIECIERZYN-1   | 1984          | 7520        |
| 20   | CIECIERZYN-5   | 1988          | 7623        |
| 21   | CZERNIC 1      | 1969          | 117375      |
| 22   | DĘBLIN 7       | 1968          | 117372      |
| 23   | DYLE IG-1      | 1965          | 58671       |
| 24   | GRÓDEK 1       | 1993          | 7515        |
| 25   | GLINNIK-2      | 1988          | 7549        |
| 26   | GRABOWIEC IG-4 | 1980          | 9485        |
| 27   | HORODŁO-1      | 1984          | 9535        |
| 28   | JARCZÓW IG-2   | 1966          | 59262       |
| 29   | KAPLONOSY IG-1 | 1962          | 117825      |
| 30   | KOCK IG-1      | 1962          | 117508      |
| 31   | KOCK IG-2      | 1969          | 117549      |
| 32   | KORCZMIN IG-1  | 1966          | 66705       |

|    |                      |      |        |
|----|----------------------|------|--------|
| 33 | KOMARÓW IG-1         | 1967 | 59011  |
| 34 | KOMARÓW 9            | 1974 | 59025  |
| 35 | KRASNYSTAW IG-5      | 1980 | 8967   |
| 36 | KRASNYSTAW IG-6      | 1983 | 9004   |
| 37 | KROWIE BAGNO IG-1    | 1970 | 117580 |
| 38 | KUMÓW IG-1           | 1965 | 119553 |
| 39 | KUMÓW IG-2           | 1966 | 58622  |
| 40 | LUBARTÓW 1           | 1970 | 116988 |
| 41 | LUBARTÓW IG-3        | 1984 | 7534   |
| 42 | LUBLIN IG-1          | 1969 | 118965 |
| 43 | LUBLIN IG-2          | 1982 | 7529   |
| 44 | ŁAGÓW 1              | 1966 | 45369  |
| 45 | ŁĘCZNA IG-9          | 1970 | 118590 |
| 46 | ŁĘCZNA IG-13         | 1971 | 118580 |
| 47 | ŁĘCZNA IG-25         | 1981 | 7557   |
| 48 | ŁĘCZNA IG-26         | 1981 | 7555   |
| 49 | ŁOPIENNIK IG-1       | 1975 | 58549  |
| 50 | ŁUKÓW IG-1           | 1960 | 119694 |
| 51 | ŁUKÓW IG-5           | 1985 | 6566   |
| 52 | MARYNIN 1            | 1987 | 8913   |
| 53 | MARYNIN 2            | 1988 | 119228 |
| 54 | MARYNIN-3            | 1988 | 8945   |
| 55 | NAROL PIG-1          | 1987 | 9088   |
| 56 | NAROL PIG-2          | 1991 | 9106   |
| 57 | NASUTÓW-1            | 1986 | 7535   |
| 58 | NASUTÓW-5            | 1988 | 7550   |
| 59 | NIEDRZWICA-3         | 1967 | 118950 |
| 60 | NIEDRZWICA-3         | 1967 | 118950 |
| 61 | NIESIOŁOWICE IG-1    | 1972 | 118785 |
| 62 | OPOLE LUBELSKIE IG-1 | 1967 | 118784 |
| 63 | OPOLE LUBELSKIE-5    | 1967 | 118810 |
| 64 | ORZECZÓW IG-3        | 1978 | 8803   |
| 65 | PARCZEW IG-10        | 1974 | 7507   |
| 66 | PASMUG-1             | 1969 | 122683 |
| 67 | PASMUG 2             | 1973 | 117037 |
| 68 | PIASKI IG-2          | 1983 | 8905   |
| 69 | PIONKI 3             | 1968 | 43394  |
| 70 | PODEDWÓRZE IG-1      | 1975 | 8704   |
| 71 | POTOK IG-1           | 1971 | 49011  |
| 72 | RACHANIE IG-1        | 1969 | 59037  |
| 73 | RADAWIEC MAŁY 1      | 1989 | 7731   |
| 57 | RADAWIEC MAŁY-2      | 1991 | 7719   |
| 74 | RADZYŃ IG-1          | 1961 | 119574 |
| 75 | ROZKOPACZEW 1        | 1970 | 126506 |
| 76 | RUDNIK IG-1          | 1970 | 58400  |
| 77 | RUSKIE PIASKI IG-2   | 1971 | 58536  |
| 78 | RUSZÓW IG-1          | 1969 | 59030  |
| 79 | SIEDLIKA IG-1        | 1970 | 117023 |
| 80 | STANIN 1             | 1996 | 119804 |

|     |                        |      |        |
|-----|------------------------|------|--------|
| 81  | STĘŻYCA 1              | 1994 | 126486 |
| 82  | STĘŻYCA 2              | 1995 | 5515   |
| 83  | STRZELCE IG-1          | 1971 | 66432  |
| 84  | STRZELCE IG-2          | 1970 | 66431  |
| 85  | ŚWIDNIK IG-1           | 1970 | 118962 |
| 86  | ŚWIDNIK-14             | 1983 | 7558   |
| 87  | ŚWIDNIK-16             | 1984 | 7525   |
| 88  | ŚWIDNIK-22             | 1984 | 7521   |
| 89  | ŚWIDNO IG-1            | 1971 | 118817 |
| 90  | TARKAWICA-1            | 1982 | 7471   |
| 91  | TARKAWICA-3            | 1986 | 7470   |
| 92  | TARNAWATKA IG-1        | 1969 | 59032  |
| 93  | TELATYN IG-1           | 1982 | 9474   |
| 94  | TEREBIN IG-4           | 1968 | 59033  |
| 95  | TOMASZÓW LUBELSKI IG-1 | 1965 | 59193  |
| 96  | TYSZOWCE IG-1          | 1961 | 58969  |
| 97  | TYSZOWCE IG-2          | 1969 | 59012  |
| 98  | ULHÓWEK IG-1           | 1970 | 59260  |
| 99  | URSYNÓW-1              | 1968 | 43546  |
| 100 | URZĘDÓW IG-1           | 1969 | 118802 |
| 101 | WIERZCHOWISKA-1        | 1987 | 6655   |
| 102 | WILCZANKA-1            | 1990 | 6613   |
| 103 | WILCZOPOLE 1           | 1971 | 119065 |
| 104 | WIERZBICA-1            | 1982 | 9379   |
| 105 | WŁODAWA IG-2           | 1975 | 9340   |
| 106 | ZAKRZEW IG-1           | 1971 | 58414  |
| 107 | ZAKRZEW IG-3           | 1968 | 58415  |
| 108 | ZEMBORZYCE 5           | 1972 | 118776 |

Dla następujących 32 otworów zinwentaryzowano archiwalne dane petrofizyczne: Abramów 2,3,5,8,9; Białopole IG-1; Busówno IG-1; Horodło 1; Jarczów IG-2; Kaplonosy IG-1; Kock IG-1; Krowie Bagno IG-1; Lublin IG-1; Łopiennik IG-1; Niedzwica IG-1; Opole Lubelskie IG-1; Parczew IG-1; Pasmug-1; Radzyń IG-1; Roskosz-1; Ruszów IG1-1; Siedliska IG-1; Strzelce IG-1; Strzelce IG-2; Święcica 1; Tarkawica 1; Tarnawatka IG-1; Terebin IG-1; Terebin IG-4; Tomaszów Lubelski IG-1; Wierzbica 1; Wilczanka 1.

Zebrane dane stanowiły materiał wyjściowy do dalszych opracowań i analiz pod kątem sekwestracji CO<sub>2</sub>.

## **Charakterystyka formacji geologicznych odpowiednich do składowania CO<sub>2</sub> (karbon)** **(Maria I. Waksmundzka)**

Do wstępnego rozpoznania profili karbonu pod względem ich perspektywiczności do składowania CO<sub>2</sub> na obszarze Lubelszczyzny, w pierwszej kolejności wytypowano 114 otworów wiertniczych na podstawie dotychczasowych wyników badań sedimentologicznych i stratygrafii sekwencyjnej (Waksmundzka, 2008, 2010). Selekcja otworów nastąpiła z założeniem ich równomiernego rozmieszczenia na całym badanym obszarze, z tego względu że potencjalnie zbiornikowe piaskowce praktycznie mogą występować w każdym profilu otworu. Związane jest to ze specyficznym wykształceniem litologicznym utworów karbonu, które zawsze charakteryzuje się mniejszym lub większym udziałem piaskowców. Z tego też względu konieczne było zbadanie profili litologicznych oraz profili geofizyki otworowej w celu wybrania tych, w których piaskowce występują w perspektywnym zakresie głębokości 800-2000 m, mają miąższości ok. 20-30 m oraz powyżej nich utwory uszczelniające o minimalnej miąższości 50 m.

Pierwszy etap selekcji otworów wykazał konieczność wyeliminowania 27 profili otworów, z których w pojedynczych nie występowały utwory karbonu, natomiast w pozostałych brakowało piaskowców o wymaganej miąższości lub interwałów uszczelniających. Są to profile zlokalizowane na wschodnim oraz południowo-zachodnim skraju basenu lubelskiego, gdzie utwory karbonu są w stropie bardzo silnie zredukowane erozyjnie. Rejon wschodniej i północno-wschodniej Lubelszczyzny został wyeliminowany z badań ze względu na zbyt płytkie występowanie utworów karbonu. Na pozostałym obszarze większa część profili utworów karbonu występuje w perspektywnym zakresie miąższości.

W drugim etapie badań przeanalizowano pozostałe 87 profili i wydzielono w nich od jednego do 2-3 poziomów piaskowcowych wraz z uszczelnieniem o wymaganej miąższości. Dane stratygraficzne oraz zakresy głębokościowe wydzielonych poziomów z tych otworów zostało wczytanych do bazy danych otworowych, jako podstawa do dalszych badań petrograficznych, petrofizycznych oraz modelowań. W tym etapie badań zostały wyselekcjonowane profile do badań petrofizycznych, te spośród 87, z których obecnie dostępne są rdzenie wiertnicze. Warunek ten spełniało mniej niż połowa otworów wiertniczych.

W trzecim etapie badań przeanalizowano archiwalne oraz głównie wykonane w ramach tego tematu wyniki badań petrofizycznych – porowatości i przepuszczalności. W tym etapie możliwe było wyselekcjonowanie spośród profili karbonu w poziomami piaskowcowymi i uszczelnieniami o wymaganych miąższościach, tych które mają również wymagane wartości porowatości i przepuszczalności, czyli są właściwymi poziomami kolektorskimi. Analiza ta wykazała, że część spośród badanych piaskowców z ok. 20 otworów posiada wymaganą porowatość, ale niestety ich przepuszczalność jest zbyt mała. Kończącym etapem badań była analiza właściwych poziomów kolektorskich, które stwierdzono w ok. 22 profilach otworów, określenie ich wieku, jak również ciągłości lateralnej lub jej braku, które przeanalizowano na podstawie korelacji w rozdziale **1.1.1\_3**.

Podstawą analizy wieku wydzielonych poziomów piaskowcowych oraz uszczelniających były wyniki stratygrafii sekwencyjnej oraz jej korelacji z podziałem chronostratygraficznym karbonu (Waksmundzka, 2008, 2010). Wykazała ona, że w profilu karbonu występują trzy poziomy kolektorskie, tj.: poziom I wieku niższy namur A (sekwencje 6, 7), poziom II wieku wyższy namur B i namur C (sekwencje 11, 12) oraz poziom

III wieku niższy westfal A. Na **Figurach 1.1.1\_40** oraz **1.1.1\_41** dla uproszczenia przyjęto, że wiek poziomu I odpowiada namurowi A, poziomowi II – namurowi BC i poziomowi III – westfalowi A.

Na mapie rozprzestrzenienia głównych poziomów zbiornikowych (**Fig. 1.1.1\_41**) najmniejszą powierzchnię zajmuje poziom I (namur A), który spotykany jest w centralnej Lubelszczyźnie, w profilach otworów Glinnik 2, Abramów 1, Nasutów 1 oraz Kock IG 2. Trzy pierwsze profile występują na obszarze antyklinali Glinnika, Abramowa i Nasutowa, więc profile te spełniają wszystkie wymagania dla perspektywicznych poziomów kolektorskich. Jednakże ze względu na małą rozciągłość lateralną poziom I na obszarze Lubelszczyzny ma najmniejszą perspektywiczność. Poziom II (namur BC) ma dużo większe rozprzestrzenienie. Rozciąga się z północnego-zachodu (rejon otworów Stężycza 1, 2, Rycice 2, Dęblin 7, Wilczanka 1) do centralnej Lubelszczyzny (rejon otworów Lublin IG 2, Nasutów 1, Lubartów IG 3, Kock IG 2, Siedliska IG 1). Poziom ten ma wysoką perspektywiczność ze względu na to, że jego rozprzestrzenienie w rejonie Stężyc-Rycic, Dęblina, Lublina i Glinnika pokrywa się z występującymi tam strukturami antyklinalnymi. Poziom III (westfal A) posiada średnią perspektywiczność, ze względu na duży obszar występowania, bardzo duże miąższości, ale pokrywanie się ze strukturami antyklinalnymi tylko w swojej południowej części w rejonie Lublina IG 1 i Świdnika IG 1. Niestety, ale jego północno-wschodni rejon występowania leży w strefie gdzie nie występują wyraźne struktury antyklinalne. Dlatego też za najbardziej perspektywiczną należy uznać strefę ciągnącą się z północnego-zachodu z rejonu Stężyc-Rycic na południowy wschód do okolic otworów Nasutów 1, Lublin IG 2, Lublin IG 1, Świdnik IG 1.

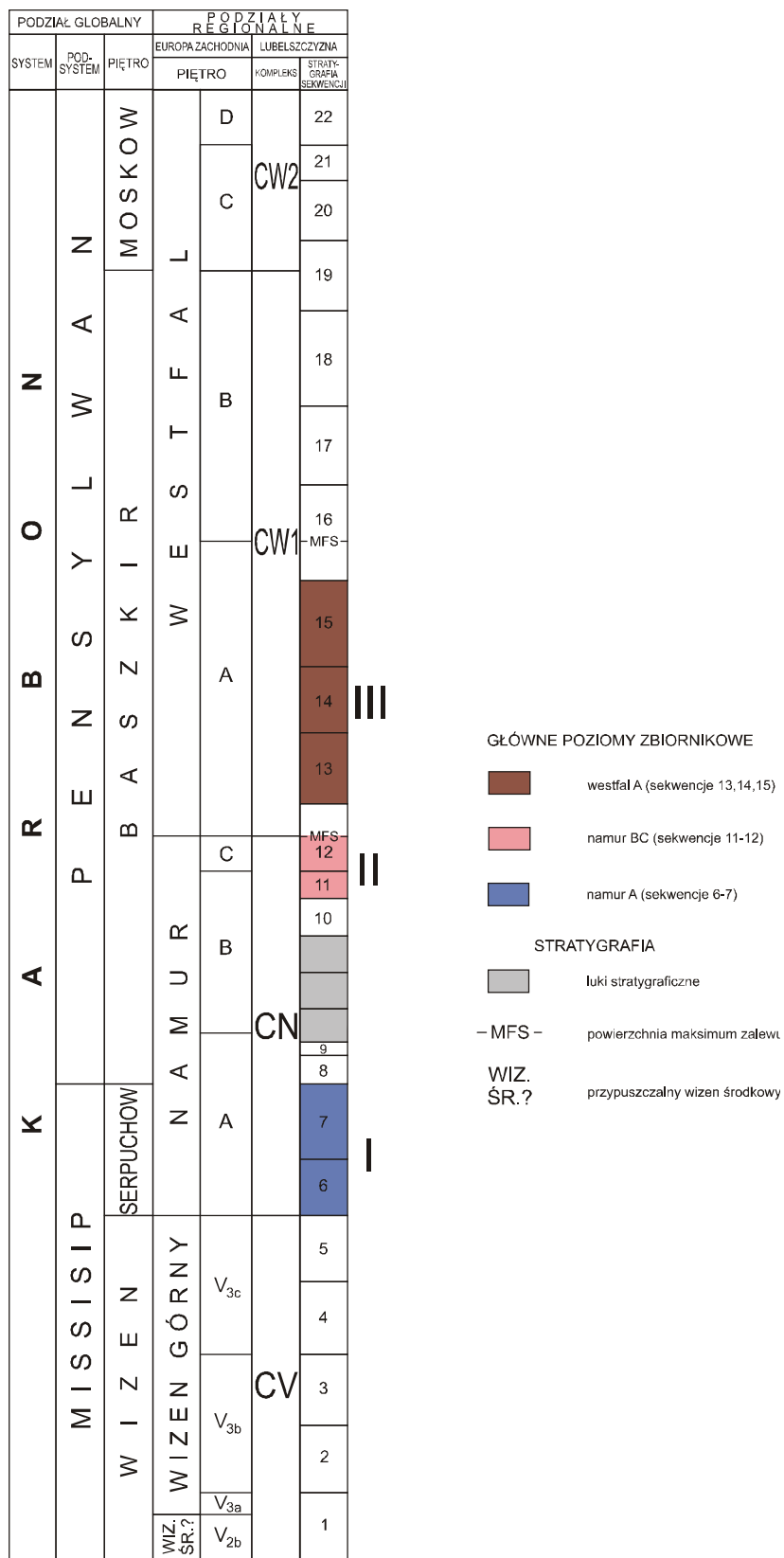
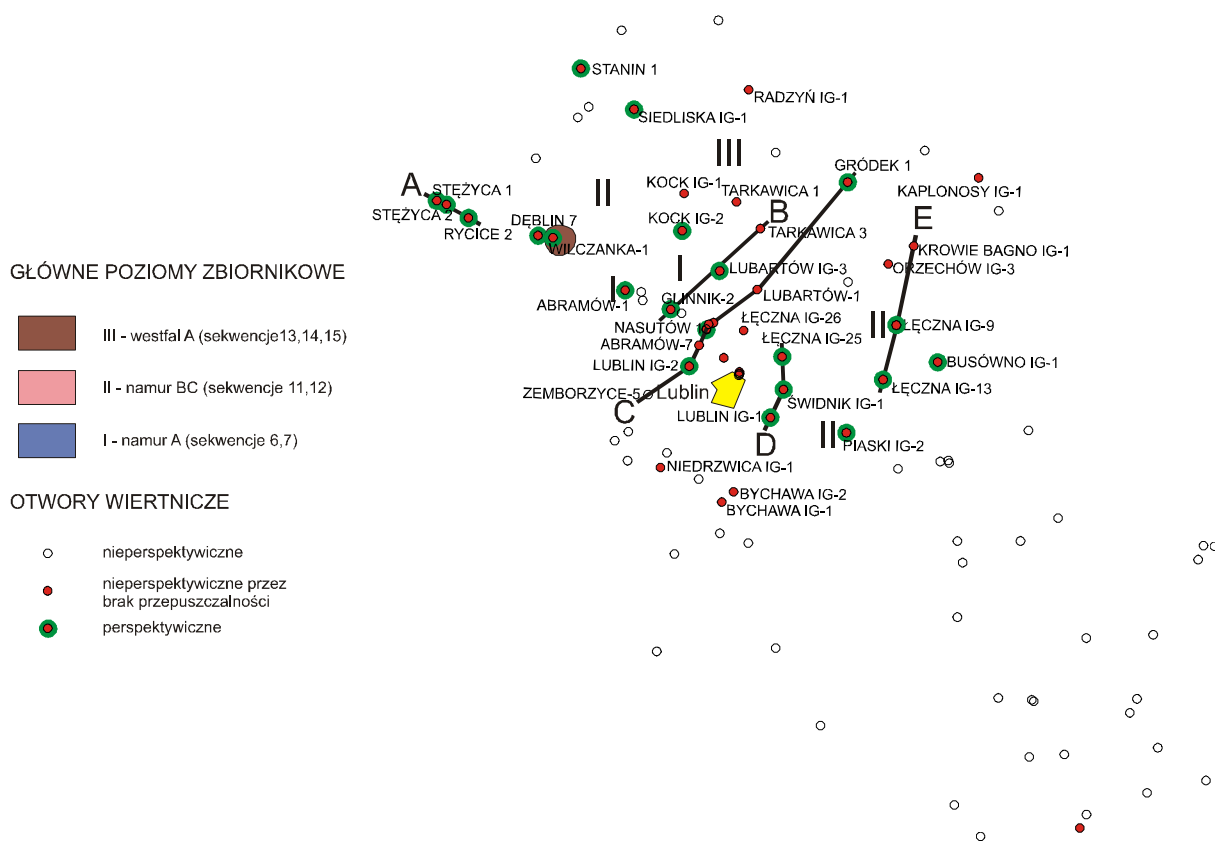


Fig. 1.1.1\_40 Główne poziomy zbiornikowe w profilu utworów karbonu Lubelszczyzny

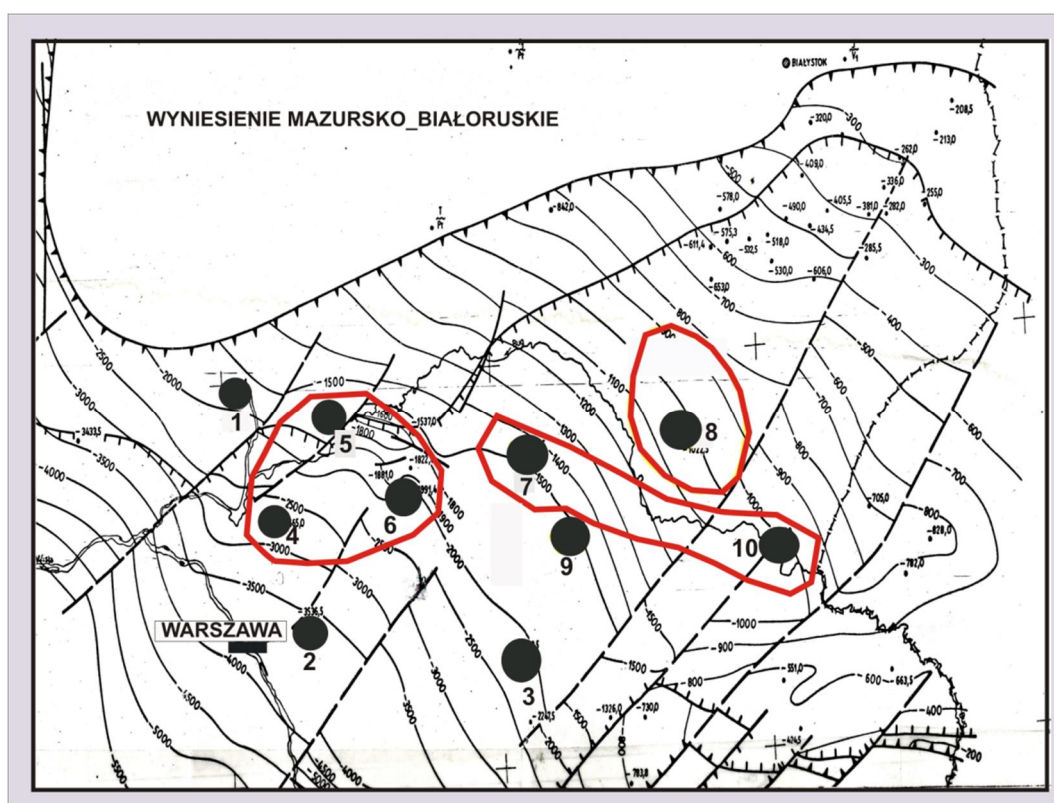




**Fig. 1.1.1\_41** Mapa rozprzestrzenienia głównych poziomych zbiorników karbonu na obszarze Lubelszczyzny

## Charakterystyka formacji geologicznych odpowiednich do składowania CO<sub>2</sub> w rejonie Podlasia (kambr) (Jolanta Paczeńska)

Na podstawie dotychczasowej wiedzy na temat budowy geologicznej wytypowanego obszaru, opartej na interpretacji danych otworowych dostępnych w publikacjach i opracowaniach (Jaworowski, 1971; Lenzion, 1983; Depowski, 1972; Sztukowska, 1972; Lenzion, 1974; Tomczykowa, Tomczyk, 1979; Żelichowski, Modliński, 1990; Stolarczyk i in., 2004; Paczeńska, 2010, Szewczyk, 2011; Modliński, Szymański, 2011; Paczeńska, 2012a) stwierdzono, że najkorzystniejsze warunki do składowania CO<sub>2</sub> na Podlasiu wykazują piaskowce środkowego i dolnego kambru.



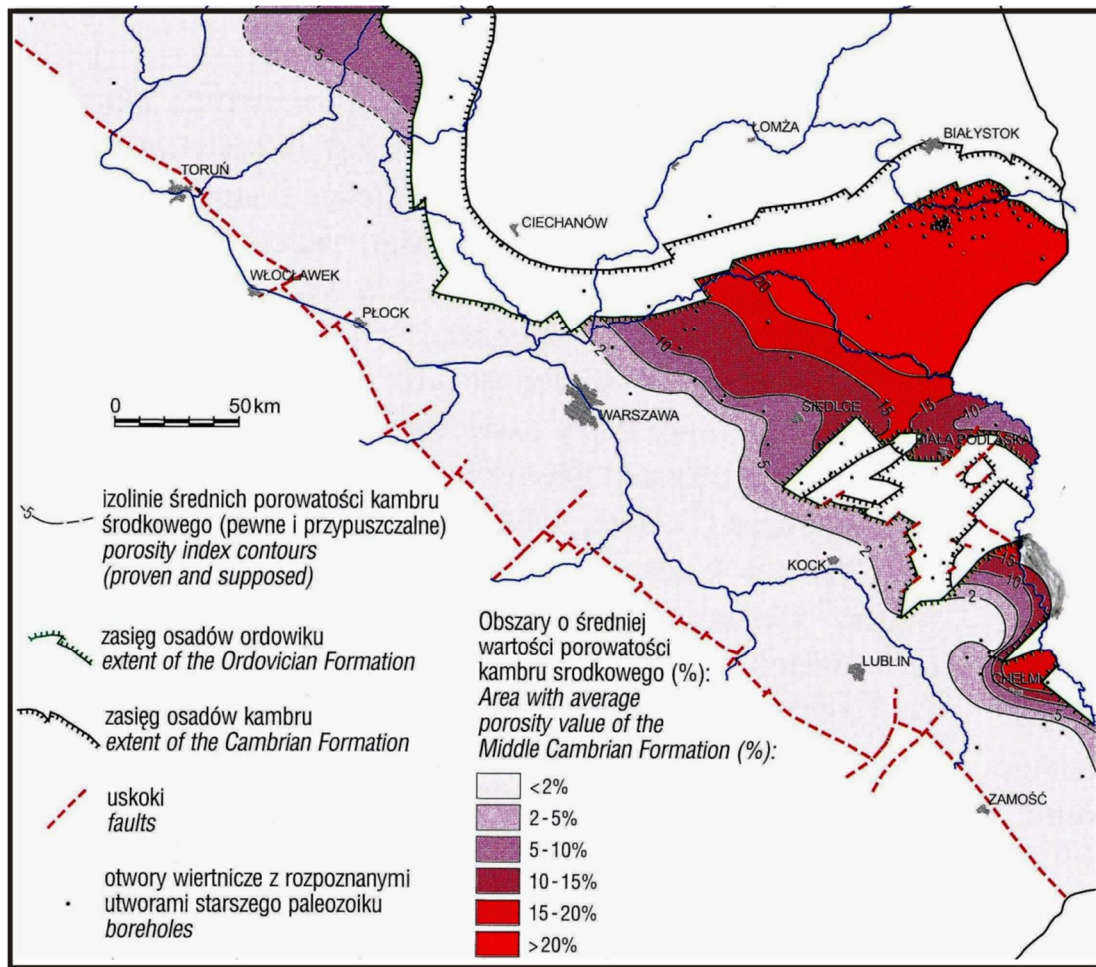
**Fig. 1.1.1\_42** Mapa strukturalna stropu kambru w obniżeniu podlaskim (Żelichowski, Modliński, 1990). Czerwoną linią zaznaczono obszar występowania utworów kambru o dobrych właściwościach zbiornikowych dla składowania CO<sub>2</sub>. Czarna kropki oznaczają otwory wiertnicze (*nawiercające kompleks kambryjski*): 1- Wyszaków IG1, 2-Okuniew IG 1, 3- Rówce 1, 4- Tłuszcz IG1, 5- Łochów IG1, 6-Łochów IG 2, 7- Wrotnów IG 1, 8- Stadniki IG 1, 9- Polaki 1, 10- Mielnik IG 1

Region Podlasia znajduje się w obrębie dużej jednostki tektonicznej jaką jest obniżenie podlaskie. Wspomniana jednostka rozciąga się z WSW ku ENE i kontynuuje się na terytorium Białorusi w strefie wyraźnego obniżania się prekambryjskiego podłoża krystalicznego między jego wyniesionymi strefami: wyniesieniem mazursko-białoruskim a zrębem Łukowa. Obniżenie podlaskie wypełniają utwory wulkanogeniczne i klastyczne ediakaru oraz utwory klastyczne i węglanowe paleozoiku, mezozoiku i kenozoiku o łącznej miąższości przekraczającej 4000 m. Miąższość wspomnianych utworów wyraźnie wzrasta ku SW w związku z zapadaniem podłoża krystalicznego w tym kierunku. Utwory dolnego paleozoiku reprezentowane są przez utwory kambru, ordowiku i syluru.

Wykorzystując istniejące bazy danych, na podstawie danych z 10 otworów wiertniczych określono na mapie obszar występowania utworów kambru dolnego i środkowego w zakresie głębokości 800-2500 m, wykazujących dobre własności zbiornikowe do składowania CO<sub>2</sub> (**Fig. 1.1.1\_42**).

Profil kambru w omawianym regionie budują przewarstwiające się piaskowce, mułowce i łowce o sumarycznej, zróżnicowanej regionalnie miąższości, przekraczającej 600 m. Największe miąższości kambru występują w zachodniej części obniżenia podlaskiego, gdzie w otworze Okuniew IG 1 osiągają miąższość 604 m. W NE części obniżenia podlaskiego miąższość utworów kambru nie przekracza 42 m i wyklinowują się one na południowym skłonie prekambryjskiego wyniesienia mazursko-białoruskiego. Jednym z głównych obok odpowiednio wysokich wartości porowatości i przepuszczalności, kryteriów przydatności utworów do składowania CO<sub>2</sub> jest głębokość ich zalegania w interwale 800 – 2500 m. Dla utworów kambryjskich warunek ten jest spełniony tylko w centralnej części obniżenia podlaskiego, na linii otworów Wyszaków IG 1-Wrotnów IG 1-Stadniki IG 1-Mielnik IG 1. W NE części obniżenia utwory kambru zalegają zbyt płytko, znacznie powyżej 800 m, w jego części zachodniej zbyt głęboko, poniżej 3000 m.

Utwory kambru w obniżeniu podlaskim cechują się bardzo dobrymi własnościami zbiornikowymi, co jest szczególnie charakterystyczne dla piaskowcowych utworów kambru środkowego (**Fig. 1.1.1\_43**). Ogólnie maksymalna wartość porowatości piaskowców przekracza 22 %, a przepuszczalność osiąga wartości kilkuset miliardów. Wartości maksymalne występują lokalnie, częstsze są wartości porowatości zawarte w przedziale 12-18 % (Depowski, 1972). Przykładem mogą być interpretowane z zapisów pomiarów geofizycznych wartości porowatości efektywnej w profilu Stadniki IG 1, wynoszące w dolnym, dolnokambryjskim zbiorniku 14 % w części spągowej zbiornika na głębokości 1481,0 m, w interwale głębokości 1481,0 – 1390,0 m wynoszą 18-19 % oraz w części stropowej zbiornika na głębokości 1388,0 – 1358,0 wynoszące 16 % (według Szewczyka, 2011). W górnym, środkowokambryjskim zbiorniku podobnie interpretowane wartości porowatości efektywnej wynoszą w najniższej części zbiornika na głębokości 1255,0 m – 1245,3 m 13 %, w interwale głębokości 1238,9 – 1224,5 m wynoszą 23 % oraz w części stropowej zbiornika na głębokości 1224,0 – 1193,4 osiągają w całym interwale głębokości wartości do 30 % (według Szewczyka, 2011). W kambryjskiej części profilu Stadniki IG 1 przepuszczalność osiąga wartości 260 – 582 mD. Oznaczenia porowatości efektywnej wykonane w Instytucie Geologicznym na próbkach piaskowców środkowokambryjskich z rdzeni wiertniczych, dostarczyły uśrednionych wartości porowatości w utworach kambru dla otworów: Mielnik IG 1 19,7-25 %; Łochów IG 1 5,2-21,4 %, Tłuszcz IG 1 6,3-19,1 % (Sztukowska, 1972). Przytoczone wyżej wartości porowatości efektywnej są więc dobre i bardzo dobre w świetle wymagań stawianych zbiornikom CO<sub>2</sub> pod względem porowatości.



**Fig. 1.1.1\_43** Fragment mapy średnich wartości porowatości utworów kambru środkowego w NE, E i SE Polsce (Stolarczyk i in., 2004)

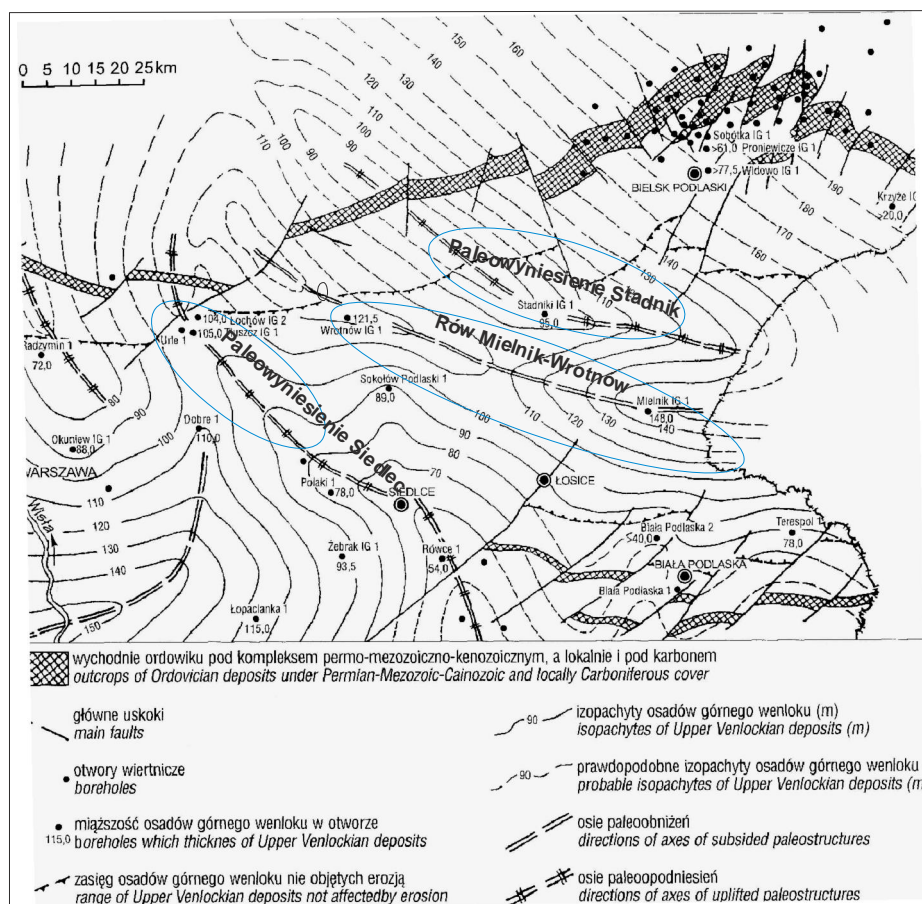
Na obszarze obniżenia podlaskiego występują w prekambryjskim podłożu krystalicznym lokalne wyniesienia i obniżenia, związane z jego budową strukturalną. Szczególnie korzystną

dla możliwości składowania CO<sub>2</sub> jest obecność lokalnych wyniesień w prekambryjskim podłożu krystalicznym. Jak wynika to z mapy strukturalno-tektonicznej podłoża krystalicznego polskiej części kratonu wschodnioeuropejskiego, są to prawdopodobnie wyniesienia o charakterze zrębowym, ograniczone uskoki w podłożu krystalicznym (Kubicki, Ryka, 1982). Prekambryjskie założenia uskokowe wspomnianych struktur nie kontynuują się w paleozoicznym planie strukturalnym tego rejonu. Obok wyniesień na mapie rysują się obniżenia strukturalne, tworzące wydłużone struktury rowowe (**Fig. 1.1.1\_44**).



**Fig. 1.1.1\_44** Fragment mapy strukturalnej powierzchni stropowej prekambryjskiego podłoża krystalicznego, pokazujący plan strukturalny i lokalne struktury korzystne dla potencjalnego składowania CO<sub>2</sub> (według Kubickiego, Ryki, 1982)

Obecność paleowyniesień w centralnej części obniżenia podlaskiego, na linii otworów Wyszków IG 1- Wrotnów IG 1- Stadniki IG 1- Mielnik IG 1 odwzorowuje mapa miąższości osadów górnego wenloku (Tomczyk, Tomczykowa, 1979 w: Stolarczyk i in., 2004), pokazująca lokalne paleowyniesienia podłoża krystalicznego w rejonie otworu Stadniki IG 1 (paleowyniesienie Stadnik) oraz paleowyniesienie Siedlec o wydłużonym kształcie, ze zlokalizowanymi w pobliżu jego osi otworami Tłuszcz IG 1, Łochów IG 2 i Wyszków IG 1. Na wspomnianych strukturach występuje wyraźne zmniejszenie się miąższości utworów wenloku. Paleobniżenia reprezentuje rów Mielnika-Wrotnowa, rozciągający się między otworami Mielnik IG 1 i Wrotnów IG 1.



**Fig. 1.1.1\_45** Mapa miąższości utworów górnego wenloku w obniżeniu podlaskim (według Tomczykowej, Tomczyka, 1979, zmieniona). Niebieską linią zaznaczono paleowyniesienia i paleoobniżenia rozwinięte na prekambryjskich założeniach tektonicznych

Wszystkie wyżej wymienione struktury, które zaznaczają się na mapie miąższości wenloku mają swoje założenia w prekambryjskim planie strukturalnym podłoża krystalicznego.

### Paleowyniesienie Stadnik

Jedna z dobrze rozpoznanych pod względem możliwości składowania CO<sub>2</sub> struktur wyniesionych, znajduje się w rejonie Stadnik (Paczeńska, 2012 a), w brzeżnej, wschodniej części obniżenia podlaskiego. Obszar ten został rozpoznany tylko jednym otworem wiertniczym Stadniki IG 1. Otwór przewiercił utwory kambru i został zatrzymany na głębokości 1560,5 m w skałach prekambryjskiego podłoża krystalicznego. Kolektor Stadnik znajduje się w utworach kambru na głębokości 1532,0-1182,5 m i jest przykładem dwupiętrowego zbiornika składowania CO<sub>2</sub>, znajdującego się zarówno w utworach kambru dolnego, jak i środkowego. Jego sumaryczna miąższość wynosi 191,0 m.

Dolny zbiornik o miąższości 129,4 m znajduje się w utworach dolnego kambru i zalega na kompleksie heterolitów piaskowcowo-mułowcowo-iłowcowych. Najniżej położona część zbiornika znajduje się na głębokości 1481,0 – 1351,6 m. W części stropowej zbiornik budują piaskowce drobnoziarniste i różnoziarniste, w części przyspągowej są to piaskowce gruboziarniste, miejscami zlepieńcowate. Lokalnym uszczelnieniem zbiornika dolnokambryjskiego jest poziom skał ilasto-mułowcowych o miąższości 112,7 m, zalegający w interwale głębokości 1351,6 – 1238,9 m. Górny zbiornik występuje w interwale głębokości 1255,0-1193,4 m, ponad uszczelnieniem dolnego zbiornika. Jego miąższość wynosi 61,6 m. Dolna część górnego zbiornika zbudowana jest z piaskowców, reprezentujących najwyższy dolny kambur. Od głębokości 1230,0 m do stropu na głębokości 1193,4 m, zbiornik budują utwory środkowego kambru. Górny zbiornik struktury Stadnik zbudowany jest ze słabo zwięzłych piaskowców drobnoziarnistych. Skały te cechuje bardzo niski stopień diagenezy. Są to skały silnie porowate, zawierające niewielkie ilości spoiwa. Wspomniane wcześniej cechy korzystnie wpływają na własności zbiornikowe górnego kolektora.

### **Rów Mielnik-Wrotnów**

Struktura rowowa Mielnik-Wrotnów znajduje się między dwoma paleowyniesieniami. Od NE sąsiaduje z paleowyniesieniem Stadnik, od SW graniczy z paleowyniesieniem Siedlec (**Fig. 1.1.1\_44,45**). W strukturze Mielnik-Wrotnów system składowania CO<sub>2</sub> został rozpoznany otworami Mielnik IG-1 i Wrotnów IG-1. Poziomy zbiornikowe znajdują się w utworach kambru. Poziomy uszczelniające zalegają lokalnie w dolnym kambrze oraz w ordowiku i sylurze.

W otworze Mielnik IG-1 stwierdzono występowanie dwóch poziomów skał zbiornikowych o bardzo dobrych własnościach zbiornikowych. Dolny zbiornik znajduje się w utworach dolnego kambru na głębokości 1504,1-1364,0 i osiąga miąższość 140,1 m. Jest zbudowany z piaskowców drobnoziarnistych, miejscami różnoziarnistych, a w części spągowej z gruboziarnistych. Porowatość efektywna osiąga wartości od 8,8-21 % (Sztukowska, 1972). Ponad dolnym zbiornikiem występuje lokalny pakiet uszczelniający o miąższości 116,8 m, zbudowany z iłowców i mułowców. Górny zbiornik znajduje się w utworach środkowego kambru na głębokości 1247,2-1178,0 i osiąga miąższość 69,2 m. Budują go słabo zwięzłe piaskowce drobnoziarniste z niewielką ilością spoiwa. Wartości porowatości efektywnej w piaskowcach kambru środkowego zawarte są w przedziale 19,7-25 % (Sztukowska, 1972). Utwory kambru są uszczelnione kompleksem skał ordowiku i syluru o miąższości 596 m, zbudowanym ze skał iłowcowych, mułowcowych z wkładkami wapieni w ordowiku.

W otworze Wrotnów IG 1 występują dwa poziomy zbiornikowe. Dolny poziom znajduje się w utworach kambru dolnego na głębokości 2006,2-1832,0 i osiąga miąższość 174,2 m. Dolny zbiornik budują w spągu piaskowce drobnoziarniste przewarstwiające się z gruboziarnistymi, ku stropowi przechodzące w piaskowce drobnoziarniste bez przewarstwień materiału o grubszej frakcji uziarnienia. Współczynnik porowatości efektywnej liczony na podstawie pomiarów sondowania oporności waha się w granicach 17-20 % (Wawrzyniak, Jarzyna, 2008). Ponad dolnym poziomem zbiornikowym zalega lokalny kompleks uszczelniający na głębokości 1832–1717,5 m i miąższości 114,5 m. Budują go głównie mułowce z nielicznymi wkładkami piaskowców drobnoziarnistych. Górny zbiornik zlokalizowany w kompleksie piaskowców drobnoziarnistych znajduje się w najwyższej części utworów dolnokambryjskich oraz w utworach środkowego kambru na głębokości 1717,5-1608,7 m i ma miąższość 108,8 m. Współczynnik porowatości

efektywnej liczony na podstawie pomiarów sondowania oporności waha się w granicach 27-33 % (Wawrzyniak, Jarzyna, 2008). Utwory kambru są uszczelnione kompleksem skał ordowiku i syluru o łącznej miąższości 286,1 m, na który składa się pakiet skał iłowcowych i mułowcowych syluru o miąższości 256,9 m oraz pakiet wapienno-dolomitowy ordowiku o miąższości 29,2 m.

### **Paleowyniesienie Siedlec: rejon Urle-Tłuszcz-Łochów-Wyszków**

Rejon otworów Urle 1-Tłuszcz IG 1-Łochów IG 1 i IG 2-Wyszków IG 1 znajduje się w pobliżu osi paleowyniesienia Siedlec, w jego NW części (**Fig. 1.1.1\_44**). Poziomy zbiornikowe, przydatne do składowania CO<sub>2</sub> znajdują się w utworach kambru.

W otworze Tłuszcz IG-1 dolny zbiornik znajduje się w utworach dolnego kambru na głębokości 2367,1-2266,2 m i ma miąższość 100,9 m. Budują go piaskowce drobno-i średnioziarniste z przewarstwieniami piaskowców gruboziarnistych i różnoziarnistych. Porowatość efektywna osiąga wartość kilkunastu procent, maksymalna jej wartość na głębokości 2292,4 m wynosi 22,5 % (Sztukowska, 1972). Dolny zbiornik jest uszczelniony mułowcowo-iłowcowymi utworami dolnego kambru o miąższości 107,4 m. Ponad uszczelnieniem lokalnym znajduje się górny zbiornik, którego spągowa część znajduje się na głębokości 2158,8 m w utworach najwyższej części dolnego kambru. Jego stropowa część zalega na głębokości 1990,7 m. Miąższość zbiornika wynosi 168,1 m. Zbiornik jest zbudowany z piaskowców drobnoziarnistych z bardzo nielicznymi przewarstwieniami piaskowców różnoziarnistych. Zbiorniki kambryjskie są uszczelnione sylursko-ordowickim kompleksem iłowcowo-wapiennym o łącznej miąższości 323,2 m, w którym 27 m stanowią dolomity, iłowce i mułowce ordowiku oraz 296,2 m iłowce i mułowce syluru.

W profilu otworu Łochów IG 2 znajdują się dwa poziomy zbiornikowe o dobrych i bardzo dobrych własnościach zbiornikowych. Dolny poziom znajduje się w utworach dolnego kambru na głębokości 2398,0-2207,1 i ma miąższość 190,9 m. Jest zbudowany w przeważającej części z piaskowców drobnoziarnistych, miejscami przechodzących w średnio-i różnoziarniste z nielicznymi, bardzo cienkimi wkładkami iłowców. Dolny zbiornik jest uszczelniony dolnokambryjskim kompleksem iłowcowo-mułowcowym o miąższości 149,1 m. Monolityczny, górny zbiornik zbudowany jest w całości ze słabo zwięzłych piaskowców drobnoziarnistych od głębokości 2058,0 m w najwyższej części profilu dolnokambryjskiego, do głębokości 1922,3 m w profilu środkowokambryjskim. Miąższość górnego zbiornika wynosi 135,7 m. Średnie wartości porowatości dla tych utworów, uzyskane w wyniku analiz porozymetrycznych rdzeni wiertniczych maksymalnie osiągają 35%. Zbiorniki kambryjskie uszczelnia iłowcowo-mułowcowo-wapienny kompleks sylursko-ordowicki o miąższości 345,3 m. Skały uszczelnienia mają bardzo niskie przepuszczalności i porowatości.

Ze względu na położenie w strefie tektonicznej i wynikającą z tego faktu redukcję uszczelniającego utwory kambru, sylursko-ordowickiego kompleksu skał iłowcowo-mułowcowych, profil otworu Łochów IG 1 i Wyszków IG 1 nie może być brany pod uwagę w analizie przydatności omawianego obszaru do składowania CO<sub>2</sub>. Na kompleksie utworów kambryjskich zalegają w profilu Łochów IG 1 wapienno-dolomityczne skały ordowiku oraz dolomityczno-piaskowcowe utwory permu, w profilu Wyszków IG 1 są to również permskie utwory dolomityczno-wapienno-mułowcowe, nie gwarantujące dobrych i pewnych parametrów uszczelniających.



## **Inwentaryzacja danych hydrogeologicznych (Lidia Razowska-Jaworek)**

W celu wskazania potencjalnych poziomów najlepszych dla geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w regionie lubelskim dokonano analizy parametrów hydrogeologicznych głównie na podstawie wyników uzyskanych z opróbowania poziomów zbiornikowych w głębokich otworach badawczych, poszukiwawczych i hydrogeologicznych Państwowego Instytutu Geologicznego oraz w głębokich otworach wiertniczych Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa. Przeanalizowano 157 otworów wiertniczych ujmujących kompleksy skał o zróżnicowanych właściwościach zbiornikowych i dużym zróżnicowaniu mineralizacji oraz warunków ciśnieniowych, które mogą być potencjalnie zbiornikami do składowania CO<sub>2</sub>. Otwory ujmowały utwory od proterozoiku po kredę dolną.

W celu wstępnego wytypowania formacji wodonośnych do dalszej, szczegółowej analizy potencjału do składowania CO<sub>2</sub>, poza otworami, przeanalizowano opracowania kartograficzne oraz materiały archiwalne, w tym między innymi: Atlas hydrochemiczny i hydrodynamiki paleozoiku i mezozoiku oraz ascenzyjnego zasolenia wód podziemnych na Niżu Polskim (Bojarski, 1996); Geneza i paleohydrogeologiczne warunki występowania wód zmineralizowanych na Niżu Polskim (Paczyński, Pałys, 1970); Mapa miąższości strefy wód słodkich (zwykłych); Atlas hydrogeochemiczny Polski 1:2000000, (Płochniewski, 1977); Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku, mezozoiku i permu. Skala 1:1000000 (Pożaryski, Radwański, 1972); Atlas wód geotermalnych Niżu Polskiego. Zbiorniki dolnojurajski i dolnokredowy. Katalog otworów wiertniczych i studni głębinowych w utworach kredy dolnej i jury dolnej na Niżu Polskim. (Górecki red., 1990).

Przy wydzieleniu formacji o wysokim potencjale do lokowania CO<sub>2</sub> uwzględniano następujące kryteria hydrogeologiczne: głębokość 1000 – 4000 m, miąższość ponad 20 m i obecność izolującego nadkładu, dominujące facje piaskowcowe. Ograniczony potencjał posiadają obszary, gdzie facje piaskowcowe są zastąpione drobnoziarnistymi klastycznymi osadami, zredukowana porowatość piaskowców do 10%, miąższość 10-20 m lub głębokość pomiędzy 800-1000 m.

Procesy przemian chemicznych wód i ich przemieszczania się zachodzą na ogół w czasie geologicznym i obecnie są trudno zauważalne. Jednak w przypadku wyraźnego zaburzenia reżimu hydrodynamicznego wywołanego na przykład bardzo dużym obniżeniem się zwierciadła wody przez intensywną eksploatację lub i towarzyszące jej odwadnianie górotworu może nastąpić wyrównywanie się ciśnień przez dopływ wód z głębszej części basenu. Zjawisko tąpnięć górniczych lub innych może spowodować odnowienie się starych szczelin tektonicznych i ascenżę wzdłuż pionowych dróg krążenia. Dlatego też uwzględniono działalność człowieka na powierzchni terenu.

Przeanalizowano 412 zbadanych poziomów zbiornikowych w otworach wiertniczych, w tym: 17 w utworach kredy z głębokości od 247 do 1060 m, o mineralizacji 0,4-19,5 g/l, 28 w utworach jury górnej z głębokości 630-1360 m, o mineralizacji 0,5-91,7 g/l, 10 w utworach jury środkowej z głębokości 804-1927 m, o mineralizacji 0,7-91,1 g/l, 123 w utworach karbonu z głębokości 470-1127 m, o mineralizacji 0,7-218,5 g/l, 180 w utworach dewonu z głębokości 919-3910 m, o mineralizacji 7,2-250,9 g/l, 40 w utworach kambru z głębokości 1498-3324 m, o mineralizacji 51,9-250,5 g/l.

Z 154 otworów z badanego obszaru w 15 były wykonywane badania porowatości i przepuszczalności skał. Osady jury zbadano w 6 otworach. Osady karbonu zbadano w 7. Osady dewonu zbadano w 11 otworach a utwory kambru w 2 otworach.

W 2010 roku wykonano badania laboratoryjne porowatości w rdzeniach z utworów karbonu dla 42 otworów wiertniczych, wykonano 442 oznaczenia.

W celu dokonania badań hydrogeochemicznych zinwentaryzowano wszelkie dostępne dane dotyczące składu chemicznego i parametrów fizyko-chemicznych w badanym rejonie. Zestawiono 412 analiz chemicznych z 154 otworów wiertniczych z głębokości od 247 m do 3910 m, w tym: 39 z utworów kambryjskich, 173 z utworów dewońskich, 119 z utworów karbońskich, 9 z utworów środkowojurajskich, 28 z górnójurajskich i 28 z kredowych. Przeanalizowano 412 oznaczeń mineralizacji, 253 oznaczenia Cl, 394 oznaczenia Ca, 133 oznaczenia Na i 397 oznaczeń K, 392 oznaczenia SO<sub>4</sub>, 394 oznaczenia HCO<sub>3</sub> i 394 oznaczenia Mg.

Dla wszystkich analiz wykonano bilans anionowo-kationowy w celu oszacowania błędu analizy i usunięto z dalszych badań te analizy, w których błąd był wyższy od 10%. W 36 przypadkach sięgnięto do oryginalnych dokumentacji ze względu na dyskusyjne wartości niektórych składników, np. brak pewności, co do jednostek dla Na w bazie PGNiG. Dokonano wglądu w następujące dokumentacje otworów głębokich z powierzchni:

Komarów 3, 4, 6, 8, 10, 11; Tyszowce IG2, Grabowiec IG1, IG3, IG4, IG5; Zubowice IG5, Chełm 14, 15, 16, 19, 20, 21, 24, 25, IG3; Terebin IG1, IG2, IG3, IG5; Marynin 1, 2, 3; Białopole IG1, Rejowiec IG1, IG2, IG3, IG4; Szlatyń 1, Pawłów 1, Ruskie Piaski IG2, Krasnystaw IG2, IG3, IG5; Rachanie IG1, IG2, 4, 5; Komarów 2, 5, 6, 7, 8, 10; Sawin IG1, IG2; Tarnawatka IG1, Tyszowce IG1, IG2; Hrubieszów IG2.

Ponadto wykorzystano informacje dotyczące badań hydrogeologicznych zawarte w publikacjach: Białobrzegi IG1, Krowie Bagno IG1, Kock IG 1, Niedzwica IG 1, Radzyń IG 1, Ruszów IG1, Tarnawatka IG1, Kaplonosy IG1, Opole Lubelskie IG 1, Strzelce IG1, Strzelce IG2, Tomaszów Lubelski IG1, Jarczów IG2, Łopiennik IG1, Lublin IG1, Holeszów IG1, Holeszów IG2, Trawniki SW2, Bychawa SW3, Bąkowa IG1, Ruda Lubycka 1, Magnuszew IG1, Busówno IG1 i Ciepeliów IG1.

## **Rejon VI - Wielkopolska - Kujawy**

### **Inwentaryzacja danych geofizyki wiertniczej i petrofizycznych (Teresa Adamczak)**

W ramach inwentaryzacji danych geofizycznych i petrofizycznych z licznych otworów wiertniczych rejonu Wielkopolska-Kujawy dla blisko 800 głębokich otworów zebrano archiwalne profilowania geofizyczne w formie cyfrowej (pliki LAS). Prace te stanowiły wstępny etap do interpretacji profilowań geofizyki wiertniczej oraz do wykonania charakterystyki formacji geologicznych odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub>. Archiwalne głębokie otwory wiertnicze, z których zarchiwizowano dane, zostały zrealizowane dla Państwowego Instytutu Geologicznego oraz w znakomitej większości dla Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa (bądź firm lub organizacji będących jego poprzednikiem).

Ponadto, na podstawie dostępnych opracowań i dokumentacji wynikowych otworów w formie papierowej, zarchiwizowano w formie cyfrowej wyniki analiz laboratoryjnych na rdzeniach wiertniczych. Analizy te obejmowały określenie parametrów petrofizycznych: porowatości, gęstości i przepuszczalności, prób skalnych rdzenia wiertniczego. Zestawiono je dla 94 otworów wiertniczych rejonu Wielkopolska-Kujawy (patrz Rozdział 1.1.5).

Zgromadzone dane z otworów wiertniczych stanowiły podstawę do dalszych analiz i opracowań pod kątem możliwości sekwestracji CO<sub>2</sub>.

## **Inwentaryzacja danych hydrogeologicznych (Lidia Razowska-Jaworek)**

W celu wskazania potencjalnych poziomów najlepszych dla geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w regionie badań Wielkopolska dokonano analizy parametrów hydrogeologicznych głównie na podstawie wyników uzyskanych z opróbowania poziomów zbiornikowych w głębokich otworach badawczych, poszukiwawczych i hydrogeologicznych Państwowego Instytutu Geologicznego oraz w głębokich otworach wiertniczych Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa. Przeanalizowano 263 otwory wiertnicze ujmujące kompleksy skał o zróżnicowanych właściwościach zbiornikowych i dużym zróżnicowaniu mineralizacji oraz warunków ciśnieniowych, które mogą być potencjalnie zbiornikami do składowania CO<sub>2</sub>. Otwory ujmowały utwory od proterozoiku po kredę dolną.

W celu wstępnego wytypowania formacji wodonośnych do dalszej, szczegółowej analizy potencjału do składowania CO<sub>2</sub>, poza otworami, przeanalizowano opracowania kartograficzne oraz materiały archiwalne, w tym między innymi: Atlas hydrochemiczny i hydrodynamiki paleozoiku i mezozoiku oraz ascenzyjnego zasolenia wód podziemnych na Niżu Polskim (Bojarski, 1996); Geneza i paleohydrogeologiczne warunki występowania wód zmineralizowanych na Niżu Polskim (Paczyński, Pałys, 1970); Atlas hydrogeochemiczny Polski 1:2000000, (Płochniewski, 1977); Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku, mezozoiku i permu, skala 1:1000000 (Pożaryski, Radwański, 1972); Atlas wód geotermalnych Niżu Polskiego. Zbiorniki dolnojurajski i dolnokredowy. Katalog otworów wiertniczych i studni głębinowych w utworach kredy dolnej i jury dolnej na Niżu Polskim. (Górecki red., 1990).

Przy wydzieleniu formacji o wysokim potencjale do lokowania CO<sub>2</sub> uwzględniano następujące kryteria hydrogeologiczne: głębokość 1000–4000 m, miąższość ponad 20 m, obecność izolującego nadkładu, dominujące facje piaskowcowe. Ograniczony potencjał posiadają obszary, gdzie facje piaskowcowe są zastąpione drobnoziarnistymi klastycznymi osadami, zredukowana porowatość piaskowców do 10%, miąższość 10-20 m lub głębokość pomiędzy 800-1000 m.

Procesy przemian chemicznych wód i ich przemieszczania się zachodzą na ogół w czasie geologicznym i obecnie są trudno zauważalne. Jednak w przypadku wyraźnego zaburzenia reżimu hydrodynamicznego wywołanego na przykład bardzo dużym obniżeniem się zwierciadła wody przez intensywną eksploatację lub i towarzyszące jej odwadnianie górotworu może nastąpić wyrównywanie się ciśnień przez dopływ wód z głębszej części basenu. Zjawisko tąpnięć górniczych lub innych masowych ruchów może spowodować odnowienie się starych szczelin tektonicznych i ascenżę wzdłuż pionowych dróg krążenia. Dlatego też uwzględniono działalność człowieka na powierzchni terenu.

Przeanalizowano 386 zbadanych poziomów zbiornikowych w otworach wiertniczych, w tym: 12 w utworach kredy z głębokości od 529 do 2540 m o mineralizacji 8,7-93,0 g/l, 13 w utworach jury górnej z głębokości 147-2180 m o mineralizacji 0,8-120,4 g/l, 10 w utworach jury środkowej z głębokości 804-2125 m o mineralizacji 10,9-214,0 g/l, 27 w utworach jury dolnej z głębokości 280-2337 m o mineralizacji 0,5-305,4 g/l, 14 w utworach triasu górnego z głębokości 765-1515 m o mineralizacji 65,0-311,0 g/l, 19 w utworach triasu dolnego z głębokości 1315-3316 m o mineralizacji 113,7-370,7 g/l, 91 w utworach permu - cechsztynu z głębokości 1028-3947 m o mineralizacji 22,0-458,4 g/l, 189 w utworach permu - czerwonego spągowca z głębokości 1075-4530 m o mineralizacji 46,9-360,2 g/l, 12 w utworach karbonu z głębokości 2355-3711 m o mineralizacji 180,2-297,6 g/l.

W 2010 roku wykonano badania laboratoryjne próbek skał ze 117 otworów wiertniczych (106 otworów w granicach Monokliny Przedsudeckiej, 5 otworów – z Niecki Mogileńsko-Uniejowskiej oraz 6 otworów – z Wału Kujawskiego). W niektórych otworach obrabowano próby z kilku pięter stratygraficznych: utwory permu zbadano w 106 otworach, triasu w 1 otworze, jury w 10 otworach i kredy w 3 otworach.

Wyniki badań laboratoryjnych zestawionych w dokumentacjach geologicznych otworów wykonanych w latach 1950÷1990 (źródło – Centralna Baza danych Geologicznych CBDG) opracowano na podstawie danych ze 197 otworów wiertniczych (182 otwory w granicach Monokliny Przedsudeckiej, 7 otworów – z Niecki Mogileńsko-Uniejowskiej oraz 8 otworów – z Wału Kujawskiego). Podobnie jak to miało miejsce przy badaniach przeprowadzonych w 2010 r. niektóre otwory zostały szczegółowo scharakteryzowane w kilku piętrach stratygraficznych: utwory karbonu zbadano w 14 otworach, permu w 169 otworach, triasu w 4 otworach i jury w 15 otworach.

W celu dokonania badań hydrogeochemicznych zinwentaryzowano wszelkie dostępne dane dotyczące składu chemicznego i parametrów fizyko-chemicznych w badanym rejonie. Zestawiono 387 analiz chemicznych z 263 otworów wiertniczych z głębokości od 147 m do 4530 m, w tym: 12 z utworów karbońskich, 290 z permskich, 33 z utworów triasowych, 50 z utworów jurajskich, 12 z kredowych. Przeanalizowano 387 oznaczeń mineralizacji, 387 oznaczeń Cl, 385 oznaczeń Ca, 82 oznaczenia Na i 78 oznaczeń K oraz 324 oznaczenia Na+K, z których empirycznie obliczono wartości Na i K, 380 oznaczeń SO<sub>4</sub>, 332 oznaczenia HCO<sub>3</sub> i 379 oznaczeń Mg.

Dla wszystkich analiz wykonano bilans anionowo-kationowy w celu oszacowania błędów analizy i usunięto z dalszych badań te analizy, w których błąd był wyższy od 10%. W 15 przypadkach sięgnięto do oryginalnych dokumentacji ze względu na dyskusyjne wartości niektórych składników, np. brak pewności, co do jednostek dla Na w bazie PGNiG.

## **Określenie formacji geologicznych perspektywicznych dla geologicznego składowania CO<sub>2</sub>** **(Perm – czerwony spągowiec)** **(Hubert Kiersnowski)**

Piaskowce czerwonego spągowca (oraz lokalnie białego spągowca) są najlepszą formacją zbiornikową dla składowania i magazynowania CO<sub>2</sub>. Wynika to z ich ogromnej pojemności, doskonałych właściwości zbiornikowych oraz znakomitego regionalnego uszczelnienia ewaporatami cechsztynu. Również głębokość występowania tych piaskowców odpowiada warunkom składowania CO<sub>2</sub>. Jednak w niektórych przypadkach głębokości występowania stropu tych piaskowców, są tak znaczne, że nie spełniają kryterium parametru ekonomicznego, równie istotnego w poszukiwaniu optymalnych zbiorników dla składowania CO<sub>2</sub>.

Ze względu na korzystne facje zbiornikowe i mniejsze, w porównaniu z centrum basenu, głębokości występowania zostały wytypowany obszar tzw. monokliny przedsudeckiej.

Przyjęto, że na obszarze południowej monokliny przedsudeckiej najbardziej przydatne z punktu widzenia kryteriów składowania i magazynowania CO<sub>2</sub> są piaskowce górnego czerwonego spągowca (górnego permu). Są to w większości przypadków piaskowce eoliczne o dobrych parametrach zbiornikowych dla nagromadzeń gazu ziemnego i jako takie spełniające kryteria do składowania CO<sub>2</sub>. Porowate piaskowce wypełniają utwory solankowe. Skały te są bardzo dobrze uszczelnione ewaporatami (sole i anhydryty) cechsztynu.

Dla przedstawienia możliwości składowania CO<sub>2</sub> w piaskowcach czerwonego spągowca wytypowano przykładowe obszary, które charakteryzują się odmiennymi warunkami geologicznymi (**Fig 1.1.1\_46**). Uszczelnienie dla piaskowców czerwonego spągowca stanowi miąższy kompleks ewaporatów cechsztynu, o grubości co najmniej 300 metrów (**Fig 1.1.1\_46a**)

Są to w kolejności ich prezentacji:

### **Obiekt Radnica**

Obiekt Radnica został zdefiniowany jako pułapka strukturalno-dyfuzyjna niesprawdzona w zakresie jakości uszczelnienia. Pułapka ta związana jest z regionalne nachyleniem i wyklinowywaniem się osadów zbiornikowych. Przewidziana jest dyfuzja CO<sub>2</sub> w czasie.

Możliwe składowanie CO<sub>2</sub> dopasowane do czasu i zasięgu dyfuzji, praktycznie nie ograniczone objętościowo.

### **Obiekt Kowalowo**

Obiekt Kowalowo został zdefiniowany jako pułapka strukturalna nie sprawdzona w zakresie jakości uszczelnienia. Pułapkę tworzą wyniesione bloki ograniczone uskoki tektonicznymi.

Możliwe składowanie CO<sub>2</sub> do pojemności struktury. Struktura ta jest największa na obszarze basenu Zielonej Góry.

### **Obiekt Bogdaj-Uciechów**

Obiekt Bogdaj-Uciechów (czynne złożo gazu na granicy wyczerpania) został zdefiniowany jako pułapka strukturalno-geomorfologiczna sprawdzona złożowo ze sprawdzoną jakością uszczelnienia ewaporatami cechsztynu. Możliwe składowanie CO<sub>2</sub> do osiągnięcia pojemności struktury.

### **Obiekt megapułapka Grodziska**

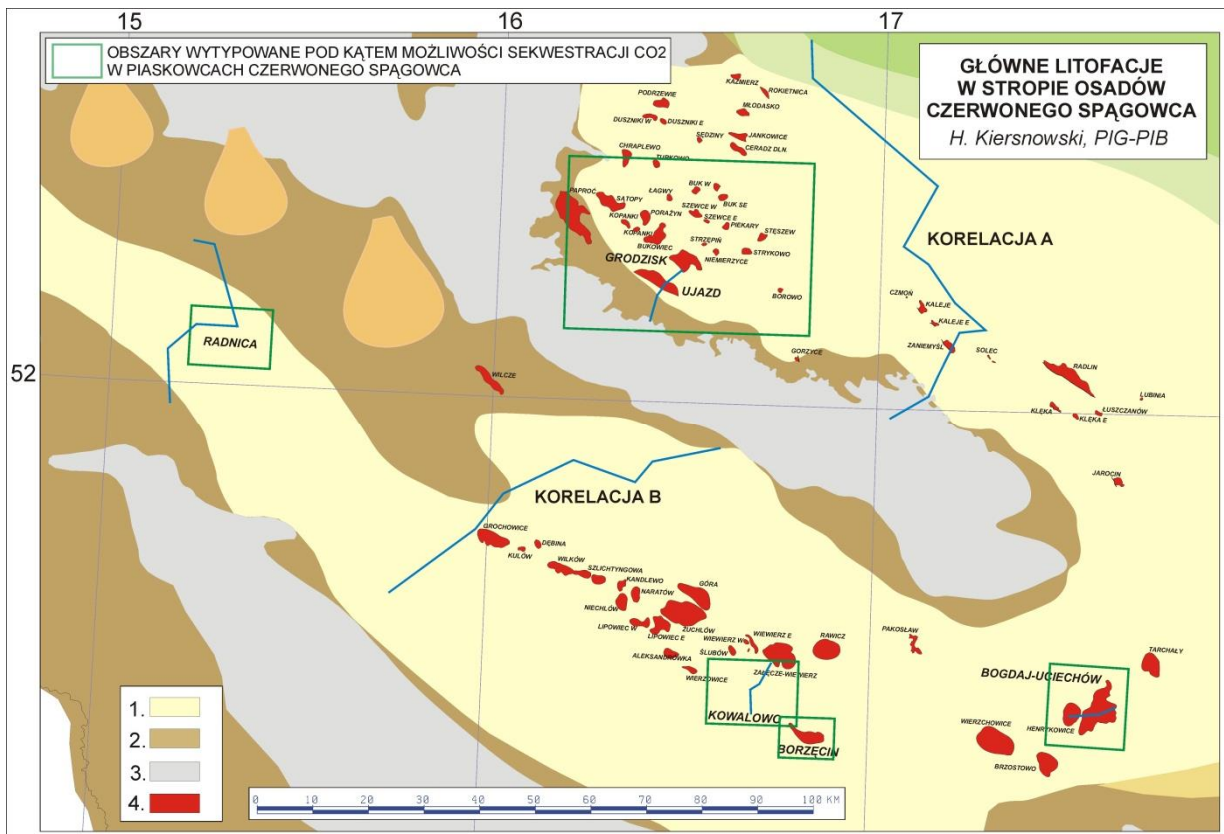
Obiekt mega-pułapka Grodziska znajduje się w basenie Poznania (rów Grodziska Wielkopolskiego) został zdefiniowany jako pułapka strukturalna oraz diagenetyczno-dyfuzyjna. Jest to również częściowo pułapka geomorfologiczna (dawne złożo gazu). W części centralnej obszaru jest bardzo dobra jakość uszczelnienia (występują liczne złoża gazu). W częściach krawędziowych częściowo jakość uszczelnienia jest nie sprawdzona (występują tam liczne uskoki tektoniczne). Możliwe składowanie CO<sub>2</sub>, o znacznej pojemności.

### **Obiekt złożo gazu ziemnego Borzęcin**

Złożo gazu ziemnego Borzęcin jest przykładem, zatłaczanie CO<sub>2</sub> do czynnych złóż gazu w czerwonym spągowcu. W przypadku czynnego złoża zatłaczanie gazu służy głównie wspomoczeniu i zwiększeniu wydobycia metanu, a cel sekwestracji metanu jest drugorzędny.

Przykład złoża Borzęcin, może być jednak potraktowany jako poligon do sekwestracji CO<sub>2</sub> w wyczerpanych lub prawie wyczerpanych złożach gazu.

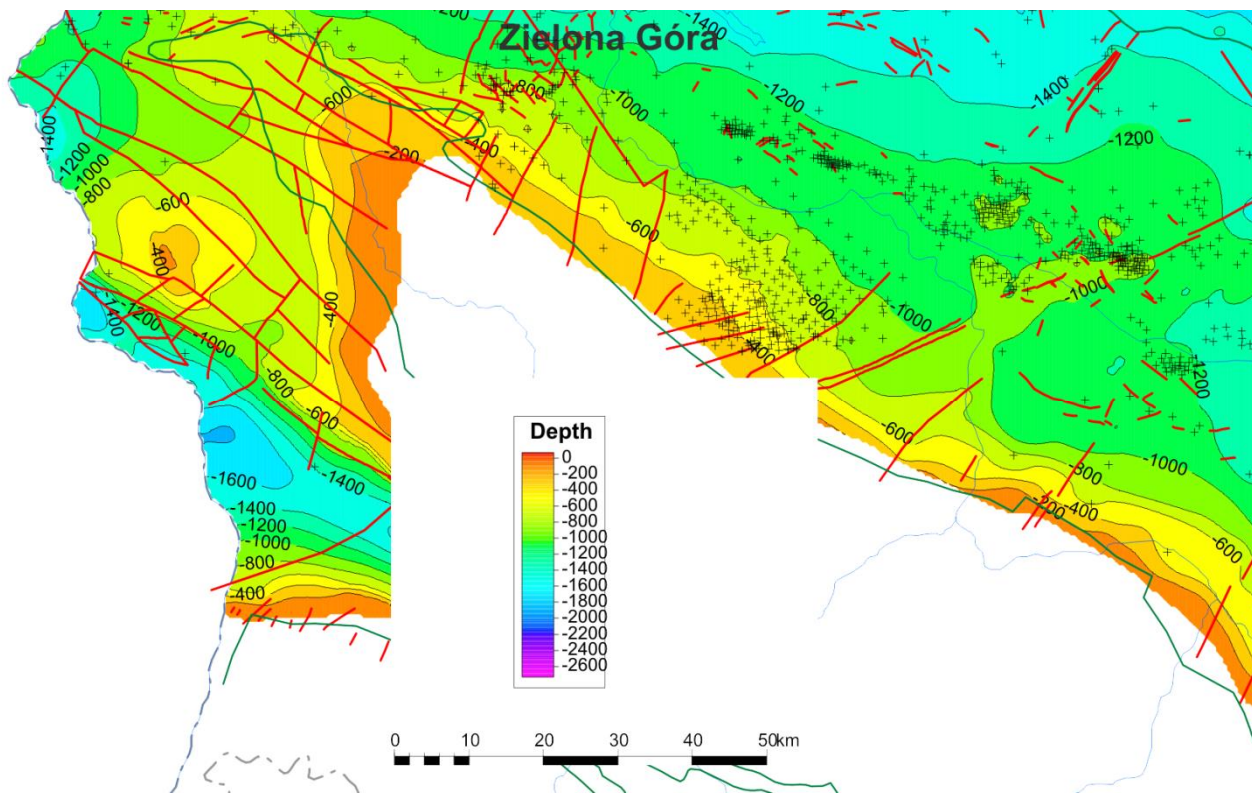
Obszary te zaznaczone zostały na mapie litofacjalnej stropu utworów czerwonego spągowca (**Fig 1.1.1\_46**).



**Fig 1.1.1\_46** Obszary wytypowane jako potencjalnie przydatne do sekwestracji CO<sub>2</sub> w piaskowcach czerwonego spągowca – na tle mapy zasięgów formacji perspektywicznych dla geologicznego składowania CO<sub>2</sub> o najlepszych własnościach zbiornikowych.

Objaśnienia: 1. Dominacja piaskowców eolicznych w stropie osadów czerwonego spągowca, 2. Dominacja piaskowców i zlepieńców aluwialnych i fluwialnych w stropie osadów czerwonego spągowca, 3. Obszary pozbawione pokrywy osadowej czerwonego spągowca, 4. Złoże gazu ziemnego w osadach czerwonego spągowca. Mapa wg H. Kiersnowski, 2010.





**Fig 1.1.1\_46a** Mapa stropu kompleksu cechsztyńskiego w rejonie południowej części Monokliny Przesudeckiej (B. Papiernik, G. Machowski, M. Hajto).

## **Charakterystyka formacji i struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub>. (region Kujawy - jura)**

**(Anna Feldman-Olszewska)**

Region Kujawy obejmuje obszar w skład którego wchodzi trzy jednostki geologiczne: osiową część tworzy gniewkowski i kutnowski odcinek wału kujawskiego, południowo-zachodnia część leży na obszarze niecki mogileńsko-łódzkiej, natomiast północna w obrębie zachodniego obszaru niecki płockiej.

Rejony te w okresie jurajskim podlegały nieco odmiennej ewolucji, co wiąże się z obserwowanymi różnicami miąższości i facji. Najsilniejszej subsydencji kompensowanej przez sedymentację podlegał w jurze obszar wału kujawskiego. Charakteryzuje go obecność pełnych profili utworów jury dolnej i środkowej o znacznych miąższościach oraz silnej tektoniki solnej, wyrażającej się aktywnością poduszek solnych m. in. poduszki Ciechocinka, Brześcia Kujawskiego i Konar. Aktywność tych struktur została stwierdzona zarówno w triasie jak i dolnej oraz środkowej jurze (Marek, Znosko, 1971; Dadlez, 1998, 2001; Feldman-Olszewska, 2007, 2008).

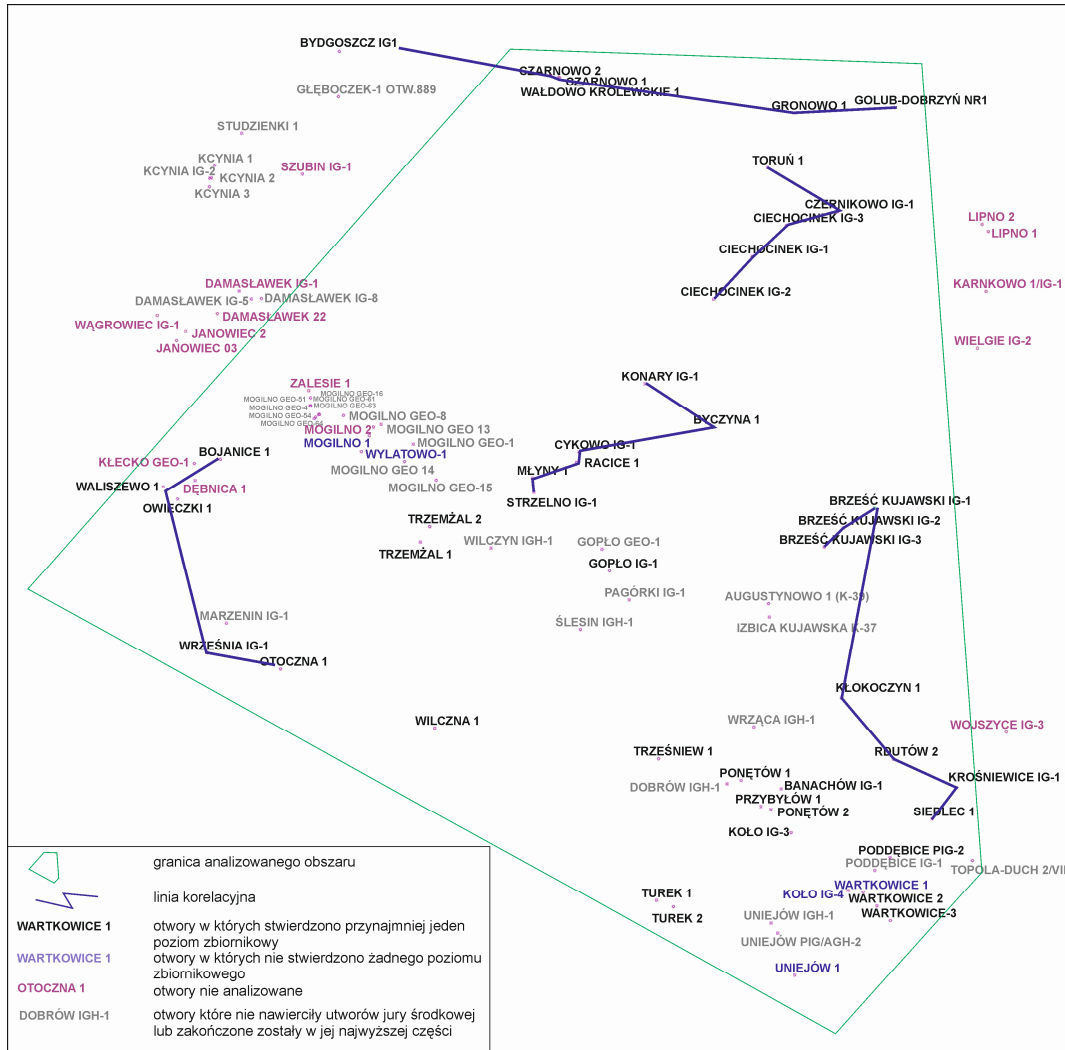
Rejon niecki mogileńsko-łódzkiej, oddzielony od strefy wału kujawskiego wałem solnym Kłodawy, charakteryzowała odmienna historia geologiczna. W dolnej jurze, w hetangu i synemurze, obszar ten pozostawał wyniesiony i podlegał erozji, co skutkuje obecnie brakiem utworów tego wieku. W pliensbachu i toarku następowała powolna sedymentacja utworów lądowych i płytkomorskich, jednak na większości obszaru niecki mogileńsko-łódzkiej zostały one prawie całkowicie usunięte w wyniku erozji we wczesnej jurze środkowej. Obecnie prawie na całym obszarze występuje jedynie około 20-30 m utworów jury dolnej (pliensbachu) oraz około 150 m utworów jury środkowej (bajosu górnego-keloweju) (Dadlez, 1971; Ryll, 1971).

Obszar zachodniego odcinka niecki płockiej charakteryzuje znacznie mniejsza miąższość utworów jury dolnej i środkowej, wynikająca ze słabszej subsydencji obszaru w jurze (Franczyk, 1983; Ryll 1983).

W opracowaniu zastosowano nowy podział litostratygraficzny jury dolnej wprowadzony dla obszaru Niżu Polskiego przez Pieńkowskiego (2004).

Wytypowany obszar jest rozpoznany 77 głębokimi wierceniami (**Fig.1.1.1\_47**). Utwory jury środkowej i dolnej nawierciło lub przewierciło 51 otworów wiertniczych, przy czym w 45 stwierdzono występowanie przynajmniej jednego potencjalnego poziomu zbiornikowego. Dla tych wierceń wykonano szczegółową analizę profili jurajskich. Przeanalizowano materiały archiwalne, krzywe profilowań geofizycznych oraz dla części rdzeni wykonano powtórne profilowanie. Pobrano również próby na badania petrofizyczne obejmujące pełne spektrum analiz porowatości i przepuszczalności. Badania te zostały zrealizowane przez zespół z Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie pod kierunkiem G. Leśniaka.

W drugim etapie, w celu przeanalizowania lateralnej ciągłości poszczególnych poziomów, skonstruowano 6 linii korelacyjnych dla jury (lokalizacja - **Fig.1.1.1\_47**). Linie zostały poprowadzone zazwyczaj w poprzek struktur geologicznych lub prostopadle do osi regionalnych jednostek tektonicznych. Do korelacji regionalnych wykorzystano 28 otworów wiertniczych, dla których została stworzona baza otworowa zawierająca szczegółową stratygrafię utworów jury środkowej i dolnej oraz poziomy zbiornikowe i uszczelniające. Pozostałe otwory zostały przeanalizowane, jednak zostały wykorzystane jedynie do ogólnego rozpoznania terenu.



**Fig. 1.1.1\_47** Lokalizacja obszaru badań i otworów dla utworów jury w rejonie Kujaw

**Charakterystyka formacji i struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub> - kreda  
w niecce mogileńskiej  
(Krzysztof Leszczyński)**

W niecce mogileńskiej utwory kredy dolnej (w tym także piaszczystej formacji mogileńskiej (barremu-albu środkowego), która jest głównym poziomem o dobrych parametrach kolektorskich) występują niemal na całym obszarze za wyjątkiem strefy szczytowej wysadów solnych Mogilna i Damasławka oraz struktury Rogoźna (w części zachodniej) (Marek, 1977). Stopień rozpoznania osadów wierceniami jest nierównomierny, gdyż otwory wiertnicze lokalizowane były głównie w strefach antyklin i struktur solnych. Również zakres rdzeniowania, a w wielu przypadkach także uzysk rdzenia nie były imponujące.

Stratygrafia kredy dolnej jest oparta na schemacie litostratygraficznym opracowanym w otworach wiertniczych dla centralnej Polski przez Raczyńską (1979) oraz Marka i Raczyńską (1979).

Miąszości kredy dolnej najczęściej zawierają się w przedziale 200 – 350 metrów, maksymalnie przekraczają 500 m w północnej części obszaru.

## Rejon VII - NW Polska

### Charakterystyka formacji i struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub> - jura (Anna Feldman-Olszewska)

Region Polski NW obejmuje znaczny obszar, w skład którego wchodzi kilka jednostek geologicznych: niecka szczecińska wraz z blokiem Gorzowa, wał pomorski oraz niecka pomorska. Każda z tych jednostek charakteryzuje się odmienną budową geologiczną, która odzwierciedla różnice w tempie subsydencji we wczesnej i środkowej jurze oraz wiek i zasięg erozji śród- i po-jurajskiej.

Największe miąższości utworów jurajskich obserwuje się w obrębie wału pomorskiego. Obszar ten stanowił w jurze strefę osiową basenu sedymentacyjnego, charakteryzującą się najsilniejszą subsydencją kompensowaną przez sedymentację. Na taki obraz nakłada się jednak późniejsza historia geologiczna tej strefy. W wyniku wydźwignania się podłoża na przelomie kredy i paleogenu (zob. Dadlez 1987, 2001 i literatura tam cytowana), ze znacznych obszarów zostały usunięte utwory kredy (Raczyńska, 1987; Schoeneich-Jaśkowiak, 1987a), a erozja epigenetyczna w różnym zakresie sięgnęła utworów jury górnej, środkowej i dolnej (Brochwicz-Lewiński, 1987, Dayczak-Calikowska, 1987; Franczyk, 1987a). W jej efekcie nastąpiło częściowe lub całkowite usunięcie osadów poszczególnych pięter jury z osiowej strefy wału pomorskiego. Konsekwencją takiej historii geologicznej jest również fakt, że na obszarze wału pomorskiego większość zachowanych skał jurajskich znajduje się na głębokościach płytszych niż 800 m, a więc nie spełniają podstawowego kryterium dla poziomów zbiornikowych odpowiednich dla składowania CO<sub>2</sub>. Jedynie w obrębie najbardziej północno-zachodniej części wału (rejon Świnoujście – Gryfice – Błotno), dolne odcinki jury dolnej zalegają głębiej i zostały poddane bardziej szczegółowej analizie.

Mniejsze miąższości utworów jurajskich stwierdzono w nieckach (szczecińskiej i pomorskiej), położonych po obu stronach wału pomorskiego. We wczesnej i środkowej jurze obszary te podlegały mniejszej subsydencji niż pobliski obszar wału pomorskiego. Nie uległy również inwersji tektonicznej pod koniec kredy. Obecnie skały jurajskie występują tu pod miąższymi utworami kredy, niekiedy na znacznych głębokościach. W brzeżnych strefach tych niecek, a w niecce szczecińskiej również w obrębie stref antyklinalnych, obserwuje się brak niektórych ogniw stratygraficznych, będący wynikiem śród-jurajskiej erozji osadów, a lokalnie również ich redukcję lub synsedymenacyjny brak (Dayczak-Calikowska, 1979; Dadlez, Franczyk, 1979). Szczególnie silna erozja dotknęła strefy brzeżne niecki pomorskiej (Dayczak-Calikowska, 1976; Dadlez, 1976a). Dodatkowo obszar niecki szczecińskiej był w mezozoiku pod silnym wpływem aktywności tektoniki solnej (Dadlez, 1979, 2005), co odzwierciedla obecność licznych poduszek i wałów solnych w tej strefie. Poduszki te często były aktywne w jurze dolnej, rzadziej w jurze środkowej, co skutkuje dużą zmiennością, redukcją lub nawet brakiem części osadów jurajskich w tych strefach. Często, przy braku rdzeniowania w otworach rozpoznających te struktury, a co za tym idzie, braku wystarczających danych stratygraficznych, niemożliwa jest szczegółowa korelacja poziomów litologicznych w obrębie danej struktury. Szczególnie silne zróżnicowanie litologiczne pomiędzy poszczególnymi profilami otworów stwierdzono w strefie Oświno – Drawno – Człopa. Jest to strefa występowania diapirów solnych częściowo przebijających się przez utwory mezozoiku.

W opracowaniu zastosowano nowy podział litostratygraficzny jury dolnej wprowadzony dla obszaru Niżu Polskiego przez Pieńkowskiego (2004), należy przy tym zaznaczyć, że w odniesieniu do starszej jury dolnej nie zawsze możliwe było wydzielenie poszczególnych formacji.

Wytypowany obszar jest rozpoznany licznymi głębokimi wierceniami (**Fig. 1.1.1\_48**). Większość z nich nawierciła lub przewierciła utwory jury środkowej i dolnej. Wstępna analiza wykazała, że na obszarze wału pomorskiego, czyli w osiowej strefie o kierunku NW-SE przecinającej analizowany obszar, utwory jurajskie występują na zbyt płytkiej dla potrzeb sekwestracji CO<sub>2</sub> głębokości. Bardziej szczegółowej analizie poddano 32 otwory z rejonu niecki szczecińskiej i bloku Gorzowa, 8 otworów usytuowane w najbardziej NW części wału pomorskiego oraz 32 otwory z rejonu niecki pomorskiej a także 4 otwory ze wschodniego odcinka wału pomorskiego. Dla tych wierceń wykonano szczegółową analizę profili jurajskich. Przeanalizowano materiały archiwalne, krzywe profilowań geofizycznych oraz dla części rdzeni wykonano powtórne profilowanie. Pobrano również próby na badania petrofizyczne obejmujące pełne spektrum analiz porowatości i przepuszczalności. Badania te zostały zrealizowane przez zespół z Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie pod kierunkiem G. Leśniaka.

Dla najbardziej perspektywicznych stref basenu, w celu przeanalizowania lateralnej ciągłości poszczególnych poziomów, skonstruowano 9 linii korelacyjnych dla jury (**Fig. 1.1.1\_48**). Do korelacji regionalnych wykorzystano 44 otwory wiertniczych. Dla tych otworów oraz tych dla których wykonano badania petrofizyczne skał, w sumie dla 76 otworów, została stworzona baza otworowa zawierająca szczegółową stratygrafię utworów jury środkowej i dolnej oraz poziomy zbiornikowe i uszczelniające. Znacznie większa liczba otworów została jedynie przeanalizowana i wykorzystana do ogólnego rozpoznania terenu i wyeliminowania regionów w których nie występują jurajskie poziomy zbiornikowe lub nie są one przykryte przez poziomy uszczelniające, czyli regionów nieperspektywicznych dla geologicznego zatłaczania CO<sub>2</sub>.

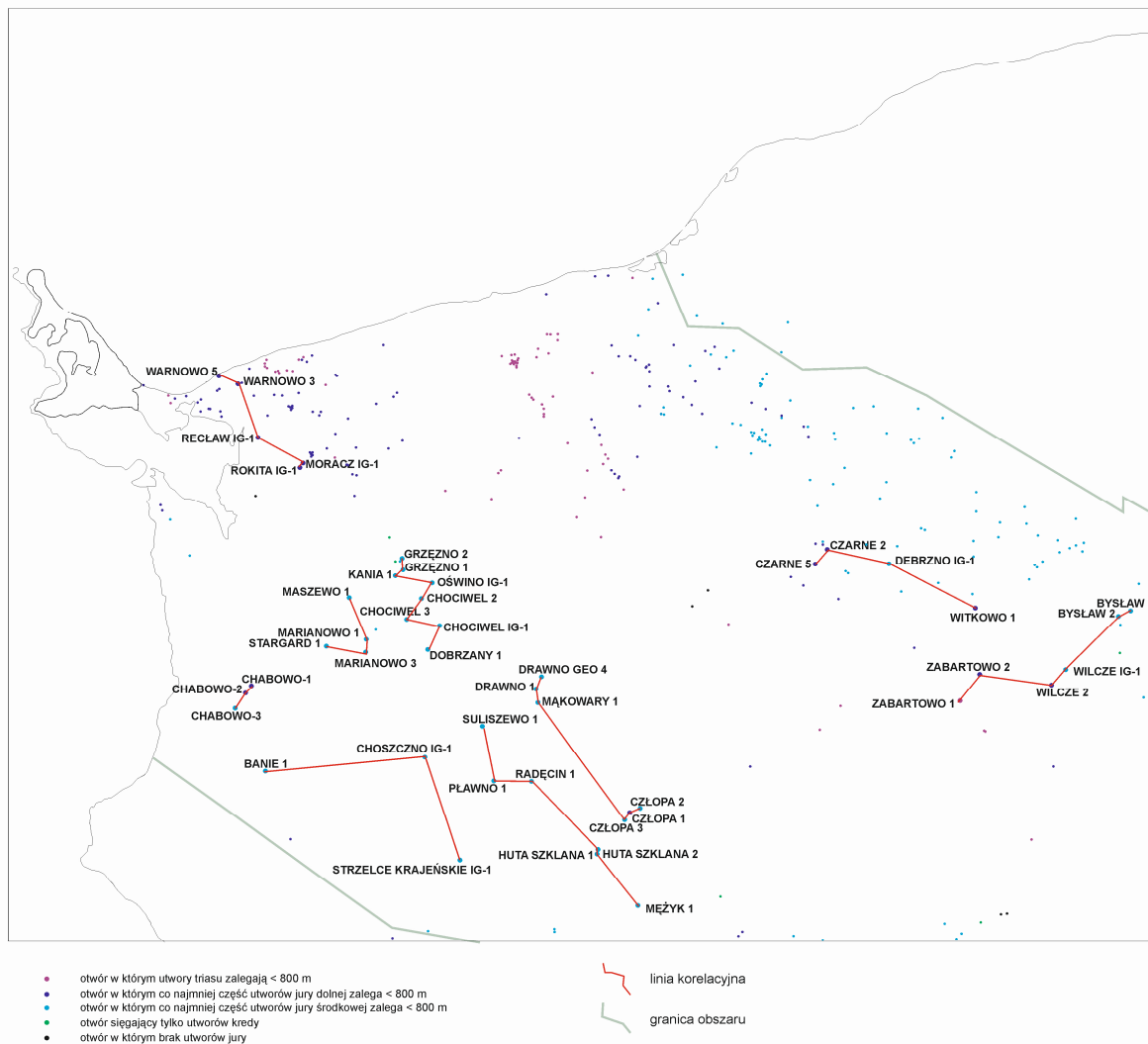


Fig. 1.1.1\_48 Lokalizacja obszaru badań (jura)

## **Charakterystyka formacji i struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub> - trias (Anna Becker)**

W rejonie północno-zachodniej Polski przeanalizowano 90 otworów przewiercających lub nawiercających osady triasu, w których dokonano analizy potencjału sekwestracyjnego tego systemu (**Fig. 1.1.1\_49**).

W północno-zachodniej Polsce głównym poziomem zbiornikowym na głębokościach 800-2500 m ppm jest formacja półczyńska triasu dolnego zaliczana do osadów pstrego piaskowca środkowego (Szyperko-Teller, 1982). Tworzy ją kompleks naprzemianległych piaskowców i skał mułowcowo-iłowcowych przeważnie czerwonych i czerwono-brunatnych. Piaskowce są drobnoziarniste, często przekątnie warstwowane, partiami wapniste, zawierają miejscami klasty brunatnych mułowców czy iłowców (op. cit.). W skałach drobnoziarnistych mogą występować конкреcje węglanowe. Miejscami w profilu przeważają skały mułowcowo-iłowcowe nad piaskowcami. Stosunek piaskowców do skał drobnoziarnistych w profilu formacji półczyńskiej jest zmienny w skali regionu. W północnej części obszaru piaskowce stanowią 60 – 70% profilu formacji zaś ku południowi ich zawartość zmniejsza się tak, że w okolicach Bydgoszczy formacja półczyńska zastąpiona zostaje lateralnie przez kompleks iłowcowo-mułowcowy (Szyperko-Teller, 1982; Szyperko-Teller i Becker, 2011). Szyperko-Teller (1982) za południową granicę rozprzestrzenienia formacji półczyńskiej przyjęła linię, na której w profilu stosunek piaskowców do iłowców i mułowców wynosi 1/3. Linia ta przebiega od otworu Trzebież 1, przez Czaplunek IG 2 po Witkowo 1. W składzie granulometrycznym piaskowców formacji półczyńskiej występuje zwykle od kilku do kilkunastu procent ziaren frakcji aleurytowej i pelitowej (< 0,06 mm) (Nowicka, 1972). Formacja półczyńska deponowana była w środowisku aluwialnym, przy czym piaskowce reprezentują osady szerokich niestabilnych koryt roztokowych, a osady ilaste i mułowcowe reprezentują równie zalewowe (Iwanow, 1998; Szyperko-Teller i Becker, 2011). Ze względu na liczne przewarstwienia ilasto-mułowcowe jak i zailenie samych piaskowców właściwości kolektorskie formacji półczyńskiej są średnie. Potwierdzają to archiwalne wyniki badań przeprowadzonych w otworach regionu. Przepuszczalność piaskowców tego poziomu w rejonie, gdzie ich wykształcenie jest bardzo korzystne (między Niekłonicami i Wierzchowem) nie osiąga 200 mD, przy porowatości rzadko przekraczającej 20%. W otworze Bydgoszcz IG 1 opróbowany został poziom piaskowcowy, odpowiadający facjalnie piaskowcom formacji półczyńskiej, dla którego określono współczynnik przepuszczalności  $k=16,5$  mD, wskazujący na średnie właściwości zbiornikowe (Bojarski i in., 2011). W otworze Człuchów IG 1 określono wartość porowatości efektywnej dla formacji półczyńskiej w granicach 1 – 23% (Dąbrowski, 1977). W całym omawianym rejonie formacja półczyńska położona jest poniżej granicznej dla składowania głębokości 800 m i generalnie powyżej granicy opłacalności składowania wyznaczonej głębokością 2500 m.

Poziomem uszczelniającym w rejonie północno-zachodniej Polski są osady kajpru, a głównie warstw gipsowych dolnych i górnych oraz warstw zbąszyneckich i jarkowskich (kajper środkowy). Miejscami warunki uszczelniające wykazują również osady najniższego kajpru – warstwy sulechowskie, jak również górnego pstrego piaskowca – formacji barwickiej. Osady uszczelniające kajpru środkowego wykształcone są jako iłowce szare, brunatnoczerwone lub czerwone, miejscami dolomityczne, z wkładkami lub конкреcjami anhydrytu lub dolomitu oraz podrzędnymi wkładkami mułowców i piaskowców (Gajewska, 1987; Dadlez, 1987). Depozycja osadów zachodziła w środowisku rozległej równi zalewowej systemu fluwialnego lub okresowo w środowisku laguny o podwyższonym zasoleniu (Iwanow, 1998). Miąższość kompleksu uszczelniającego przekracza znacznie graniczną, minimalną wartość 50 m na większości obszaru badań



(Gajewska, 1978). Poziom uszczelniający górnego triasu wyklinowuje się ku NE na linii o przebiegu NW – SE na wysokości otworów Jamno IG 1 i Tuchola IG 1 (Gajewska, 1987).

System sekwestracyny formacja półczyńska – kajper środkowy charakteryzuje się wyraźnym rozdzieleniem kolektora i uszczelnienia. Pomiędzy kolektorską formacją półczyńską dolnego triasu a utworami uszczelniającymi triasu górnego leży kompleks osadów wyższego triasu dolnego oraz triasu środkowego o właściwościach pośrednich, którego wpływ na warunki składowania dwutlenku węgla nie jest jednoznaczny.

W profilu triasu występuje kilka poziomów wykazujących własności kolektorskie na skalę lokalną. Najbardziej perspektywiczne z nich zlokalizowane są w triasie górnym. Piaskowce o najlepszych właściwościach kolektorskich w profilu triasu występują w jego najwyższej części – warstwach wielichowskich kajpru górnego. Poziom ten osiąga perspektywiczne wykształcenie i miąższość głównie we wschodniej części regionu. Piaskowce są pochodzenia fluwialnego, stąd ich bardzo ograniczona rozciągłość lateralna (Iwanow, 1998). Poziom ten nie posiada uszczelnienia.

Kolejny poziom piaskowcowy występuje w horyzoncie piaskowca trzcinowego kajpru środkowego. Piaskowce tego poziomu również są pochodzenia fluwialnego o niewielkiej rozciągłości lateralnej. Rozkład tego kolektora w skali regionu komplikuje również występowanie luk stratygraficznych obejmujących cały horyzont piaskowca trzcinowego (Gajewska, 1978). Piaskowce poziomu piaskowca trzcinowego osiągają perspektywiczną miąższość lokalnie we wschodniej i południowo-zachodniej części regionu. Piaskowce te posiadają bardzo dobre uszczelnienie wyższych partii kajpru środkowego.

W nielicznych otworach stwierdzono poziomy piaskowcowe o miąższości osiągającej 30 m w warstwach sulechowskich kajpru dolnego. Ich rozciągłość lateralna jest znikoma. Piaskowce te są pochodzenia fluwialno-deltowego (Iwanow, 1998).

W północno-zachodniej części rejonu NW Polski perspektywiczne miąższości osiągają poziomy piaskowcowe formacji barwickiej (górnny pstry piaskowiec) deponowane w środowisku przybrzeżnej równi piaszczystej (Iwanow, 1998). Obszar ten charakteryzuje się równocześnie brakiem uszczelnienia w wyższej części profilu triasu.

W północno-wschodniej części rejonu perspektywiczne miąższości osiąga piaskowcowo-węglanowy poziom charakterystyczny dla spągowej części formacji pomorskiej (środkowy pstry piaskowiec). Dolna część poziomu jest jednak silnie wapnista lub wręcz węglanowa o znikomej przepuszczalności. Poziom ten charakteryzuje się dużym rozprzestrzenieniem lateralnym, przy równoczesnej niewielkiej miąższości, co powoduje, że jego częściowo węglanowe wykształcenie nie pozwala na zaliczenie go do potencjalnych poziomów kolektorskich. Poziom ten jest bezpośrednio przykryty uszczelniającymi osadami wyższej części formacji pomorskiej.

Spośród analizowanych struktur w rejonie północno-zachodniej Polski największą perspektywicznością w kontekście składowania CO<sub>2</sub> w poziomach triasowych charakteryzują się struktury w północno-wschodniej części rejonu, między Koszalinem a Debrznem.

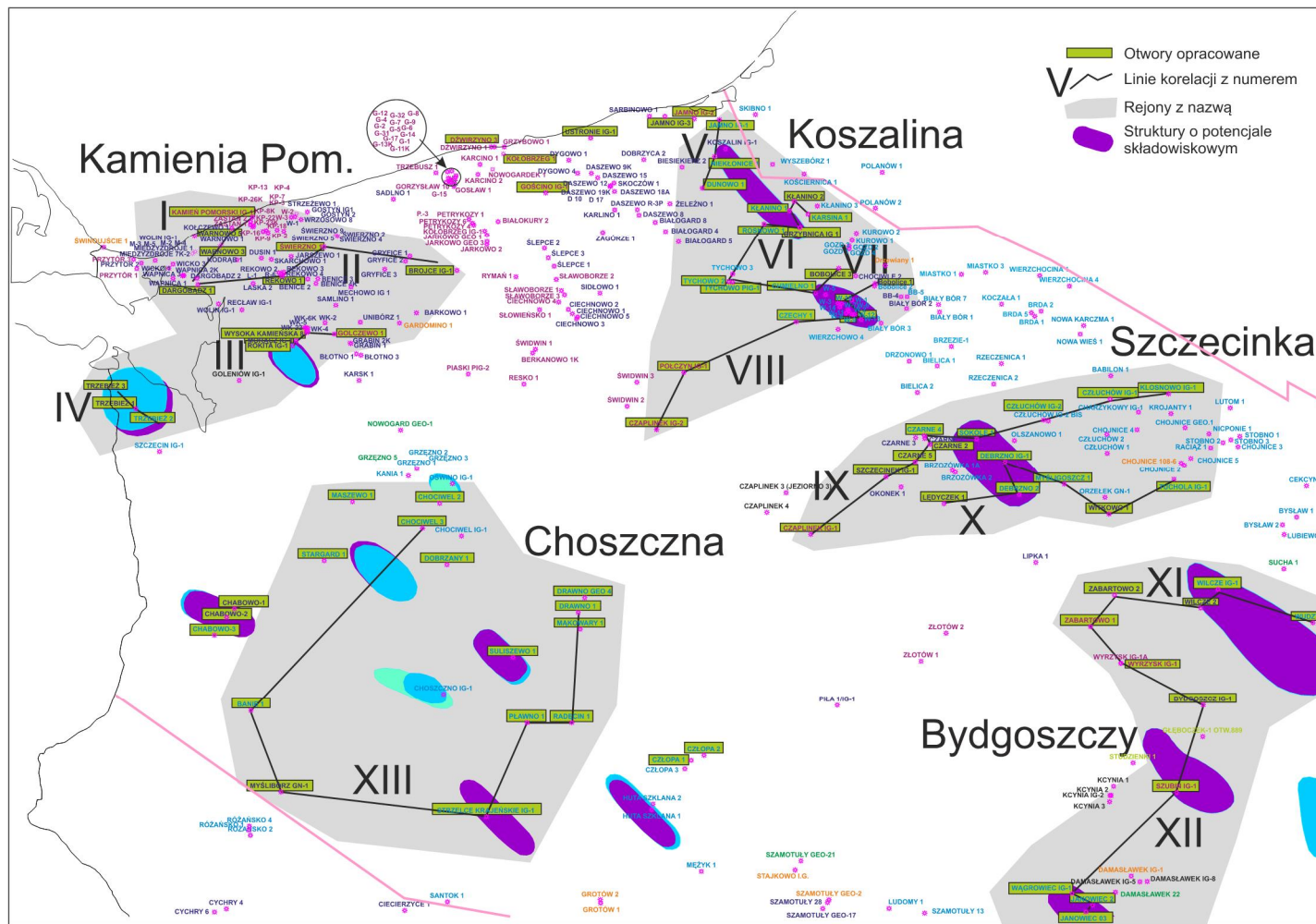


Fig. 1.1.1\_49 Lokalizacja otworów, w których został przeanalizowany potencjał sekwestracyjny triasu w północno-zachodniej Polsce z opracowanymi podregionami i liniami korelacji międzyotworowych (rozd. 1.1.3).

## **Inwentaryzacja danych geofizyki wiertniczej i petrofizycznych (Teresa Adamczak)**

W ramach przygotowań do interpretacji profilowań geofizycznych z licznych otworów wiertniczych rejonu NW Polski oraz dla scharakteryzowania formacji geologicznych odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub>, dla około 200 głębokich otworów wykorzystano dokumentację wynikową i zebrano archiwalne profilowania geofizyczne w formie cyfrowej (pliki LAS). Pomiary te zostały wykonane w otworach zrealizowanych dla Państwowego Instytutu Geologicznego oraz w większości dla Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa (bądź firm lub organizacji będących jego poprzednikiem).

Ponadto, na podstawie dostępnych opracowań i dokumentacji wynikowych otworów w formie papierowej, zarchiwizowano w formie cyfrowej wyniki analiz laboratoryjnych na rdzeniach wiertniczych. Analizy te obejmowały określenie parametrów petrofizycznych: porowatości, gęstości i przepuszczalności, prób skalnych rdzenia wiertniczego. Zestawiono je dla 115 otworów wiertniczych rejonu NW Polski (patrz Rozdział 1.1.5).

Zebrane dane były podstawą do dalszych opracowań i analiz pod kątem sekwestracji CO<sub>2</sub>.

## **Inwentaryzacja danych hydrogeologicznych i hydrogeochemicznych (L.Razowska-Jaworek)**

W celu wskazania potencjalnych poziomów najlepszych dla geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w regionie badań Pomorze Zachodnie dokonano analizy parametrów hydrogeologicznych głównie na podstawie wyników uzyskanych z opróbowania poziomów zbiornikowych w głębokich otworach badawczych, poszukiwawczych i hydrogeologicznych Państwowego Instytutu Geologicznego oraz w głębokich otworach wiertniczych Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa. Przeanalizowano 158 otworów wiertniczych ujmujących kompleksy skał o zróżnicowanych właściwościach zbiornikowych i dużym zróżnicowaniu mineralizacji oraz warunków ciśnieniowych, które mogą być potencjalnie zbiornikami do składowania CO<sub>2</sub>. Otwory ujmowały utwory od proterozoiku po kredę dolną.

W celu wstępnego wytypowania formacji wodonośnych do dalszej, szczegółowej analizy potencjału do składowania CO<sub>2</sub>, poza otworami, przeanalizowano opracowania kartograficzne oraz materiały archiwalne, w tym między innymi: Atlas hydrochemiczny i hydrodynamiki paleozoiku i mezozoiku oraz ascenzyjnego zasolenia wód podziemnych na Niżu Polskim (Bojarski, 1996); Geneza i paleohydrogeologiczne warunki występowania wód zmineralizowanych na Niżu Polskim (Paczyński, Pałys, 1970); Mapa miąższości strefy wód słodkich (zwykłych); Atlas hydrogeochemiczny Polski 1:2000000 (Płochniewski, 1977); Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku, mezozoiku i permu. Skala 1:1000000 (Pożaryski, Radwański, 1972); Atlas wód geotermalnych Niżu Polskiego. Zbiorniki dolnojurajski i dolnokredowy. Katalog otworów wiertniczych i studni głębinowych w utworach kredy dolnej i jury dolnej na Niżu Polskim. (Górecki red., 1990).

Przy wydzieleniu formacji o wysokim potencjale do lokowania CO<sub>2</sub> uwzględniano następujące kryteria hydrogeologiczne: głębokość 1000 – 4000 m, miąższość ponad 20 m i obecność izolującego nadkładu, dominujące facje piaskowcowe. Ograniczony potencjał posiadają obszary, gdzie facje piaskowcowe są zastąpione drobnoziarnistymi klastycznymi osadami, zredukowana porowatość piaskowców do 10%, miąższość 10-20 m lub głębokość pomiędzy 800-1000 m.

Procesy przemian chemicznych wód i ich przemieszczania się zachodzą na ogół w czasie geologicznym i współcześnie są trudno zauważalne. Jednak w przypadku wyraźnego zaburzenia reżimu hydrodynamicznego wywołanego na przykład bardzo dużym obniżeniem zwierciadła wody spowodowanym intensywną eksploatacją lub/i towarzyszące jej odwadnianie górotworu może nastąpić wyrównywanie się ciśnień przez dopływ wód z głębszej części basenu. Zjawisko tąpnięć górniczych lub innych może spowodować odnowienie się starych szczelin tektonicznych i ascenżę wzdłuż pionowych dróg krążenia. Dlatego też uwzględniono działalność człowieka na powierzchni terenu.

Przeanalizowano 366 zbadanych poziomów zbiornikowych w 158 otworach wiertniczych, w tym: 23 w utworach kredy z głębokości od 90 do 1940 m, o mineralizacji 0,7-125,7 g/l, 12 w utworach jury górnej z głębokości 220-1940 m, o mineralizacji 5,7-104,4 g/l, 18 w utworach jury środkowej z głębokości 305-2250 m, o mineralizacji 9,8-108,9 g/l, 42 w utworach jury dolnej z głębokości 235-2453 m, o mineralizacji 0,4-173,9 g/l, 28 w utworach triasu górnego z głębokości 785-2937 m, o mineralizacji 45,0-299,2 g/l, 49 w utworach triasu dolnego z głębokości 1006-3401 m, o mineralizacji 66,0-314,0 g/l, 89 w utworach permu - cechsztynu z głębokości 1229-3953 m, o mineralizacji 161,2-402,2 g/l, 35 w utworach permu - czerwonego spągowca z głębokości 1890-4675 m, o mineralizacji 161,5-333,0 g/l, 46 w utworach karbonu z głębokości

2288-4248 m, o mineralizacji 161,2-312,2 g/l, 19 w utworach dewonu z głębokości 1773-4309 m, o mineralizacji 117,9-265,0 g/l.

Z 158 otworów z badanego obszaru w 75 były wykonywane badania porowatości i przepuszczalności skał. Osady jury zbadano w 48 otworach. Osady triasu zbadano w 40. Osady permu zbadano w 3 otworach a utwory karbonu w 7 otworach, w sumie w roku 2011 wykonano 338 oznaczeń.

W celu dokonania badań hydrogeochemicznych zinwentaryzowano wszelkie dostępne dane dotyczące składu chemicznego i parametrów fizyko-chemicznych w badanym rejonie. Zestawiono 364 analizy chemiczne z 158 otworów wiertniczych z głębokości od 90 m do 4675 m, w tym: 19 z utworów dewońskich, 46 z utworów karbońskich, 124 z permskich, 77 z utworów triasowych, 72 z utworów jurajskich, 23 z kredowych. Przeanalizowano 364 oznaczenia mineralizacji, 366 oznaczeń Cl, 364 oznaczenia Ca, 80 oznaczenia Na i 80 oznaczeń K oraz 285 oznaczenia Na+K, z których empirycznie obliczono wartości Na i K, 364 oznaczenia SO<sub>4</sub>, 341 oznaczeń HCO<sub>3</sub> i 358 oznaczeń Mg.

Dla wszystkich analiz wykonano bilans anionowo-kationowy w celu oszacowania błędu analizy i usunięto z dalszych badań te analizy, w których błąd był wyższy od 10%. W 15 przypadkach sięgnięto do oryginalnych dokumentacji ze względu na dyskusyjne wartości niektórych składników, np. brak pewności, co do jednostek dla Na w bazie PGNiG.

## Rejon VIII - Łeba-Bałtyk oraz NE Polska

### Inwentaryzacja danych geofizyki wiertniczej i petrofizycznych (Teresa Adamczak)

Dla scharakteryzowania formacji geologicznych rejonu Łeba-Bałtyk i NE Polski odpowiednich do składowania CO<sub>2</sub>, zebrano archiwalne profilowania geofizyczne w formie cyfrowej. W oparciu o dokumentację wyników otworów w formie papierowej, zestawiono w formie cyfrowej dane petrofizyczne (porowatości, gęstości, przepuszczalności) przydatne dla dalszych opracowań. Dane te zarchiwizowano dla 31 otworów wiertniczych rejonu Łeba-Bałtyk i NE Polska (patrz Rozdział 1.1.5).

W Tabeli 1.1.1\_7 zestawiono 109 otworów wiertniczych (*wybranych z uwagi na dostępność danych i rdzeni*), dla których wykorzystano dokumentację wyników i zebrano profilowania geofizyczne w formie cyfrowej (pliki LAS). Pomiarów te zostały zrealizowane przez Państwowy Instytut Geologiczny, Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo (bądź firmy lub organizacje będące jego poprzednikiem) oraz Lotos Petrobałtyk S.A.

Zebrane dane stanowią materiał wyjściowy do dalszych opracowań i analiz pod kątem sekwestracji CO<sub>2</sub>.

**Tabela 1.1.1\_7** Lista otworów wiertniczych, dla których zarchiwizowano profilowania geofizyczne w formie cyfrowej.

| L.p. | Nazwa            | ID     | Rok wiercenia |
|------|------------------|--------|---------------|
| 1.   | B6 – 2/85        | 427129 | 1985          |
| 2.   | B6 – 1/82        | 122778 | 1982          |
| 3.   | B3 – 1/81        | 122774 | 1981          |
| 4.   | B8 – 1/83        | 427125 | 1983          |
| 5.   | BARTOSZYCE IG-1  | 2337   | 1961          |
| 6.   | BIAŁOGARD IG-1   | 30045  | 1967          |
| 7.   | BYTÓW IG-1       | 30280  | 1961          |
| 8.   | CETNIEWO IG-1    | 18378  | 1966          |
| 9.   | CHAŁUPY IG-1     | 18406  | 1969          |
| 10.  | CHAŁUPY IG-2     | 18415  | 1970          |
| 11.  | CHŁAPOWO IG-1    | 18376  | 1964          |
| 12.  | CHŁAPOWO IG-5    | 18403  | 1967          |
| 13.  | CZARNY MŁYN IG-1 | 16472  | 1966          |
| 14.  | CZARNY MŁYN IG-2 | 16470  | 1966          |
| 15.  | DARŻLUBIE IG-1   | 19236  | 1973          |

|     |                      |        |      |
|-----|----------------------|--------|------|
| 16. | DĘBKI IG-1           | 16483  | 1966 |
| 17. | DOBRE MIASTO 1       | 15358  | 1969 |
| 18. | FROMBORK IG-1        | 12133  | 1979 |
| 19. | GAŁAJNY 1            | 14568  | 1983 |
| 20. | GDAŃSK IG-1          | 9620   | 1973 |
| 21. | GŁUSZEWO IG-1        | 16570  | 1968 |
| 22. | GNIEŹDŻEWO IG-1      | 19232  | 1967 |
| 23. | GOŁDAP IG 1          | 5907   | 1961 |
| 24. | GRZYBNICA IG-1       | 27563  | 1971 |
| 25. | HEL IG-1             | 19206  | 1974 |
| 26. | JAMNO IG-1           | 26507  | 1967 |
| 27. | JAMNO IG-2           | 26489  | 1966 |
| 28. | JAMNO IG-3           | 26511  | 1965 |
| 29. | JASTARNIA IG-1       | 19207  | 1965 |
| 30. | JASTRZĘBIA GÓRA IG-1 | 18391  | 1965 |
| 31. | JASTRZĘBIA GÓRA IG-2 | 16473  | 1967 |
| 32. | JULKA IG-1           | 11893  | 1977 |
| 33. | KARWIA IG-1          | 16474  | 1966 |
| 34. | KĘTRZYN IG1          | 2105   | 1965 |
| 35. | KLEJNOWO IG-1        | 11875  | 1982 |
| 36. | KLEWNO 1             | 2108   | 1966 |
| 37. | KŁANINO IG-1         | 16482  | 1966 |
| 38. | KŁANINO IG-2         | 16476  | 1967 |
| 39. | KŁANINO IG-3         | 16477  | 1968 |
| 40. | KŁANINO IG-4         | 16478  | 1968 |
| 41. | KOPALINO IG-1        | 23811  | 1966 |
| 42. | KOPALINO IG-1A       | 126417 | 1967 |
| 43. | KOSZALIN IG-1        | 26442  | 1964 |
| 44. | KOŚCIERZYNA IG-1     | 17126  | 1972 |
| 45. | KRYNICA MORSKA IG-1  | 12077  | 1969 |
| 46. | KRYNICA MORSKA IG-3  | 11887  | 1979 |
| 47. | KRYNICA MORSKA IG-4  | 11880  | 1980 |
| 48. | KRYNICA MORSKA IG-6  | 11884  | 1978 |
| 49. | KRYNICA MORSKA IG-7  | 11877  | 1980 |
| 50. | KRYNICA MORSKA IG-8  | 11881  | 1980 |
| 51. | LESIENIEC 1          | 4430   | 1970 |
| 52. | LĘBORK IG-1          | 30048  | 1961 |
| 53. | LISKI 1              | 2028   | 1971 |
| 54. | ŁEBCZ IG-1           | 18390  | 1968 |
| 55. | MARIANKA IG-1        | 12177  | 1975 |
| 56. | MECHELINKI IG-1      | 19330  | 1974 |
| 57. | MECHELINKI IG-2      | 19260  | 1975 |
| 58. | MECHELINKI IG-3      | 19203  | 1974 |

|      |                   |        |      |
|------|-------------------|--------|------|
| 59.  | MECHELINKI IG-4   | 125055 | 1975 |
| 60.  | MECHELINKI IG-5   | 125056 | 1974 |
| 61.  | MIELNIK IG1       | 57862  | 1960 |
| 62.  | MIEROSZYNO IG-4   | 18393  | 1966 |
| 63.  | MIEROSZYNO IG-7   | 16480  | 1967 |
| 64.  | MŁYNARY IG-2      | 12150  | 1981 |
| 65.  | MORSKI LAS IG-2   | 11878  | 1978 |
| 66.  | NOWA KARCZMA IG-1 | 11888  | 1977 |
| 67.  | OLSZTYN IG-1      | 14098  | 1965 |
| 68.  | OPALINO IG-1      | 16637  | 1966 |
| 69.  | OSTROWO IG-1      | 16450  | 1966 |
| 70.  | PARSZKOWO IG-1    | 16451  | 1966 |
| 71.  | PASŁĘK IG-1       | 12134  | 1961 |
| 72.  | PIESZKOWO 1       | 14802  | 1970 |
| 73.  | POŁCZYNO IG-1     | 19200  | 1969 |
| 74.  | PRZYLESIE IG-1    | 12114  | 1976 |
| 75.  | PTASZKOWO IG-1    | 11894  | 1976 |
| 76.  | PTASZKOWO IG-3    | 11892  | 1977 |
| 77.  | PTASZKOWO IG-4    | 11885  | 1978 |
| 78.  | PTASZKOWO IG-5    | 11882  | 1979 |
| 79.  | PUCK IG-2         | 19199  | 1969 |
| 80.  | RADOSZEWO IG-1    | 16453  | 1966 |
| 81.  | RADOSZEWO IG-2    | 16454  | 1966 |
| 82.  | SALINO IG-1       | 16591  | 1966 |
| 83.  | SŁUPSK IG-1       | 29075  | 1974 |
| 84.  | SOPOT IG-1        | 19631  | 1973 |
| 85.  | STARZYNO IG-1     | 16462  | 1967 |
| 86.  | STARZYNO IG-2     | 16461  | 1968 |
| 87.  | SWARZEWO IG-10    | 18389  | 1973 |
| 88.  | SWARZEWO IG-2     | 18402  | 1967 |
| 89.  | SWARZEWO IG-4     | 18410  | 1967 |
| 90.  | SWARZEWO IG-6     | 19347  | 1968 |
| 91.  | SWARZEWO IG-8     | 18414  | 1973 |
| 92.  | SWARZEWO IG-9     | 18409  | 1973 |
| 93.  | TUPADŁA IG-1      | 16464  | 1966 |
| 94.  | UJŚCIE IG-1       | 11895  | 1976 |
| 95.  | USTKA IG-1        | 122719 | 1979 |
| 96.  | WEJHEROWO IG-1    | 19248  | 1963 |
| 97.  | WERBLINIA IG-1    | 16627  | 1966 |
| 98.  | WŁADYSŁAWOWO IG-2 | 18392  | 1966 |
| 99.  | WŁADYSŁAWOWO IG-3 | 18395  | 1967 |
| 100. | WYSZKÓW IG1       | 41623  | 1967 |
| 101. | ZARĘBY 1          | 14817  | 1969 |



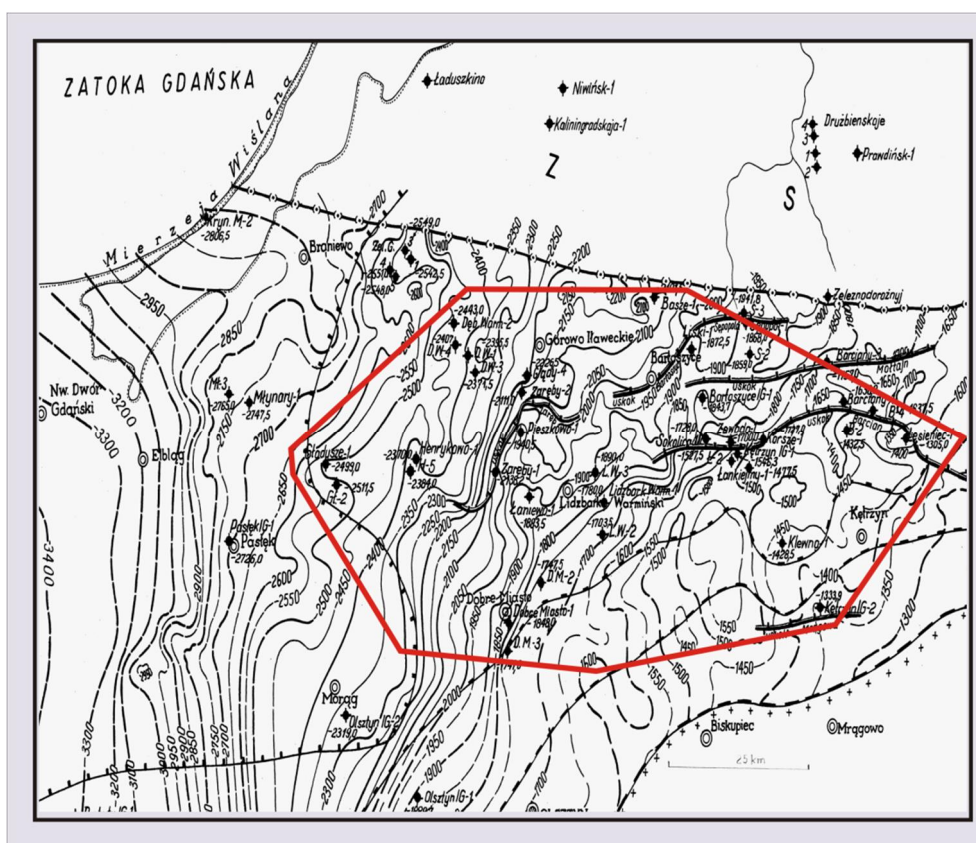
|      |                 |       |      |
|------|-----------------|-------|------|
| 102. | ZAŚCIANKI IG-1  | 12146 | 1981 |
| 103. | ZDRADA IG-1     | 16529 | 1969 |
| 104. | ZDRADA IG-2     | 16528 | 1969 |
| 105. | ZDRADA IG-3     | 16527 | 1970 |
| 106. | ZDRADA IG-7     | 16522 | 1971 |
| 107. | ŻARNOWIEC IG-1  | 16466 | 1969 |
| 108. | ŻARNOWIEC IG-1A | 16456 | 1971 |
| 109. | ŻARNOWIEC IG-4  | 16452 | 1972 |

## Charakterystyka formacji geologicznych odpowiednich do składowania CO<sub>2</sub> (kambr) (Jolanta Paczeńska)

Ze względu na zróżnicowanie budowy geologicznej oraz odmienne, potencjalne możliwości przydatności utworów kambru do składowania CO<sub>2</sub> w omawianym regionie, rejon Łeba-Bałtyk podzielono w niniejszym opracowaniu na dwa segmenty: wschodni (lądowy) zlokalizowany w NE Polsce i zachodni, obejmujący morską część bloku Łeby (bloku B) – zlokalizowaną na Bałtyku. Wchodzi one w skład dużej jednostki strukturalnej – obniżenia bałtyckiego.

### NE Polska - wschodnia część obniżenia bałtyckiego (lądowa)

Na podstawie dotychczasowej wiedzy na temat budowy geologicznej wytypowanego obszaru, opartej na interpretacji danych otworowych dostępnych w publikacjach i opracowaniach (Motyl-Rakowska, 1976; Lendzion, 1974, 1983; Wierzbowski, 1985; Stolarczyk, Tyski, 1972; Stolarczyk i in., 2004; Modliński, 1974; Paczeńska, 2010) stwierdzono, że najkorzystniejsze warunki do składowania CO<sub>2</sub> w omawianym regionie wykazują piaskowce środkowego kambru (**Fig. 1.1.1\_50**).

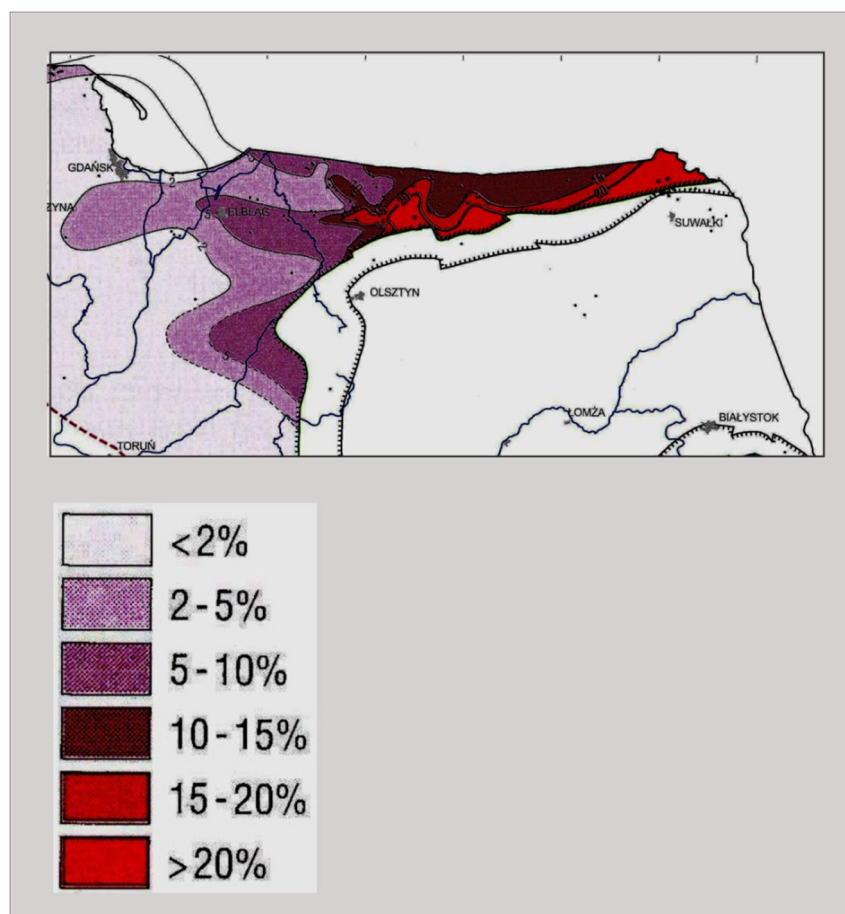


**Fig. 1.1.1\_50** Fragment mapy strukturalnej stropu kambru wschodniej części obniżenia bałtyckiego (Motyl-Rakowska, 1976). Czerwonym kolorem zaznaczono obszar najkorzystniejszych warunków zbiornikowych dla CO<sub>2</sub>

Wykorzystując istniejące bazy danych, na podstawie danych z 10 otworów wiertniczych określono na mapie obszar występowania utworów środkowego wykazujących najlepsze własności zbiornikowe do składowania CO<sub>2</sub>.

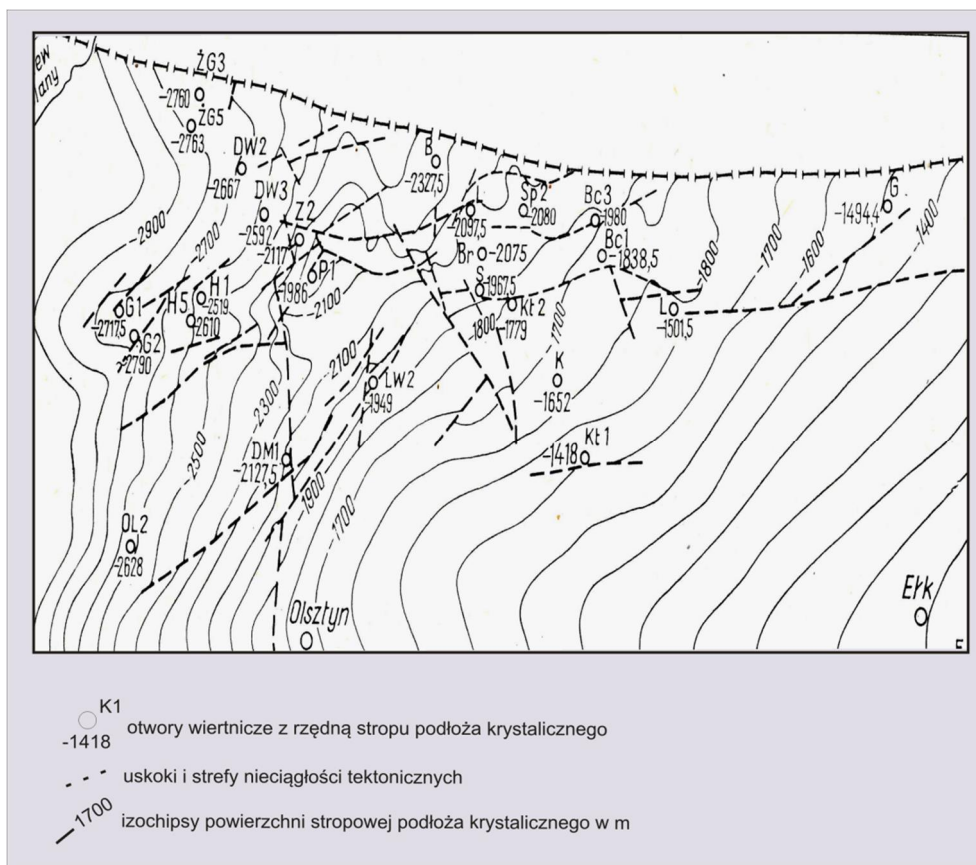
Sukcesję kambru środkowego we wschodniej części obniżenia bałtyckiego budują przewarstwiające się piaskowce drobno-, średnio- i różnoziarniste z licznymi ziarnami kwarcu. Ilość materiału o grubszej frakcji uziarnienia wzrasta w kierunku wschodnim (Lendzion, 1972; Paczeńska, 2010). W piaskowcach występują drobne gruzełki węglanowe i dolomityczne powstałe w wyniku wtórnych procesów diagenety. Sporadycznie w profilach środkowokambryjskich występują bardzo cienkie przewarstwienia mułowców (Lendzion, 1983). Miąższość utworów środkowego kambru jest regionalnie zróżnicowana. W najbardziej na wschód wysuniętej strefie wynosi w otworze: Gołdap IG 1 - 41,7 m oraz w otworze Jezioro Okrągłe IG 1 zaledwie 11,1 m. W części zachodniej omawianego regionu, w otworze Olsztyn IG 2 osiąga miąższość 125,8 m. Utwory kambru środkowego wyklinowują się na północnym skłonie wyniesienia mazursko-białoruskiego. Jednym z kryteriów przydatności utworów do składowania CO<sub>2</sub> jest głębokość ich zalegania w interwale 800 – 2800 m. Dla utworów środkowokambryjskich warunek ten jest spełniony tylko w centrum wschodniej części obniżenia bałtyckiego w wieloboku określonym przez linie łączące otwory Dębowiec Warmiński 2-Gładysze 1-Olsztyn IG 2- na wschodzie obszaru oraz linie łączącą otwory Dobre Miasto 1-Kętrzyn IG 2-na południu. Na zachodzie obszaru granicę wyznacza linia łącząca otwory Klewno 1-Lesieniec 1-Barciany 1. Na północy jest to linia otworów Bartoszyce IG 1-Basze 1-Głady 4-Dębowiec Warmiński 3. We wschodniej strefie utwory kambru zalegają zbyt płytko, powyżej 600 m i mają zbyt małe miąższości aby spełniać stawiane im kryteria pod względem przydatności do składowania CO<sub>2</sub>. W najbardziej zachodniej strefie omawianego obszaru utwory środkowego kambru zalegają na głębokości około 3000 m, która uniemożliwia składowanie CO<sub>2</sub>.

Utwory środkowego kambru we wschodniej części obniżenia bałtyckiego cechują się wyjątkowo dobrymi własnościami zbiornikowymi (**Fig. 1.1.1\_51**). Maksymalne wartości porowatości piaskowców osiągają według danych archiwalnych w otworze: Basze 1-25 %, Dobre Miasto 1-18,6%, Gałajny 1-16,9 %, Klewno 1-23,9%, Lesieniec 1-23,6 %, Liski 1-21,5 %, Pieszkowo 1-16,3%. Wartości maksymalne występują względnie rzadko, częstsze są wartości porowatości zawarte w przedziale 14-16 % (Wierzbowski, 1985). Wykonane w INiG i pomierzone na potrzeby niniejszego opracowania, maksymalne wartości parametrów własności petrofizycznych utworów środkowego kambru wykazały dla otworu Lesieniec 1 porowatość rzędu 20,3-23,14 % a przepuszczalność 147,06-187,57 milidarcy, dla otworu Barciany 1 porowatość 26,26 % i przepuszczalność 434,16 milidarcy, dla otworu Dębowiec Warmiński 1 porowatość 28,91 % i przepuszczalność 487,119 milidarcy. W otworze Bartoszyce IG 1 maksymalna wartość przepuszczalności piaskowców kambryjskich wyniosła 471,43 milidarcy a porowatość 21,54 %. Najkorzystniejsze czyli najwyższe i jednocześnie równomiernie rozłożone w profilu piaskowców środkowego kambru własności zbiornikowe występują w profilach środkowego kambru w centralnej części obszaru, między innymi w otworach Dobre Miasto 1, Lidzbark Warmiński 1, Klewno 1. Ku zachodowi własności zbiornikowe utworów środkowego kambru ulegają znacznemu pogorszeniu i w otworze Olsztyn IG 2 wartości porowatości nie przekraczają 4,5 % (Stolarczyk, Tyski, 1972).



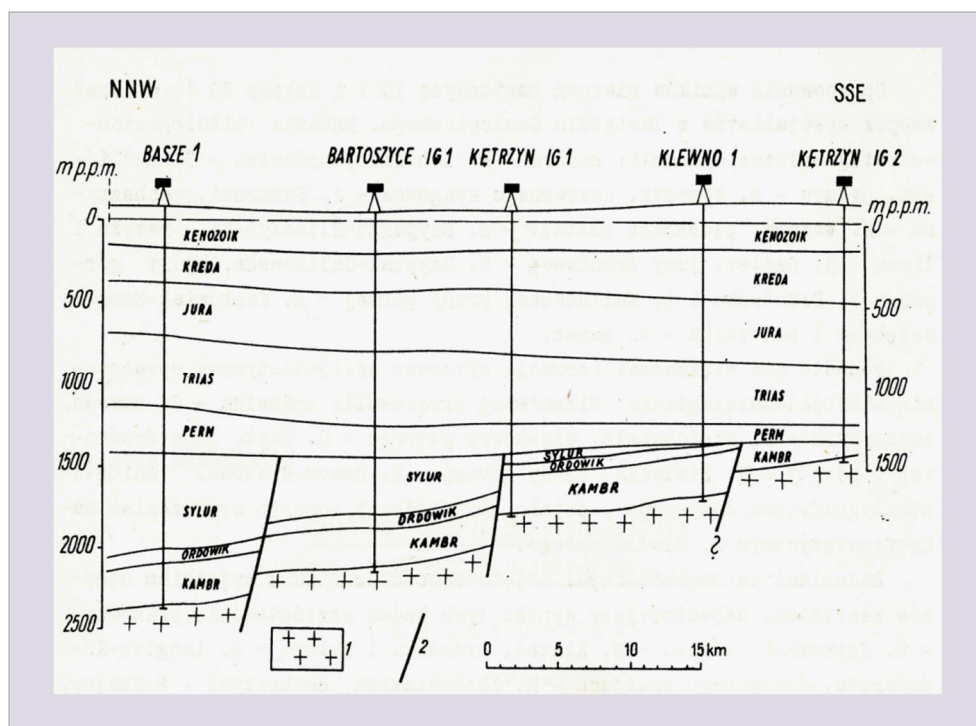
**Fig. 1.1.1\_51** Fragment mapy rozkładu średnich wartości porowatości utworów kambru środkowego wschodniej części obniżenia bałtyckiego (Stolarczyk i in., 2004, zmieniona)

Wschodnią część obniżenia bałtyckiego cechuje, podobnie jak ma to miejsce w obniżeniu podlaskim, obecność w prekambryjskim podłożu krystalicznym lokalnych wyniesień o strukturze blokowej i rozciągających się między nimi obniżeń (Stolarczyk, Tyski, 1972, Modliński, 1974), Wspomniane struktury są genetycznie związane ze strefami nieciągłości tektonicznej w podłożu krystalicznym.



**Fig. 1.1.1\_52** Szkic strukturalny stropu prekambryjskiego podłoża krystalicznego we wschodniej części obniżenia bałtyckiego (Stolarczyk, Tyski, 1972, zmieniony). Symbole wybranych otworów wiertniczych: Kł 1-Kłanino 1, K-Klewno 1, DM1-Dobre Miasto 1, L-Lesieniec 1, Ol2-Olsztyn IG 2, LW2-Lidzbark Warmiński 2, G1-Gładysze 1, H1-Henrykowo 1, P1-Pieszkowo 1, DW2-Dębowiec Warmiński 2, B-Basze 1, Bc1-Barciany 1, Z2-Zaręby 2

Budowa strukturalna i ukształtowanie topograficzne podłoża krystalicznego wywarły silny wpływ na sedymentację utworów kambry oraz syluru i ordowiku. Na powyższym szkicu strukturalnym (**Fig. 1.1.1\_52**) rysują się w podłożu krystalicznym obszary wyniesione, do których należy strefa na linii otworów Pieszkowo 1-Zaręby 2-Henrykowo 1-Gładysze 1. Od SE przylega do niej strefa obniżona na linii otworów Lidzbark Warmiński 2-Dobre Miasto 1-Olsztyn IG 2. Wspomniany układ strukturalny znajduje swoje odzwierciedlenie w miąższościach utworów środkowego kambry, które są mniejsze na wyniesionej strukturze Pieszkowa-Zaręb-Henrykowa-Gładysz i zawierają się w przedziale 112,5-1,5 m. Podczas gdy w obniżeniu Lidzbarka Warmińskiego-Dobrego Miasta-Olsztyna wahają się w granicach 138-125 m.

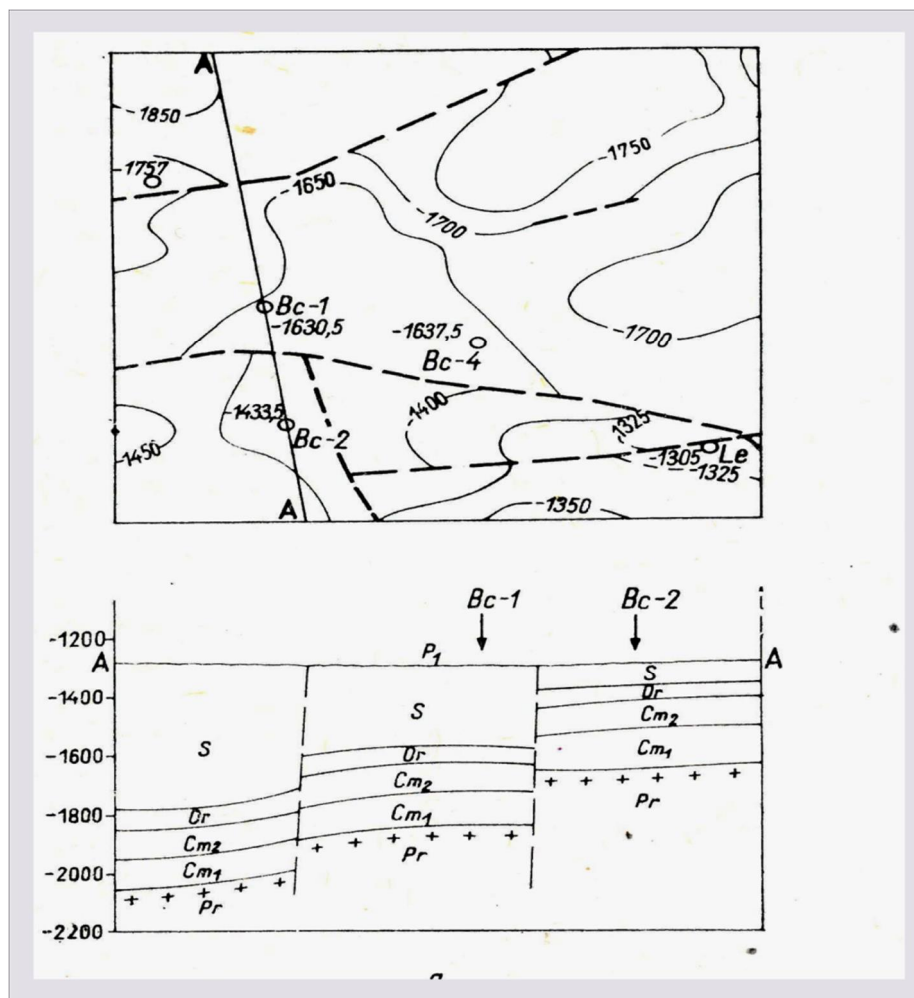


**Fig. 1.1.1\_53** Przekrój geologiczny na linii Basze-Bartoszyce-Kętrzyn pokazujący budowę blokową wschodniej części obniżenia bałtyckiego (według Modlińskiego, 1974). 1-podłoże krystaliczne, 2-uskoki

Wyżej zamieszczony przekrój geologiczny (**Fig. 1.1.1\_53**) wyraźnie pokazuje, iż rozwój dolnopaleozoicznej pokrywy osadowej był uzależniony od pionowych ruchów bloków podłoża krystalicznego. Zaczęły się one pod koniec prekambriu i trwały aż do końca syluru.

Do struktur wyniesionych we wschodniej części obniżenia bałtyckiego należą, znajdująca się w NE części obszaru struktura Barcian, występująca w centralnej części obszaru struktura Gładów oraz znajdująca się na zachodzie struktura Gładysz.

Struktura Barcian nawiercona została czterema otworami Barciany 1-4 oraz otworem Lesieniec 1 (**Fig. 1.1.1\_54**). Są to trzy bloki oddzielone uskokiemi o równoleżnikowym przebiegu. Miąższości kambriu środkowego zawierają się w przedziale 106,5-124,0m. Utwory kambriu zalegają na głębokości 1688,5-1797,0 m. Porowatość jest zmienna i zawarta jest w przedziale 15-24%.



**Fig. 1.1.1\_54** Mapa strukturalna stropu kambru oraz przekrój geologiczny przez strukturę Barcian (Stolarczyk, Tyski, 1972). Symbole literowe oznaczają otwory wiertnicze: Bc-1, 4 - Barciany 1,4; Le-Lesieniec

1

Struktura Gładów ma bardzo skomplikowaną strukturę tektoniczną, jest poprzecinana wieloma uskokami o różnych kierunkach oraz intruzją skał wylewnych. Miąższości kambru środkowego są bardzo zmienne. W otworach Głady 1-4 są zawarte w interwale 89,0-161,5 m, w otworze Pieszkowo 1 utwory kambru środkowego mają miąższość 45,0 m. W otworach Zaręby 1-3 zawierają się w przedziale od 3,0 m do 109,0 m. Utwory kambru zalegają na głębokości 2265,0-2354,0 m. Porowatość jest zmienna i zawarta jest w przedziale 14-19%.

Struktura Gładysz jest wyniesieniem zbliżonym do brachyantykliny i w porównaniu do wyżej wymienionych struktur jest znacznie mniej zaburzona dyslokacjami. Miąższości kambru środkowego w otworach Gładysze 1-2 zawierają się w przedziale 119,5-124,0 m. Utwory kambru środkowego zalegają na głębokości 2548,0-2667,5 m. Porowatość jest zmienna i zawarta jest w przedziale 4-14 %.

Uszczelnieniem regionalnym dla zbiornikowych utworów środkowego kambru we wschodniej części obniżenia bałtyckiego są klastyczno-wapienne utwory ordowiku i syluru o dużej miąższości od 300 m we wschodniej części obszaru do 600 m w jego części zachodniej.

Uszczelniające własności kompleksu sylursko-ordowickiego mogą być zakłócone nieciągłościami tektonicznymi, które się do nich kontynuują. Rolę kolejnego, nadległego uszczelnienia mogą pełnić, zalegające niezgodnie na kompleksie dolnopaleozoicznym utwory permu, a zwłaszcza utwory cechsztynu o miąższości przekraczającej 200 m. Są one wykształcone w postaci kompleksu przewarstwiających się anhydrytów, soli, dolomitów i wapieni oraz ifowców. Nie stwierdzono w nich kontynuacji uskoków dolnopaleozoicznych.

### **Zachodnia część obniżenia bałtyckiego (blok Łeby (B) - część morska)**

Na podstawie dotychczasowej wiedzy na temat budowy geologicznej wytypowanego obszaru, opartej na interpretacji danych otworowych dostępnych w publikacjach i opracowaniach (Lendzion, 1983; Lendzion, 1995, 1998; Dadlez, 1995; Symerka, 1995; Pokorski, Modliński, 2007; Paczeńska, 2010) stwierdzono, że najkorzystniejsze warunki do składowania CO<sub>2</sub> w omawianym regionie wykazują piaskowce środkowego kambru.

Omawiany region leży na NW stoku obniżenia bałtyckiego. Budowa strukturalna kompleksu dolnopaleozoicznego jest w tym rejonie determinowana przebiegiem uskoków i stref dyslokacyjnych, z których najwyraźniejsze definiują duże jednostki tektoniczne określane symbolami literowymi jako bloki A, B, C, D, E (Dadlez, 1995). Blok B, zwany również blokiem Łeby, obejmujący jednostkę strukturalną – wyniesienie Łeby rozciąga się zarówno na lądzie, jak i w strefie morskiej. Ogranicza go od zachodu i południowego zachodu uskok Smółdzina, od wschodu uskok Kuźnicy. W centralnej części blok B jest przecięty strefą dyslokacyjną Karwii (Pokorski, Modliński, 2007). Na bloku B utwory dolnego paleozoiku zalegają na gruboklastycznych utworach ediakaru. Kompleks dolnopaleozoiczny jest reprezentowany przez klastyczne utwory kambru oraz klastyczno-węglanowe utwory ordowiku i syluru o miąższości 1600-2500 m.



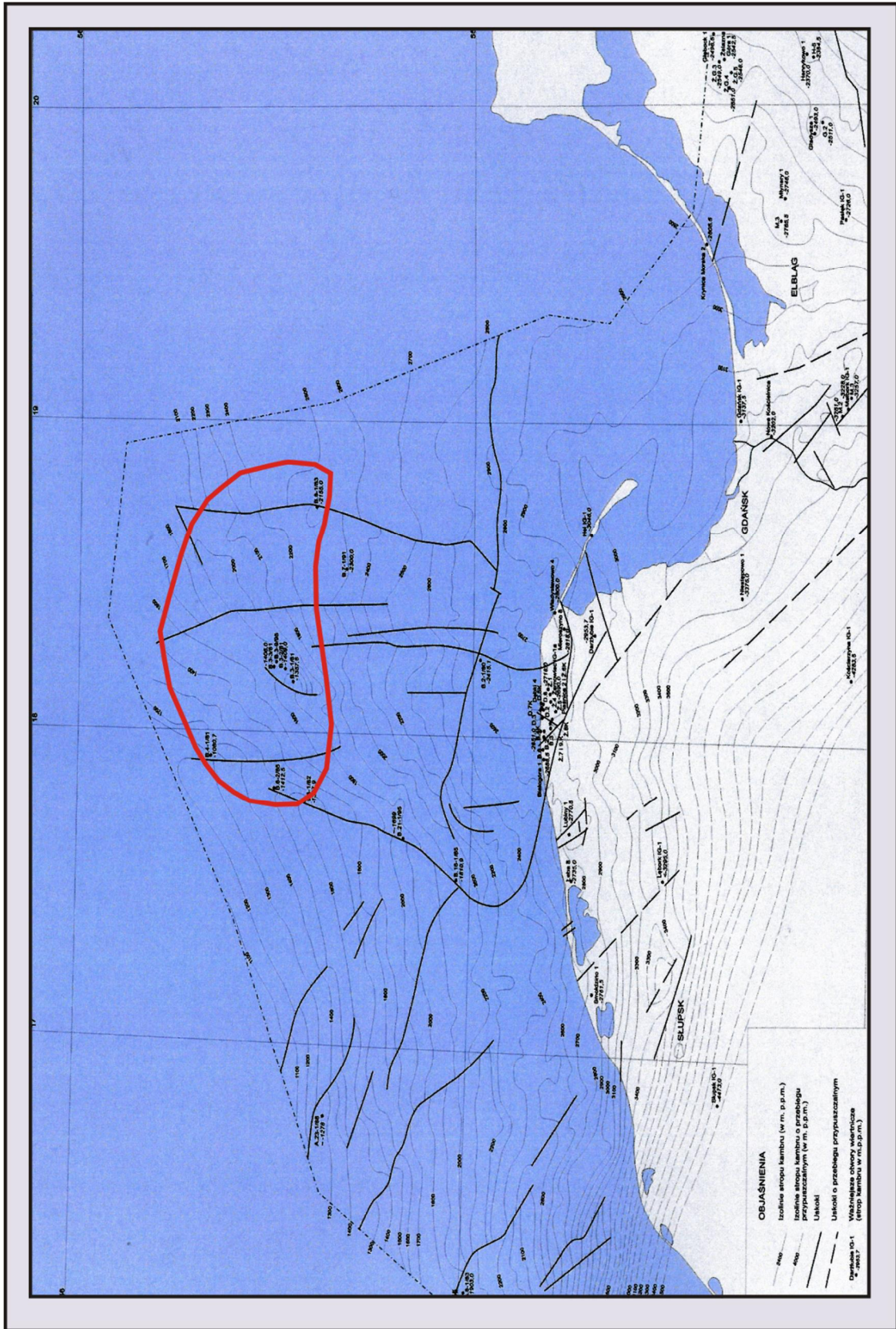
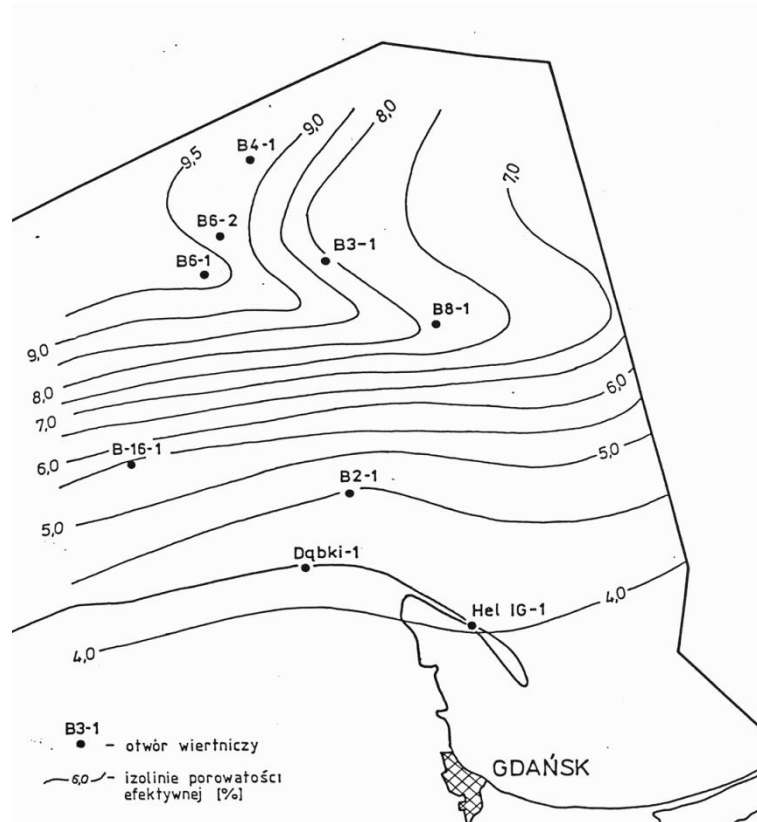


Fig. 1.1.1\_55 Mapa strukturalna stropu kambru na bloku Łeby (B) (Modliński, 1998). Czerwonym kolorem zaznaczono obszar najkorzystniejszych własności zbiornikowych dla składowania CO<sub>2</sub>.

Profil kambru środkowego w morskiej części bloku B jest urozmaicony pod względem litologicznym. Jego miąższość dochodzi do 290 m. Strefa maksymalnych miąższości znajduje się w południowej części bloku w otworach B16 – 265,3 m; B2 – 289 m; Żarnowiec IG 1 – 274,8 m. Miąższości minimalne występują w części północno-zachodniej w otworach B4-191,3 m; B6-187 m (Lendzion, 1983, 1995; Paczeńska, 2010). W rejonie otworów B3 dolna część profilu środkowego kambru jest zbudowana z iłowców i mułowców, w jego górnej części występują piaskowce drobnoziarniste, tworzące poziom o miąższości 40-50 m. W rejonie otworów B6 najniższą część profilu kambru środkowego budują heterolity piaskowcowo-mułowcowe, które są przykryte kompleksem skał ilastych. W górnej części profilu występuje poziom piaskowców drobnoziarnistych o miąższości 60 m bez przewarstwień skał iłowcowo-mułowcowych. W wysuniętym najdalej na północ rejonie otworów B4 profil środkowego kambru tworzą w dolnej części heterolity piaskowcowo-mułowcowe, które są przykryte poziomem iłowców o miąższości 70 m. Nad kompleksem mułowcowym występuje monolityczny poziom piaskowców drobnoziarnistych o miąższości 60 m. W zlokalizowanych w południowo-wschodniej strefy morskiej części bloku B otworach B7 i B8, większą część profilu kambru środkowego reprezentują heterolity piaskowcowo-mułowcowe. Górna część profilu o miąższości 52,5 m jest zbudowana z piaskowców drobnoziarnistych. W otworach B16 i B21 dolna część profilu środkowego kambru jest zbudowana z iłowców, mułowców i heterolitów piaskowco-mułowcowych. W obu otworach stropową część profilu środkowokambryjskiego buduje poziom piaskowców drobnoziarnistych o miąższości dochodzącej do 100 m.

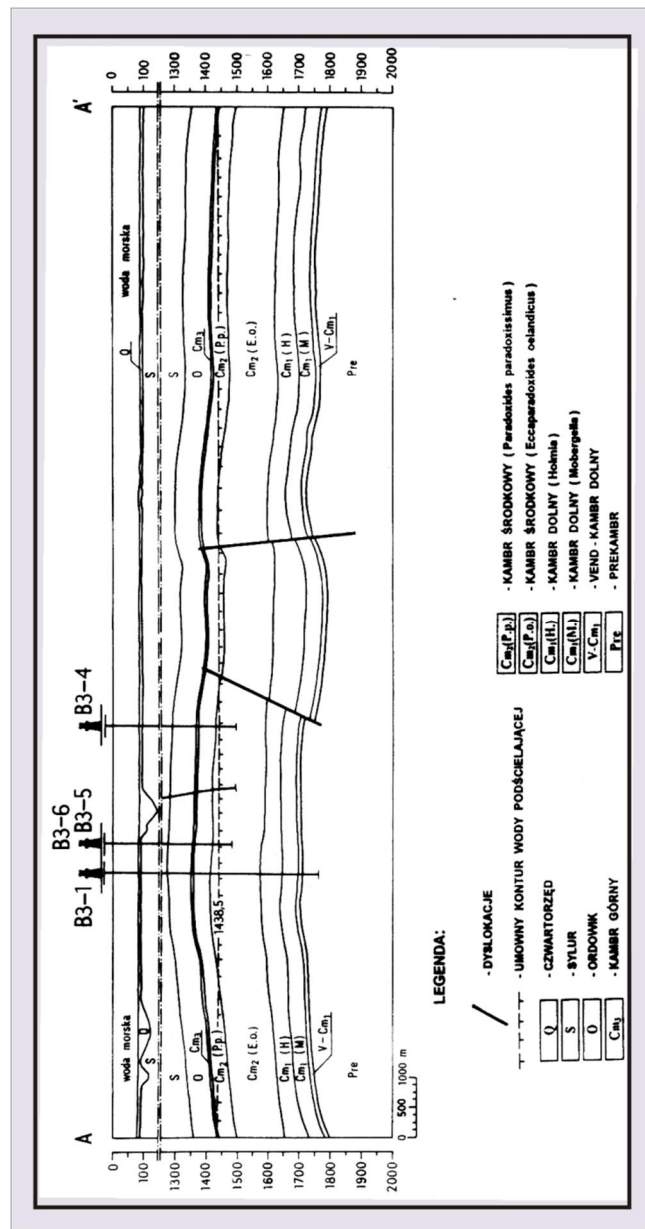
Do grupy najważniejszych obok cech petrofizycznych, kryteriów przydatności utworów do składowania CO<sub>2</sub>, jest głębokość ich zalegania w interwale 800 – 2800 m. W morskiej części bloku B warunek ten spełniają utwory środkowego kambru występujące na obszarze wyznaczonym przez linie łączące otwory: na zachodzie B21, B16, B6; na północy B4, B3, B5. Utwory środkowego kambru w otworach B7 i B8, znajdujących się we wschodniej części bloku B zalegają na głębokościach od 2500 do 2800 m, pozostając w ten sposób na granicy kryterium dopuszczalnych głębokości. Na południe od wspomnianych wcześniej dwóch otworów, utwory kambru środkowego zarówno w części morskiej, jak i lądowej zalegają na głębokości powyżej 2800 m, eliminując tym samym te obszary jako przydatne do składowania CO<sub>2</sub>.

Jednym z decydujących wskaźników o przydatności utworów do składowania CO<sub>2</sub> są parametry petrofizyczne skał – porowatość i przepuszczalność. Na bloku B są one lokalnie zróżnicowane. Najwyższe wartości porowatości występują w rejonie otworów B3, B4, B6 oraz B8 w najwyższym poziomie piaskowcowym środkowego kambru. Pomierzone przez INiG dla potrzeb niniejszego opracowania wartości porowatości piaskowców środkowego kambru dla otworu B3-1/81 zawierają się w przedziale 8,22 % do 15,71 %. Dla otworów B6-1/81 wynoszą 9,06-15,2 %, B6-2/85 osiągają wartości 9,84-13,84 % . Dla otworu B8 wartości porowatości są zawarte w granicach 11,32-16,01 %. Pomierzone dla potrzeb niniejszego opracowania wartości przepuszczalności najwyższego poziomu piaskowców środkowego kambru wynoszą dla otworu: B3 1/81 – 107,407 mD, dla otworu B6 2/85 – 72, 876 mD, dla otworu B8- 295,275 mD.



**Fig. 1.1.1\_56** Rozkład porowatości efektywnej przestrzeni filtracji gazu (według Semyrki, 1995)

Z punktu widzenia składowania CO<sub>2</sub> najlepsze warunki występują w rejonie otworów B3 i B4 na północy bloku B oraz otworów B6 na zachodzie bloku. Dobre warunki składowania ze względu na porowatość i przepuszczalność skał występują również w rejonie otworu B8. We wszystkich wymienionych wyżej czterech grupach otworów wiertniczych są spełnione kryteria składowania CO<sub>2</sub> takie jak głębokość zalegania najwyższego poziomu piaskowcowego środkowego kambru oraz dopuszczalne wartości porowatości i przepuszczalności.



**Fig. 1.1.1\_57** Przekrój geologiczny o kierunku NW-SE przez rejon otworów B3-1, B3-6, B3-5, B3-4 (Królicka, 1998)

Przekrój geologiczny przez rejon otworów B (**Fig. 1.1.1\_57**), w którym znajduje się eksploatowane aktualnie złożo ropy naftowej, wyraźnie pokazuje blokową budowę rejonu z dwoma uskokami, które nie kontynuują się do uszczelniającego kompleksu ordowicko-sylurskiego. Fakt ten zwiększa przydatność tego rejonu do składowania CO<sub>2</sub> poprzez zwiększenie własności uszczelniających nadkładu.

Uszczelnieniem regionalnym dla zbiornikowego poziomu piaskowców środkowokambryjskich jest bardzo miękki kompleks nieprzepuszczalnych skał ilastych i mułowcowych górnego kambru, ordowiku i syluru. W rejonie występowania perspektywicznego dla składowania CO<sub>2</sub> górnego, piaskowcowego poziomu

środkowego kambriu uszczelnienie osiąga miąższość od prawie 2000 m w rejonie otworu B8 do 1300 m w rejonie otworów B3.

Ku południowemu zachodowi i ku południu dobre własności zbiornikowe piaskowców środkowokambryjskich dla składowania CO<sub>2</sub> zanikają.

## **Inwentaryzacja danych hydrogeologicznych i hydrogeochemicznych (L.Razowska-Jaworek)**

W celu wskazania potencjalnych poziomów najlepszych dla geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w regionie badań Północno-Wschodnia Polska dokonano analizy parametrów hydrogeologicznych głównie na podstawie wyników uzyskanych z opróbowania poziomów zbiornikowych w głębokich otworach badawczych, poszukiwawczych i hydrogeologicznych Państwowego Instytutu Geologicznego oraz w głębokich otworach wiertniczych Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa. Przeanalizowano 158 otworów wiertniczych obejmujących kompleksy skał o zróżnicowanych właściwościach zbiornikowych i dużym zróżnicowaniu mineralizacji oraz warunków ciśnieniowych, które mogą być potencjalnie zbiornikami do składowania CO<sub>2</sub>. Otwory ujmowały otwory od proterozoiku po kredę dolną.

W celu wstępnego wytypowania formacji wodonośnych do dalszej, szczegółowej analizy potencjału do składowania CO<sub>2</sub>, poza otworami, przeanalizowano opracowania kartograficzne oraz materiały archiwalne, w tym między innymi: Atlas hydrochemiczny i hydrodynamiki paleozoiku i mezozoiku oraz ascenzyjnego zasolenia wód podziemnych na Niżu Polskim (Bojarski, 1996); Geneza i paleohydrogeologiczne warunki występowania wód zmineralizowanych na Niżu Polskim (Paczyński, Pałys, 1970); Mapa miąższości strefy wód słodkich (zwykłych); Atlas hydrogeochemiczny Polski 1:2000000, (Płochniewski, 1977); Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku, mezozoiku i permu. Skala 1:1000000 (Pożaryski, Radwański, 1972); Atlas wód geotermalnych Niżu Polskiego. Zbiorniki dolnojurajski i dolnokredowy. Katalog otworów wiertniczych i studni głębinowych w utworach kredy dolnej i jury dolnej na Niżu Polskim. (Górecki red., 1990).

Przy wydzieleniu formacji o wysokim potencjale do lokowania CO<sub>2</sub> uwzględniano następujące kryteria hydrogeologiczne: głębokość 1000 – 4000 m, miąższość ponad 20 m i obecność izolującego nadkładu, dominujące facje piaskowcowe. Ograniczony potencjał posiadają obszary, gdzie facje piaskowcowe są zastąpione drobnoziarnistymi klastycznymi osadami, zredukowana porowatość piaskowców do 10%, miąższość 10-20 m lub głębokość pomiędzy 800-1000 m.

Procesy przemian chemicznych wód i ich przemieszczania się zachodzą na ogół w czasie geologicznym i obecnie są trudno zauważalne. Jednak w przypadku wyraźnego zaburzenia reżimu hydrodynamicznego wywołanego na przykład bardzo dużym obniżeniem się zwierciadła wody przez intensywną eksploatację lub i towarzyszące jej odwadnianie górotworu może nastąpić wyrównywanie się ciśnień przez dopływ wód z głębszej części basenu. Zjawisko tąpnięć górniczych lub innych może spowodować odnowienie się starych szczelin tektonicznych i ascenżę wzdłuż pionowych dróg krążenia. Dlatego też uwzględniono działalność człowieka na powierzchni terenu.

Przeanalizowano 506 zbadanych poziomów zbiornikowych w 177 otworach wiertniczych, w tym: 33 w utworach kredy z głębokości od 110 do 1230 m, o mineralizacji 0,0,29-36,5 g/l, 65 w utworach jury górnej z głębokości 210-1763 m, o mineralizacji 0,24-90,7 g/l, 25 w utworach jury środkowej z głębokości 402-2001 m, o mineralizacji 0,31-92,4 g/l, 20 w utworach jury dolnej z głębokości 276-2734 m, o mineralizacji 7,5-148 g/l, 26 w utworach triasu górnego z głębokości 351-2300 m, o mineralizacji 0,40-168 g/l, 53 w utworach triasu dolnego z głębokości 528-2520 m, o mineralizacji 0,97-360 g/l, 77 w utworach permu - czechsztynu z głębokości 530-4260 m, o mineralizacji 4,0-350 g/l, 25 w utworach permu - czerwonego spągowca z głębokości 680-4278 m, o mineralizacji 27,6-241 g/l, 7 w utworach karbonu z głębokości 1310-3943 m, o

mineralizacji 24,3-289 g/l, 35 w utworach dewonu z głębokości 1805-4260 m, o mineralizacji 97-294,6 g/l, 6 w utworach syluru z głębokości 490-1753 m, o mineralizacji 0,36-157 g/l, 6 w utworach ordowiku z głębokości 1404-2665 m, o mineralizacji 101-187 g/l, oraz 103 w utworach kambru z głębokości 498-3733 m, o mineralizacji 0,1-243 g/l.

Z 177 otworów z badanego obszaru w 14 były wykonywane badania porowatości i przepuszczalności skał. Osady kambru zbadano w 14 otworach. Osady syluru zbadano w 7, a osady permu zbadano w 7 otworach. W sumie w roku 2012 wykonano 67 oznaczeń.

W celu dokonania badań hydrogeochemicznych zinwentaryzowano wszelkie dostępne dane dotyczące składu chemicznego i parametrów fizyko-chemicznych w badanym rejonie. Zestawiono 497 analiz chemicznych z 177 otworów wiertniczych z głębokości od 110 m do 4253 m, w tym: 103 z utworów kambryjskich, 6 z utworów ordowickich, 6 z utworów sylurskich, 35 z utworów dewońskich, 7 z utworów karbońskich, 101 z permskich, 79 z utworów triasowych, 109 z utworów jurajskich i 33 z kredowych. Przeanalizowano 497 oznaczenia mineralizacji, 497 oznaczeń Cl, 457 oznaczeń Ca, 226 oznaczeń Na i 221 oznaczenia K oraz 224 oznaczenia Na+K, z których empirycznie obliczono wartości Na i K, 432 oznaczenia SO<sub>4</sub>, 427 oznaczeń HCO<sub>3</sub> i 444 oznaczenia Mg.

Dla wszystkich analiz wykonano bilans anionowo-kationowy w celu oszacowania błędów analizy i usunięto z dalszych badań te analizy, w których błąd był wyższy od 10%. W 15 przypadkach sięgnięto do oryginalnych dokumentacji ze względu na dyskusyjne wartości niektórych składników, np. brak pewności, co do jednostek dla Na w bazie PGNiG.

## Wstępna ocena potencjału CO<sub>2</sub>-EOR, CO<sub>2</sub>-EGR i CO<sub>2</sub>-ECBM

### Wstępna ocena potencjału wspomaganie wydobycia ropy (CO<sub>2</sub>-EOR) oraz gazu (CO<sub>2</sub>-EGR) (Adam Wójcicki)

Zatłaczanie CO<sub>2</sub> celem wspomaganie wydobycia ropy lub gazu można stosować dla złóż charakteryzujących się istotnym stopniem szcerpania, i/lub niską opłacalnością ekonomiczną (Schuppers et al., 2003). To ostatnie jest zwłaszcza istotne dla złóż ropy naftowej (ponieważ w kraju mamy stosunkowo niewiele złóż ropy stąd nawet to kryterium należało stosować łagodniej niż w przypadku złóż gazu), gdzie zatłaczanie CO<sub>2</sub> może wiązać się ze znaczącym wspomaganie/intensyfikacją wydobycia pozostałych zasobów.

Według informacji zgromadzonych w bazach danych MIDAS i CBDG PIG ([www.pgi.gov.pl/pl/bazy-danych](http://www.pgi.gov.pl/pl/bazy-danych)) w Polsce mamy 153 złoża ropy i 291 złóż gazu (**Fig. 1.1.1\_58**). Różnią się one statusem – niektóre są rozpoznane wstępnie, inne szczegółowo, jeszcze inne zagospodarowane, w eksploatacji próbnej, eksploatowane okresowo, eksploatowane od dłuższego czasu, eksploatacja zaniechana lub złoża skreślone z ewidencji. W sumie mamy zewidencjonowane 444 złoża węglowodorów na całym obszarze lądowym Polski i w obrębie polskiej strefy ekonomicznej Bałtyku, ale szereg z nich składa się z paru części lub poziomów/horyzontów złożowych (Zał. nr 1 i 2). Złoża ropy naftowej w Polsce są przeważnie niewielkie a złoża gazu ziemnego również nie są zbyt duże (Karnkowski, 1999), w porównaniu z innymi krajami Europy, nie mówiąc już o skali światowej.

Wybór struktur w opracowaniu „Interaktywnego atlasu prezentującego możliwości geologicznej sekwestracji w Polsce, w skali 1:500 000” (Wójcicki i inni, 2008) oparto na kryteriach projektu GESTCO (Schuppers et al., 2003) przy czym najistotniejsze kryterium to występowanie warunków nadkrytycznych dla CO<sub>2</sub> w złożu, co odpowiada głębokości stropu złoża wynoszącej minimum 800 metrów. Dalsze kryteria to zasoby wydobywalne pierwotne (przyjmuje się założenie że CO<sub>2</sub> może zająć miejsce wydobytych dotychczas węglowodorów i pozostałych zasobów wydobywalnych przy zastosowaniu standardowej technologii eksploatacji), które przyjęto dla złóż gazu na 400 mln m<sup>3</sup> a dla złóż ropy na 100 tysięcy ton. Pojemności składowania wyznaczano obliczając objętość, jaką zajmowały pierwotne zasoby wydobywalne w warunkach złożowych i mnożąc je przez gęstość dwutlenku węgla w warunkach złożowych (**Tabela 1.1.1\_8**).

Złoża węglowodorów grupują się w dwóch głównych prowincjach naftowych. Pierwsza z nich to rejon brzeżnej strefy Karpat (fliszowych) i Zapadliska Przedkarpackiego – SE część kraju, gdzie eksploatacja ropy naftowej i gazu ziemnego była prowadzona od wielu dziesięcioleci (ropy od II połowy XIX wieku). Węglowodory, głównie gaz ziemny, występują tam w formacjach neogenu (miocen), paleogenu i kredy. Druga prowincja to Polska zachodnia, gdzie złoża gazu występują w utworach permskich - cechsztynu i czerwonego spągowca. W NW części kraju mamy nieliczne złoża ropy i gazu (a nie samego gazu), z których największe – BMB koło Gorzowa Wlkp (pojemność rzędu 30-40 mln ton) jest nie jest szcerpane w znacznym stopniu jeśli chodzi o pierwotne zasoby wydobywalne ropy, a nie tak wielkie złożo Kamień Pomorski w rejonie Wolina – w znacznym stopniu. Poza tymi prowincjami mamy jedyne eksploatowane od dłuższego czasu złożo ropy naftowej na Bałtyku – B3 i niewielkie złożo gazu i ropy Stężycza na Lubelszczyźnie. Pojemności składowania złóż wynoszą najczęściej od kilku do kilkudziesięciu mln ton CO<sub>2</sub>. Cztery złoża:



Przemysł na SE i Żuchłów, Załęcze-Wiewierz i Bogdaj-Uciechów na zachodzie, mają pojemności składowania ponad 50 mln ton.

Podsumowując, potencjał składowania dla złóż węglowodorów obliczony w „Interaktywnym atlasie...” jest rzędu **1 mld ton CO<sub>2</sub>**(pojemność efektywna), z tego rzędu 5% dla złóż ropy. Zasadniczo wszystkie złoża przedstawione w **Tabeli 1.1.1\_8** były dalej opracowywane w ramach niniejszego opracowania, z drobnymi uzupełnieniami (dodatkowo można rozpatrywać małe złożo ropy Radoszyn w rejonie Wielkopolski, eksploatowane od niedawna, stąd brak go w tejże tabeli oraz złożo ropy Nosówka k. Rzeszowa w karbonie poniżej złoża gazu, nieuwzględnione w **Tabeli 1.1.1\_8**z uwagi na znaczną głębokość - patrz np. zadanie **1.1.26** - po **1.1.2**).

Analizy ekonomiczne potencjału wspomaganie wydobycia ropy i gazu prowadzone były w ramach tematu „Program wspomaganie wydobycia ropy naftowej i gazu ziemnego z krajowych złóż węglowodorów przy zastosowaniu podziemnego zatłaczania CO<sub>2</sub>” (2011-2012) zamówionego przez MŚ i realizowanego przez Instytut Nafty i Gazu oraz Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy. Wynika z nich że w warunkach polskich może być opłacalne zatłaczanie CO<sub>2</sub> dla wspomaganie wydobycia ropy, zwłaszcza dla relatywnie dużych złóż, natomiast jest to nieopłacalne dla złóż gazu.

Dla kilku złóż gazu możliwe jest składowanie CO<sub>2</sub> pochodzących z niedużych elektrowni bądź pojedynczych bloków energetycznych (do 2 mln ton CO<sub>2</sub> rocznie w danym przypadku).

Kilka złóż ropy może być odpowiednich do składowania CO<sub>2</sub> pochodzących od emitentów średniej wielkości (może za wyjątkiem złoża ropy i gazu BMB, które, jako względnie duże, można wykorzystać na potrzeby jednego bloku energetycznego), dla których po spełnieniu odpowiednich kryteriów złożowych (Taber et al., 1997a i b) można uzyskać dodatkowo nawet **0.7-0.8 t** ropy na każdą tonę zatłoczonego CO<sub>2</sub>.



**Fig. 1.1.1\_58** Lokalizacja złóż węglowodorów w Polsce, zewidencjonowanych w CAG

Tabela 1.1.1\_8 Podstawowe informacje o złożach węglowodorów rozpatrywanych w „Interaktywnym atlasie prezentującym możliwości geologicznej sekwestracji w Polsce, w skali 1:500 000” (Wójcicki i inni, 2008)

| NAZWA ZŁOŻA           | KOPALINA | POŁOŻENIE | STRATYGRAFIA | ROK ODKRYCIA | GAZ ZAS WYDOB PIERW [mld M3] | STOPIEŃ SCZERPANIA [% WYDOBYW] | GŁĘBOKOŚĆ ZALEGANIA [m] | POJEMNOŚĆ SKŁADOWANIA [Mt] | STATUS-ZŁOŻA  | UWAGI                         |
|-----------------------|----------|-----------|--------------|--------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------|-------------------------------|
| Bogdaj-Uciechów       | gaz      | lad       | P1+Ca1       | 1964         | 16,4                         | 72                             | 1470                    | <b>53,48</b>               | eksploatowane |                               |
| Brzostowo             | gaz      | lad       | Ca1+P1       | 1976         | 2,8                          | 97                             | 1410                    | <b>9,13</b>                | zcerpane      |                               |
| Bukowiec              | gaz      | lad       | P1           | 1976         | 3,1                          | 98                             | 2700                    | <b>6,2</b>                 | zcerpane      |                               |
| Czeszów-N             | gaz      | lad       | Ca1          | 1967         | 1,7                          | 74                             | 1390                    | <b>5,8</b>                 | eksploatowane |                               |
| Gorzysław-N           | gaz      | lad       | C3           | 1976         | 1                            | 40                             | 2600                    | <b>2,41</b>                | eksploatowane |                               |
| Grochowice            | gaz      | lad       | P1           | 1978         | 2,4                          | 29                             | 1620                    | <b>7,62</b>                | eksploatowane |                               |
| Grodzisk_Wlkp.        | gaz      | lad       | P1           | 1975         | 3                            | 100                            | 2700                    | <b>6,09</b>                | zcerpane      |                               |
| Tarchalý(RI+Is)       | gaz      | lad       | Ca1+P1       | 1965         | 2,5                          | 59                             | 1560                    | <b>7,5</b>                 | eksploatowane |                               |
| Tarchalý(d)           | gaz      | lad       | Ca2          | 1968         | 1,2                          | 43                             | 1360                    | <b>4,2</b>                 | eksploatowane |                               |
| Ujazd                 | gaz      | lad       | P1           | 1976         | 3,6                          | 97                             | 2610                    | <b>7,2</b>                 | zcerpane      |                               |
| Wilków                | gaz      | lad       | P1           | 1979         | 4,4                          | 58                             | 1500                    | <b>13,58</b>               | eksploatowane |                               |
| Zalecze-Wiewierz      | gaz      | lad       | P1           | 1971         | 22,1                         | 91                             | 1300                    | <b>82,88</b>               | eksploatowane |                               |
| Zuchów                | gaz      | lad       | P1           | 1978         | 24,5                         | 93                             | 1300                    | <b>91,88</b>               | eksploatowane |                               |
| Kamień_Pom.           | ropa     | lad       | Ca2          | 1971         | 0,3                          | 73                             | 2240                    | <b>3,93</b>                | zcerpane      |                               |
| B3                    | ropa     | morze     | Cm           | 1981         | 0,467                        | 58                             | 1550                    | <b>7</b>                   | eksploatowane | Głębokość od poziomu morza    |
| Husów-Albigowa-Krasne | gaz      | lad       | Mio          | 1961         | 8,8                          | 93                             | 950                     | <b>35,2</b>                | eksploatowane | PMG HUSÓW (plytsze horyzonty) |
| Jarosław              | gaz      | lad       | Mio          | 1959         | 7,6                          | 88                             | 1000                    | <b>28,61</b>               | eksploatowane |                               |
| Kielanówka            | gaz      | lad       | Mio          | 1978         | 3,8                          | 23                             | 2300                    | <b>8,46</b>                | eksploatowane |                               |
| Lubaczów              | gaz      | lad       | Mio+J        | 1957         | 8,6                          | 93                             | 850                     | <b>33,94</b>               | eksploatowane |                               |
| Lakta                 | gaz      | lad       | Mio+K/J      | 1971         | 4,1                          | 95                             | 2370                    | <b>10,38</b>               | eksploatowane |                               |
| Mirowin               | gaz      | lad       | Mio          | 1960         | 5,2                          | 90                             | 1000                    | <b>19,27</b>               | eksploatowane |                               |
| Przemysł              | gaz      | lad       | Mio          | 1958         | 75                           | 84                             | 1360                    | <b>244,57</b>              | eksploatowane |                               |
| Tarnów(J3)            | gaz      | lad       | J3           | 1967         | 3,5                          | 97                             | 1700                    | <b>10,08</b>               | zcerpane      |                               |
| Tarnów(M)             | gaz      | lad       | Mio          | 1967         | 2                            | 30                             | 1460                    | <b>5,91</b>                | eksploatowane |                               |
| Uszkowce              | gaz      | lad       | Mio+J2+S/O   | 1958         | 1,2                          | 91                             | 1200                    | <b>4,17</b>                | eksploatowane |                               |
| Zalesie               | gaz      | lad       | Mio          | 1982         | 3,2                          | 7                              | 2100                    | <b>8,65</b>                | eksploatowane |                               |
| Pilzno-S              | gaz      | lad       | Mio          | 1981         | 3                            | 41                             | 1690                    | <b>9</b>                   | eksploatowane |                               |

|                   |               |     |         |      |        |     |         |              |                               |   |
|-------------------|---------------|-----|---------|------|--------|-----|---------|--------------|-------------------------------|---|
| Weglowka          | ropa          | lad | K1      | 1888 | 0,2    | 100 | 900     | <b>1,87</b>  | zcierpane                     |   |
| BMB               | ropa&gaz      | lad | Ca2     | 1993 | 9,7    | 12  | 2982    | <b>33,18</b> | eksploatowane                 |   |
| Jastrzabka_Stara  | ropa          | lad | K3      | 1987 | 0,03   | 4   | 1135    | <b>0,42</b>  | rezerwa                       | dwa horyzonty ropne                                   |
| Osobnica          | ropa          | lad | Pg      | 1953 | 0,07   | 100 | 1122    | <b>0,72</b>  | zcierpane                     |   |
| Babimost          | gaz+ropa      | lad | Ca2     | 1972 | 0,91   |     | 2193    | <b>2,09</b>  | nieeksploatowane              | próbne wydobycie, szczelinowatość kolektora           |
| Bonikowo          | gaz           | lad | Ca1     | 1998 | 0,785  | 12  | 2261    | <b>1,78</b>  | eksploatacja probna (zagosp.) | przeznaczone na magazyn gazu                          |
| Borzecin          | gaz           | lad | Ca1+P1  | 1970 | 4,13   | 89  | 1313    | <b>13,33</b> | eksploatowane                 | złóże dwupoziomowe plany zatłaczania wód z kop miedzi |
| Bronsko           | gaz           | lad | Ca1     | 1998 | 14,875 | 1   | 2196,00 | <b>31,24</b> | eksploatacja probna           |   |
| Gora              | gaz           | lad | P1      | 1973 | 0,97   | 48  | 1340    | <b>3,13</b>  | eksploatowane                 |   |
| Gorzycza          | gaz+ropa      | lad | Ca2     | 1989 | 0,91   | 2   | 2704,5  | <b>2,46</b>  | eksploatacja probna           |   |
| Jarocin           | gaz           | lad | Ca2+P1s | 1977 | 0,8243 | 35  | 2265    | <b>1,87</b>  | eksploatowane                 |   |
| Kargowa           | gaz+kondensat | lad | Ca2     | 1982 | 2,65   |     | 2100    | <b>7,1</b>   | nieeksploatowane (rozpozn.)   |   |
| Koscian-S         | gaz           | lad | Ca1     | 1995 | 10,36  | 0   | 2149,00 | <b>21,76</b> | nieeksploatowane (niezagosp.) |   |
| Naratow           | gaz           | lad | P1      | 1981 | 0,46   |     | 1360    | <b>1,38</b>  | nieeksploatowane              | rozpoznane w kat B                                    |
| Niechlow          | gaz           | lad | P1      | 1978 | 0,58   |     | 1368    | <b>1,87</b>  | nieeksploatowane              | rozpoznane w kat B                                    |
| Nowy_Tomysl       | gaz           | lad | Ca1     | 2002 | 0,622  |     | 2390    | <b>1,28</b>  | nieeksploatowane (niezagosp.) | część NE w terenie zurbanizowanym                     |
| Paproc+Cicha_Gora | gaz           | lad | P1+C    | 1979 | 4,656  | 2   | 2631,00 | <b>9,45</b>  | eksploatowane do 1988         |   |
| Paproc-W          | gaz           | lad | Ca1     | 1990 | 3,1    | 0   | 2435,00 | <b>6,38</b>  | nieeksploatowane (niezagosp.) | tylko kulminacja W                                    |
| Radziadz          | gaz           | lad | Ca1     | 1969 | 0,92   | 0   | 1445    | <b>2,88</b>  | nieeksploatowane              |   |
| Ruchocice         | gaz           | lad | Ca1     | 2000 | 0,833  |     | 2350    | <b>1,52</b>  | nieeksploatowane              | b. blisko zł Wielichów                                |
| Wielichowo        | gaz           | lad | Ca1     | 1999 | 1,4    |     | 2240,8  | <b>2,55</b>  | nieeksploatowane (niezagosp.) | w pobl. Zł. Ruchocice                                 |
| Wierzchowice      | gaz           | lad | Ca1+P1  | 1971 | 11,9   | 66  | 1326,00 | <b>34,15</b> | zagospodarowane               | PODZIEMNY MAGAZYN GAZU                                |
| Wilcze            | gaz           | lad | P1      | 1989 |        |     |         |              | nieeksploatowane              |   |
| Wilcze            | gaz           | lad | Ca2     | 1989 | 0,785  | 0   | 2086    | <b>1,96</b>  | nieeksploatowane              |   |
| Zbaszyn           | gaz+kondensat | lad | Ca2     | 1974 | 2,4    |     | 2123    | <b>5,6</b>   | nieeksploatowane (niezagosp.) | eksploatacja próbna                                   |
| Zakowo            | gaz           | lad | Ca2     | 1972 | 2,15   |     | 1697,1  | <b>5,97</b>  | nieeksploatowane (niezagosp.) | >78%azotu   |

|                        |               |     |          |      |       |    |         |              |                                      |  |
|------------------------|---------------|-----|----------|------|-------|----|---------|--------------|--------------------------------------|--|
| Aleksandrowka          | gaz           | lad | P1       | 1984 | 0,6   |    | 1219    | <b>1,85</b>  | rozpoznane kat B                     | nieeksploatowane                             |
| Szlichtyngowa          | gaz           | lad | P1s      | 1979 | 0,58  |    | 1533    | <b>1,74</b>  | niezagospodarowane                   |  |
| Jablonna               | gaz           | lad | Ca1      | 2002 | 0,536 |    | 2259    | <b>1,01</b>  | niezagospodarowane                   | rozpoznane kat A+B                           |
| Rawicz_Ca2             | gaz           | lad | Ca2      | 1975 | 0,23  |    | 1155    | <b>0,75</b>  | niezagospodarowane                   | Część północna złoża w obrębie miasta Rawicz |
| Rawicz_wap.cechszt.+P1 | gaz           | lad | Ca1+P1   | 1966 | 0,475 |    | 1380    | <b>1,44</b>  | niezagospodarowane                   | Część północna złoża w obrębie miasta Rawicz |
| Gorzysław_S            | gaz           | lad | C3       | 1978 | 0,47  |    | 2743,5  | <b>1,08</b>  | nieeksploatowane                     |  |
| Trzebusz               | gaz           | lad | C3       | 1977 | 0,11  |    | 2865    | <b>0,22</b>  | nieeksploatowane                     | teren trudno dostępny bagna, brak dróg       |
| Wierzowice             | gaz           | lad | Ca1+P1   | 1981 | 0,47  |    | 1163    | <b>1,65</b>  | eksploatacja planowana               |  |
| Gryzyna                | gaz           | lad | Ca2      | 1994 | 0,42  | 1  | 2316    | <b>1,19</b>  | po próbnej eksploatacji (niezagosp.) |  |
| Przytor                | gaz           | lad | P1       | 1971 | 0,36  |    | 2847    | <b>0,78</b>  | nieeksploatowane                     |  |
| Miedzzydroje-E         | gaz           | lad | P1       | 1971 | 0,3   |    | 2959,3  | <b>0,7</b>   | nieeksploatowane                     |  |
| Buszkowiczki           | gaz           | lad | Mio_bs   | 1977 | 0,85  | 2  | 1647    | <b>2,29</b>  | eksploatowane                        |  |
| Cierpisz               | gaz           | lad | Mio_a    | 2003 | 0,604 | 1  | 824     | <b>1,89</b>  | nieeksploatowane                     | przewidywane zatłaczanie wód złożowych       |
| Jasionka               | gaz           | lad | Mio_a    | 2001 | 1,225 | 1  | 860     | <b>4,63</b>  | nieeksploatowane (niezagosp.)        | 17horyzontów w tym 12>gł 800 m ppm.          |
| Jaszczew               | gaz+ropa      | lad | K3/Pg_fl | 1908 | 2,265 | 98 | 950     | <b>10,36</b> | eksploatowane                        |  |
| Jodlowka               | gaz           | lad | Mio_sb3  | 1979 | 5,598 | 2  | 1862,00 | <b>15,5</b>  | zagospodarowane                      | złożo wielopoziomowe                         |
| Lachowice-Stryszawa    | gaz+kondensat | lad | D2+D3    | 1983 | 0,54  |    | 2740    | <b>1,19</b>  | zagospodarowywane                    |  |
| Nosowka                | gaz           | lad | Mio_b3   | 1994 | 0,532 |    | 1690    | <b>1,41</b>  | nieeksploatowane (niezagosp.)        | 10 horyzontów gazowych                       |
| Palikowka              | gaz           | lad | Mio_sb3  | 1997 | 0,848 |    | 1063    | <b>2,79</b>  | nieeksploatowane (niezagosp.)        | 17poziomów roponośnych                       |
| Roztoki                | gaz+ropa      | lad | Pg_fl    | 1896 | 3,864 | 87 | 1139,00 | <b>15,98</b> | eksploatowane                        | 20 horyz.>gł 800m                            |
| Stezyca                | gaz+ropa      | lad | C3       | 1993 | 0,809 | 1  | 2190    | <b>2,47</b>  | eksploatowane                        | 6 poziomów                                   |
| Strachocina            | gaz           | lad | K3_fl    | 1928 | 4,471 | 98 | 840,00  | <b>17,39</b> | zcerpane                             | PODZIEMNY MAGAZYN GAZU                       |
| Jasniny-N              | gaz           | lad | Mio      | 1980 | 0,559 | 22 | 910     | <b>2</b>     | eksploatowane                        |  |
| Rylowa                 | gaz           | lad | K3c      | 1987 | 0,545 |    | 1008    | <b>2,01</b>  | nieeksploatowane                     | przekazano do eksploatacji w 1988            |
| Raczyna                | gaz           | lad | Mio_as   | 1982 | 0,46  | 4  | 1790    | <b>1,11</b>  | eksploatowane                        | 2 horyzonty                                  |

|                       |     |     |        |      |       |   |      |             |  |  |
|-----------------------|-----|-----|--------|------|-------|---|------|-------------|--|--|
| Pruchnik-Pantalowice  | gaz | lad | Mio_as | 1977 | 0,4   |   | 854  | <b>1,18</b> | nieeksploatowane                                 | 3 horyzonty plycej niz 800 m   |
| Rudolowice-Rozwienica | gaz | lad | Mio_ab | 1963 | 0,4   |   | 1520 | <b>1,17</b> | nieeksploatowane                                 | wspolwystepuje gazolina,<br>zasobow nie zatwierdzono   |
| Trzebowisko           | gaz | lad | D3     | 2003 | 0,4   | 1 | 1938 | <b>0,8</b>  | nieeksploatowane<br>(niezagosp.)                 | po testach wydobywczyc,<br>sladowe ilosci ropy, przez obszar<br>zloza przeplywa rzeka Wislok |
| Terliczka             | gaz | lad | Mio_a  | 2000 | 0,533 | 2 | 803  | <b>1,72</b> | nieeksploatowane<br>(niezagosp. - byly<br>testy) | na powierzchni obszar<br>zabudowany (poziomy VIII-XI)  |

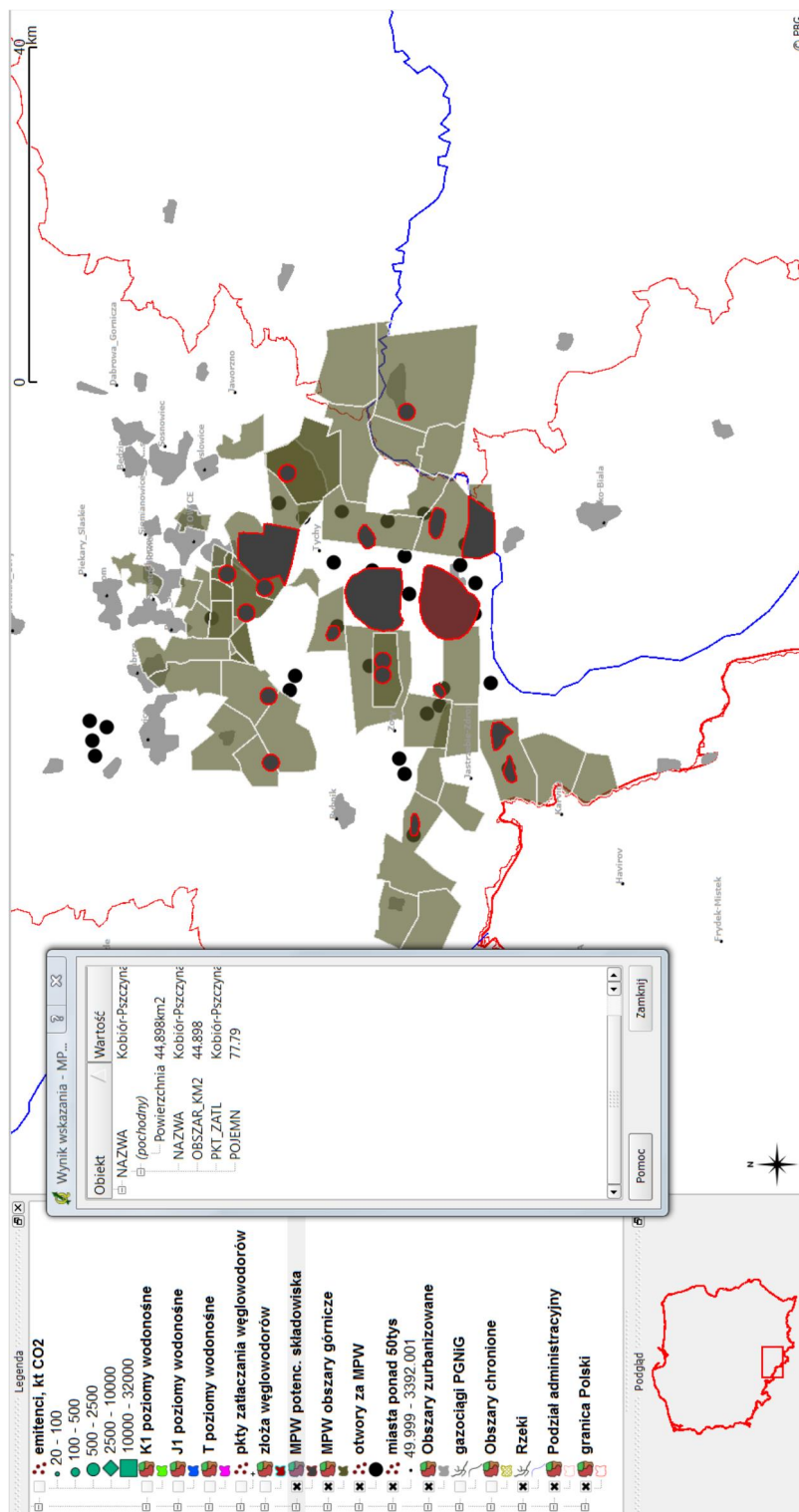
## **Wstępna ocena potencjału wspomagania wydobycia metanu pokładów węgla (CO<sub>2</sub>-ECBM) (Adam Wójcicki)**

W opracowaniu „Interaktywnego atlasu prezentującego możliwości geologicznej sekwestracji w Polsce, w skali 1:500 000” (Wójcicki i inni, 2008) wytypowano na obszarze GZW 50 perspektywicznych obszarów górniczych gdzie metan występuje w pokładach węgla oraz 21 obiektów – obejmujących bądź obszary udokumentowanych złóż MPW, bądź bezpośrednio sąsiedztwo otworów, gdzie stwierdzono zasoby wydobywalne MPW (dla tradycyjnej technologii). Przyjęto jako kryterium głębokość minimum 1000-1200 metrów a maksimum 2000 metrów ponieważ doświadczenia projektu RECOPOL (Jura, Krzystolik & Skiba, 2007) sugerują taki optymalny przedział głębokości dla geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w pokładach węgla GZW, dla którego CO<sub>2</sub> występuje w tzw. fazie nadkrytycznej. Ponadto pominięto północną część GZW, najsilniej zurbanizowaną, gdzie brak jest też dobrego nadkładu uszczelniającego utwory karbonu węglonośnego. Przyjęto do oszacowań pojemności metodykę projektu GESTCO (Bergen & Wildenborg, 2002; May, 2003; Tongeren & Laenen, 2001).

Otrzymane efektywne pojemności składowania dla 21 obiektów (**Fig. 1.1.1\_59**) wahają się od paru do kilkudziesięciu milionów ton CO<sub>2</sub>, co daje w sumie **395 mln ton** CO<sub>2</sub> zatłoczonego dla celów wydobycia metanu pokładów węgla (CO<sub>2</sub>-ECBMR). Jest to wielkość bardzo optymistyczna, nieuwzględniająca możliwych konfliktów interesów odnośnie przyszłych planów eksploatacji złóż węgla, gdzie przecież metan jest zasadniczo kopaliną towarzyszącą, a wykorzystanie pokładów węgla do zatłaczania CO<sub>2</sub> celem wspomagania wydobycia metanu znajdującego się w węglu raczej wyklucza przyszłe wydobycie węgla, przynajmniej metodą tradycyjną. Ponadto nie były tam szczegółowo analizowane zagadnienia bezpieczeństwa składowania, związanego z tektoniką formacji węglonośnych i prowadzoną aktualnie eksploatacją obszarów górniczych (wydobycie węgla). Z tych powodów w ramach niniejszego opracowania ograniczono się do wskazania trzech małych obszarów w części centralno-południowej GZW gdzie zastosowanie technologii CO<sub>2</sub>-ECBMR jest bezsprzecznie możliwe, o potencjale składowania o rząd wielkości mniejszym (zadanie **1.1.2** i **1.1.11** – pokłady węgla, oraz **Fig. 1.1.1.60-62**) niż podany w Atlasie.

Jeśli chodzi o samą produkcję metanu to eksperyment RECOPOL pokazała że zatłaczanie CO<sub>2</sub> umożliwiło wzrost produkcji metanu o około 40% (Jura, Krzystolik & Skiba, 2007). Jednak produkcja metanu z otworu pionowego w Kaniowie w ramach tego eksperymentu była w sumie stosunkowo niska, czy to z zatłaczaniem CO<sub>2</sub> czy bez. Lepszą miarą jest ilość metanu uzyskana dodatkowo na tonę CO<sub>2</sub>. Mamy tu z zatłoczenia 1 tony CO<sub>2</sub> około **10 m<sup>3</sup>** metanu, co jest kiepskim wynikiem z ekonomicznego punktu widzenia. Być może zastosowanie otworów poziomych poprawiłoby te rezultaty.

Pozostałe zagłębia węglowe (Dolnośląskie Zagłębie Węglowe, Lubelskie Zagłębie Węglowe) wydają się nieodpowiednie do składowania CO<sub>2</sub> z uwagi na zagadnienia bezpieczeństwa i/lub stopień udokumentowania zasobów MPW.



**Fig. 1.1.1\_59** Lokalizacja źródeł MPW rozpatrywanych w ramach „Interaktywnego atlasu prezentującego możliwości geologicznej sekwestracji w Polsce, w skali 1:500 000” (Wójcicki i in., 2008)



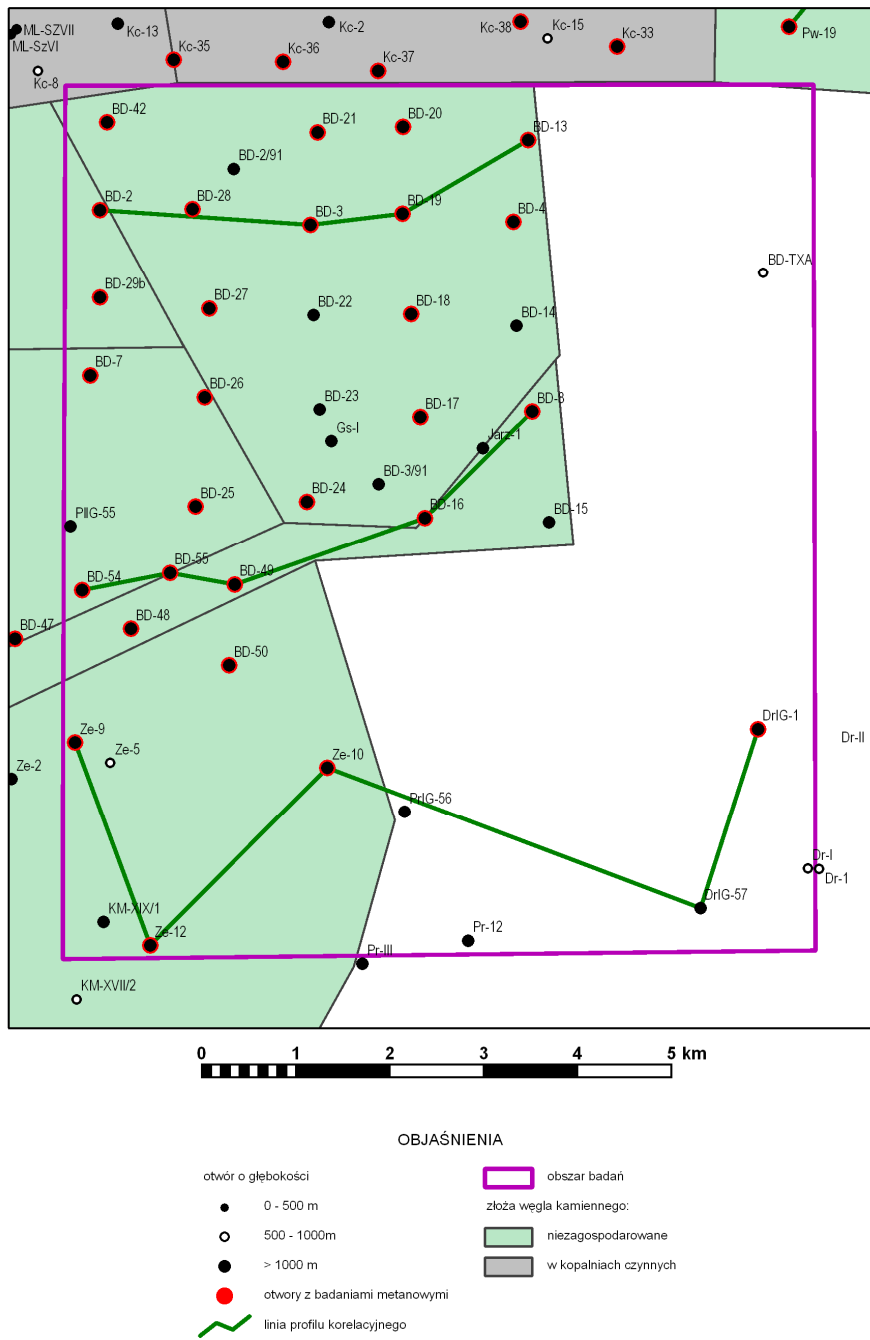
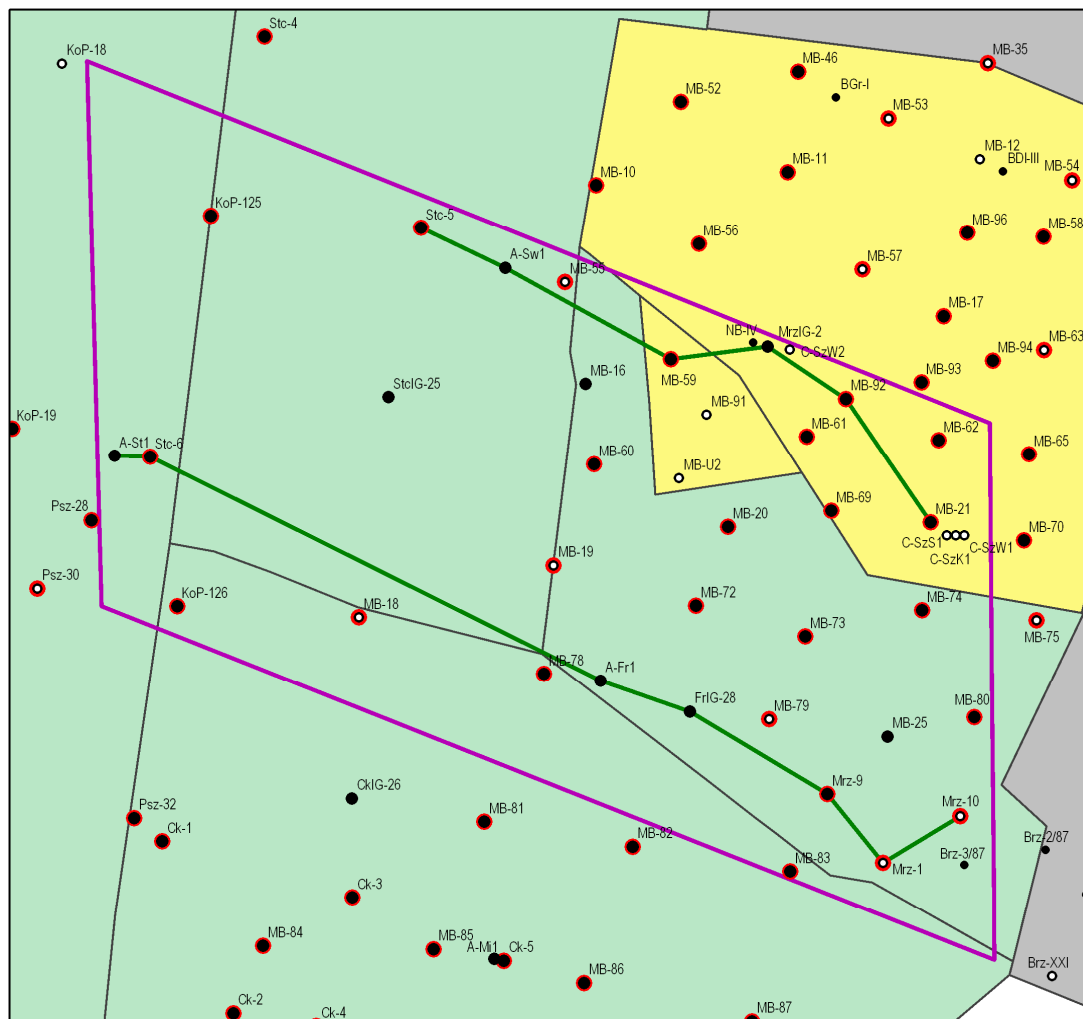


Fig. 1.1.1\_60 Obszar perspektywiczny dla CO<sub>2</sub>-ECBMRBzie-Drogomyśl (J. Jureczka)



OBJAŚNIENIA

- |   |  |
|---|--|
| <p>otwór o głębokości</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 0 - 500 m</li> <li>○ 500 - 1000m</li> <li>● &gt; 1000 m</li> <li>● otwory z badaniami metanowymi</li> </ul> <p>— linia profilu korelacyjnego</p> | <p>obszar badań</p> <p>złoża węgla kamiennego:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ niezagospodarowane</li> <li>■ w kopalniach czynnych</li> <li>■ w kopalniach zamkniętych</li> </ul> |
|---|--|

Fig. 1.1.1\_61 Obszar perspektywiczny dla CO2-ECBMR Studzienice - Międzyrzecze (J. Jureczka)

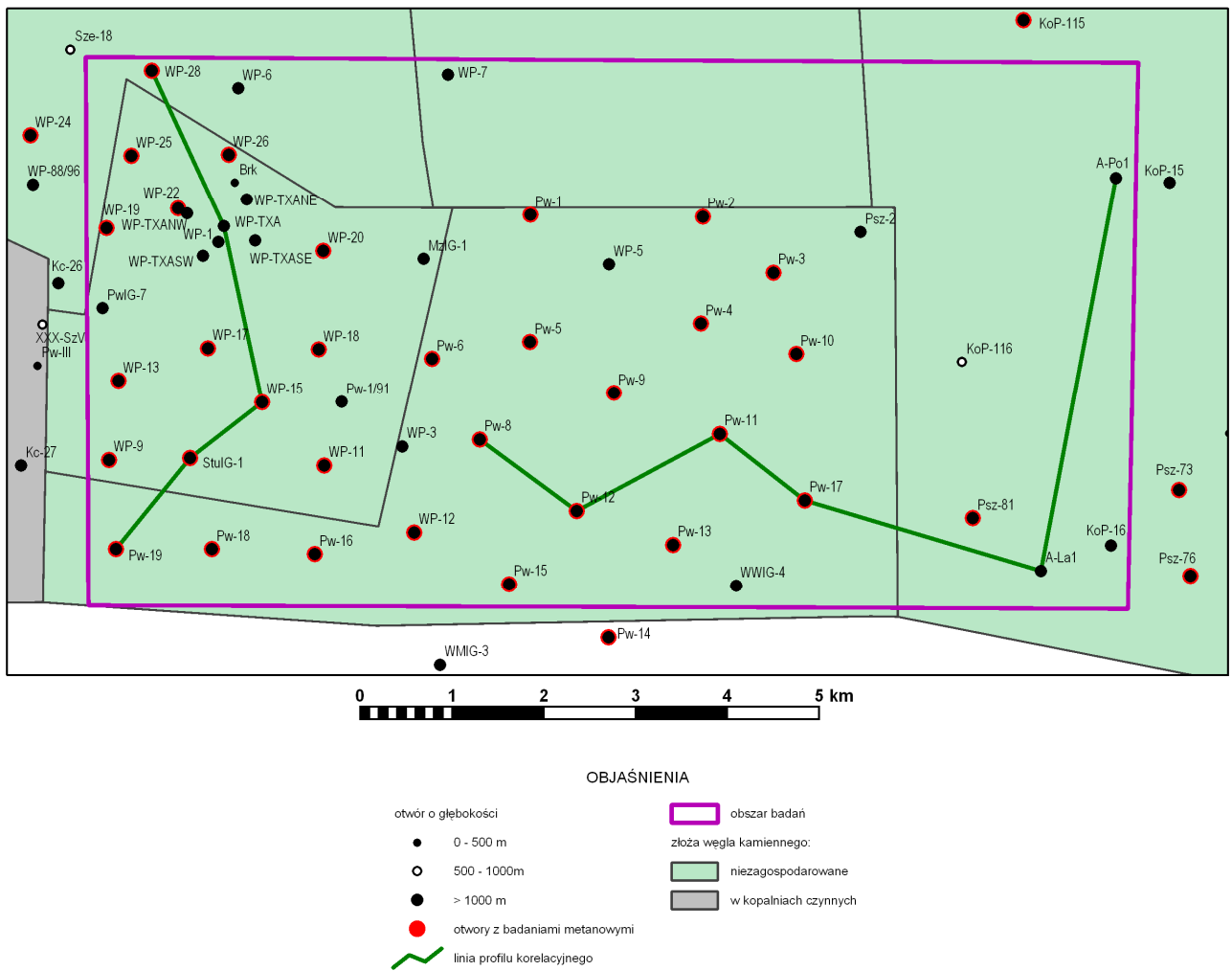


Fig. 1.1.1\_62 Obszar perspektywny dla CO<sub>2</sub>-ECBMR Pawłowice-Mizerów (J. Jureczka)

## **Wprowadzanie informacji do bazy danych**

W ramach zadania **1.1.1** podstawowe informacje wprowadzone na bieżąco do bazy danych stanowiły lokalizacje i wydzielenia litostratygraficzne otworów wytypowanych dla poszczególnych otworów, oraz dane archiwalne parametryczne dostępne dla poszczególnych otworów – zwłaszcza petrofizyczne, hydrogeologiczne i hydrogeochemiczne. W dalszej kolejności wprowadzono dane z karotaży i wydzielenia kolektorów i uszczelnień będące wynikiem analiz w rozdziale **1.1.1** i **1.1.3**, wyniki nowych badań petrologicznych i petrofizycznych (zadanie **1.1.5**, **1.3.2**) wykorzystywane wraz z archiwalnymi danymi parametrycznymi do konstrukcji trójwymiarowych modeli geologicznych i hydrogeologicznych (patrz też zadanie **1.1.10**).

## Charakterystyka znanych struktur (1.1.19 - IGSMiE PAN)

W Tabeli 1.1.19\_1 przedstawiono kluczowe kryteria geologiczne wyboru miejsc składowania CO<sub>2</sub> z podziałem na wskaźniki pozytywne, ostrzegawcze i negatywne, podane w podręczniku najlepszych praktyk (Chadwick et al., 2006), z modyfikacjami autorów. Należy podkreślić, że waga poszczególnych kryteriów uwzględnianych w wyborze struktur zależy od analizującego i danego przypadku. Dla obszaru Polski lista struktur wraz z ich lokalizacją w mezozoicznych poziomach solankowych Niżu Polskiego została ostatnio przedstawiona przez Tarkowskiego (2008).

**Tabela 1.1.19\_1**

Kryteria geologiczne do wyboru miejsc składowania (Chadwick et al., 2006, z modyfikacjami).

|                       | Wskaźniki pozytywne    | Wskaźniki ostrzegawcze                      | Wskaźniki negatywne                  |
|-----------------------|------------------------|---|--------------------------------------|
| Pojemność składowania | >60 Mt                 | 30 – 60 Mt                                  | <30 Mt                               |
| Głębokość             | >800m, <2500 m         | 2500 – 3500m                                | <800 m, >3500 m                      |
| Mięższość efektywna   | >50 m                  | 20 – 50 m                                   | <20 m                                |
| Porowatość            | >20%                   | 10 – 20%                                    | <10%                                 |
| Przepuszczalność      | >300 mD                | 300 – 100 mD                                | <100-10 mD                           |
| Mineralizacja         | >100 g/dm <sup>3</sup> | 100 – 30g/dm <sup>3</sup>                   | <30 g/dm <sup>3</sup>                |
| Uskoki                | Brak uskoków           | Uskoki wygasające w formacji do składowania | Uskoki przechodzące w skały nadkładu |
| Mięższość nadkładu    | >100 m                 | 20 – 100 m                                  | <20 m                                |

### Rejon I - Bełchatów

(Radosław Tarkowski, Sylwester Marek, Barbara Uliasz-Misiak, Lidia Dziewińska, Magdalena Wdowin)

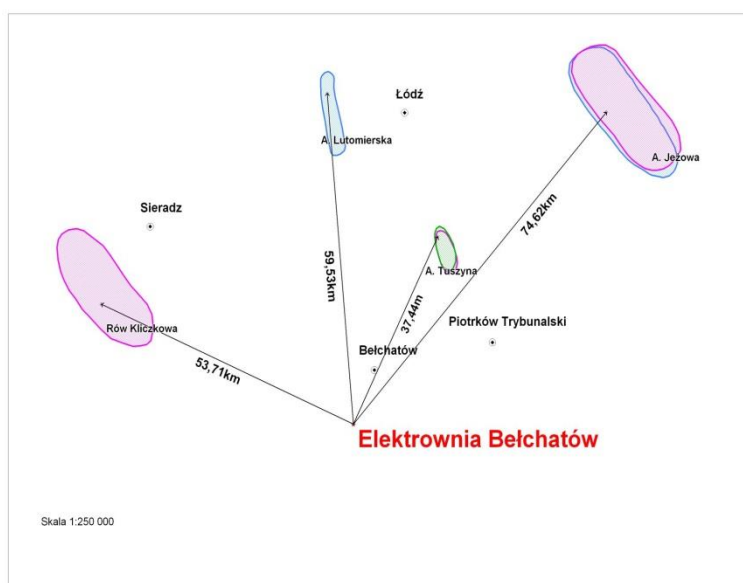
Dla obszaru I uwzględniono następujące struktury: antyklina Jeżowa – J, antyklina Jeżowa – T, rów Kliczkowa, antyklina Lutomińska, antyklina Tuszyńska. Przeanalizowano informacje dotyczące wskazanych struktur z obszaru Bełchatowa. Przedmiotem analizy były: pojemność struktury, własności poziomu do składowania (głębokość zalegania stropu, mięższość efektywna, ich porowatość, przepuszczalność), mineralizacja wód oraz właściwości skał nadkładu (uskoki oraz mięższość).

Należy podkreślić, że typowanie struktur obarczone jest niepewnościami wynikającymi ze: słabego rozpoznania geologicznego opisanych struktur, braku dostatecznej ilości danych geologiczno-złożowych, dobrego rozpoznania otworami wiertniczymi, rozpoznania sejsmicznego, itd. Z tego powodu część informacji wykorzystanych w opracowaniu pochodziła z danych regionalnych.

Minimalną ilość składowanego CO<sub>2</sub> przyjęto na poziomie 60 Mt, co odpowiada 30-letniej emisji zakładu emitującego 2 Mt CO<sub>2</sub> rocznie.

Głębokość zalegania stropu formacji zbiornikowej została określona na podstawie dostępnych danych otworowych, w oparciu o opracowania specjalistyczne. Miąższość poziomu zbiornikowego jest uśredniona, często wyinterpretowana, lepiej rozpoznana w przypadku rozpoznania struktury kilkoma otworami oraz badaniami geofizycznymi. Wartości porowatości, przepuszczalności i mineralizacji zostały przyjęte z dokumentacji otworowych, a przy ich braku z opracowań regionalnych. Stopień zaangażowania tektonicznego rozważanych struktur jest w różnym stopniu rozpoznany, generalnie niedostateczny. Łatwiej jest mówić o tektonice w skali regionu, trudniej w przypadku konkretnych, niewielkich struktur tektonicznych. Miąższość nadkładu jest elementem dobrze rozpoznany jak również charakter skał, który go tworzy.

W obszarze I (rejon Bełchatowa) wskazano 5 struktur tektonicznych, spełniających w różny sposób kryteria miejsca składowania dwutlenku węgla (**Fig. 1.1.19\_1**). Warunek odpowiedniej pojemności składowania CO<sub>2</sub> spełniają wszystkie struktury (**Tabela 1.1.19\_2**). Poziom przeznaczony do składowania CO<sub>2</sub> w 3 strukturach zalega poniżej -800 m, w 2 strukturach strop tego poziomu zalega nieco poniżej -800 m, jedynie w strukturze Jeżowa-J (625 m) poziom ten zalega około 200 m płycej. Miąższość poziomu zbiornikowego w 4 strukturach jest większa niż 50 m, jedynie w przypadku antykliny Kliczkowa (36 m) jest ona mniejsza. Porowatość 20% i wyższa jest w 2 strukturach, w pozostałych (3) porowatość jest poniżej 20%, ale nie niższa niż 10%. Kryterium przepuszczalności powyżej 300 mD spełnione jest dla 3 struktur, w pozostałych 2 przepuszczalność jest rzędu 100 - 300 mD. Mineralizacja powyżej 100 g/dm<sup>3</sup> jest w 3 strukturach, w 2 strukturach jest poza kryterium. W 1 strukturze w poziomie zbiornikowym występują uskoki przechodzą do wyżej ległych warstw, w 3 uskoki wygasają w poziomie przeznaczonym do składowania, w jednym przypadku nie stwierdzono uskoków. W większości przypadków nadkład uszczelniający ma odpowiednią miąższość (4), jedynie w 1 strukturze jest poniżej 100 m, nigdzie nie przekracza kryterium ostrzegawczego.



**Fig. 1.1.19\_1** Lokalizacja struktur tektonicznych do składowania CO<sub>2</sub> w solankowych poziomach dolnej kredy, dolnej jury oraz dolnego i górnego triasu wraz z punktami zatłaczania oraz konturami struktur dla obszaru I (rejon Bełchatowa)

**Tabela 1.1.19\_2** Zestawienie danych dotyczących struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w obszarze I (rejon Bełchatowa)

| Nazwa   | Antyklina Jeżowa-J   | Antyklina Jeżowa-T   | Rów Kliczkowa   | Antyklina Lutomska  | AntyklinaTuszyna  |
|---|--|--|---|---|---|
| <b>Poziom zbiornikowy</b>   | jura dolna   | trias dolny  | trias górny   | jura dolna  | krede dolna   |
| <b>Głębokość zalegania stropu poziomu do składowania CO<sub>2</sub></b> | Jeżów IG-1: 625,0 m;<br>Budziszewice IG-1: 649,0 m;<br>Rawa Mazowiecka 1: 1441,0 m | Jeżów IG-1: 3038,0 m   | Stanisławów 1: 942,0 m;<br>Biesiec 1: 996,0 m;<br>Złoczew 1: 1014,0 m;<br>Kliczków 5a: 1034,0 m;<br>Kliczków 8: 1090 m;<br>Kliczków 6: 1202,0 m;<br>Barczew 1: 1301,0 m;<br>Gruszczycze 2: 1633,0 m;<br>Sieradz 1: 1663,0 m | Lutomiersk 2: 1712,0 m;<br>Aleksandrów Łódz.: 1725,5 m;<br>Lutomiersk 3: 2436 m | Tuszyn 1: 756,0 m;<br>Tuszyn 2: 737,0 m;<br>Tuszyn 3: 913,5 m;<br>Tuszyn 5: 996,0 m;<br>Tuszyn 9: 836,0 m |
| <b>Miąższość poziomu do składowania CO<sub>2</sub></b>                  | 240 m  | 360 m  | 36 m  | 150 m   | 95 m  |
| <b>Porowatość poziomu do składowania CO<sub>2</sub></b>                 | 20%  | 20%  | 10%   | 15%   | 25%   |
| <b>Przepuszczalność poziomu do składowania CO<sub>2</sub></b>           | 500-1000 mD  | 100 mD   | ~100 mD   | >kilkaset mD  | kilkadziesiąt do 3500 mD  |
| <b>Mineralizacja</b>  | 3 - 13 g/dcm <sup>3</sup>  | 360 g/dcm <sup>3</sup>   | 125-350 g/dcm <sup>3</sup>  | 80-125 g/dcm <sup>3</sup>   | 0,2 - 0,3 g/dcm <sup>3</sup>  |
| <b>Uskoki</b>   | Uskoki stwierdzono w dolnej części kompleksu cechsztyńskiego-mezozoicznego         | Uskoki stwierdzono w dolnej części kompleksu cechsztyńskiego-mezozoicznego | Uskoki synsedymacyjne szczególnie aktywne w późnym triasie i wczesnej jurze   | Antyklina ograniczona uskoki  | Uskoki ograniczające strukturę stwierdzono od cechsztynu po dolną kredę                                   |
| <b>Miąższość nadkładu</b>   | średnio ~160 m   | ponad 1000 m   | średnio ~300 m  | 45-110 m  | 602-935 m   |
| <b>Punkt zatłaczania</b>  | Jeżów IG-1   | Jeżów IG-1   | Stanisławów 1   | Aleksandrów Łódzki 1  | Tuszyn 2  |
| <b>Odległość struktury od elektrowni Bełchatów [km]</b>                 | 74,62  | 74,62  | 53,71   | 59,53   | 37,44   |

### Antyklina (poduszka solna) Jeżowa

Antyklina Jeżowa zlokalizowana jest w południowo-wschodniej części wału kujawskiego w obrębie jednostki strukturalnej Rawy Mazowieckiej. Antyklina zaznacza się jako owalne wystąpienie jury środkowej spod jury górnej. Jest ona rozpoznana trzema głębokimi otworami wiertniczymi: Jeżów IG-1 (głębokość końcowa - 3062,0 m), Budziszewice IG-1 (głębokość końcowa - 5601,0 m), Rawa Mazowiecka 1 (głębokość końcowa - 5458,5 m). Przyjmując, że zarys antykliny Jeżowa wyznacza podkenozoiczny kształt wychodni keloweju i oksfordu, antyklina ma 25 km długości, 10 km szerokości. Powierzchnia struktury wynosi 250 km<sup>2</sup>. Najpłytszym poziomem zbiornikowym dla składowania gazu CO<sub>2</sub> są piaskowce warstw borucickich jury dolnej i aalenu dolnego przebadane w otworze Jeżów IG-1 na głęb. 625,0-887,0 m (262,0 m) (w szczycie struktury) i w otworze Rawa Mazowiecka 1 na głęb. 1441,0-1700,0 m (259,0 m) (na północno-wschodnim skrzydle) oraz w otworze Budziszewice IG-1 na głęb. 649,0-850,0 m (201,0 m) (na poduszce Justynowa). Formację do składowania tworzą piaskowce z iłowcami i mułowcami. Piaskowce stanowią około 90% profilu (~360 m). Porowatość piaskowców ~20%, przepuszczalność 500 - 1000 mD. Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 3 - 13 g/dcm<sup>3</sup> przy Na+:Cl<sup>-</sup> = 1-0,85. Potencjalnym głębszym poziomem zbiornikowym jest formacja pstrego piaskowca dolnego. W całości została ona przewiercona w otworze Rawa Mazowiecka 1 na głębokości 4310,0-4684,0 m (374,0 m). W otworze Jeżów IG-1 formacja piaskowcowa została jedynie nawiercona na głębokości 3038,0-3062,0 m (24,0 m). W wierceniu Budziszewice IG-1 usytuowanym w sąsiedniej poduszce Justynowa formacja piaskowcowa występuje na głębokości 3247,5-3605,5 m (358,0 m). Można założyć, że średnia miąższość formacji piaskowcowej wynosi około 360 m i że w kulminacji antykliny występuje ona na głębokości około 3000-3360 m. Formację piaskowcową tworzą piaskowce z podrzędnymi wkładkami skał iłowcowo-mułowcowych. Piaskowce stanowią około 70% profilu (~240 m). Porowatość piaskowców ~20%, przepuszczalność do 100 mD. Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 360 g/dcm<sup>3</sup> przy Na+:Cl<sup>-</sup> = 0,33. Punkt zatłaczania – otwór Jeżów IG-1.

### Antyklina (rów) Kliczkowa

Antyklina (rów) Kliczkowa położona jest na monoklinie przedsudeckiej, w południowo-wschodniej części systemu dyslokacyjnego Poznań-Kalisz w przedłużeniu Sieradz-Niechmierz. W obrębie rowu Kliczkowa można wyodrębnić odcinek kaliski na północy (25 km) i odcinek sieradzki na południu (25 km). Oba odcinki rowu Kliczkowa wykazują podobną budowę geologiczną do rowu Siekierki z tym, że w odcinku kaliskim przy zachodnim uskoku zlokalizowany jest wąskopromienny słup solny przebijający się przez utwory pstrego piaskowca do wapienia muszlowego. Odcinek sieradzki rowu Kliczkowa o szerokości 5-10 km jest mniej skomplikowany tektonicznie i wykazuje spokojniejszą budowę wewnętrzną. Antyklina ta jest rozpoznana dziewięcioma głębokimi otworami wiertniczymi: Stanisławów 1 (głębokość końcowa - 3162,0 m), Biesiec 1 (głębokość końcowa - 3019,8 m), Złoczew 1 (głębokość końcowa - 2980,0 m), Kliczków 5a (głębokość końcowa - 3204,0 m), Kliczków 8 (głębokość końcowa - 2947,7 m), Kliczków 6 (głębokość końcowa - 3353,3 m), Barczew 1 (głębokość końcowa - 3220,0 m), Gruszczycy 2 (głębokość końcowa - 3290,0 m), Sieradz 1 (głębokość końcowa - 3122,5 m). W jego obrębie pierwszoplanowym poziomem zbiornikowym jest piaskowiec trzcinyowy kajpru o miąższości około 36 m. W partiach kulminacyjnych strop piaskowca trzcinyowego występuje w głębokościach 942,0 m w Stanisławowie 1, 1090,0 m w otworze Kliczków 8 i 996,0 m w otworze Biesiec 1. W odcinku kaliskim rowu Kliczkowa o szerokości około 4 km, jako skały zbiornikowe dla podziemnego składowania gazu CO<sub>2</sub> mogą być rozpatrywane piaskowce pstrego piaskowca środkowego występujące na głębokości około 2000 m (Kalisz IG-1, Iwanowice 1). Należy jednakże zwrócić uwagę na fakt,



że utwory piaskowca są tektonicznie naruszone przez częściowo przebijający się słup solny a teren pocięty jest skomplikowanym systemem uskoku. Formację do składowania tworzą piaskowce z przerostami iłowców i mułowców. Piaskowce stanowią około 70% formacji do składowania. Porowatość piaskowców 10%, przepuszczalność około 100 mD. Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 125-350 g/dm<sup>3</sup> przy Na+:Cl<sup>-</sup> = 0,5-0,65-1,0. Punkt zatłaczania – otwór Stanisławów 1.

#### Antyklina Lutomska

Antyklina Lutomska położona jest w niecce mogileńsko-łódzkiej, rozwinięta jest w południowo-wschodniej części walnej strefy dyslokacyjnej Gopło-Ponętów-Wartkowie-Pabianice. Występuje tu pasmo grzebieni i słupów solnych częściowo przebijających się przez utwory triasu. Jest ona rozpoznana 3 głębokimi otworami wiertniczymi: Lutomska 2 (głębokość końcowa - 3204,0 m), Aleksandrów Łódzki 1 (głębokość końcowa - 2318,4 m), Lutomska 3 (głębokość końcowa - 2506,0 m). Jako serię zbiornikową należy traktować łącznie piaskowce warstw borucickich i piaskowce aalenu dolnego, nawiercone na głębokości – 1712 m (Lutomska 2), -1759 m (Aleksandrów Łódzki 1) i – 2270 m (Lutomska 3). W szczytowej partii struktury stwierdza się pełniejsze profile jury dolnej i środkowej oraz kredy dolnej niż na jej skrzydłach. Łączna miąższość piaskowców warstw borucickich i aalenu dolnego wynosi: Lutomska 2 – 226 m, Aleksandrów Łódzki – 162 m, Lutomska 3 – ponad 70 m (garb wielkopolski), a miąższość aalenu górnego (serii uszczelniającej) wynosi odpowiednio 45 m, 33,5 m i 11 m. Formację do składowania stanowią piaskowce (75%) z przerostami ilastymi (25%). Porowatość piaskowców 15%, przepuszczalność powyżej kilkuset mD. Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 80-125 g/dm<sup>3</sup> przy Na+:Cl<sup>-</sup> = 0,8-0,85. Punkt zatłaczania – otwór Aleksandrów Łódzki 1.

#### Antyklina Tuszyna

Antyklina Tuszyna położona jest w niecce mogileńsko-łódzkiej, na południowo-zachodnim brzegu kujawskiego segmentu bruzdy śródpolskiej. Jest ona rozpoznana 5 głębokimi otworami wiertniczymi Tuszyn 1 (głębokość końcowa - 1500,0 m), Tuszyn 2 (głębokość końcowa - 2613,0 m), Tuszyn 3 (głębokość końcowa - 1200,0 m), Tuszyn 5 (głębokość końcowa - 1200,0 m), Tuszyn 9 (głębokość końcowa - 3206,8 m). Otwory penetrują utwory kredy i jury, a wiercenie Tuszyn 2 osiągnęło utwory noryko-retyku. Zakładając, że zarys antykliny wyznacza izarytma spągu albu górnego o wartości 600 m p.p.m., długość antykliny Tuszyna wynosi 8 km, natomiast jej szerokość – około 3 km. Antyklina wykazuje wyraźną asymetrię, skrzydło W jest bardziej strome od skrzydła E. W antyklinie Tuszyna najkorzystniejsze własności zbiornikowe wykazują osady formacji mogileńskiej, reprezentowane przez ogniwa: pagórczańskie (piaskowcowe), goplańskie (mułowcowo – piaszczyste) i kruszwickie (piaskowcowe). Miąższość całej formacji mogileńskiej wynosi od 81 - 95 m w szczytowej partii antykliny do 120,5 m na wschodnim skrzydle (Tuszyn 3). Ogniwo kruszwickie ma miąższość od 61 do 105 m występuje w nim 10-13 metrowa warstwa mułowców i iłowców, ogniwo goplańskie ma miąższość od 6 do 22,5 m. Porowatość rzędu 25 %, przepuszczalność od kilkudziesięciu do około 3500 mD. Wody o mineralizacji 0,2-0,3 g/dm<sup>3</sup> przy Na+:Cl<sup>-</sup> = 0 – 24. Punkt zatłaczania – otwór Tuszyn 2.

## **Rejon Mazowska (III), linii Kozienice-Lublin (V) oraz Wielkopolski i Kujaw (VI) (Radosław Tarkowski, Sylwester Marek, Barbara Uliasz-Misiak, Lidia Dziewińska, Magdalena Wdowin)**

W rejonie Mazowska (III), linii Kozienice-Lublin (V) i Wielkopolski i Kujaw (VI) zidentyfikowano 39 struktur wstępnie rozważanych jako miejsca składowania dwutlenku węgla (**Fig. 1.1.19\_2**). Struktury te zostały przeanalizowane w oparciu o kryteria geologiczne wyboru miejsc składowania.

W obszarze Mazowska (III) zlokalizowanych jest 14 struktur. Warunek odpowiedniej pojemności składowania CO<sub>2</sub> spełniają wszystkie struktury (w rozumieniu struktury obejmującej jeden poziom wodonośny). Poziom przeznaczony do składowania CO<sub>2</sub> we wszystkich strukturach zalega poniżej –800 m, w jednym przypadku strop poziomu do składowania zalega poniżej –2500 m (Kamionek-J). Miąższość poziomu zbiornikowego dla większości struktur jest większa niż 50 m, jedynie w przypadku antykliny Żyrowa (45 m) jest on nieco mniejszy. Porowatość 20% i wyższą mają poziomy do składowania w 8 strukturach, w pozostałych (6) porowatość jest, poniżej 20% ale nie niższa niż 10%. Kryterium przepuszczalności poziomów do składowania powyżej 300 mD spełnione jest dla 13 struktur, w jednej (Gostynin) przepuszczalność jest rzędu 100 mD. Mineralizacja powyżej 100 g/dm<sup>3</sup> jest w 5 strukturach, w 3 strukturach mieści się w granicach kryterium ostrzegawczego i w 6 strukturach jest poza tym kryterium. Warstwy, w których przewiduje się składowanie CO<sub>2</sub> nie są w większości przypadków zuskokowane (8). W 6 strukturach w poziomie zbiornikowym występują uskoki, w 4 uskoki wygasają w poziomie przeznaczonym do składowania. We wszystkich przypadkach (**Tabela 1.1.19\_3**) nadkład uszczelniający ma odpowiednią miąższość.

Spośród 14 struktur zlokalizowanych w obszarze III do dalszych rozważań przyjęto 12 struktur. Zostały wyeliminowane antyklina: Gostynina i ż

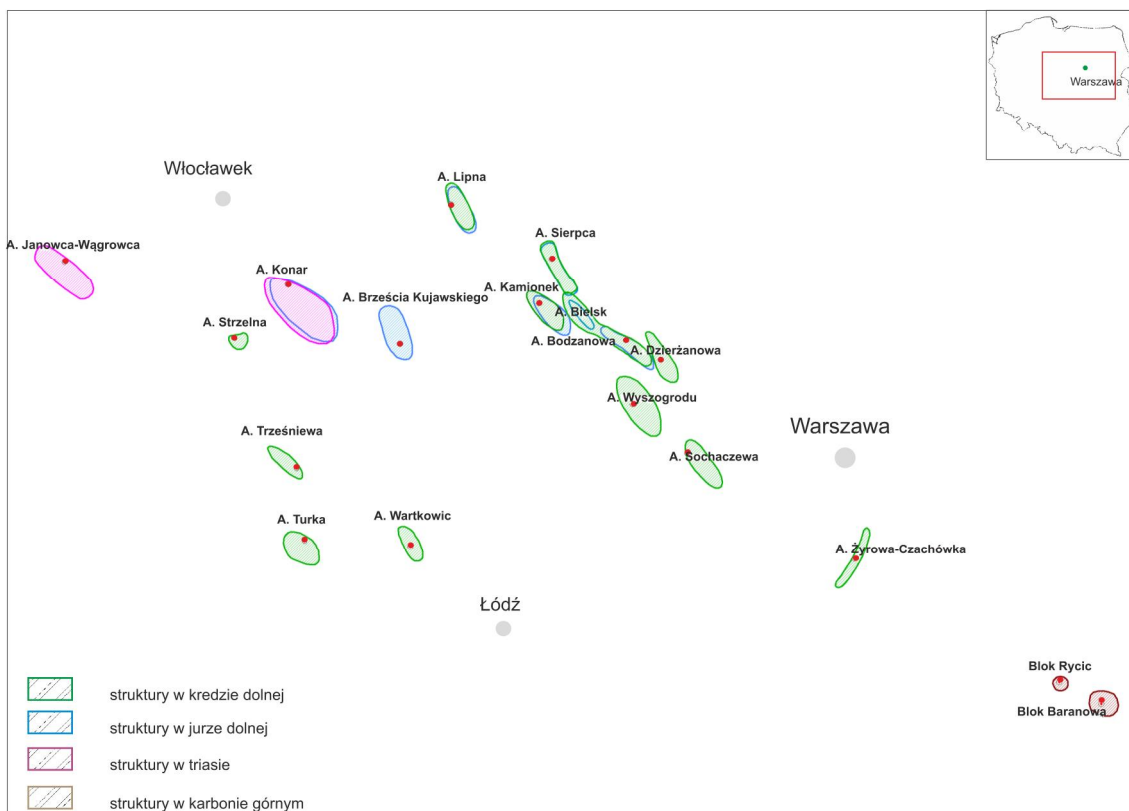
Żyrowa-Czachówka. Poziom do składowania CO<sub>2</sub> w strukturze Gostynina ma porowatość i przepuszczalność w zakresie wskaźników ostrzegawczych odpowiednio 10% i około 100 mD, utwory te są również zuskokowane. Antyklina Żyrowa-Czachówka została wyeliminowana, ponieważ miąższość poziomu do składowania jest w zakresie kryterium ostrzegawczego (45 m), utwory są silnie zuskokowane, mineralizacja wody jest poniżej kryterium ostrzegawczego, pojemności składowania są w zakresie 30-60 Mt dwutlenku węgla.

W obszarze V (rejon linii Kozienic-Lublina), na obszarze radomsko-lubelskim badaniami sejsmicznymi i wiertniczymi wykryto 49 struktur geologicznych mających znaczenie dla poszukiwań naftowych. W tej liczbie 17 struktur znajduje się w utworach karbonu i jest rozpoznana, co najmniej 1 otworem wiertniczym. Struktury te układają się w ciągi strukturalne, z których najbardziej wyraźny w utworach karbonu oraz na mapie strukturalnej stropu dewonu jest ciąg Stężycza – Dęblin – Abramów – Krępiec – Milejów 5 (nazwy orientacyjne wg otworów wiertniczych). W obrębie tego ciągu wyróżniono struktury odpowiednie do składowania CO<sub>2</sub>: blok Stężyczy (Stężycza-L, Stężycza-K, Stężycza-H, Stężycza-D), blok Rycic (Rycice-L, Rycice-K, Rycice-I), blok Abramowa (Abramów-L, Abramów-K, Abramów-I-2, Abramów-I-1, Abramów-G, Abramów-D), blok Baranowa, (Baranów-L, Baranów-K, Baranów-I, Baranów-H, Baranów-G, Baranów-E), blok Ciecierzyna-Świdnika-Minkowic (CŚM-G4, CŚM-E, CŚM-D1). Warunek odpowiedniej pojemności składowania CO<sub>2</sub> spełniają jedynie trzy struktury blok Rycic-L, blok Baranowa-L, blok Baranowa-K (w rozumieniu struktury obejmującej jeden poziom wodonośny) (tab. 1.1.19\_3). Poziom przeznaczony do składowania CO<sub>2</sub> w większości struktur zalega poniżej –800 m, z wyjątkiem bloku CŚM-G4. Miąższość

poziomu zbiornikowego dla 5 struktur jest większa niż 50 m, dla 9 struktur wynosi od 50 do 20 m, w 8 przypadkach jest poniżej kryterium ostrzegawczego. Porowatość w większości struktur jest w granicach kryterium ostrzegawczego, w jednej jest spełniony wskaźnik pozytywny i w jednej jest niższa niż 10%. Kryterium przepuszczalności powyżej 300 mD nie jest spełnione dla żadnej ze struktur. Mineralizacja wód w większości struktur (13) jest powyżej 100 g/dm<sup>3</sup>, w 9 przypadkach jest w granicach kryterium ostrzegawczego. Warstwy, w których przewiduje się składowanie CO<sub>2</sub> oraz ich nadkład są zuskokowane w większości struktur (13), pozostałe (9) są słabo zaangażowane tektonicznie lub uskoki występują tylko w karbonie. W większości przypadków (16) nadkład uszczelniający ma odpowiednią miąższość, w granicach kryterium ostrzegawczego jest w 6 strukturach.

Spośród 22 struktur zlokalizowanych w obszarze V kryteria geologiczne do składowania dwutlenku węgla spełniają jedynie 3 struktury. Większość struktur zlokalizowanych w tym obszarze została wyeliminowana ze względu na zbyt małą pojemność składowania.

W obszarze VI (rejon Wielkopolski i Kujaw) zlokalizowanych jest 15 struktur, warunek odpowiedniej pojemności składowania CO<sub>2</sub> spełniają prawie wszystkie struktury (w rozumieniu struktury obejmującej jeden poziom wodonośny), oprócz struktury Ponętowa (tab. 1.1.19\_3). Poziom przeznaczony do składowania CO<sub>2</sub> w większości struktur zalega poniżej –800 m, w dwóch przypadkach strop poziomu do składowania zalega powyżej tej głębokości (Szubin, Gopło-K). Miąższość poziomu zbiornikowego dla większości struktur jest większa niż 50 m. Porowatość 20% i wyższą mają poziomy do składowania w 5 strukturach, w pozostałych (10) porowatość jest, poniżej 20% ale nie niższa niż 10%. Kryterium przepuszczalności powyżej 300 mD spełnione jest dla 12 struktur, w trzech przepuszczalność jest rzędu 100 mD. Mineralizacja powyżej 100 g/dm<sup>3</sup> jest w 7 strukturach, w 7 kolejnych mieści się w granicach kryterium ostrzegawczego i dla 1 struktury jest poza tym kryterium. Warstwy, w których przewiduje się składowanie CO<sub>2</sub> nie są zuskokowane w 7 strukturach. W 5 strukturach w poziomie zbiornikowym występują uskoki, dla 3 struktur brak jest danych. We wszystkich przypadkach nadkład uszczelniający ma odpowiednią miąższość.



**Fig. 1.1.19\_2** Lokalizacja struktur odpowiednich do składowania CO<sub>2</sub> w obszarze III (rejon Warszawy), obszarze V (rejon lubelski) i obszarze VI (rejon Kujaw i Wielkopolski)

Spośród analizowanych 15 struktur zlokalizowanych na obszarze VI (rejon Wielkopolski i Kujaw) jako odpowiednie do składowania dwutlenku węgla wytypowano 9 struktur. Zostały wyeliminowane antyklina: Gopła-K, Gopła-J, Nowa Wieś Wielka, Ponętowa, Szubina oraz rów Siekierok. Poziomy zbiornikowy do składowania dwutlenku węgla w antyklinie Gopła-K i Szubina zalega na głębokości mniejszej niż -800 m, dodatkowo w obu przypadkach uskoki wygasają w utworach przeznaczonych do składowania. Antyklina Ponętowa ma pojemność mniejszą niż 60 Mt. Wyeliminowano również antyklinę Nowa Wieś Wielka ze względu na to, że parametry poziomu do składowania są przybliżone, a na strukturze tej brak jest otworu wiertniczego. Rów Siekierok został wykluczony jako miejsce składowania ze względu na duże zaangażowanie tektoniczne tej struktury oraz słabe parametry zbiornikowe poziomu do składowania dwutlenku węgla (porowatość i przepuszczalność są w zakresie kryteriów ostrzegawczych).

Wytypowane i wstępnie scharakteryzowane struktury mogą stanowić podstawę wyboru najlepszych i najodpowiedniejszych z nich w celu szczegółowego rozpoznania możliwości podziemnego składowania dwutlenku węgla dla konkretnych emitentów.

**Tabela 1.1.19\_3**

Zestawienie danych dotyczących struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w rejonie Mazowsza (obszar III)

| Lp. | Nazwa                         | Poziom zbiornikowy | Głębokość zalegania stropu poziomu do składowania CO <sub>2</sub> [m p.p.t.]  | Miąższość poziomu do składowania CO <sub>2</sub> [m] | Porowatość poziomu do składowania CO <sub>2</sub> | Przepuszczalność poziomu do składowania CO <sub>2</sub> [mD] | Mineralizacja wód [g/dcm <sup>3</sup> ] |
|-----|-------------------------------|--------------------|---|--|---|--|---|
| 1   | Antyklina Bielska-Bodzanowa-K | kreda dolna        | Bodzanów 1: 1010,5 m; Bodzanów 2: 1025,0 m; Bodzanów 3: 1096,5 m; Bodzanów Geo 1: 1024,0 m; Bodzanów IG-1: 1456,0 m; Bielsk 1: 1164,0 m; Bielsk 2: 1137,0 m | 160  | 30%   | 100-2075   | 1-3,6                                   |
| 2   | Antyklina Bielska-J           | jura dolna         | Bielsk 1: 2445,0 m; Bielsk 2: 2377,5 m  | 275  | 15%   | 100-2075   | ~100                                    |
| 3   | Antyklina Bodzanowa-J         | jura dolna         | Bodzanów 1: 2192,0 m; Bodzanów 2: 2295,0 m; Bodzanów 3: 2196,0 m; Bodzanów IG-1: 2497,0 m   | 170  | 15%   | 100-2075   | ~100                                    |
| 4   | Antyklina Dzierżanowa         | kreda dolna        | Bulkowo 1: 1012,0 m; Dzierżanowo 1: 939,0 m; Dzierżanowo 2: 1006,0 m; Dzierżanowo 3: 1082,5 m; Kobylniki 1: 1072,5 m  | 144  | 20%   | do 3500  | 10                                      |
| 5   | Antyklina Kamionek-K          | kreda dolna        | Kamionki 1: 1303,0 m; Kamionki 2: 1285,5 m; Kamionki IG-3: 1285,0 m   | 170  | 20%   | 100-2000 mD  | 20-40                                   |
| 6   | Antyklina Kamionek-J          | jura dolna         | Kamionki 1: 2822,5 m; Kamionki IG-3: 2082,0 m   | 170  | 15%   | 100-2000   | 100-113                                 |
| 7   | Antyklina Lipna-K             | kreda dolna        | Lipno 1: 1238,0 m; Lipno 2: 1219,0 m; Lipno 4: 1952,0 m   | 150  | 30%   | ~500   | 25                                      |
| 8   | Antyklina Lipna-J             | jura dolna         | Lipno 1: 2394,0 m   | 139  | 15%   | ~500   | 101-105                                 |
| 9   | Antyklina Sierpca-K           | kreda dolna        | Sierpc 1: 1068,0 m; Sierpc 2: 1072,5 m  | 146  | 30%   | 200-3500   | 39                                      |
| 10  | Antyklina Sierpca-J           | jura dolna         | Sierpc 1: 2045,0 m; Sierpc 2: 2024,0 m  | 65   | 15%   | 200-3500   | 39                                      |

|    |                      |             |  |     |     |       |      |
|----|----------------------|-------------|--|-----|-----|-------|------|
| 11 | Antyklina Sochaczewa | kreda dolna | Sochaczew 1: 1165,0 m; Sochaczew 2: 1418,0 m;<br>Sochaczew 3: 1241,0 m | 135 | 30% | ~1000 | 1-10 |
| 12 | Antyklina Wyszogrodu | kreda dolna | Wyszogród 1: 1199,0 m  | 135 | 30% | ~1000 | 1-10 |

**Tab. 1.1.19\_3, c.d.**

Zestawienie danych dotyczących struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w rejonie Mazowsza (obszar III), c.d.

| Lp. | Nazwa                         | Uskoki   | Miąższość nadkładu [m] | Punkt zatłaczania | Współrzędne prostokątne Y punktu zatłaczania | Współrzędne prostokątne X punktu zatłaczania |
|-----|-------------------------------|--|------------------------|-------------------|--|--|
| 1   | Antyklina Bielska-Bodzanowa-K | Uskoki synsedymencyjne w dolnej partii kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego (od cechsztynu po jurę)  | ~900-1200              | Bodzanów 1        | 522792                                       | 569281                                       |
| 2   | Antyklina Bielska-J           | Uskoki synsedymencyjne w dolnej partii kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego (od cechsztynu po jurę)  | kilkaset               | Bielsk 1          | 530117                                       | 556060                                       |
| 3   | Antyklina Bodzanowa-J         | Uskoki synsedymencyjne w dolnej partii kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego (od cechsztynu po jurę)  | kilkaset               | Bodzanów 1        | 522792                                       | 569281                                       |
| 4   | Antyklina Dzierżanowa         | Uskoki w głębszych partiach kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego (cechsztyń - najniższa kreda dolna); w młodszych ogniwach kredy dolnej wraz z formacją mogileńską uskoków nie stwierdzono | ~200                   | Dzierżanowo 1     | 516707                                       | 580265                                       |
| 5   | Antyklina Kamionek-K          | Uskoki (inwersyjne) występują w głębszej partii kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego (cechsztyń-jura)  | 1000-1100              | Kamionki IG-3     | 534211                                       | 542405                                       |
| 6   | Antyklina Kamionek-J          | Uskoki (inwersyjne) występują w głębszej partii kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego (cechsztyń-jura)  | ~400                   | Kamionki IG-3     | 534211                                       | 542405                                       |
| 7   | Antyklina Lipna-K             | System uskoków synsedymencyjnych szczególnie aktywnych w dolnej i środkowej jurze  | kilkaset               | Lipno 2           | 564847                                       | 514983                                       |

|    |                      |  |           |             |        |        |
|----|----------------------|--|-----------|-------------|--------|--------|
| 8  | Antyklina Lipna-J    | System uskoków synsedymacyjnych szczególnie aktywnych w dolnej i środkowej jurze                               | ponad 200 | Lipno 2     | 564847 | 514983 |
| 9  | Antyklina Sierpca-K  | Pojedyncze uskoki stwierdzono w dolnej części kompleksu cechsztyńskiego-mezozoicznego: w cechsztynie i triasie | 860       | Sierpc 2    | 547962 | 546236 |
| 10 | Antyklina Sierpca-J  | Pojedyncze uskoki stwierdzono w dolnej części kompleksu cechsztyńskiego-mezozoicznego: w cechsztynie i triasie | kilkaset  | Sierpc 2    | 547962 | 546236 |
| 11 | Antyklina Sochaczewa | Uskoki stwierdzono w dolnej partii kompleksu cechsztyńskiego-mezozoicznego                                     | ~900      | Sochaczew 1 | 487990 | 588531 |
| 12 | Antyklina Wyszogrodu | Uskoki stwierdzono w dolnej części kompleksu cechsztyńskiego-mezozoicznego                                     | ~900      | Wyszogród 1 | 503235 | 571504 |

**Tab. 1.1.19\_3, c.d.**

Zestawienie danych dotyczących struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w rejonie linii Kozienice-Lublin (obszar V)

| Lp. | Nazwa     | Poziom zbiornikowy | Głębokość zalegania stropu poziomu do składowania CO <sub>2</sub> [m p.p.t.] | Miąższość poziomu do składowania CO <sub>2</sub> [m] | Porowatość poziomu do składowania CO <sub>2</sub> | Przepuszczalność poziomu do składowania CO <sub>2</sub> [mD] | Mineralizacja wód [g/dcm <sup>3</sup> ] |
|-----|-----------|--------------------|--|--|---|--|---|
| 1   | Rycice-L  | karbon górny       | 1350   | 200  | 15%   | 10   | 150                                     |
| 2   | Baranów-L | karbon górny       | 1360   | 100  | 10%   | 10   | 150                                     |
| 3   | Baranów-K | karbon górny       | 1890   | 60   | 14%   | 20   | 170                                     |

**Tab. 1.1.19\_3, c.d.**Zestawienie danych dotyczących struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w rejonie linii Kozienice-Lublin (obszar V), c.d.

| Lp. | Nazwa             | Uskoki                                       | Miąższość nadkładu [m] | Punkt zatłaczania | Współrzędne prostokątne Y punktu zatłaczania | Współrzędne prostokątne X punktu zatłaczania |
|-----|-------------------|--|------------------------|-------------------|--|--|
| 1   | Blok Rycic L      | nieliczne podłużne uskoki, tnące cały karbon | 120                    | Dęblin 4          | 565850                                       | 5717510                                      |
| 2   | Blok Baranowa - L | słabe zaangażowanie tektoniczne              | 470                    | Baranów 1         | 578720                                       | 5710420                                      |
| 3   | Blok Baranowa - K | słabe zaangażowanie tektoniczne              | 540                    | Baranów 2         | 578720                                       | 5710420                                      |

**Tab. 1.1.19\_3, c.d.**Zestawienie danych dotyczących struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w rejonie Wielkopolski i Kujaw (obszar VI)

| Lp. | Nazwa   | Poziom zbiornikowy | Głębokość zalegania stropu poziomu do składowania CO <sub>2</sub> [m p.p.t.]                   | Miąższość poziomu do składowania CO <sub>2</sub> [m] | Porowatość poziomu do składowania CO <sub>2</sub> | Przepuszczalność poziomu do składowania CO <sub>2</sub> [mD] | Mineralizacja wód [g/dcm <sup>3</sup> ] |
|-----|---|--------------------|--|--|---|--|---|
| 1   | Antyklina Brześcia Kujawskiego-J (borucickie)   | jura dolna         | Brześć Kujawski IG-1: 1047,5 m; Brześć Kujawski IG-2: 1127,0 m; Brześć Kujawski IG-3: 1222,0 m | 240  | 15%   | kilkaset   | 42-47                                   |
| 2   | Antyklina Brześcia Kujawskiego-J (sławęcińskie) | jura dolna         | Brześć Kujawski IG-1: 1261,0 m; Brześć Kujawski IG-2: 1512,5 m; Brześć Kujawski IG-3: 1627,0 m | 235  | 15%   | kilkaset   | 42-47                                   |
| 3   | Antyklina Janowca                               | trias dolny        | Janowiec 2: 2183,0 m; Janowiec 3: 2591,0 m   | 130  | 10%   | kilkadziesiąt  | 208                                     |
| 4   | Antyklina Konar -J                              | jura dolna         | Konary IG-1: 847,0 m; Byczyna 1: 1497,0 m  | 160  | 10%   | kilkaset   | 100-200                                 |



|   |                      |             |   |     |     |               |         |
|---|----------------------|-------------|---|-----|-----|---------------|---------|
| 5 | Antyklina Konar -T   | trias dolny | Konary IG-1: 2264,5 m; Byczyna 1: 3250,0 m  | 500 | 10% | kilkadziesiąt | 100-200 |
| 6 | Antyklina Strzelna   | kreda dolna | Strzelno IG-1: 1040,0 m; Młyny 1:1147,5 m; Młyny 2: 1145,0 m  | 130 | 20% | 700           | 25-36   |
| 7 | Antyklina Trześniewa | kreda dolna | Kulminację wyznacza izohipsa -1600 m ; Trześniew 1 – 1996,0 m   | 130 | 20% | do kilkuset   | 92      |
| 8 | Antyklina Turka      | kreda dolna | Turek 1: 1263,0 m; Turek 2: 1210,0 m  | 90  | 20% | 1000          | 75      |
| 9 | Antyklina Wartkowic  | kreda dolna | Koło IG-4: 1717,0 m; Poddębice IG-1: 2005,0 m; Poddębice IG-2: 2115,0 m; Wartkowice 1: 1205,0 m; Wartkowice 2: 1076,0 m; Wartkowice 3: 1251,0 m | 130 | 20% | 100-1200      | 2-58    |

**Tab. 1.1.19\_3, c.d.**

Zestawienie danych dotyczących struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w rejonie Wielkopolski i Kujaw (obszar VI), c.d.

| Lp. | Nazwa  | Uskoki   | Miąższość nadkładu [m] | Punkt zatłaczania    | Współrzędne prostokątne Y punktu zatłaczania | Współrzędne prostokątne X punktu zatłaczania |
|-----|--|--|------------------------|----------------------|--|--|
| 1   | Antyklina Brzeźcia Kujawskiego-J (w-wy borucickie)   | Uskoki stwierdzono w cechsztyynie oraz we wczesnym i środkowym triasie | 131–159                | Brześć Kujawski IG-1 | 521669                                       | 499141                                       |
| 2   | Antyklina Brzeźcia Kujawskiego-J (w-wy sławęcińskie) | Uskoki stwierdzono w cechsztyynie oraz we wczesnym i środkowym triasie | 93,5-102               | Brześć Kujawski IG-2 | 521669                                       | 499141                                       |
| 3   | Antyklina Janowca                                    | b.d.   | 137-154                | Janowiec 2           | 547244                                       | 394850                                       |
| 4   | Antyklina Konar -J                                   | b.d.   | kilkaset               | Konary IG-1          | 540086                                       | 464205                                       |

|   |                      |  |           |               |        |        |
|---|----------------------|--|-----------|---------------|--------|--------|
| 5 | Antyklina Konar -T   | b.d.   | kilkaset  | Konary IG-1   | 540086 | 464205 |
| 6 | Antyklina Strzelna   | Stopień zuskokowania silny w głębszych partiach kompleksu cechsztyńskiego-mezozoicznego wyraźnie zanika w utworach poziomu zbiornikowego | 966 -1070 | Strzelno IG-1 | 523456 | 447636 |
| 7 | Antyklina Trześniewa | nie stwierdzono  | 1960      | Trześniew 1   | 483353 | 466939 |
| 8 | Antyklina Turka      | nie stwierdzono  | 1203-1254 | Turek 2       | 460903 | 469451 |
| 9 | Antyklina Wartkowic  | Uskoki ograniczające antyklinę od strony SW i NE tną cały kompleks cechsztyńsko-mezozoiczny (cechsztyń-kreda górna)                      | 1040-1850 | Wartkowice 3  | 459214 | 502316 |

b.d. – brak danych

### Struktury zlokalizowane w rejonie Mazowsza (obszar III)

Na obszarze niecki warszawskiej do składowania CO<sub>2</sub> wytypowano 12 struktur (w rozumieniu struktury obejmującej jeden poziom wodonośny) zlokalizowanych w mezozoicznych poziomach wodonośnych. Są to: antyklina Bielska-Bodzanowa-K, antyklina Bielska-J, Bodzanowa-J, antyklina Dzierżanowa, antyklina Kamionek-K, antyklina Kamionek-J, antyklina Lipna-K, antyklina Lipna-J, antyklina Sierpca-K, antyklina Sierpca-J, antyklina Sochaczewa, antyklina Wyszogrodu (**Fig. 1.1.19\_2**).

Większość struktur jest zlokalizowana w utworach kredy dolnej (7), pozostałe (5) w utworach jury dolnej. Powierzchnia struktur waha się od 22 km<sup>2</sup> (antyklina Bielska-J) do 150 km<sup>2</sup> (antyklina Wyszogrodu), większość struktur ma powierzchnię od 50 do 100 km<sup>2</sup>. Struktury te są rozpoznane otworami wiertniczymi zlokalizowanymi w ich obrębie. Liczba otworów jest zróżnicowana od 1 otworu antyklina Wyszogrodu do 7 w przypadku antykliny Bielska-Bodzanowa. Struktura Bielska nie posiada żadnego otworu wiertniczego.

Poziomami perspektywicznymi do geologicznego składowania dwutlenku węgla są utwory dolnej kredy i dolnej jury. We wszystkich antyklinach utwory te zalegają na głębokości poniżej 800 m, gdzie dwutlenek węgla będzie w fazie superkrytycznej. Miąższość wodonośnych utworów dolnej kredy i dolnej jury waha się od 65 (antyklina Sierpca-J) do 275 m (antyklina Bodzanowa-J). Porowatości skał dolnej kredy i dolnej jury wynoszą od 10 do 30%, a miejscami nawet więcej. Przepuszczalności skał są wysokie, od kilkuset do 3500 mD. We wszystkich strukturach warstwy uszczelniające poziomy do składowania mają odpowiednio małe przepuszczalności i duże miąższości. W większości struktur uskoki występują w dolnej części kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego. W przypadku antykliny: Bielska-J, Bodzanowa-J i Kamionek-J przechodzą do poziomów do składowania dwutlenku węgla.

W pierwszej części **Tabeli 1.1.19\_3** zestawiono dane dotyczące struktur odpowiednich do składowania dwutlenku węgla w rozważanym obszarze. Głębokość zalegania stropu formacji zbiornikowej oraz miąższość poziomu zbiornikowego zostały wyznaczone na podstawie profili otworowych. Właściwości poziomu zbiornikowego (porowatość, przepuszczalność, mineralizacja), informacje o uskokach i miąższości nadkładu zostały określone na podstawie informacji z dokumentacji geologicznych oraz z publikowanych opracowań regionalnych. Za punkt zatłaczania przyjęto otwór w szczytowej części struktury.

#### Antyklina Bielska-Bodzanowa

Struktura Bielska-Bodzanowa jest położona w niecce warszawskiej. Rozpoznana jest siedmioma otworami: Bielsk 1 (głębokość końcowa - 3016,4 m), Bielsk 2 (głębokość końcowa - 4800,0 m), Bodzanów Geo 1 (głębokość końcowa - 1250,1 m), Bodzanów 1 (głębokość końcowa - 2435,0 m), Bodzanów 2 (głębokość końcowa - 2450,0 m), Bodzanów 3 (głębokość końcowa - 3535,0 m), Bodzanów IG-1 (głębokość końcowa - 5584,0 m). Zakładając że zarys antykliny Bielska-Bodzanowa w utworach dolnej kredy określa izohipsa spągu albu górnego - cenomanu -1000 m, długość struktury wynosi około 25 km, szerokość około 4 km. W utworach jury dolnej można wyróżnić dwie antykliny. Antyklina Bielska zarysowana jest izohipsą -2300 m i ma około 11 km długości oraz około 2 km szerokości. Antyklina Bodzanowa ograniczona jest od NE uskokiem i określona izohipsą -2200 m; ma ona około 15 km długości i około 2 km szerokości.

Pierwszoplanową serią zbiornikową do składowania CO<sub>2</sub> są piaskowce formacji mogileńskiej barremu-albu środkowego. Drugoplanowym poziomem zbiornikowym są piaskowce warstw borucickich toarsu górnego i aalenu dolnego. Strop formacji mogileńskiej nawiercono na głębokości 1010,5 m - Bodzanów 1; 1025,0 m

Bodzanów 2; 1096,5 m - Bodzanów 3; 1024,0 m - Bodzanów Geo 1; 1456,0 m - Bodzanów IG-1; 1164,0 m - Bielsk 1; 1137,0 m - Bielsk 2. Miąższość tej formacji wynosi 153,5–164,0 m, średnio 160 m. Serię uszczelniającą poziom zbiornikowy formacji mogileńskiej stanowią marglisto-wapienne utwory kredy górnej o miąższości około ~900 m do 1200 m. Formację do składowania stanowią piaskowce (80%) z przerostami iłowców (20%). Porowatość piaskowców wynosi 20-40%, przepuszczalność dochodzi do 2075 mD. Solanki wód chlorkowo-wapniowe o mineralizacji do 3,6 g/dm<sup>3</sup>.

Drugoplanowy poziom zbiornikowy do składowania CO<sub>2</sub> (warstwy borucickie toarsu górnego) został w antyklinie Bodzanowa-J nawiercony na głębokości 2192,0 m - Bodzanów 1; 2295,0 m - Bodzanów 2; 2196,0 m - Bodzanów 3; 2497,0 m - Bodzanów IG-1, w antyklinie Bielsk-J na głębokości 2445,0 m - Bielsk 1 i 2377,5 m - Bielsk 2. Miąższość kształtuje się następująco: w antyklinie Bielsk-J od 235,0 do 332,0 m (średnio 275 m), w antyklinie Bodzanów-J od 90 m do powyżej 243,0 m (średnio 170 m). Jego przydatność do składowania CO<sub>2</sub> jest mniej pewna, głównie ze względu na silne zdyslokowanie i skomplikowaną budowę wewnętrzną. Serię uszczelniającą stanowią głównie warstwy ilaste dominujące w aalenie górnym, w bajosie górnym i w batonie dolnym o łącznej miąższości 100-200 m. Formację do składowania stanowią piaskowce (80%) z przerostami iłowców (20%). Porowatość piaskowców wynosi od 10 do 20% (średnio 15%), przepuszczalność osiąga 2075 mD. Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 101-113 g/dm<sup>3</sup>.

Punkt zatłaczania – Bodzanów 1 (antyklina Bielsk-Bodzanów-K, antyklina Bodzanów-J) oraz Bielsk 1 (antyklina Bielsk-J).

#### Antyklina Dzierżanowa

Antyklina Dzierżanowa położona jest w niecce warszawskiej. Jest rozpoznana pięcioma otworami wiertniczymi: Dzierżanowo 1 (głębokość końcowa - 3150 m), Dzierżanowo 2 (głębokość końcowa – 2001 m), Dzierżanowo 3 (głębokość końcowa - 2000 m), Bulkowo 1 (głębokość końcowa – 1982,6 m) i Kobylniki 1 (głębokość końcowa – 1960 m). Zakładając, że zarys antykliny wyznacza izohipsa spągu albu górnego -1000 m długość antykliny wynosi około 15 km, natomiast jej szerokość około 5 km.

Formacją do składowania dwutlenku węgla są piaskowce formacji mogileńskiej (barrem-alb środkowy) nawiercone na głębokości -1012,0 m - Bulkowo 1; -939,0 m - Dzierżanowo 1; -1006,0 m - Dzierżanowo 2; -1082,5 m - Dzierżanowo 3; -1072,5 m - Kobylniki 1, o miąższości 143,0-147,5 m (średnio 144 m). Formację do składowania stanowią w przewodzie piaskowce (85%) podrzędnie iłowce i mułowce (15%). Porowatość piaskowców formacji mogileńskiej wynosi około 20%, przepuszczalność dochodzi do 3500 mD. Solanki wodorowęglanowo-sodowe o maksymalnej mineralizacji około 10 g/dm<sup>3</sup>. Punkt zatłaczania – Dzierżanowo 1.

#### Antyklina (słup solny) Kamionek

Antyklina Kamionek jest położona w niecce warszawskiej, w południowo-zachodniej części jednostki Płońska na kontakcie z jednostką Gąbina. Jest ona rozpoznana trzema otworami wiertniczymi: Kamionki 2 (głębokość końcowa – 2002 m), Kamionki 1 (głębokość końcowa – 2881 m) i Kamionki IG-3 (głębokość końcowa – 5505 m). Zakładając, że zarys antykliny w utworach dolnej jury wyznaczony jest izohipsą spągu aalenu górnego -2750 m jej długość wynosi około 15 km, szerokość około 5 km. Zarys antykliny w utworach kredy dolnej wyznaczony jest izohipsą spągu albu górnego -1300 m długość struktury wynosi około 15 km, szerokość około 5 km.

Pierwszoplanowym poziomem zbiornikowym dla składowania CO<sub>2</sub> są piaskowce formacji mogileńskiej barremu-albu środkowego, których strop nawiercono na głębokości 1285 m (Kamionki IG-3), 1285,5 m (Kamionki 2) i 1303 m (Kamionki 1). Miąższość osadów tej formacji kształtuje się następująco: 169,0 m (Kamionki IG-3); 170,0 m (Kamionki 2) i 177,0 m (Kamionki 1), średnio 170,0 m. Serię uszczelniającą formacji mogileńskiej stanowią margle i wapienie, opoki i kreda pisząca kredy górnej o łącznej miąższości około 1000-1100 m. Formację do składowania stanowią piaskowce (85%) z przewarstwieniami iłowców i mułowców. Porowatość piaskowców kształtuje się w granicach 10-30% (średnio 20%), przepuszczalność skał sięga 2000 mD. W poziomie zbiornikowym formacji mogileńskiej występują solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 20-40 g/dcm<sup>3</sup>.

Drugoplanowym poziomem do składowania CO<sub>2</sub> są warstwy borucickie toarsu górnego i aalenu dolnego. Ich strop został nawiercony na głębokości 2822,5 m - Kamionki 1; 2082,0 m - Kamionki IG-3, miąższość wynosi około 170 m. Formację do składowania stanowią piaskowce (85%) z przewarstwieniami iłowców i mułowców. Porowatość piaskowców kształtuje się w około 15%, przepuszczalność skał sięga 2000 mD. W poziomie zbiornikowym formacji mogileńskiej występują solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 100-113 g/dcm<sup>3</sup>. Punkt zatłaczania – Kamionki IG-3.

#### Antyklina Lipna

Antyklina Lipna położona jest w niecce warszawskiej w środkowej części jednostki strukturalnej Płóńska. Jest ona genetycznie związana z systemem uskoku Tuchola – Lipno szczególnie aktywnych w dolnej i środkowej jurze. Jest ona rozpoznana trzema otworami wiertniczymi: Lipno 1 (głębokość końcowa – 3072 m), Lipno 2 (głębokość końcowa – 2205,8 m) i Lipno 4 (głębokość końcowa – 2100 m). Według zarysu izohipsy -1200 antyklina ma około 10-15 km długości i 4-5 km szerokości. Poziomami zbiornikowym dla składowania CO<sub>2</sub> są piaskowce formacji mogileńskiej oraz warstwy borucickie. Strop formacji mogileńskiej został nawiercony na głębokości 1238,0 m - Lipno 1; 1219,0 m - Lipno 2 i 1952,0 m - Lipno 4, miąższość wynosi od 144,5 m (Lipno 4) do 152 m (Lipno 1), średnio 150 m. Formację do składowania stanowią piaskowce (85%) z przewarstwieniami iłowców i mułowców. Porowatość piaskowców kształtuje się w granicach 20-40% (średnio 30%), przepuszczalność skał około 500 mD. W poziomie zbiornikowym formacji mogileńskiej występują solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 25 g/dcm<sup>3</sup>. Strop warstw borucickich został nawiercony na głębokości 2394,0 m - Lipno 1, miąższość wynosi 139 m. Formację do składowania stanowią piaskowce (85%) z przewarstwieniami iłowców i mułowców. Porowatość piaskowców kształtuje się w granicach 15%, przepuszczalność skał około 500 mD. W poziomie zbiornikowym formacji mogileńskiej występują solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 101 - 105 g/dcm<sup>3</sup>. Punkt zatłaczania – Lipno 2.

#### Antyklina Sierpca

Antyklina Sierpca zlokalizowana jest w niecce warszawskiej. Powstała w strefie synsedymencyjnych uskoku aktywnych we wczesnej i środkowej jurze. Jest rozpoznana dwoma otworami wiertniczymi: Sierpc 1 (głębokość końcowa – 2100,5 m) i Sierpc 2 (głębokość końcowa – 4389,0 m). Długość antykliny wynosi około 15 km, szerokość 5 km. Poziomem zbiornikowym dla składowania CO<sub>2</sub> są piaskowce formacji mogileńskiej oraz warstw borucickich. Strop formacji mogileńskiej nawiercono na głębokości 1068,0 m - Sierpc 1 i 1072,5 m - Sierpc 2, miąższość 147,0 - 145,0 m (średnio 146 m). Formację do składowania stanowią piaskowce (80-85%) z przewarstwieniami ilastymi i mułowcowymi. Porowatość piaskowców formacji mogileńskiej wynosi około 20-40%, przepuszczalność 200 -3500 mD. Solanki chlorkowo-wapniowe

o mineralizacji maksymalnie 39 g/dcm<sup>3</sup>. Strop warstw borucickich został nawiercony na głębokości 2045,0 m - Sierpc 1; 2024,0 m - Sierpc 2, miąższość wynosi 40-90 m, średnio 65 m. Formację do składowania stanowią piaskowce (85%) z przewarstwieniami iłowców i mułowców. Porowatość piaskowców kształtuje się w granicach 15%, przepuszczalność skał około 200 – 3500 mD. Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 39 g/dcm<sup>3</sup>. Punkt zatłaczania – Sierpc 2.

#### Antyklina Sochaczewa

Antyklina Sochaczewa położona jest w niecce warszawskiej, w obrębie jednostki Grodziska. Jest rozpoznana trzema głębokimi otworami wiertniczymi: Sochaczew 1 (głębokość końcowa – 3301 m), Sochaczew 2 (głębokość końcowa – 4466,5 m) i Sochaczew 3 (głębokość końcowa – 2562 m). Antyklina określona izohipsą spągu kredy górnej -1200 m ma około 17 km długości, około 5 km szerokości. Potencjalnym poziomem zbiornikowym są piaskowce formacji mogileńskiej, których strop nawiercono na głębokości 1165,0 m - Sochaczew 1; 1418,0 m - Sochaczew 2 i 1241,0 m - Sochaczew 3, o miąższości: 129 m (Sochaczew 1), 143 m (Sochaczew 2) i 129 m (Sochaczew 3). Formację do składowania stanowią piaskowce (80%) z przewarstwieniami iłowców i mułowców. Porowatość piaskowców kształtuje się w granicach 30%, przepuszczalność skał około 1000 mD. Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 1-10 g/dcm<sup>3</sup>. Punkt zatłaczania – Sochaczew 1.

#### Antyklina Wyszogrodu

Antyklina Wyszogrodu położona w niecce warszawskiej, w południowo-zachodniej części bloku Płońska. Jest ona rozpoznana jednym głębokim otworem wiertniczym Wyszogród 1 o głębokości końcowej 2510,0 m. Zarys antykliny wyznacza izohipsa spągu albu górnego-cenomanu, antyklina Wyszogrodu ma około 20 km długości i około 7,5 km szerokości. Poziomem zbiornikowym do składowania CO<sub>2</sub> jest formacja mogileńska, której strop nawiercono na głębokości 1191,0 m (Wyszogród 1), miąższość wynosi 129,0-143,0 m (średnio 135 m). Formację do składowania stanowią piaskowce (80%) z przewarstwieniami iłowców i mułowców. Porowatość piaskowców kształtuje się w granicach 30%, przepuszczalność skał około 1000 mD. Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 1-10 g/dcm<sup>3</sup>. Punkt zatłaczania – Wyszogród 1.

### **Struktury zlokalizowane w rejonie linii Kozienice-Lublin (obszar V)**

Na obszarze V do składowania CO<sub>2</sub> wytypowano 3 struktury tektoniczne w (w rozumieniu struktury obejmującej jeden poziom wodonośny) zlokalizowanych w utworach karbonu górnego, są to: blok Rycic L, blok Baranowa-L, blok Baranowa-K (**Fig. 1.1.19\_2**). Są one zlokalizowane w obrębie ciągu Stężycza – Dęblin – Abramów – Krępiec – Milejów o rozciągłości NW – SE, który jest usytuowany w osiowej części rowu mazowiecko-lubelskiego. Ciąg strukturalny ma postać wału antyklinalnego pociętego uskokiemi poprzecznymi i podłużnymi. Jego długość wynosi około 105 km, średnia szerokość około 5 km licząc po spągu karbonu. Przybliżona powierzchnia ciągu wynosi około 525 km<sup>2</sup>. W **Tabeli 1.1.19\_3** zestawiono dane dotyczące struktur odpowiednich do składowania dwutlenku węgla w rozważanym obszarze.

### Blok Rycic

Powierzchnia bloku wynosi około 18,6 km<sup>2</sup>. Poziomem zbiornikowym do składowania CO<sub>2</sub> jest karbon górny - poziom korelacyjny L, który zalega na głębokości około -1350 m. Miąższość efektywna piaskowców wynosi około 200 m, ich porowatość około 15%, przepuszczalność 10 mD. Miąższość nadkładu około 120 m mułowców i iłowców. Solanki o mineralizacji 150 g/dm<sup>3</sup>. Uskoki nieliczne podłużne, tnące cały karbon. Punkt zatłaczania – Dęblin 4.

### Blok Baranowa

Powierzchnia bloku wynosi około 54 km<sup>2</sup>.

1. poziom korelacyjny L (karbon górny) – zalega na głębokości około -1360 m. Miąższość efektywna warstw piaskowców ok. 100 m; porowatość około 10%, przepuszczalność 10 mD. Miąższość nadkładu około 470 m iłowców, mułowców i piaskowców. Solanki o mineralizacji około 150 g/dm<sup>3</sup>. Słabe zaangażowanie tektoniczne.

2. poziom korelacyjny K (karbon górny) – zalega na głębokości około -1890 m. Miąższość efektywna warstw piaskowców ok. 60 m; porowatość około 14%, przepuszczalność 20 mD. Miąższość nadkładu około 540 m iłowców, mułowców i piaskowców. Solanki o mineralizacji 170 g/dm<sup>3</sup>. Słabe zaangażowanie tektoniczne.

Punkt zatłaczania – Baranów 1

### **Struktury zlokalizowane w rejonie Wielkopolski i Kujaw (obszar VI)**

Obszar VI obejmuje nieckę mogileńsko-łódzką oraz wał kujawski gdzie do składowania CO<sub>2</sub> na tym obszarze wytypowano 9 struktur tektonicznych (w rozumieniu struktury obejmującej jeden poziom wodonośny) zlokalizowanych w mezozoicznych poziomach wodonośnych. Są to: antyklina Brześcia Kujawskiego-J (w-wy borucickie), antyklina Brześcia Kujawskiego-J (w-wy sławęcińskie), antyklina Janowca, antyklina Konar-J, antyklina Konar-T, antyklina Strzelna, antyklina Trześniewa, antyklina Turka, antyklina Wartkowic (**Fig. 1.1.19\_2**).

W ostatniej części **Tabeli 1.1.19\_3** zestawiono dane dotyczące struktur odpowiednich do składowania dwutlenku węgla w rozważanym obszarze. Większość struktur jest zlokalizowana w utworach kredy dolnej (4), 3 struktury w utworach jury dolnej, pozostałe (2) w utworach triasu dolnego. Powierzchnia struktur waha się od 24 km<sup>2</sup> (antyklina Strzelna) do 250 km<sup>2</sup> (antyklina Janowca), większość struktur ma powierzchnię od 50 do 100 km<sup>2</sup>. Struktury te są rozpoznane otworami wiertniczymi zlokalizowanymi w ich obrębie. Liczba otworów jest zróżnicowana od 1 otworu antyklina Trześniewa do 6 w przypadku antykliny Wartkowic (**tab. 1.1.19\_3**).

Poziomami perspektywicznymi do geologicznego składowania dwutlenku węgla są utwory dolnej kredy i dolnej jury. We wszystkich antyklinach utwory te zalegają na głębokości poniżej 800 m. Miąższość wodonośnych utworów dolnej kredy i dolnej jury waha się od 90 (antyklina Turka) do 235 m (antyklina

Brześcia Kujawskiego). Porowatości skał dolnej kredy i dolnej jury wynosi od 10 do 30%. Przepuszczalności skał są wysokie, od kilkaset do 1200 mD. We wszystkich strukturach warstwy uszczelniające poziomy do składowania mają odpowiednio małe przepuszczalności i duże miąższości. W większości struktur uskoki występują w dolnej części kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego. W przypadku antykliny Wartkowic występują również w obrębie poziomów zbiornikowych do składowania dwutlenku węgla, dla 3 struktur brak danych. Głębokość zalegania stropu formacji zbiornikowej oraz miąższość poziomu zbiornikowego zostały wyznaczone na podstawie profili otworowych. Właściwości poziomu zbiornikowego (porowatość, przepuszczalność, mineralizacja), informacje o uskokach i miąższości nadkładu zostały określone na podstawie informacji z dokumentacji geologicznych oraz z opracowań regionalnych. Za punkt zatłaczania przyjęto otwór w szczytowej części struktury.

### Antyklina Brześcia Kujawskiego

Antyklina Brześcia Kujawskiego leży na wale kujawskim, w obrębie kutnowskiej jednostki strukturalnej. Jest poduszką solną, w której sól cechsztyńska nie przebiła się przez nadkład mezozoiczny. Jest ona rozpoznana trzema otworami wiertniczymi Brześć Kujawski IG-1 (głębokość końcowa – 4575,0 m), Brześć Kujawski IG-2 (głębokość końcowa – 1850,0 m) i Brześć Kujawski IG-3 (głębokość końcowa – 2204,0 m). Na powierzchni spągowej aalenu górnego -1000 m długość antykliny Brześcia Kujawskiego wynosi 15-20 km a szerokość - około 7 km.

Poziomami zbiornikowymi do składowania dwutlenku węgla w antyklinie Brześcia Kujawskiego są piaskowcowe poziomy jury dolnej. Poziom zbiornikowy obejmujący warstwy borucickie i aalen dolny pod przykryciem warstw ilastych aalenu górnego oraz poziom zbiornikowy warstw sławęcińskich górnych domeru uszczelniony jest ilastymi warstwami ciechocińskimi torsu dolnego. Oba poziomy mają podobne właściwości zbiornikowe, jednakże uwzględniając głębokości ich zalegania oraz miąższości nadkładu na pierwszy plan wysuwa się poziom zbiornikowy warstw borucickich i aalenu dolnego.

Strop warstw borucickich został nawiercony na głębokości 1047,5 m - Brześć Kujawski IG-1; 1127,0 m - Brześć Kujawski IG-2 i 1222,0 m - Brześć Kujawski IG-3. Łącznie miąższość warstw borucickich i aalenu dolnego waha się od 111,5 m (Brześć Kujawski IG-1) do 291,0 m i 311,5 m (Brześć Kujawski IG-2 i IG-3) - średnio około 240 m. Serię uszczelniającą stanowi kompleks osadów ilastych aalenu górnego. Dominują w nim łupki ilaste i mułowcowe prawie czarne z konglomeratami syderytycznymi i pirytowymi. Podrzędnie występują cienkie przewarstwienia piaszczyste. Miąższość kompleksu uszczelniającego wynosi 131,0 – 159,0 (średnio 145 m).

Strop warstw sławęcińskich nawiercony został na głębokości 1261,0 m - Brześć Kujawski IG-1; 1512,5 m - Brześć Kujawski IG-2 i 1627,0 m - Brześć Kujawski IG-3, miąższość wynosi od 194,0 m (Brześć Kujawski IG-1) do 265,5 m (Brześć Kujawski IG-2) – średnio 235 m. Miąższość serii uszczelniającej w-w ciechocińskich (toars dolny) kształtuje się w granicach 93,5-102,0 m (średnio 99,0 m).

Formację do składowania stanowią piaskowce (85%), podrzędnie iłowce i mułowce (15%). Porowatość piaskowców wynosi od 10 do 20% (średnio 15%), przepuszczalność osiąga kilkaset mD. Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji do 47g/dcm<sup>3</sup>. Punkt zatłaczania – Brześć Kujawski IG-1 (w-wy borucickie), Brześć Kujawski IG-2 (w-wy sławęcińskie).



### Poduszka solna Janowca (Wągrowca)

Poduszka solna Janowca jest położona w centrum niecki mogileńsko-łódzkiej. Jest rozpoznana czterema otworami wiertniczymi: Wągrowiec IG-1 (głębokość końcowa – 1560,0 m), Janowiec 2 (głębokość końcowa – 3034,2 m), Janowiec 3 (głębokość końcowa – 3133,0 m), Janowiec Geo 1 (głębokość końcowa – 801,6 m). Według ukształtowania powierzchni strukturalnych triasu, jury i kredy długość antykliny wynosi około 20 km, szerokość - 7,5 km. Poziomem zbiornikowym do składowania dwutlenku węgla są piaskowce pstrego piaskowca środkowego, których strop nawiercono na głębokości 2183,0 m - Janowiec 2, 2591,0 m - Janowiec 3, miąższość 121,5 m (Janowiec 2) i 142,0 m (Janowiec 3), średnio 130 m. Serię uszczelniającą tworzą utwory ilasto-ewaporatowe retu i wapienia muszlowego o miąższości około 137 - 154 m. Formację do składowania stanowią głównie skały ilasto-mułowcowo-węglanowe z przewarstwieniami piaskowców (25-30%). Porowatość piaskowców wynosi około 10%, przepuszczalność około kilkadziesiąt mD. Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 208 g/dm<sup>3</sup>. Punkt zatłaczania – Janowiec 2.

### Antyklina (poduszka solna) Konar (Radziejowa)

Poduszka solna Konar położona jest w niecce mogileńsko-łódzkiej. Jest rozpoznana dwoma głębokimi otworami wiertniczymi: Konary IG-1 (głębokość końcowa - 3452,0 m) i Byczyna 1 (głębokość końcowa - 5728,0 m). Długość antykliny wynosi około 25 km, szerokość około 10 km.

Pierwszoplanowym poziomem zbiornikowym do składowania CO<sub>2</sub> są piaskowce warstw borucickich toarsu górnego i aalenu dolnego. Ich strop został nawiercony na głębokości 847,0 m - Konary IG-1 i 1497,0 m - Byczyna 1, miąższość odpowiednio 113,0 m i 205,5 m, średnio około 160 m. Formację do składowania stanowią głównie piaskowce (80%). Porowatość wynosi 10%, przepuszczalność kilkaset mD. Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 100-200 g/dm<sup>3</sup>.

Drugoplanowym poziomem składowania CO<sub>2</sub> są piaskowce serii półczyńskiej pstrego piaskowca nawiercone w na głębokości 2264,5 m - Konary IG-1 i 3250,0 m - Byczyna 1, o miąższości odpowiednio 437 i 550 metrów, średnio 500 m. Formację do składowania stanowią głównie skały iłowcowo-mułowcowe partiami wapniste z wkładkami piaskowców (15-20%). Porowatość piaskowców 10%, przepuszczalność kilkadziesiąt mD. Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 100-200 g/dm<sup>3</sup>.

Punkt zatłaczania - Konary IG-1.

### Antyklina Strzelna

Antyklina Strzelna jest położona w niecce mogileńsko-łódzkiej. Antyklina Strzelna uformowana w strefie krzyżujących się stref tektonicznych, jest częściowo przebijającym się słupem solnym przez osady triasu. Jest ona rozpoznana trzema głębokimi otworami wiertniczymi: Strzelno IG-1 (głębokość końcowa - 3004,1 m), Młyny 1 (głębokość końcowa - 3306,4 m) i Młyny 2 (głębokość końcowa - 2703,0 m). Zakładając, że zarys antykliny Strzelna wyznacza izarytma spągu albu górnego -1200 m długość antykliny wynosi 6 km, a szerokość 4 km. Poziomem zbiornikowym do składowania CO<sub>2</sub> mogą być piaskowce formacji mogileńskiej barremu-albu środkowego, nawiercone na głębokości 1040,0 m - Strzelno IG-1; 1147,5 m - Młyny 1 i 1145,0 m - Młyny 2, o miąższości odpowiednio 151,5 m, 117,5 m i 130,5 m. Serię piaskowców formacji mogileńskiej uszczelniają marglisto-wapienne osady kredy górnej o miąższości: 1070 m (Młyny 1), 1064,5 m (Młyny 2) i 966 m (Strzelno IG-1). Formację do składowania stanowią piaskowce (85%), iłowce i mułowce (15%).

Porowatość piaskowców 10-30% (średnio 20%), przepuszczalność 700 mD. Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 25-36 g/dm<sup>3</sup>. Punkt zatłaczania - Strzelno IG-1.

#### Antyklina (poduszka solna) Trześniewa

Struktura Trześniewa jest położona w niecce mogileńsko-łódzkiej, na bloku Gniezna-Łaska. Jest rozpoznana głębokim otworem wiertniczym Trześniew 1 (głębokość końcowa - 4532,0 m). Według izohipsy spągu kredy górnej (albu górnego) -1700 m długość antykliny wynosi 10 km, szerokość 5 km. Poziomem do składowania CO<sub>2</sub> są piaskowce formacji mogileńskiej, których strop nawiercono na głębokości 1996 m, o miąższości około 130 m. Serię piaskowców formacji mogileńskiej uszczelniają marglisto-wapienne osady kredy górnej (alb górny – mastrycht) wapień, margle, opoki. Formację do składowania stanowią piaskowce (85%), iłowce i mułowce. Porowatość piaskowców 10-30% (średnio 20%), przepuszczalność kilkaset mD. Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 92 g/dm<sup>3</sup>. Punkt zatłaczania - Trześniew 1.

#### Antyklina (poduszka solna) Turka

Antyklina Turka jest położona w niecce mogileńsko-łódzkiej, w obrębie bloku Gniezno-Łasko. Jest ona rozpoznana dwoma głębokimi otworami wiertniczymi: Turek 1 (głębokość końcowa - 3003,3 m) i Turek 2 (głębokość końcowa - 2203,3 m). Antyklina zarysowana jest izohipsą spągu kredy górnej (albu górnego) - 1200 m, jej długość wynosi około 12 km, szerokość 7 km. Potencjalnym poziomem zbiornikowym do składowania CO<sub>2</sub> są piaskowce ogniwa kruszwickiego formacji mogileńskiej wieku barrem-alb środkowy, którego strop został nawiercony na głębokości : 1263,0 m - Turek 1 i 1210,0 m - Turek 2, miąższości odpowiednio 89,0 m i 96,0 m (średnio 90 m). Serię piaskowców formacji mogileńskiej uszczelniają marglisto-wapienne osady kredy górnej (alb górny – mastrycht) wapień, margle, opoki, o miąższości 1203-1254,0 m. Formację do składowania stanowią piaskowce (90%) i mułowce. Porowatość piaskowców 20%, przepuszczalność około 1000 mD. Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 75 g/dm<sup>3</sup>. Punkt zatłaczania - Turek 2.

#### Antyklina Wartkowic

Antyklina Wartkowic położona jest w niecce mogileńsko-łódzkiej. Jest rozpoznana sześcioma głębokimi otworami wiertniczymi: Koło IG-4 (głębokość końcowa - 2876,0 m); Poddębice IG-1 (głębokość końcowa - 3057,0 m); Poddębice IG-2 (głębokość końcowa - 4730,0 m); Wartkowice 1 (głębokość końcowa - 2526,0 m); Wartkowice 2 (głębokość końcowa - 3087,2 m); Wartkowice 3 (głębokość końcowa - 2472,0 m). Zakładając, że zarys antykliny wyznacza izarytma spągu albu górnego -1400 m długość antykliny wynosi około 11 km, natomiast jej szerokość około 4,5 km. Poziomem do składowania CO<sub>2</sub> są piaskowce formacji mogileńskiej, których strop nawiercono na głębokości 1717,0 m - Koło IG-4; 2005,0 m - Poddębice IG-1; 2115,0 m - Poddębice IG-2; 1205,0 m - Wartkowice 1; 1076,0 m - Wartkowice 2; 1251,0 m - Wartkowice 3, o miąższości 112,0-155,0 m (średnio 130 m). Serię piaskowców formacji mogileńskiej uszczelniają marglisto-wapienne osady kredy górnej (alb górny – mastrycht) wapień, margle, opoki, o miąższości 1040-1850 m. Formację do składowania stanowią piaskowce (80%) z przewarstwieniami iłowców i mułowców (20%). Porowatość piaskowców 10-30% (średnio 20%), przepuszczalność około 100-1200 mD. Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 2-58 g/dm<sup>3</sup>. Punkt zatłaczania - Wartkowice 3.

## **Rejon frontu Karpat/zapadliska przedkarpackiego (IV) i NW Polski (VII)** **(Radosław Tarkowski, Sylwester Marek, Barbara Uliasz-Misiak, Lidia Dziewińska, Bogusław Liszka)**

W rejonie frontu Karpat/zapadliska przedkarpackiego (obszar IV) i NW Polski (obszar VII) zidentyfikowano 17 potencjalnych miejsc składowania dwutlenku węgla. Struktury te zostały przeanalizowane w oparciu o geologiczne kryteria wyboru miejsc składowania.

W obszarze frontu Karpat/zapadliska przedkarpackiego (IV) wskazano 6 obiektów w utworach miocenu autochtonicznego. Każdy obiekt posiada kilka poziomów zbiornikowych rozważanych jako formacje do składowania dwutlenku węgla. Poziomy wodonośne występują w utworach badenu górnego i sarmatu. Warunku odpowiedniej pojemności składowania CO<sub>2</sub> nie spełnia żadna struktura (w rozumieniu struktury obejmującej jeden poziom wodonośny). Poziom przeznaczony do składowania CO<sub>2</sub> we wszystkich strukturach zalega poniżej 800 m p.p.t, w przypadku struktury Maćkowice-Tuliłowscy strop jednego z poziomów do składowania zalega na głębokości 650 – 850 m. Miąższość poziomów zbiornikowych dla większości struktur jest większa niż 50 m, jedynie w przypadku struktury Wapowców (31 m) jest ona mniejsza, mieści się w granicach kryterium ostrzegawczego. Wszystkie struktury mają porowatość rzędu 10-20% - w granicach kryterium ostrzegawczego. Kryterium przepuszczalności poziomów do składowania powyżej 300 mD nie jest spełnione dla żadnego obiektu. Mineralizacja wód powyżej 100 g/dm<sup>3</sup> jest spełniona tylko dla jednej struktury (Malawa), w pozostałych mieści się w granicach kryterium ostrzegawczego. W większości struktur (6) występują uskoki związane z nasunięciem karpackim, w dwóch strukturach (Wapowce i Maćkowice-Tuliłowscy) uskoków nie stwierdzono. Brak jest danych dotyczących miąższości nadkładu uszczelniającego. Ze względu na profil litologiczny utworów miocenu z przewagą iłów oraz fakt, że w analizowanych poziomach zlokalizowane były złoża węglowodorów można przypuszczać, że poziomy te mają odpowiednie uszczelnienie.

W obszarze Polski północno-zachodniej (VII) zlokalizowanych zostało 11 struktur. Warunek odpowiedniej pojemności składowania CO<sub>2</sub> spełnia większość struktur (w rozumieniu struktury obejmującej jeden poziom wodonośny), dwie struktury mają pojemność w zakresie kryterium ostrzegawczego (Oświna-J i Rokity), trzy struktury w zakresie kryterium negatywnego (Huty Szklanej, Marianowa-T i Oświna-K). Tylko antyklina Huty Szklanej i Oświna-K mają pojemność w granicach kryterium ostrzegawczego. Poziom przeznaczony do składowania CO<sub>2</sub> we wszystkich strukturach zalega poniżej –800 m; w przypadku antykliny Chabowa-J i Trzebieży strop poziomu do składowania zalega na głębokościach odpowiednio 845 i 810 m. Miąższość poziomu zbiornikowego dla większości struktur jest powyżej 50 m. Większość struktur ma porowatość rzędu 10-20%, porowatość wyższą od 20% mają cztery struktury (Marianowa-J, Oświna-K, Suliszewa, Trzebieży). Kryterium przepuszczalności poziomów do składowania powyżej 300 mD spełnione jest dla 6 struktur, dla czterech jest w zakresie 100-300 mD, w jednej (Marianowa-T) przepuszczalność jest poniżej 100 mD. Mineralizacja wód powyżej 100 g/dm<sup>3</sup> jest w 8 strukturach, w 3 strukturach mieści się w granicach kryterium ostrzegawczego. Warstwy, w których przewiduje się składowanie CO<sub>2</sub> nie są zuskokowane w 6 strukturach. W jednej strukturze uskoki występują w poziomie zbiornikowym, w 3 uskoki wygasają w poziomie przeznaczonym do składowania. W większości struktur (7) nadkład uszczelniający ma odpowiednią miąższość.

Spośród 6 struktur zlokalizowanych w obszarze IV żadna nie spełnia w pełni kryteriów struktury do składowania dwutlenku węgla, głównie ze względu na zbyt małą pojemność. W dalszej części scharakteryzowano pokrótce wszystkie obiekty ponieważ mogą być one rozważane jako miejsca

składowania niewielkich ilości dwutlenku węgla dla lokalnych, niedużych emitentów tego gazu lub też w wyniku bardziej szczegółowego rozpoznania ich pojemność składowania ulegnie zmianie.

Spośród przeanalizowanych 11 struktur zlokalizowanych na obszarze NW Polski (rejon VII) jako odpowiednie do składowania dwutlenku węgla wytypowano 6 struktur (antyklina Chabowa-J, antyklina Chabowa-T, antyklina Choszczna, antyklina Marianowa-J, antyklina Oświna-J). Zostały wyeliminowane antyklina: Huty Szklanej, Marianowa-T, Rokity, Oświna-K i Trzebieży, ze względu na słabe parametry zbiornikowe, zbyt małą pojemność i nadkład niegwarantujący odpowiedniego uszczelnienia. W przypadku struktury Huty Szklanej jeden parametr (pojemność) jest w zakresie kryterium negatywnego, cztery parametry są w zakresie kryteriów ostrzegawczych: pojemność składowania, zuskokowanie, porowatość i przepuszczalność formacji do składowania. W antyklinie Marianowa-T pojemność jest w zakresie parametrów negatywnych, przepuszczalność i porowatość poziomu zbiornikowego do składowania dwutlenku węgla oraz mineralizacja wód mieszczą się w granicach parametrów ostrzegawczych, dodatkowo formacja do składowania oraz nadkład są zuskokowane. Struktura Oświna-K ma pojemność składowania w zakresie kryterium negatywnego, przepuszczalność i mineralizację wód w zakresie kryteriów ostrzegawczych. Antyklina Rokity ma pojemność składowania, porowatość i przepuszczalność również w zakresie kryteriów ostrzegawczych. W strukturze Trzebieży w formacji do składowania wygasają uskoki, dodatkowo nadkład uszczelniający ma zbyt małą miąższość.

Wytypowane i wstępnie scharakteryzowane w dalszej części opracowania struktury mogą stanowić podstawę wyboru najlepszych i najodpowiedniejszych z nich w celu szczegółowego rozpoznania możliwości podziemnego składowania dwutlenku węgla dla konkretnych emitentów.

#### **Struktury zlokalizowane w rejonie frontu Karpat/zapadliska przedkarpackiego (obszar IV)**

Obszar IV obejmuje rejonu frontu Karpat/zapadliska przedkarpackiego, gdzie do składowania CO<sub>2</sub> wytypowano 6 obiektów z kilkoma poziomami do składowania CO<sub>2</sub> zlokalizowanymi w utworach miocenu autochtonicznego. Są to: Jodłówka, Malawa, Przemyśl, Wapowce, Maćkowice-Tuligłowy, Rączyna (**Fig. 1.1.19\_3**). W obiektach tych wydzielono 40 struktur (w rozumieniu jednego poziomu do składowania) w utworach górnego badenu i sarmatu. Ich położenie związane jest ze strefą czołową nasunięcia karpacko-sterbnickiego. Wszystkie obiekty położone są w obrębie regionalnej pułapki gazonośnej ciągnącej się wzdłuż północnego brzegu Karpat, od Rzeszowa poprzez Husów do Przemyśla i dalej na wschód aż po granicę państwa.

Powierzchnia struktur waha się od 0,2 km<sup>2</sup> (Wapowce VIIIb/B) do 36,6 km<sup>2</sup> (Przemyśl VI), większość struktur (33) ma powierzchnię poniżej 10 km<sup>2</sup>.

Poziomami perspektywicznymi do geologicznego składowania dwutlenku węgla są utwory miocenu – badenu górnego i sarmatu. W większości struktur utwory te zalegają na głębokości poniżej 800 m. Miąższość formacji do składowania CO<sub>2</sub> waha się od 3 do 100 m, porowatość wynosi od 7 do 21%, przepuszczalność skał jest niska i waha się od 5 do 100 mD.

W większości struktur w poziomach do składowania dwutlenku węgla występują uskoki związane z nasunięciem karpackim. W dwóch obiektach uskoków nie stwierdzono.

W Tabeli 1.1.19\_4 zestawiono dane dotyczące struktur odpowiednich do składowania dwutlenku węgla w rozważanym obszarze. Miąższość utworów do składowania podana w tabeli jest sumą miąższości poziomów do składowania CO<sub>2</sub> w danym obiekcie. Parametry zbiornikowe (porowatość i przepuszczalność) są średnimi ważonymi gdzie wagą była powierzchnia i miąższość poszczególnych poziomów. Mineralizacja wód jest średnią mineralizacją wód w poszczególnych poziomach.

W analizie uwzględniono poziomy wyeksploatowane, w końcowym stadium eksploatacji lub nieeksploatowane (Malawa).

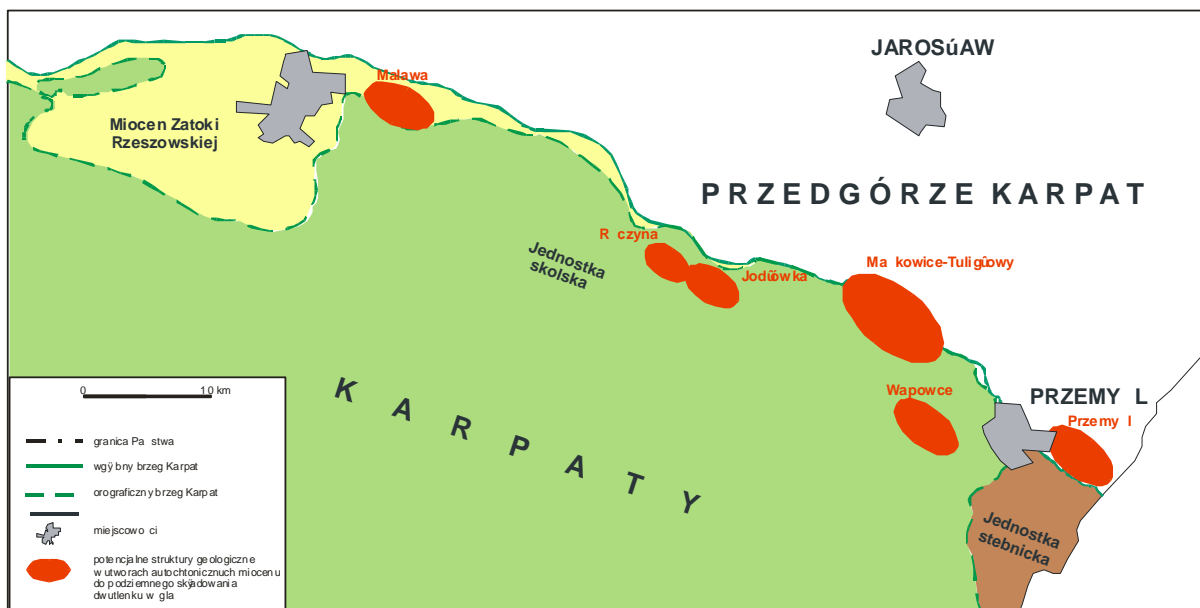


Fig. 1.1.19\_3 Lokalizacja struktur odpowiednich do składowania CO<sub>2</sub> w rejonie frontu Karpat/ zapadliska przedkarpackiego (obszar IV)

**Tabela 1.1.19\_4** Zestawienie danych dotyczących struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w rejonie frontu Karpat/zapadliska przedkarpackiego (obszar IV)

| Lp. | Nazwa               | Poziom zbiornikowy  | Głębokość zalegania stropu poziomu do składowania CO <sub>2</sub> [m p.p.t.] | Miąższość poziomu do składowania CO <sub>2</sub> [m] | Porowatość poziomu do składowania CO <sub>2</sub> | Przepuszczalność poziomu do składowania CO <sub>2</sub> [mD] | Mineralizacja wód [g/dcm <sup>3</sup> ] |
|-----|---------------------|---------------------|--|--|---|--|---|
| 1   | Jodłówka-VIIIa      | sarmat              | 2060   | 60,0   | 15,0%   | 36,0   | 79,5                                    |
| 2   | Malawa              | baden górny, sarmat | 1410-2000  | 375,0  | 16,6%   | 82,0   | 103,8                                   |
| 3   | Przemyśl            | sarmat              | 1110-1530  | 215,0  | 18,0%   | 10,0   | 41,1                                    |
| 4   | Wapowce             | baden górny, sarmat | 1780-1830  | 36,0   | 13,6%   | 5,0  | 46,0                                    |
| 5   | Maćkowice-Tuligłowy | sarmat              | 650-1610   | 154,0  | 17,7%   | 68,1   | 29,0                                    |
| 6   | Rączyna             | sarmat              | 1460-1480  | 110,0  | 17,1%   | 80,0   | 53,7                                    |

c.d.Tab. 1.1.19\_4

| Lp. | Nazwa          | Uskoki                                  | Miąższość nadkładu [m] | Punkt zatłaczania | Współrzędne prostokątne Y punktu zatłaczania | Współrzędne prostokątne X punktu zatłaczania |
|-----|----------------|---|------------------------|-------------------|--|--|
| 1   | Jodłówka-VIIIa | b.d.                                    | b.d.                   | Jodłówka-14       | 4604984                                      | 5530242                                      |
| 2   | Maława         | uskoki związane z nasunięciem karpackim | b.d.                   | Maława-3          | 4581790                                      | 5549980                                      |
| 3   | Przemyśl       | uskoki związane z nasunięciem karpackim | b.d.                   | Przemyśl-56       | 4625958                                      | 5520130                                      |
|     |                |   |                        | Przemyśl-59       | 4626442                                      | 5519654                                      |
|     |                |   |                        | Przemyśl-86       | 4625644                                      | 5521477                                      |
|     |                |   |                        | Przemyśl-119      | 4629607                                      | 5516748                                      |
|     |                |   |                        | Przemyśl-182      | 4625546                                      | 5520658                                      |
|     |                |   |                        | Przemyśl-246      | 4625519                                      | 5522176                                      |
|     |                |   |                        | Przemyśl-249      | 4628096                                      | 5516005                                      |
| 4   | Wapowce        | brak uskoków                            | b.d.                   | Przemyśl-28       | 4621752                                      | 5520909                                      |
|     |                |   |                        | Przemyśl-114      | 4619292                                      | 5520822                                      |
|     |                |   |                        | Przemyśl-144      | 4623883                                      | 5517139                                      |
|     |                |   |                        | Przemyśl-173      | 4621008                                      | 5521001                                      |
|     |                |   |                        | Przemyśl-211      | 4621461                                      | 5518953                                      |
|     |                |   |                        | Przemyśl-226      | 4626029                                      | 5515986                                      |

|   |                     |   |      |                |         |          |
|---|---------------------|---|------|----------------|---------|----------|
| 5 | Maćkowice-Tuligłowy | brak uskoków                            | b.d. | Przemyśl-127   | 4621291 | 5526046  |
|   |                     |   |      | Przemyśl-196   | 4619672 | 5525188  |
|   |                     |   |      | Jaksmanice-53  | 4620429 | 5525748  |
|   |                     |   |      | Jaksmanice-54  | 4620869 | 5526592  |
|   |                     |   |      | Jaksmanice-226 | 4619559 | 5525509  |
|   |                     |   |      | Jaksmanice-228 | 4615744 | 5531062  |
|   |                     |   |      | Tuligłowy-6    | 4618347 | 5527702  |
|   |                     |   |      | Tuligłowy-9    | 4618911 | 5526985  |
| 6 | Rączyna             | uskoki związane z nasunięciem karpackim | b.d. | Rączyna-6      | 4601392 | 5531781, |

b.d. – brak danych



## **Struktura Jodłówki**

Struktura Jodłówki (złóże gazu ziemnego Jodłówka) leży w południowo-wschodniej części zapadliska przedkarpackiego, pod nasunięciem karpacko-stebnickim. Związane jest z utworami badenu górnego i sarmatu, występującymi pod nasunięciem karpacko-stebnickim, w południowo-wschodniej części zapadliska przedkarpackiego.

Horyzonty gazonośne występują w bardzo dużym przedziale głębokościowym od ok. 1840 m do 3270 m.

Struktura Jodłówka ma formę antyklinalną, której dłuższa oś rozciąga się ze wschodu na zachód. Amplituda struktury liczona od synklinalnych zamknięć do szczytu wynosi około 40 m. Ograniczona jest stromym skrzydłem od południa i płytkimi strefami synklinalnymi od północy, wschodu i zachodu. W obrębie kompleksu złożowego o miąższości ponad 1430 m wydzielono 19 horyzontów i podhoryzontów gazonośnych, w tym 7 zasadniczych od VI-go do XI-go.

Powierzchnia struktury wynosi około 1,6 km<sup>2</sup>.

Poziomem zbiornikowym do składowania dwutlenku węgla w strukturze Jodłówki jest piaskowcowy poziom sarmatu (VIIIa).

Strop poziomu nawiercono na głębokości około -2060 m. Miąższość poziomu do składowania CO<sub>2</sub> wynosi 60 m. Serię uszczelniającą stanowi kompleks łupków ilastych sarmatu.

Skałę zbiornikową stanowią piaskowce smugowane i warstwowane mułowcami i łupkami, przy czym udział materiału piaszczystego jest znacznie większy niż materiału ilastego. Horyzonty piaskowcowe lub piaskowcowo-łupkowe przedzielane są seriami łupkowymi, które stanowią uszczelnienia dla poszczególnych nagromadzeń gazu.

Formację do składowania stanowią piaskowce (średnio 85%).

Porowatość piaskowców wynosi 15%, przepuszczalność 36 mD.

Wody złożowe mają mineralizację 79,5 g/dcm<sup>3</sup>.

Punkt zatłaczania – Jodłówka 14.

## **Struktura Malawy**

Struktura Malawy leży w południowo-wschodniej części zapadliska przedkarpackiego, pod nasunięciem karpacko-stebnickim. Związana jest z utworami badenu górnego i sarmatu, występującymi pod nasunięciem karpacko-stebnickim.

Struktura Malawy ma formę antyklinalną, której dłuższa oś rozciąga się ze wschodu na zachód w poziomach niższych, natomiast w poziomach wyższych obcięta jest od południa przez powierzchnię nasunięcia karpacko-stebnickiego. Amplituda struktury w poszczególnych horyzontach liczona od synklinalnych zamknięć do szczytu wynosi od 20 m do 40 m.

W obrębie rozpatrywanego kompleksu o miąższości ponad 670 m wydzielono 5 potencjalnych poziomów do składowania dwutlenku węgla zlokalizowanych w utworach badenu górnego i sarmatu (solankowo-gazowych) trzy poziomy wyższe A, B, C i dwa poziomy niższe XV, XIV. Ich miąższość waha się od 20 m (poz. B) do 140 m (poz. A). Horyzonty solankowe występują w bardzo dużym przedziale głębokościowym od 1750 m do 2420 m.

Powierzchnia tych poziomów waha się od około 2,2 do 3,8 km<sup>2</sup> (średnio 2,8 km<sup>2</sup>).

Strop poziomów do składowania CO<sub>2</sub> nawiercono na głębokości od -1410 do -2000 m; średnia miąższość poziomów wynosi od 20 do 140 m; sumaryczna miąższość wynosi około 375 m. Serie uszczelniające stanowią kompleksy łupków ilastych sarmatu i badenu górnego.

Skałą zbiornikową w poziomach A, B i C są piaskowce smugowane, warstwowane mułowcami i łupkami oraz mułowce, natomiast horyzonty XIV i XV zbudowane są z mułowców z podrzędnymi wkładkami piaskowców.

Uszczelnieniem dla horyzontów są łupki ilaste występujące w stropie każdego poziomu.

Formację do składowania stanowią piaskowce (30-85%).

Średnia porowatość piaskowców w poszczególnych poziomach wynosi od 8 do 20% (średnia 16,6%), średnia przepuszczalność 30-200 mD (średnia 82 mD).

Wody złożowe mają mineralizację od 44 do 212 g/dcm<sup>3</sup> (średnia 103,8 g/dcm<sup>3</sup>).

Punkt zatłaczania – Malawa 3.

### **Struktura Przemysła**

Struktura Przemysła (złóże gazu ziemnego „Przemysł”) związana jest z utworami badenu górnego i sarmatu, występującymi w strefie nasunięcia karpacko–stebnickiego i bezpośrednio na jego przedpolu. Horyzonty gazonośne występują w bardzo dużym przedziale głębokościowym od 570 m do 2620 m.

Struktura Przemysła ma kształt regularnej kopuły o przekroju poziomym zbliżonym do kwadratu i ograniczonej od południa głęboką na ok. 350-750 m doliną o kierunku NW-SE. Jej skrzydło SE obniża się stopniowo i jednocześnie łagodnieje jego nachylenie.

Głównym horyzontom gazowym nadano nazwy przypisując im cyfry rzymskie od I - XI (rosnące z głębokością zalegania) oraz kilku podhoryzontom z dopiskiem liter alfabetu: a, b, itd. W obrębie struktury Przemysła stwierdzono 10 potencjalnych poziomów do składowania dwutlenku węgla zlokalizowanych w utworach sarmatu.

Powierzchnia tych poziomów waha się od około 1,0 do 36,6 km<sup>2</sup> (średnio 10,6 km<sup>2</sup>).

Strop poziomów do składowania CO<sub>2</sub> nawiercono na głębokości od -1110 do -1530 m; średnia miąższość poziomów wynosi od 40 do 80 m, sumaryczna miąższość 215,0 m. Serie uszczelniające stanowią kompleksy łupków ilastych sarmatu i badenu górnego.

Formację do składowania stanowią utwory piaskowcowo-mułowcowe o udziale piaskowców 7-30% (średnio 14%).

Średnia porowatość piaskowców w poszczególnych poziomach wynosi od 12 do 19,2% (średnia 18,0%), średnia przepuszczalność 10 mD.

Wody złożowe mają mineralizację od 25,7 do 45,9 g/dcm<sup>3</sup> (średnia 41,1 g/dcm<sup>3</sup>).

Punkt zatłaczania – Przemysł-56, Przemysł-59, Przemysł-86, Przemysł-119, Przemysł-182, Przemysł-246, Przemysł-249.

### **Struktura Wapowców**

Struktura Wapowców (złóże gazu ziemnego „Wapowce”) związana jest z utworami badenu górnego i sarmatu, występującymi pod nasunięciem karpacko-stebnickim.

Horyzonty gazonośne występują w przedziale głębokościowym od 2050 m do 2580 m.

Struktura Wapowców ma kształt wydłużonej w kierunku NW-SE nieregularnej antykliny ograniczonej od północy głęboką na ok. 350-750 m doliną o kierunku NW-SE; od południa ograniczona jest powierzchnią nasunięcia karpacko-stebnickiego. Jej SE skrzydło obniża się stopniowo i jednocześnie łagodnieje jego nachylenie.

W obrębie struktury Wapowców stwierdzono 7 potencjalnych poziomów do składowania dwutlenku węgla zlokalizowanych w utworach sarmatu badenu i górnego. Głównym horyzontom gazowym nadano nazwy przypisując im cyfry rzymskie od VIIa - XI (rosnące z głębokością zalegania) oraz kilku podhoryzontom z dopiskiem liter alfabetu: a, b, itd.

Powierzchnia tych poziomów waha się od około 0,2 do 2,5 km<sup>2</sup> (średnio 1,2 km<sup>2</sup>).

Strop poziomów do składowania CO<sub>2</sub> nawiercono na głębokości od -1780 do -1960 m; średnia miąższość poziomów wynosi od 30 do 80 m, sumaryczna miąższość 36,0 m. Serie uszczelniające stanowią kompleksy łupków ilastych badenu górnego i sarmatu.

Formację do składowania stanowią utwory piaskowcowo-mułowcowe o udziale piaskowców 6,8-10% (średnio 6,6%).

Średnia porowatość poziomów do składowania CO<sub>2</sub> wynosi od 7 do 15,9% (średnia 13,6%), średnia przepuszczalność 5 mD.

Wody złożowe mają mineralizację 38,7-49,2 g/dcm<sup>3</sup> (średnia 46,0 g/dcm<sup>3</sup>).

Punkt zatłaczania – Przemysł-28, Przemysł-114, Przemysł-144, Przemysł-173, Przemysł-211, Przemysł-226.

### **Struktura Maćkowice-Tuligłowy**

Struktura Maćkowice-Tuligłowy (złoże gazu ziemnego „Tuligłowy-Maćkowice”) związane jest z utworami badenu górnego i sarmatu, występującymi w strefie nasunięcia karpacko–stebnickiego i bezpośrednio na jego przedpolu.

W strukturze tej rozpoznano geologicznie i udokumentowano zasoby w 22 horyzontach i podhoryzontach gazowych (od hor. 0 do hor. XI), które występują w bardzo dużym przedziale głębokościowym od 540 m do 2950 m.

W obrębie struktury Maćkowice-Tuligłowy stwierdzono 10 potencjalnych poziomów do składowania dwutlenku węgla zlokalizowanych w utworach sarmatu.

Skałami zbiornikowymi są piaskowce stanowiące przeważnie przewarstwienia serii łupkowych, rzadziej grubsze kompleksy piaskowcowe.

Powierzchnia tych poziomów waha się od około 1,7 do 6,5 km<sup>2</sup> (średnio 3,8 km<sup>2</sup>).

Strop poziomów do składowania CO<sub>2</sub> nawiercono na głębokości od -650 do -1610 m; średnia miąższość poziomów wynosi od 15 do 100 m, sumaryczna miąższość 154,0 m. Serie uszczelniające stanowią kompleksy łupków ilastych sarmatu i badenu górnego.

Formację do składowania stanowią utwory piaskowcowo-mułowcowe o udziale piaskowców 7-90% (średnio 36%).

Średnia porowatość poziomów do składowania dwutlenku węgla wynosi od 7 do 24% (średnia 17,7%), średnia przepuszczalność 10-100 mD.

Wody złożowe mają mineralizację 10,5-42,0 g/dcm<sup>3</sup> (średnia 29,0 g/dcm<sup>3</sup>).

Punkt zatłaczania – Przemyśl-127, Przemyśl-196, Jaksmanice-54, Jaksmanice-53, Jaksmanice-226, Jaksmanice-228, Tuligłowy-6, Tuligłowy-9.

### **Struktura Rączyny**

Struktura Rączyny (złoże gazu ziemnego „Rączyna”) związana jest z utworami sarmatu, występującymi pod nasunięciem karpacko–stebnickim. Ma ono kształt owalnej antykliny ograniczonej od strony zachodniej przez utwory nasunięcia karpacko-stebnickiego i wydłużonych w kształcie klina od strony południowo-wschodniej.

Udokumentowane horyzonty gazonośne (V i VI) występują w przedziale głębokościowym od 1790 m do 1970 m.

W obrębie struktury Rączyny stwierdzono 2 potencjalne poziomy do składowania dwutlenku węgla zlokalizowane w utworach sarmatu.

Powierzchnia tych poziomów wynosi 1,1 i 1,2 km<sup>2</sup>.

Strop poziomów do składowania CO<sub>2</sub> nawiercono na głębokości -1460 i -1480 m; średnia miąższość wynosi 15 i 110 m, sumaryczna miąższość 110,0 m. Serię uszczelniającą stanowi kompleks łupków ilastych sarmatu.

Skałę zbiornikową stanowią jasno-szare, mikowe piaskowce drobno i średnioziarniste przewarstwiane szarymi i ciemno-szarymi łupkami mikowymi.

Formację do składowania stanowią utwory piaskowcowo-mułowcowe i piaskowcowe o udziale piaskowców odpowiednio 54% i 71%.

Średnia porowatość poziomów do składowania dwutlenku węgla wynosi 17-18% (średnia 17,1%), średnia przepuszczalność 80 mD.

Wody złożowe mają mineralizację około 53,7 g/dcm<sup>3</sup>.

Punkt zatłaczania – Rączyna-6.

## Struktury zlokalizowane w rejonie NW Polski (obszar VII)

Na obszarze NW Polski do składowania CO<sub>2</sub> wytypowano 11 struktur (w rozumieniu struktury obejmującej jeden poziom wodonośny) zlokalizowanych w mezozoicznych poziomach wodonośnych. Są to: antyklina Chabowa-J, antyklina Chabowa-T, antyklina Choszczna, antyklina Huty Szklanej, antyklina Marianowa-J, antyklina Marianowa-T, antyklina Oświna-K, antyklina Oświna-J, antyklina Rokity, antyklina Suliszewa, antyklina Trzebieży (Fig. 1.1.19\_4).

Powierzchnia struktur waha się od 25 km<sup>2</sup> (antyklina Oświna) do 144 km<sup>2</sup> (antyklina Trzebieży), połowa struktur ma powierzchnię powyżej 100 km<sup>2</sup>.

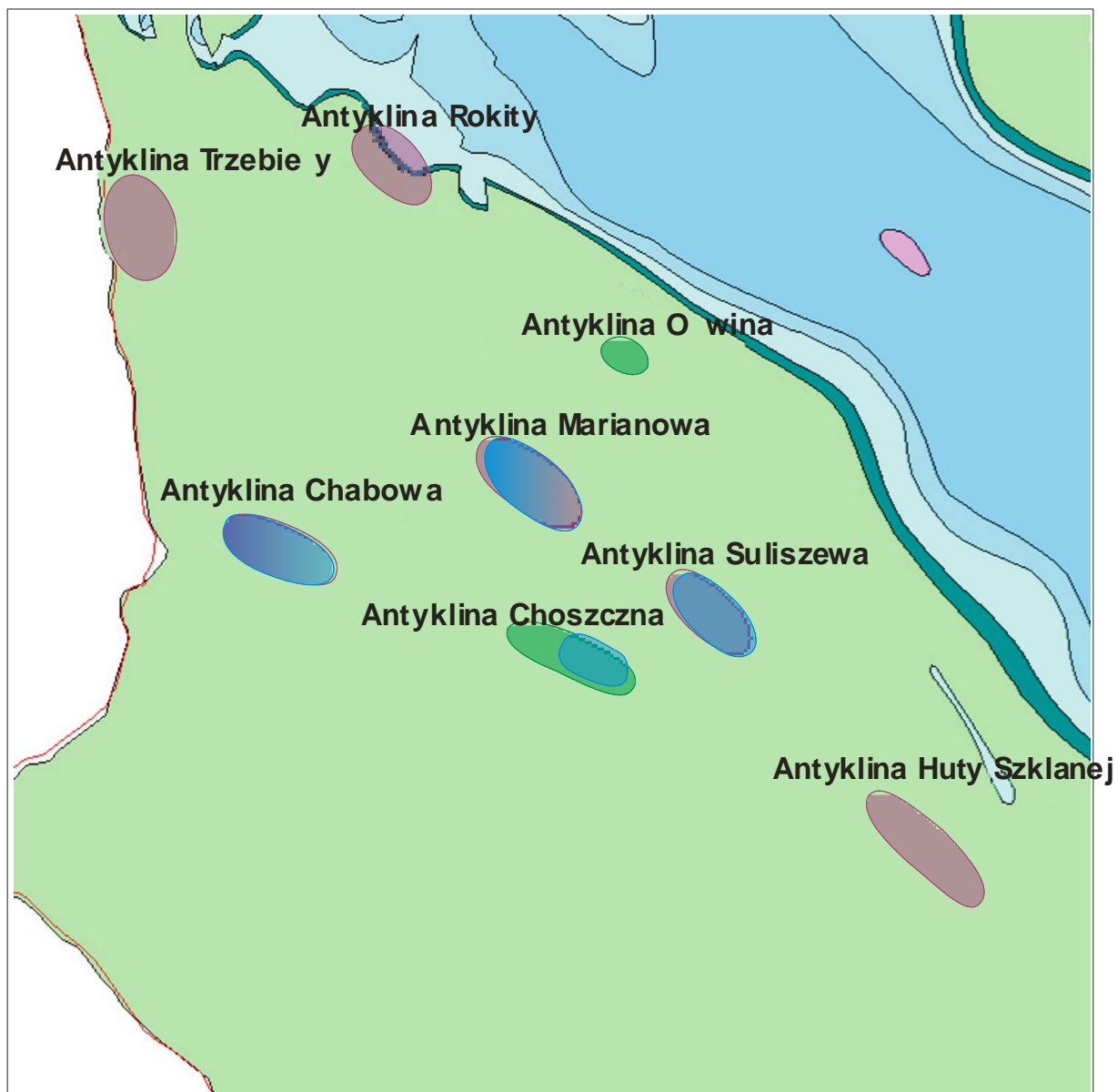
Struktury te są rozpoznane otworami wiertniczymi zlokalizowanymi w ich obrębie. Liczba otworów jest zróżnicowana od 1 otworu (antyklina Choszczna, Oświna-K, Suliszewa) do 4 w przypadku antykliny Huty Szklanej i Marianowa-T.

Poziomami perspektywicznymi do geologicznego składowania dwutlenku węgla są utwory dolnej kredy (2), dolnej jury (6), dolnego (1) i górnego (2) triasu. We wszystkich antyklinach utwory te zalegają na głębokości poniżej 800 m p.p.t. W antyklinie Marianowa-J i Trzebieży formacja do składowania najpłycej zalega na głębokościach odpowiednio -845 i -810 m.

Miąższość formacji do składowania CO<sub>2</sub> waha się od 55 (antyklina Trzebieży) do 200 m (antyklina Rokity). Porowatości wynoszą od 10 do 20%, a miejscami nawet więcej. Przepuszczalności skał są zróżnicowane od kilkudziesięciu do 3200 mD.

We wszystkich strukturach warstwy uszczelniające poziomy do składowania mają odpowiednio małe przepuszczalności i duże miąższości. W większości struktur uskoki występują w dolnej części kompleksu cechsztyńskiego-mezozoicznego. W przypadku antykliny: Marianowa-T przechodzą do poziomów wytypowanych do składowania dwutlenku węgla, w antyklinach Huty Szklanej, Rokity i Trzebieży zanikają w formacjach do składowania.

W Tabeli 1.1.19\_5 zestawiono dane dotyczące struktur odpowiednich do składowania dwutlenku węgla w rozważanym obszarze. Głębokość zalegania stropu formacji zbiornikowej oraz miąższość poziomu zbiornikowego zostały wyznaczone na podstawie profili otworowych. Właściwości poziomu zbiornikowego (porowatość, przepuszczalność, mineralizacja), informacje o uskokach i miąższości nadkładu zostały określone na podstawie informacji z dokumentacji geologicznych oraz z publikowanych opracowań regionalnych. Za punkt zatłaczania przyjęto otwór w szczytowej części struktury.



**Fig. 1.1.19\_4** Lokalizacja struktur odpowiednich do składowania CO<sub>2</sub> w rejonie NW Polski (obszar VII)

**Tabela 1.1.19\_5** Zestawienie danych dotyczących struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w rejonie NW Polski (obszar VII)

| Lp. | Nazwa                   | Poziom<br>zbiornikowy | Głębokość zalegania stropu poziomu do<br>składowania CO <sub>2</sub><br><br>[m p.p.t.] | Miąższość poziomu do<br>składowania CO <sub>2</sub><br><br>[m] | Porowatość<br>poziomu do<br>składowania CO <sub>2</sub> | Przepuszczalność poziomu<br>do składowania CO <sub>2</sub> [mD] | Mineralizacja wód<br><br>[g/dcm <sup>3</sup> ] |
|-----|-------------------------|-----------------------|--|--|---|---|--|
| 1   | Antyklina Chabowa-J     | jura dolna            | Chabowo 1: 845,0 m; Chabowo 2: 920,0 m; Chabowo 3: 1224,0 m                            | 125  | 14-22%  | 800 – 540   | 67-87,5  |
| 2   | Antyklina Chabowa-T     | trias górny           | Chabowo 1: 1394,5 m; Chabowo 2: 1400,0 m; Chabowo 3: 1777,5 m                          | 67   | 17%   | 700   | 105,8  |
| 3   | Antyklina Choszczna     | jura dolna            | Choszczno IG-1: 1235,0 m (-1171,0 m)   | 79,5   | ok. 15%   | kilkaset do kilku tysięcy                                       | 100-125  |
| 4   | Antyklina Huty Szklanej | kreda dolna           | Huta Szklana 1: 2588,0 m; Strzelce Krajeńskie IG-1: 2491,0 m                           | 114  | 10%   | Kilkadziesiąt   | 314  |
| 5   | Antyklina Marianowa-J   | jura dolna            | Marianowo 1: 1436,0 m; Marianowo 2: 1620,0 m; Marianowo 3: 1598,0 m                    | 102  | 20%   | 1750 – 3200   | 100 – 120                                      |
| 6   | Antyklina Marianowa-T   | trias górny           | Marianowo 1: 1930,0 m  | 82   | 15%   | 55,5  | 67,5   |
| 7   | Antyklina Oświna-K      | kreda dolna           | Oświno IG-1: 1285,0 m  | 62   | 20%   | >100  | 90   |
| 8   | Antyklina Oświna-J      | jura dolna            | Oświno IG-1: 2140,0 m  | ponad 110  | ok. 15%   | <100  | 104  |
| 9   | Antyklina Rokity        | trias dolny           | Rokita IG-1: 1593,0 m; Moracz IG-1: 1706,0 m   | 200  | 10%   | <100  | 250  |
| 10  | Antyklina Suliszewa     | jura dolna            | Suliszewo 1: 1293,0 m  | 93   | ok. 20%   | ok. 700   | ~67  |
| 11  | Antyklina Trzebieży     | jura dolna            | Trzebież 1: 810, 0 m; Trzebież 2: 1053,0 m; Trzebież 3: 810,0 m                        | 55   | 20%   | ok. 70-1000   | 100  |



c.d. Tabeli 1.1.19\_5

| Lp. | Nazwa                   | Uskoki  | Miąższość nadkładu [m] | Punkt zatłaczania        | Współrzędne prostokątne X punktu zatłaczania | Współrzędne prostokątne Y punktu zatłaczania |
|-----|-------------------------|---|------------------------|--------------------------|--|--|
| 1   | Antyklina Chabowa-J     | Brak  | 110                    | Chabowo 1                | 210256                                       | 607029                                       |
| 2   | Antyklina Chabowa-T     | Brak  | 270                    | Chabowo 1                | 210256                                       | 607029                                       |
| 3   | Antyklina Choszczna     | Brak  | 67,5                   | Choszczno IG-1           |  |  |
| 4   | Antyklina Huty Szklanej | Uskoki w cechszynie i triasie   | 1400                   | Strzelce Krajeńskie IG-1 | 258578                                       | 590612                                       |
| 5   | Antyklina Marianowa-J   | Uskoki występują w cechszynie i triasie   | 45-47                  | Marianowo 1              | 243656                                       | 620183                                       |
| 6   | Antyklina Marianowa-T   | Uskoki występują w cechszynie i triasie   | kilkaset               | Marianowo 2              | 3572000                                      | 5920182,00                                   |
| 7   | Antyklina Oświna-K      | W dolnej części kompleksu: cechszyn/trias   | 1100                   | Oświno IG-1              | 260111                                       | 634800                                       |
| 8   | Antyklina Oświna-J      | W dolnej części kompleksu: cechszyn/trias   | 200                    | Oświno IG-1              | 260111                                       | 634800                                       |
| 9   | Antyklina Rokity        | Uskoki w dolnych partiach kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego zanikającymi w utworach jury | 165                    | Rokita IG-1              | 227051                                       | 663244                                       |
| 10  | Antyklina Suliszewa     | Brak  | 78                     | Suliszewo 1              | 273274                                       | 598244                                       |
| 11  | Antyklina Trzebieży     | Uskok zrzucający skrzydło południowe  | 57                     | Trzebież 1               | 193830                                       | 650261                                       |

### **Antyklina (poduszka solna) Chabowa**

Antyklina Chabowa położona jest w niecce szczecińskiej. Struktura ta jest rozpoznana trzema otworami wiertniczymi Chabowo 1 (głębokość końcowa - 2708 m), Chabowo 2 (głębokość końcowa - 1760 m) i Chabowo 3 (głębokość końcowa - 2090 m).

Przyjmując, że zarysy struktury wyznaczają zamknięte izohipsy powierzchni strukturalnych mezozoiku, długość antykliny Chabowa wynosi 14 - 15 km, szerokość 5 - 7 km. Powierzchnia wynosi ~90 km<sup>2</sup>.

Szczególnie interesujące pod kątem składowania CO<sub>2</sub> są utwory jury dolnej o miąższości ponad 400 m zbudowane z przewarstwiających się piaskowców, mułowców i iłowców. Wyróżnia się w nich cztery poziomy wodonośne o dobrych właściwościach kolektorskich: warstwy mechowskie, warstwy radowskie, warstwy komorowskie i warstwy kamieńskie. Uszczelnienie stanowią warstwy łobeskie i warstwy gryfickie.

Pierwszoplanowym poziomem do składowania gazu CO<sub>2</sub> jest formacja komorowska, której strop nawiercono na głębokości 845 m - Chabowo 1, 920 m - Chabowo 2, 1260 m - Chabowo 3. Miąższości formacji wynosi od 111,5 m do 140,4 m.

Formację do składowania stanowią piaskowce (61-84%) z przerostami iłowców.

Porowatość piaskowców wynosi 14-22%, przepuszczalność dochodzi do 800 mD.

Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 67-87,5 g/dm<sup>3</sup>.

Drugim poziomem do składowania CO<sub>2</sub> jest piaskowiec trzciny (kajper środkowy). Strop piaskowca trzciny nawiercono na głębokości: 1394,5 m - Chabowo 1, 1466,0 m - Chabowo 2, 1777,5 m - Chabowo 3. Miąższość tych warstw wynosi od 55 do 85,5 m.

Formację do składowania stanowią piaskowce (60%) z przerostami iłowców.

Porowatość piaskowców wynosi 14,5-22,7% (średnio 17%), przepuszczalność 0,34-1340,0 mD (średnio ~700 mD).

Solanki wód chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 105,8 g/dm<sup>3</sup>.

Serię uszczelniającą poziom piaskowca trzciny stanowią warstwy gipsowe górne (kajper górny) o miąższościach 139 - 150 m oraz osady retyku-noryku o miąższości 92,5 - 116 m.

Punkt zatłaczania – Chabowo 1.

### **Antyklina (poduszka solna) Choszczna**

Antyklina Choszczna jest położona w niecce szczecińskiej. Jest ona rozpoznana jednym otworem wiertniczym Choszczno IG-1 o głębokości końcowej 1500,5 m.

Zakładając, że zarys antykliny Choszczna jest określona izarytmą 950 m, długość antykliny wynosi około 15 km, szerokość około 7 km, powierzchnia wynosi ~ 105 km<sup>2</sup>.

Potencjalnym poziomem do składowania dwutlenku węgla są piaskowce formacji komorowskiej (pliensbach, domer), których strop nawiercono na głębokości 1236,0 m, o miąższości 79,5 m.

Formację do składowania stanowią piaskowce (60%) z przerostami iłowców.

Porowatość piaskowców wynosi około 15%, przepuszczalność od kilkuset do kilku tysięcy mD.

Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 100-125 g/dm<sup>3</sup>.

Serię uszczelniającą stanowi seria ilasto-mułowcowa warstw gryfickich (formacji ciechocińskiej) o miąższości 67,5 m.

Punkt zatłaczania – Choszczno IG-1.

### **Antyklina (poduszka solna) Huty Szklanej**

Antyklina (poduszka solna) Huty Szklanej jest położona w niecce szczecińskiej. Struktura jest rozpoznana czterema otworami wiertniczymi: Huta Szklana 1 (głębokość końcowa - 3129,0 m), Huta Szklana 2 (głębokość końcowa - 2200,0 m), Strzelce Krajeńskie IG-1 (głębokość końcowa - 4700,0 m), Kuźnica Żelichowska (głębokość końcowa - 1910,0 m).

Jest to wydłużona poduszka solna długości około 20 km i szerokości 5 km, której powierzchnia wynosi około 100 km<sup>2</sup>.

Potencjalnym poziomem do składowania dwutlenku węgla są piaskowce formacji półczyńskiej (pstry piaskowiec środkowy), której strop nawiercono na głębokości 2588,0 m - Huta Szklana 1, 2491,0 m - Strzelce Krajeńskie IG-1. Miąższość tej formacji wynosi 112–116 m, średnio 114 m.

Formację do składowania stanowią piaskowce (30%) z przerostami iłowców (70%).

Porowatość piaskowców wynosi około 10%, przepuszczalność kilkadziesiąt mD.

Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 314 g/dm<sup>3</sup>.

Serię uszczelniającą formacji półczyńskiej stanowią osady ilasto-mułowcowe i ewaporatowo-wapienne retu i wapienia muszlowego o miąższości 1400 m.

Punkt zatłaczania – Strzelce Krajeńskie IG-1.

### **Antyklina (poduszka solna) Marianowa**

Antyklina (poduszka solna) Marianowa jest położona w niecce szczecińskiej. Jest ona rozpoznana trzema otworami Marianowo 1 (głębokość końcowa – 2917 m), Marianowo 2 (głębokość końcowa – 2100 m), Marianowo 3 (głębokość końcowa – 2064,5 m).

Długość antykliny w utworach kredy dolnej wynosi około 20 km, szerokość około 8 km, powierzchnia antykliny wynosi 160 km<sup>2</sup>.

Według izohipsy stropu piaskowca trzciniowego o wartości -2250 m antyklina Marianowa ma 14,5 km długości i około 7 km szerokości; powierzchnia 100 km<sup>2</sup>.

Potencjalnymi poziomami do składowania CO<sub>2</sub> są piaskowce formacji komorowskiej (plienbach - domer) oraz warstwy piaskowca trzciniowego (karnik - kajper środkowy).

Pierwszoplanowym poziomem do składowania jest formacja komorowska. Strop tej formacji nawiercono na głębokości 1436,0 m - Marianowo 1, 1620,0 m - Marianowo 2, 1598,0 m - Marianowo 3. Miąższość waha się od 86,0 do 137,5 m; średnio 112 m.

Formację do składowania stanowią piaskowce (85-90%) z przerostami iłowców.

Porowatość piaskowców wynosi około 20%, przepuszczalność 1750-3200 mD.

Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 100-120 g/dm<sup>3</sup>.

Serię uszczelniającą formację komorowską stanowią ilasto-mułowcowe warstwy gryfickie (formacja ciechocińska) o miąższości 45-47 m.

Drugoplanowy poziom do składowania CO<sub>2</sub> stanowią utwory piaskowca trzciniowego. Strop tych utworów nawiercono w otworze Marianowo 1 na głębokości 2050,0 m, miąższość 82,0 m.

Formację do składowania stanowią piaskowce (57%) z przerostami iłowców.

Porowatość piaskowców wynosi około 8,22% do 21,68%, przepuszczalność 55,5 mD.

Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji 67,5 g/dm<sup>3</sup>.

Uszczelnienie stanowią ewaporatowe utwory kajpru.

Punkt zatłaczania – Marianowo 2.

### **Antyklina (słup solny) Oświna**

Antyklina (słup solny) Oświna jest położony w niecce szczecińskiej. Jest ona rozpoznana jednym otworem Oświno IG-1 (głębokość końcowa - 2250,0 m).

Struktura ma kształt elipsy o dłuższej osi około 5-7,5 km, krótsza oś nie przekracza 4 km. Powierzchnia antykliny wynosi około 25 km<sup>2</sup>.

Potencjalnym poziomem do składowania CO<sub>2</sub> są piaskowce formacji mogileńskiej, których strop nawiercono na głębokości 1285,0 m w otworze Oświno IG-1, miąższość 62 m.

Formację do składowania stanowią piaskowce (70%) z przerostami iłowców.

Porowatość piaskowców wynosi około 20%, przepuszczalność powyżej 100 mD.

Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji około 90 g/dm<sup>3</sup>.

Formację do składowania uszczelniają wapienie i margle oraz opoki albu górnego-kampanu (kreda górna) o miąższości ponad 1000 m.

Drugim potencjalnym poziomem do składowania CO<sub>2</sub> są piaskowce warstw kamieńskich toarsu górnego, których strop nawiercono na głębokości 2140,0 m w otworze Oświno IG-1, miąższość około 110 m.

Formację do składowania stanowią piaskowce (90%) z przerostami iłowców.

Porowatość piaskowców wynosi około 15%, przepuszczalność poniżej 100 mD.

Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji około 104 g/dm<sup>3</sup>.

Uszczelnienie warstw kamieńskich stanowią naprzemianległe warstwy iłowców, mułowców jury środkowej (bajos górny-kelowej) miąższości około 200 m.

Punkt zatłaczania – Oświno IG-1.

### **Antyklina (poduszka solna) Rokity**

Antyklina (poduszka solna) Rokity położona jest na granicy niecki szczecińskiej i wału pomorskiego. Jest rozpoznana dwoma otworami wiertniczymi: Rokita IG-1 (głębokość końcowa - 2985,0 m) i Moracz IG-1 (głębokość końcowa - 4722,0 m).

Według ukształtowania powierzchni triasowej poduszka Rokity ma około 12 km długości i około 6 km szerokości. Powierzchnia antykliny wynosi około 70 km<sup>2</sup>.

Potencjalnym poziomem do składowania CO<sub>2</sub> są piaskowce formacji półczyńskiej dolnego triasu (pstry piaskowiec środkowy). Strop tej formacji nawiercono na głębokości 1593,0 m - Rokita IG-1 i 1706,0 m - Moracz IG-1. Miąższość wynosi od 190,0 m do 205,0 m (średnio 200 m).

Formację do składowania stanowią piaskowce (75%) z przerostami iłowców.

Porowatość piaskowców wynosi około 10%, przepuszczalność poniżej 100 mD.

Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji około 250 g/dm<sup>3</sup>.

Serię uszczelniającą tworzą skały klastyczno-ewaporatowe pstrego piaskowca górnego – retu, o miąższości około 165 m.

Punkt zatłaczania – Rokita IG-1.

### **Antyklina (poduszka solna) Suliszewa**

Antyklina (poduszka solna) Suliszewa położona jest w niecce szczecińskiej. Jest ona rozpoznana jednym otworem wiertniczym Suliszewo 1 o głębokości końcowej 1726,0 m.

Przyjmując że zarys antykliny Suliszewa określa izohipsa 1200 m, długość struktury wynosi około 12 km, szerokość około 5 km. Powierzchnia antykliny wynosi około 60 km<sup>2</sup>.

Potencjalnym poziomem zbiornikowym do składowania CO<sub>2</sub> są piaskowce formacji komorowskiej (pliensbach górny - domer). Strop formacji nawiercono w otworze Suliszewo 1 na głębokości 1293,0 m; miąższość około 93 m.

Formację do składowania stanowią piaskowce (90%) z przerostami iłowców.

Porowatość piaskowców wynosi około 20%, przepuszczalność około 700 mD.

Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji około 100 g/dm<sup>3</sup>.

Uszczelnieniem formacji komorowskiej są warstwy gryfickie (formacja ciechocińska) o miąższości ok. 67 m.

Punkt zatłaczania – Suliszewo 1.

### **Antyklina (poduszka solna) Trzebieży**

Antyklina (poduszka solna) Trzebieży położona jest w niecce szczecińskiej. Jest ona rozpoznana trzema otworami wiertniczymi: Trzebież 1 (głębokość końcowa - 4419,0 m), Trzebież 2 (głębokość końcowa - 1502,0 m), Trzebież 3 (głębokość końcowa - 1507,3 m).

Długość antykliny wynosi 12-13 km, szerokość 10-12 km, powierzchnia około 140 km<sup>2</sup>.

Pierwszoplanowym poziomem do składowania gazu CO<sub>2</sub> jest piaskowcowa formacja komorowska (pliensbach, domer). Strop tej formacji został nawiercony na głębokości 810,0 m - Trzebież 1; na głębokości 1053,0 m - Trzebież 2 i na głębokości 810,0 m - Trzebież 3.

Formację do składowania stanowią piaskowce (90%) z przerostami iłowców.

Porowatość piaskowców wynosi około 20%, przepuszczalność od poniżej 70 do 1000 mD.

Solanki chlorkowo-wapniowe o mineralizacji około 100 g/dm<sup>3</sup>.

Serię uszczelniającą stanowią utwory ilasto-mułowcowe warstw gryfickich (formacja ciechocińska) o średniej miąższości 57 m.

Punkt zatłaczania – Trzebież 1.

## **Charakterystyka kolektorów P1 (1.1.22 - INiG)**

**(Jan Lubaś, Jerzy Kuśnierczyk, Sławomir Szuflita, Wiesław Szott, Andrzej Gołąbek, Krzysztof Miłek)**

### **Ogólne dane geologiczne niecki poznańskiej**

W niecce poznańskiej główną warstwą gazonośną są utwory czerwonego spągowca reprezentowane przez utwory saksonu i autunu, zwane także skałami zbiornikowymi. Składają się one głównie z piaskowców drobnoziarnistych, średnioziarnistych z domieszką materiału grubszego. Spoiwa łączące te osady są różnorodne (m.in. węglanowe, krzemionkowe), od rodzaju spoiwa zależy w znacznym stopniu przepuszczalność i porowatość kolektorów. Znaczna zmienność rodzaju spoiwa w omawianym profilu powoduje duże zmiany własności zbiornikowych skał (Warnecki, 2008).

Warstwy czerwonego spągowca rozciągają się pod znacznym obszarem Polski, głównie w części północno-zachodniej oraz centralnej. Dokładniejszy zasięg tych utworów przedstawiono na **Fig. 1.1.22\_1** [materiały PIG-PIB].



Fig. 1.1.22\_1 Mapa strukturalna powierzchni czerwonego spągowca [materiały PIG-PIB]

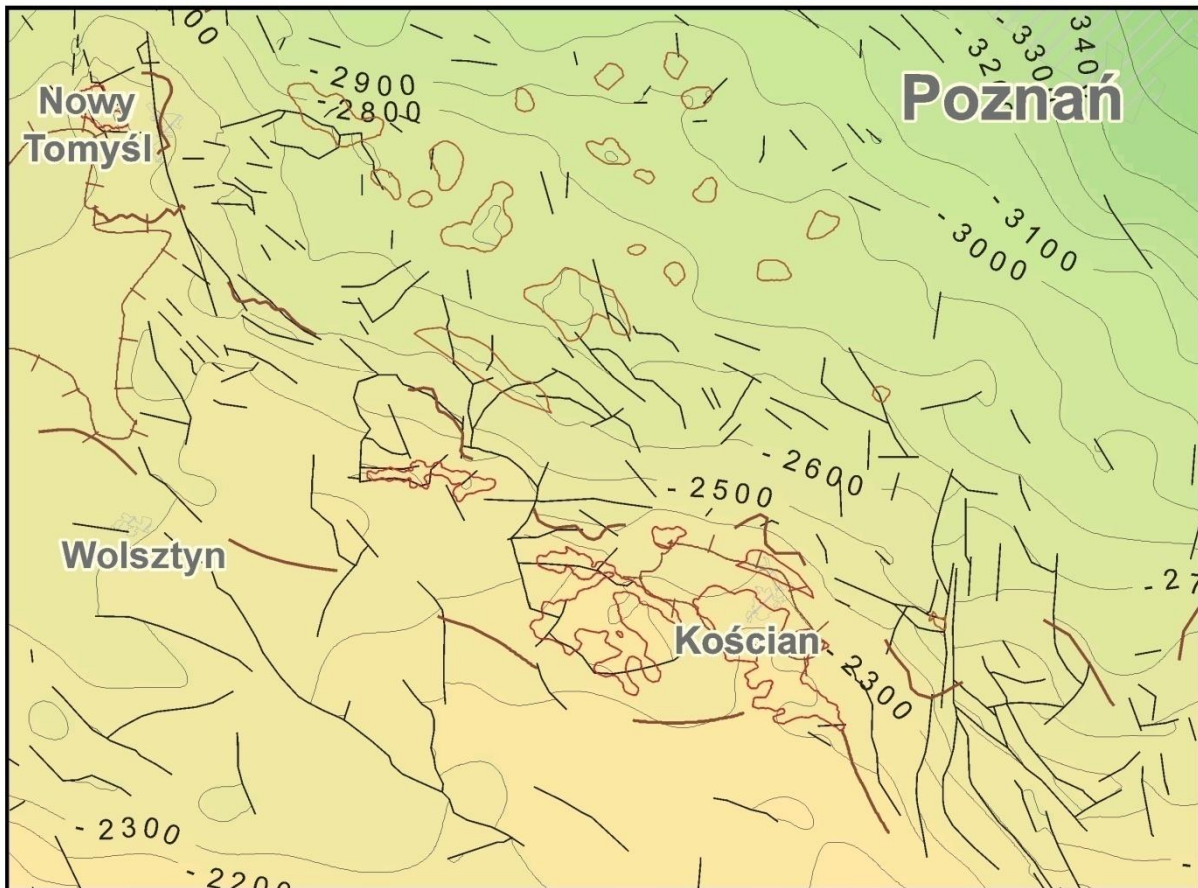
Jak wynika z powyższego rysunku obszar występowania kolektorów czerwonego spągowca w Polsce jest znaczny. Jednakże w większej części kraju jest on słabo rozpoznany lub nierozpoznany w ogóle (np.: porowatość, przepuszczalność, miąższość), co wyklucza go, jako odpowiedni zbiornik do geologicznego składowania CO<sub>2</sub>. Najlepiej rozpoznane utwory czerwonego spągowca znajdują się w części zachodniej Polski, ponieważ usytuowane są tam znaczne złoża węglowodorów. Dzięki temu znana jest stratygrafia oraz własności warstw, które mogą posłużyć do sekwestracji CO<sub>2</sub>. Złoża te zostały udostępnione głównie w latach 60-tych i 70-tych ubiegłego wieku, są zatem w znacznej mierze wyeksploatowane. Zatlaczanie dwutlenku węgla do wód podścielających mogłoby spowodować wzrost wydobywania gazu lub też przynajmniej częściowe odbudowanie się ciśnienia złożowego pierwotnego. Do dokładniejszych analiz



został wybrany rejon niecki poznańskiej (złoża Grodzisk – Ujazd – Bukowiec) przedstawiony na **Fig., 1.1.22\_2** który stanowi fragment ogólnej mapy strukturalnej powierzchni podcechsztyńskiej (**Fig. 1.1.22\_1**).

**MAPA STRUKTURALNA  
POWIERZCHNI PODCECHSZTYŃSKIEJ  
(FRAGMENT)**

RAFAŁ KUDREWICZ, BARTOSZ PAPIERNIK



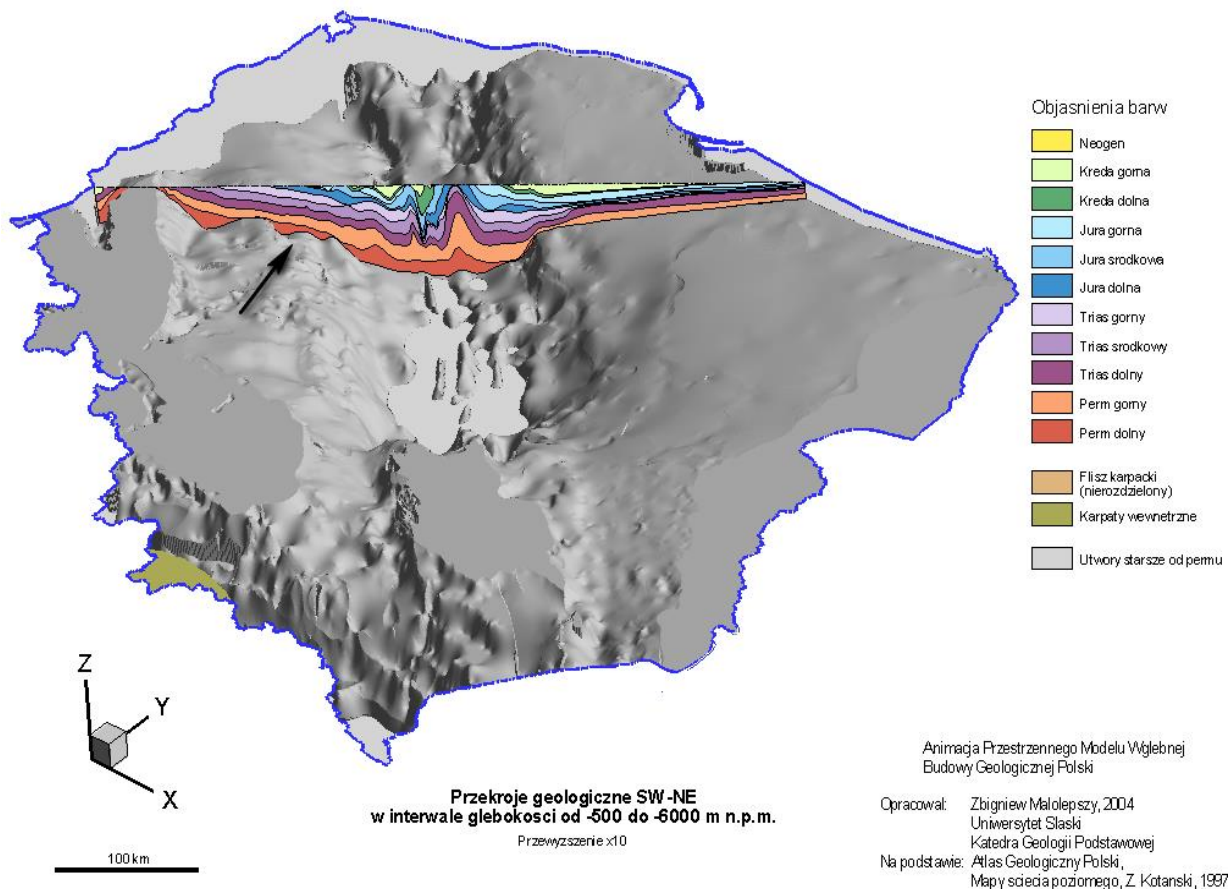
**Fig. 1.1.22\_2** Fragment mapy strukturalnej niecki poznańskiej [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

Dla przedstawionego obszaru zostały sprecyzowane granice, od północy po złoża Łągwy, Szewce W, Szewce E, Piekary oraz Stęszew. Od wschodu po złoża Strykowo i Borowo, natomiast od południa i zachodu granica wyniesienia wolsztyńskiego. W granicach, jakie zostały podane powyżej można wyodrębnić następujące struktury (złoża):

- Bukowiec,
- Ujazd,

- Grodzisk,
- Paproć – Cicha Góra,
- Sątopy,
- Kopanki,
- Porążyn,
- Szewce W i E,
- Piekary,
- Strzępiń,
- Niemierzyce,
- Strykowo,
- Stęszew,
- Borowo.

Na **Fig. 1.1.22\_3** przedstawiono trójwymiarowy obraz Polski z zaznaczonym przekrojem przechodzącym przez obszar niecki poznańskiej. Czarną strzałką na rysunku oznakowano warstwy czerwonego spągowca w tym obszarze.



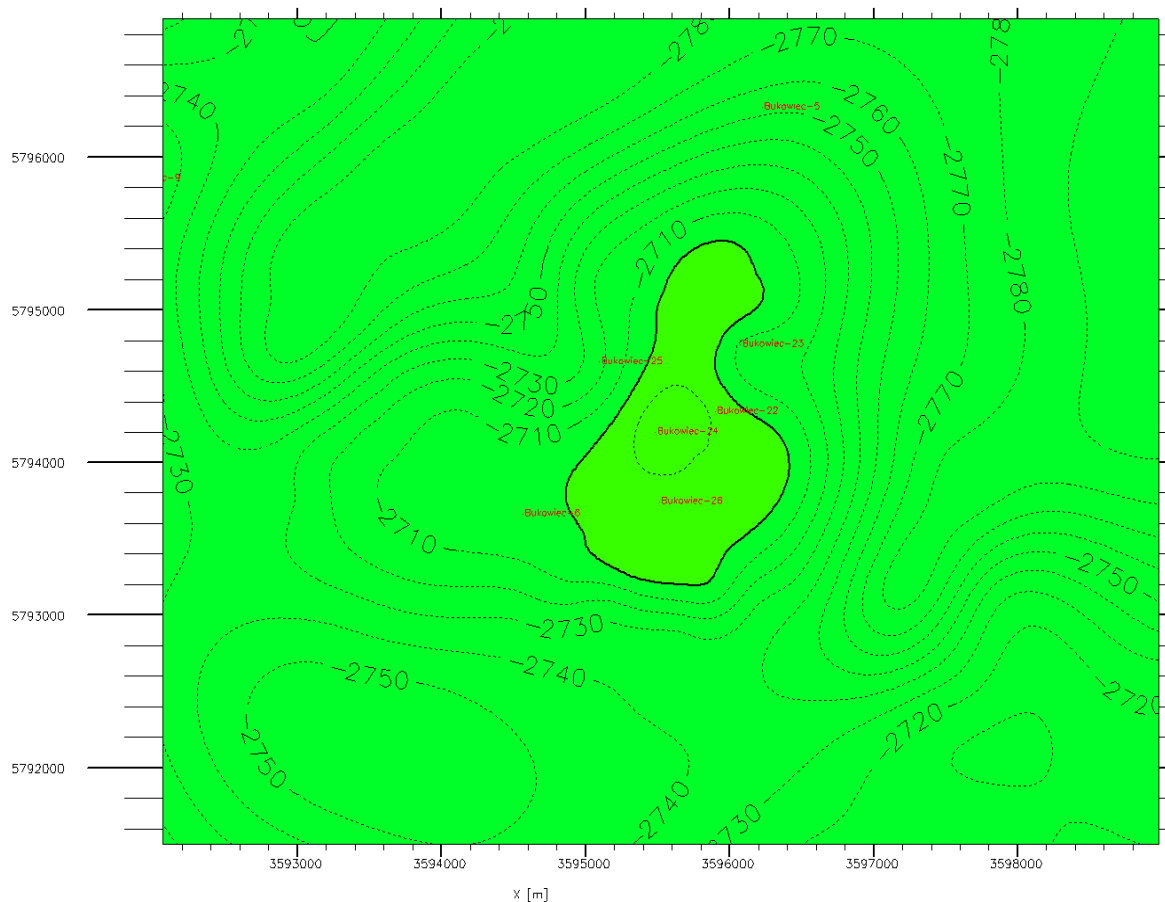
**Fig. 1.1.22\_3** Przekrój geologiczny zachodniej Polski z uwzględnieniem niecki poznańskiej oznaczony strzałką [materiały PIG-PIB]

## Charakterystyka wybranych obszarów (kolektorów) czerwonego spągowca niecki poznańskiej

### Złoże Bukowiec

Złoże Bukowiec znajduje się w północnej części monokliny przedsudeckiej, zostało ono odkryte i rozwiercone w latach 70 – tych ubiegłego wieku. Złoże to jest nieregularną pod względem formy i hipsometrii strukturą typu brachantyklinalnego w utworach czerwonego spągowca prawdopodobnie pochodzenia paleomorfologicznego. Skałę zbiornikową stanowią piaskowce stropowej partii utworów saksonu, których miąższość w rejonie złoża waha się w granicach 250 – 300 m. Natomiast średnia miąższość 1-243

dla złoża Bukowiec określona na podstawie badań wynosi około 22,23 m [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]. Na **Fig. 1.1.22\_4** przedstawiono wycinek mapy stropu czerwonego spągowca wraz z odzwierciedleniem kształtu złoża Bukowiec. Na mapę naniesione są również izobaty, z których można interpretować głębokości zalegania stropu P1.



**Fig. 1.1.22\_4** Mapa stropu czerwonego spągowca na złożu Bukowiec

Na podstawie badań, można stwierdzić, że piaskowce saksonu mają dość jednorodny charakter w profilu pionowym, natomiast w rozkładzie poziomym jest możliwa zmiana (zmniejszenie się) porowatości i przepuszczalności w części zachodniej złoża. Ogółem piaskowce czerwonego spągowca w rejonie złoża nawiercono na kilkunastu otworach, stratygrafie kilku z nich przedstawiono w **Tabeli 1.1.22\_2**. Ukazano w niej niektóre z parametrów, takich jak głębokość całkowitą, czy wysokość odwiertu nad poziomem morza, a także głębokość, na jakiej znajduje się strop czerwonego spągowca oraz warstwy ekranującej.

Własności kolektorskie piaskowców są silnie związane z rodzajem i składem chemicznym spoiwa. Generalnie w strefie gazonośnej występują piaskowce drobnoziarniste szare i jasno szare z niewielką domieszką frakcji grubszej. W materiale klastycznym przeważają ziarna kwarcu (do 60 %) oraz skalenie, które są na ogół mocno przeobrażone. Ziarna skał pochodzenia wulkanicznego oraz kwarcytów występują w

niewielkim procencie. Średnia porowatość, jaka została wyznaczona dla obszaru złoża Bukowiec wyniosła 11,38 % według badań laboratoryjnych, natomiast przepuszczalności 47,35 mD [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]. Są to wartości orientacyjne, gdyż oba wymienione parametry zmieniają się w szerokich granicach w całej objętości złoża. W celu przedstawienia zmian parametrów wykonano **Tabełę 1.1.22\_1.** na której umieszczono średnie porowatości oraz przepuszczalności z kilku wybranych odwiertów. Dane pobrano z badań laboratoryjnych wykonanych w laboratorium w PGNiG Oddział Zielona Góra.

**Tabela 1.1.22\_1** Średnia porowatość i przepuszczalność w wybranych odwiertach [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość<br>n.p.m | Głębokość<br>całkowita<br>[m] | Porowatość<br>[%] | Przepuszczalność<br>[mD] |
|-----|----------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------|
|     |                | X                    | Y         |                   |                               |                   |                          |
| 1   | Bukowiec 1     | 505717,43            | 273338,55 | 81,89             | 2786,5                        | 16,71             | 20,138                   |
| 2   | Bukowiec 3     | 493149,29            | 322898,77 | 81,2              | 2912                          | 11,22             | 47,437                   |
| 3   | Bukowiec 4     | 492480,88            | 320647,39 | 86,3              | 2820                          | 8,94              | 6,434                    |
| 4   | Bukowiec 5     | 494344,47            | 323281,19 | 79,95             | 2900                          | 12,55             | 109,388                  |
| 5   | Bukowiec 6     | 491777,38            | 321475,45 | 85                | 2799                          | 14,36             | 101,128                  |
| 6   | Bukowiec 7     | 492578,14            | 323505,89 | 80,1              | 2807                          | 13,24             | 70,418                   |
| 7   | Bukowiec 9     | 494124,12            | 318829,11 | 95,5              | 2895                          | 13,98             | 162,539                  |
| 8   | Bukowiec 10    | 494853,52            | 316847,41 | 101,1             | 2817,5                        | 15,06             | 386,417                  |
| 9   | Bukowiec 27    | 495286,47            | 316844,52 | 100               | 2806                          | 7,78              | 11,042                   |

**Tabela 1.1.22\_2** Stratygrafia czerwonego spągowca wybranych odwiertów ze złoża Bukowiec [materiały PIG-PIB], [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

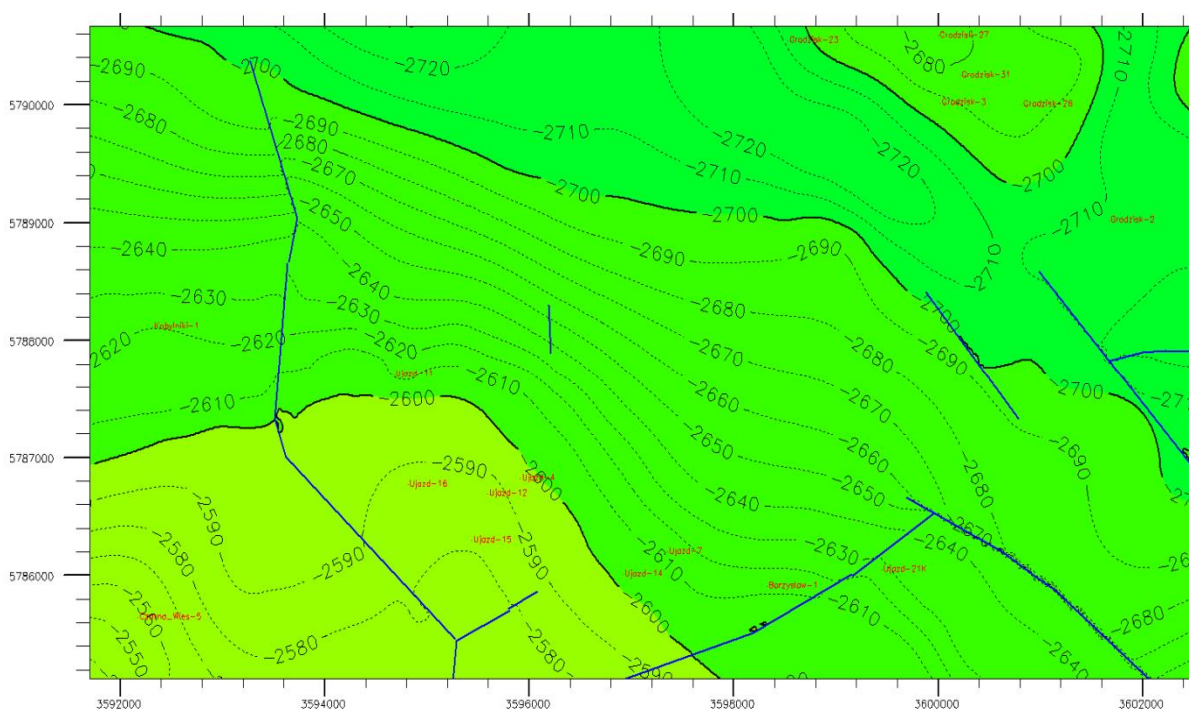
| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Anhydryt dolny  |        | Wapień cechsztyński |        | Łupek miedzionośny                         |         | Czerwony spągowiec |      |       |      |                  |   | Karbon |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|---|--------|---------------------|--------|--|---------|--------------------|------|-------|------|------------------|---|--------|
|     |                |                      |           |                |                         | strop   | spąg   | strop               | spąg   | strop                                      | spąg    | Sakson             |      | Autun |      |                  |   |        |
|     |                | strop                | spąg      |                |                         |   |        |                     |        |  |         | strop              | spąg | strop | spąg | G. seria osadowa |   |        |
| X   | Y              | strop                | spąg      | strop          | spąg                    | strop   | spąg   | strop               | spąg   | strop                                      | spąg    | strop              | spąg | strop | spąg | strop            |   |        |
| 3   | Bukowiec 5     | 494344.47            | 323281.19 | 79.95          | 2900                    | 2715.0  | 2831.0 | 2831.0              | 2831.5 | -  | -       | 2831.5             | -    | -     | -    | -                | - |        |
| 4   | Bukowiec 6     | 491777.38            | 321475.45 | 85             | 2799                    | 2688.5  | 2784.5 | 2784.5              | 2786.0 | -  | -       | 2786.0             | -    | -     | -    | -                | - |        |
| 5   | Bukowiec 9     | 494124.12            | 318829.11 | 95.5           | 2895                    | 2712.0  | 2804.0 | 2804.0              | 2805.0 | -  | -       | 2805.0             | -    | -     | -    | -                | - |        |
| 6   | Bukowiec 10    | 494853.52            | 316847.41 | 101.1          | 2817.5                  | 2707.0  | 2810.5 | 2810.5              | -      | -  | 2812.0* | 2812.0             | -    | -     | -    | -                | - |        |
| 7   | Bukowiec 21    | 493145.84            | 322113.87 | 83             | 2799                    | Brak szczegółów w podanym profilu (ogólna chronostratygrafia) |        |                     |        |  |         | -                  | -    | -     | -    | -                |   |        |
| 8   | Bukowiec 22    | 492377.53            | 322844,94 | 81             | 2781                    | -   | -      | 2272.0              | 2773.0 | -  | -       | 2773.0             | -    | -     | -    | -                | - |        |
| 9   | Bukowiec 23    | 492807.83            | 323045.07 | 82.2           | 2797.5                  | 2680.0  | 2788.5 | 2788.5              | 2790.5 | -  | -       | 2790.5             | -    | -     | -    | -                | - |        |
| 10  | Bukowiec 26    | 491805.14            | 322426.07 | 79             | 2779                    | 2440.5  | 2612.0 | 2612.0              | 2772.5 | -  | -       | 2772.5             | -    | -     | -    | -                | - |        |
| 11  | Bukowiec 25    | 492745.8             | 322061.52 | 80             | 2783                    | 1661.5  | 2261.0 | 2261.0              | 2781.0 | -  | -       | 2781.0             | -    | -     | -    | -                | - |        |
| 12  | Bukowiec 24    | 492268.97            | 322423.78 | 79             | 2772                    | -   | -      | 2272.0              | 2764.0 | -  | -       | 2764.0             | -    | -     | -    | -                | - |        |
| 13  | Bukowiec 27    | 495286.47            | 316844.52 | 100            | 2806                    | 1691.0  | 2289.0 | 2289.0              | 2801.5 | Brak dalszych szczegółów w podanym profilu |         |                    |      |       |      |                  |   |        |

\* brak rozdziału warstw cechsztynu i łupka miedzionośnego

## Złoże Ujazd

Złoże Ujazd, podobnie jak złoże Bukowiec wchodzi w skład struktury niecki poznańskiej i zostało rozwiercone w latach 70-tych. Złoże to znajduje się w stropowej części utworów saksonu, które zalegają przy północno-wschodniej granicy wyniesienia wolsztyńskiego. Jest to obszar północno-zachodniej części monokliny przedsudeckiej, będącej jedną z czterech podkenozoicznych jednostek geologicznych, wchodzących w skład obszaru przedsudeckiego [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze].

Górną granicę złoża stanowi strop czerwonego spągowca, natomiast dolną - poziom wód podścielających, który został ustalony na głębokości -2628 m. Na poniższym rysunku (**Fig. 1.1.22\_5**) przedstawiono, tak jak we wcześniejszym przypadku fragment mapy, na której zaznaczono strop warstwy czerwonego spągowca na złożu Ujazd. Niestety sam kształt złoża nie jest dokładnie przedstawiony, widoczne są natomiast zmiany izobat przechodzących przez złoże. Średnia miąższość jest na poziomie około 23 m i zmienia się ona w całym opisywanym obszarze.



**Fig. 1.1.22\_5** Mapa stropu czerwonego spągowca na złożu Ujazd

W przypadku złoża Ujazd rolę serii uszczelniającej pełnią, podobnie jak w innych złożach gazu tej strefy, występujące ponad czerwonym spągowcem osady solno-anhydrytowe cechsztynu. Skałą zbiornikową w tym złożu są osady piaskowcowe i zlepieńcowe czerwonego spągowca, które posiadają często zbliżone cechy kolektorowe [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]. Ogólną stratyografię czerwonego spągowca dla wybranych odwiertów przedstawiono w **Tabeli 1.1.22\_4**. Ujęto w niej sam strop warstwy P1 oraz warstw ekranujących złoże.

Średnia porowatość dla opisywanego złoża wynosiła około 10,70 %, natomiast przepuszczalność serii złożowej była trudna do określenia i zawierała się w granicach od 2,51 do 116,92 mD, chociaż w niektórych przypadkach może wybiegać poza przyjęte granice. Niektóre uśrednione wyniki badań laboratoryjnych porowatości oraz przepuszczalności dla wybranych odwiertów przedstawiono w **Tabeli 1.1.22\_3**. Do wyliczenia średniej nie zastosowano wszystkich pomiarów, gdyż w czasie badań niektóre partie rdzenia uległy zniszczeniu (kruszenie się próbek) i nie mogły być analizowane. Przyjęto, że taka sytuacja ma miejsce w przypadku prób pobranych z dobrych kolektorów, dlatego też wartości te mogą być nieco zaniżone [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze].

Można zauważyć, że niektóre z parametrów przedstawionych w **Tabelach 1.1.22\_3** oraz **1.1.22\_4** zostały powtórzone. Wynika to z braku niektórych danych dla poszczególnych odwiertów. Przykładem może być odwiert Ujazd 1, którego nie ujęto w zestawieniu danych o stratygrafii, natomiast uzyskano jego dane odnośnie badań laboratoryjnych porowatości i przepuszczalności wykonanych na rdzeniach wiertniczych.

Ponieważ do wygenerowania mapy stropu potrzebne są nie tylko dane odwiertów znajdujących się na złożu zebrano również parametry otworów znajdujących się w sąsiedztwie omawianych złóż. Zebrane dane odwiertowe poszczególnych otworów umieszczono w poniższych tabelach (**1.1.22\_3**, **1.1.22\_4**).

**Tabela 1.1.22\_3** Średnia porowatość i przepuszczalność w wybranych odwiertach [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]<sup>1</sup>

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość<br>n.p.m | Głębokość<br>całkowita<br>[m] | Porowatość<br>[%] | Przepuszczalność<br>[mD] |
|-----|----------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------|
|     |                | X                    | Y         |                   |                               |                   |                          |
| 1   | Ujazd 1        | 485241,28            | 321256,47 | 87,53             | 2692,6                        | 9,98              | 116,920                  |
| 2   | Ujazd 2        | 487015,59            | 320416,44 | 82,1              | 2760                          | 8,55              | 94,500                   |
| 3   | Ujazd 3        | 484445,12            | 320717,96 | 90,1              | 3026                          | 5,17              | 0,461                    |
| 4   | Ujazd 4        | 484878,52            | 322443,28 | 87,47             | 2696                          | 10,27             | 10,750                   |
| 5   | Ujazd 5        | 485780,08            | 320455,32 | 85,3              | 2714                          | 5,56              | 2,510                    |
| 6   | Ujazd 6        | 483021,86            | 323196,15 | 83,39             | 2902                          | 6,25              | 0,741                    |
| 7   | Ujazd 7        | 484179,22            | 323843,22 | 82,03             | 2772                          | 10,74             | 9,238                    |
| 8   | Ujazd 8        | 485799,9             | 317758,41 | 83,95             | 2824                          | 9,34              | 5,095                    |
| 9   | Ujazd 9        | 483022,72            | 324087,16 | 85,58             | 2702,5                        | 9,98              | 20,640                   |
| 10  | Ujazd 10       | 482925,9             | 325186,03 | 77,04             | 2681                          | 15,47             | 76,370                   |

<sup>1</sup> Parametry zbiornikowe z analiz laboratoryjnych ó gazono ne utwory czerwonego sp gowca s bardzo dobrze opróbowane.



|    |               |           |           |       |        |       |        |
|----|---------------|-----------|-----------|-------|--------|-------|--------|
| 11 | Ujazd 11      | 485831,79 | 321259,05 | 82,5  | 2704,5 | 4,05  | 0,097  |
| 12 | Ujazd 14      | 484009,52 | 323400,19 | 85,2  | 2701,8 | 6,62  | 0,052  |
| 13 | Ujazd 15      | 484382,19 | 321939,9  | 89    | 2674   | 14,85 | 44,332 |
| 14 | Ujazd 16      | 484887,2  | 321341,76 | 90    | 2691   | 6,31  | 2,692  |
| 15 | Ujazd 21K     | 483912,12 | 325928,2  | 70    | 2787,8 | 11,45 | 53,792 |
| 16 | Czarna Wieś 1 | 489606,17 | 314189,41 | 100   | 3238   | 7,50  | 2,604  |
| 17 | Czarna Wieś 2 | 488039,37 | 316635,72 | 91    | 2725,5 | 5,78  | 4,611  |
| 18 | Czarna Wieś 4 | 486410,53 | 315783,87 | 91,6  | 2799   | 10,06 | 9,427  |
| 19 | Czarna Wieś 5 | 483908,82 | 318646,97 | 91,82 | 2830   | 7,12  | 0,382  |
| 20 | Czarna Wieś 7 | 486650    | 313307    | 93,9  | 2830   | 15,45 | 10,995 |
| 21 | Kamieniec 1   | 481707,23 | 327968,74 | 74,42 | 3100   | 6,95  | 7,316  |
| 22 | Kościan 8     | 475330,89 | 338632,01 | 76,6  | 2701   | 7,71  | 8,234  |
| 23 | Łagiewniki 1  | 480692,29 | 336181,17 | 73    | 2896   | 6,17  | 4,367  |
| 24 | Łagiewniki 4  | 482110,84 | 334217,53 | 73    | 2794   | 12,06 | 27,777 |
| 25 | Łęki 1        | 476508,95 | 328151,43 | 69,7  | 2647   | 4,95  | 0,035  |
| 26 | Parzęczewo 1  | 479705,06 | 326156,42 | 71    | 2892   | 5,94  | 0,690  |
| 27 | Zielęcín 1    | 482003,32 | 322435,28 | 85    | 2965   | 6,83  | 3,989  |

**Tabela 1.1.22\_4** Stratygrafia czerwonego spągowca wybranych odwiertów ze złoża Ujazd [materiały PIG-PIB], [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Anhydryt dolny |        | Wapień cechsztyński |        | Łupek miedzionośny |        | Czerwony spągowiec |      |       |      |       |      | Karbon |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------------|--------|---------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|------|-------|------|-------|------|--------|
|     |                |                      |           |                |                         | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg   | Sakson             |      | Autun |      |       |      |        |
|     |                | strop                | spąg      |                |                         |                |        |                     |        |                    |        | strop              | spąg | strop | spąg | strop | spąg |        |
| 1   | Ujazd 4        | 484878.52            | 322443.28 | 87.47          | 2696                    | 2658.5         | 2687.5 | 2687.5              | -      | -                  | 2688.5 | 2688.5             | -    | -     | -    | -     | -    | -      |
| 2   | Ujazd 7        | 484179.22            | 323843.22 | 82.03          | 2772                    | 2621.0         | 2693.0 | 2693.0              | -      | -                  | 2694.5 | 2694.5             | -    | -     | -    | -     | -    | -      |
| 3   | Ujazd 10       | 482925.9             | 325186.03 | 77.04          | 2681                    | 2577.5         | 2674.0 | 2674.0              | -      | -                  | 2675.5 | 2675.5             | -    | -     | -    | -     | -    | -      |
| 4   | Ujazd 11       | 485831.79            | 321259.05 | 82.5           | 2704.5                  | 2622.5         | 2694.0 | 2694.0              | 2695.0 | -                  | -      | 2695.0             | -    | -     | -    | -     | -    | -      |
| 5   | Ujazd 12       | 484766.59            | 322116.3  | 90.27          | 2693                    | 2600.5         | 2672.5 | 2672.5              | 2673.5 | -                  | -      | 2673.5             | -    | -     | -    | -     | -    | -      |
| 6   | Ujazd 14       | 484009.52            | 323400.19 | 85.2           | 2701.8                  | 2619.5         | 2686.0 | 2686.0              | 2688.0 | -                  | -      | 2688.0             | -    | -     | -    | -     | -    | -      |
| 7   | Ujazd 15       | 484382.19            | 321939.9  | 89             | 2674                    | 2595.0         | 2661.0 | 2661.0              | 2670.2 | -                  | -      | 2670.2             | -    | -     | -    | -     | -    | -      |
| 8   | Ujazd 16       | 484887.2             | 321341.76 | 90             | 2691                    | -              | -      | 2248.5              | 2680.0 | -                  | -      | 2680.0             | -    | -     | -    | -     | -    | -      |
| 9   | Ujazd 21K      | 483912.12            | 325928.2  | 70             | 2787.8                  | 2716.0         | 2741.0 | 2741.0              | -      | -                  | 2742.5 | 2742.5             | -    | -     | -    | -     | -    | -      |
| 10  | Ujazd 22       | 482299.55            | 324536.69 | 80             | 2697                    | 2639.0         | 2658.5 | 2658.5              | -      | -                  | 2660.0 | 2660.0             | -    | -     | -    | -     | -    | -      |
| 11  | Kamieniec 2    | 480924.88            | 328480.46 | 72.5           | 2791                    | 2640.5         | 2662.0 | 2662.0              | -      | -                  | 2664.5 | 2664.5             | -    | -     | -    | -     | -    | -      |

**Tabela 1.1.22\_4, c.d.** Stratygrafia czerwonego spągowca wybranych odwiertów w pobliżu złoża Ujazd [materiały PIG-PIB], [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Anhydryt dolny |        | Wapień cechsztyński |        | Łupek miedzionośny |        | Czerwony spągowiec |        |        |      |                  |   | Karbon |               |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------------|--------|---------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|--------|------|------------------|---|--------|---------------|
|     |                |                      |           |                |                         | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg   | Sakson             |        | Autun  |      |                  |   |        |               |
|     |                | strop                | spąg      |                |                         |                |        |                     |        |                    |        | strop              | spąg   | strop  | spąg | G. seria osadowa |   |        | Seria wylewna |
| X   | Y              | strop                | spąg      | strop          | spąg                    | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg   | strop              | spąg   | strop  | spąg | strop            |   |        |               |
| 12  | Czarna Wieś 1  | 489606.17            | 314189.41 | 100            | 3238                    | 2707.5         | 2774.5 | 2774.5              | 2775.5 | -                  | -      | 2775.5             | 3195.0 | 3195.0 | -    | -                | - | -      |               |
| 13  | Czarna Wieś 2  | 488039.37            | 316635.72 | 91             | 2725.5                  | 2638.0         | 2717.0 | 2717.0              | 2718.5 | -                  | -      | 2718.5             | -      | -      | -    | -                | - | -      |               |
| 14  | Czarna Wieś 4  | 486410.53            | 315783.87 | 91.6           | 2799                    | 2666.0         | 2688.5 | 2688.5              | 2689.5 | -                  | -      | 2689.5             | -      | -      | -    | -                | - | -      |               |
| 15  | Czarna Wieś 5  | 483908.82            | 318646.97 | 91.82          | 2830                    | 2623.5         | 2647.5 | 2647.5              | 2648.5 | -                  | -      | 2648.5             | -      | -      | -    | -                | - | -      |               |
| 16  | Czarna Wieś 7  | 486650.00            | 313307.00 | 93.9           | 2830                    | 2647.5         | 2674.0 | 2674.0              | 2675.0 | -                  | -      | 2675.0             | -      | -      | -    | -                | - | -      |               |
| 17  | Kamieniec 1    | 481707.23            | 327968.74 | 74.42          | 3100                    | 2659.0         | 2678.5 | 2678.5              | 2680.0 | -                  | -      | 2680.0             | 3050.0 | 3050.0 | -    | -                | - | 3072.0 | 3072.0        |
| 18  | Kościan 8      | 475330.89            | 338632.01 | 76.6           | 2701                    | 2463.5         | 2481.5 | 2481.5              | 2484.0 | -                  | -      | 2484.0             | -      | -      | -    | -                | - | 2510.0 | 2510.0        |
| 19  | Łagiewniki 1   | 480692.29            | 336181.17 | 73             | 2896                    | 2635.0         | 2674.0 | 2674.0              | 2676.0 | -                  | -      | 2676.0             | -      | -      | -    | -                | - | 2894.0 | 2894.0        |
| 20  | Łagiewniki 4   | 482110.84            | 334217.53 | 73             | 2794                    | 2671.0         | 2701.5 | 2701.5              | 2704.0 | -                  | -      | 2704.0             | -      | -      | -    | -                | - | -      | -             |
| 21  | Łęki 1         | 476508.95            | 328151.43 | 69.7           | 2647                    | 2347.5         | 2437.0 | 2437.0              | 2448.5 | -                  | -      | 2448.5             | -      | -      | -    | -                | - | -      | -             |
| 22  | Parzęczewo 1   | 479828.8             | 326217.73 | 71             | 2892                    | 2591.0         | 2609.5 | 2609.5              | 2612.8 | 2612.8             | 2613.0 | 2613.0             | -      | -      | -    | -                | - | 2871.0 | 2871.0        |

|    |              |           |           |       |      |        |        |        |        |   |   |        |        |   |   |   |        |
|----|--------------|-----------|-----------|-------|------|--------|--------|--------|--------|---|---|--------|--------|---|---|---|--------|
| 23 | Parzęczewo 2 | 479461.99 | 324774.54 | 70    | 2737 | 2540.0 | 2556.0 | 2556.0 | 2559.5 | - | - | 2559.5 | -      | - | - | - | -      |
| 24 | Bonikowo 2   | 476026.4  | 333772.52 | 63.68 | 2700 | 2637.0 | 2448.0 | 2448.0 | 2451.5 | - | - | 2451.5 | 2639.0 | - | - | - | 2639.0 |
| 25 | Zielęcín 1   | 482003.32 | 322435.28 | 85    | 2965 | 2605.0 | 2643.0 | 2643.0 | 2647.5 | - | - | 2647.5 | -      | - | - | - | -      |

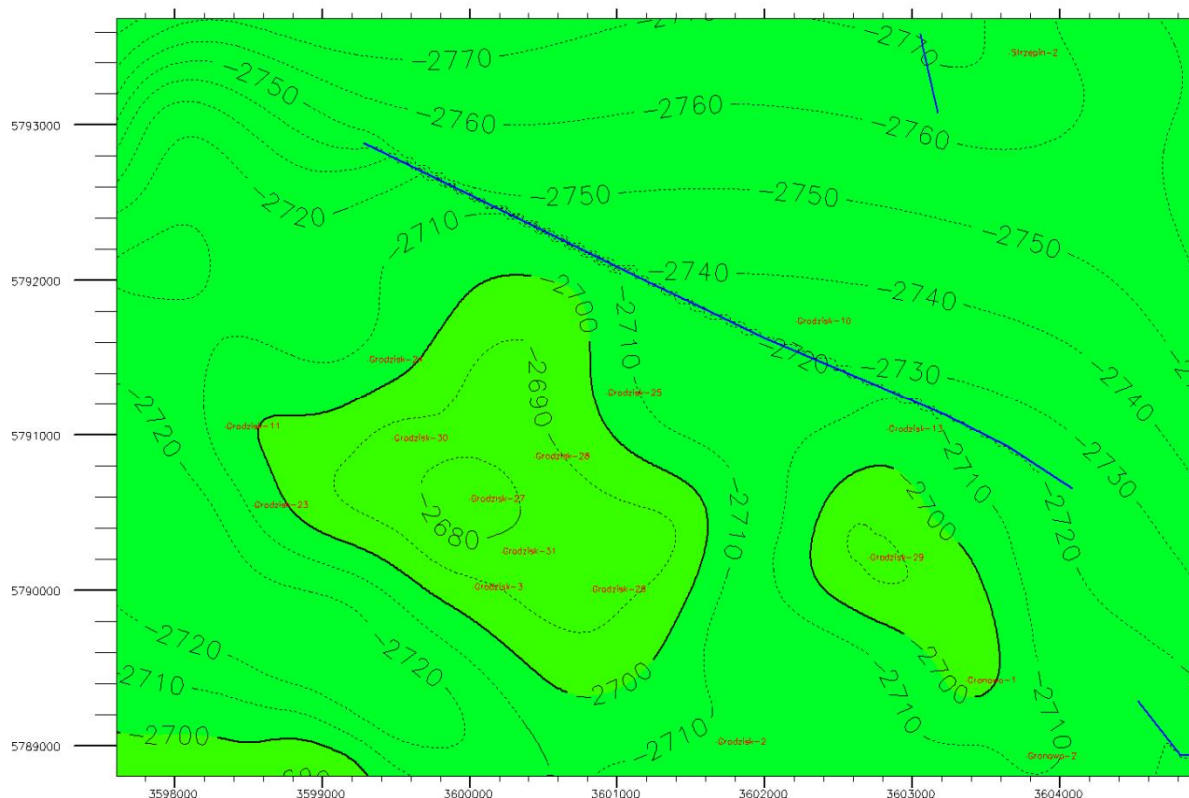
## Złoże Grodzisk

Badania geologiczno – wiertnicze w rejonie złoża gazu ziemnego Grodzisk były prowadzone od 1974 roku, kiedy to wykonano pierwszy odwiert Grodzisk – 1, którym odkryto złożo. Obszar ten położony jest w kierunku północno-wschodnim od złoża Ujazd w północnej części monokliny przedsudeckiej. Formację osadową złoża budują cztery kompleksy strukturalne: prekambryjski, waryscyjski, permo-mezozoiczny i kenozoiczny [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze].

Złożo to, podobnie jak w poprzednim przypadku, znajduje się w stropowej partii osadów czerwonego spągowca i tworzy strukturę o nieregularnym kształcie. Górną granicę złoża określa, przedstawiona na **Fig. 1.1.22\_6**, powierzchnia stropowa utworów czerwonego spągowca, ekranowana przez nieprzepuszczalne osady cechsztynu, tworzące nadkład złoża (łupek miedzionośny, wapień podstawowy oraz anhydryty). Dolną granicę złoża stanowi poziom wód złożowych, którego głębokość zalegania ustalono na około – 2709,5 m. Dzięki badaniom przeprowadzonym na złożu określono miąższość kolektora, która maksymalnie wyniosła 26,6 m, natomiast średnią miąższość ustalono na poziomie 11,7 m [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze].

W ramach wierceń dokonanych na złożu Grodzisk Wielkopolski wykonano także dwa odwierty Granowo 1 i Granowo 2, które znajdują się w południowo-wschodniej części złoża. Strop kolektora czerwonego spągowca odwiercono w nich kolejno na głębokościach 2772 m oraz 2782,5 m (**Tabela 1.1.22\_6** c.d.) [materiały PIG-PIB]. W zestawieniu ujęto również odwiert znajdujący się w pobliżu złoża Grodzisk, dane z tego odwiertu używane były do tworzenia map oraz określaniu miąższości czerwonego spągowca.

Dokładniejsze dane odnośnie wybranych odwiertów umiejscowionych na złożu oraz w bezpośrednim sąsiedztwie, a także głębokości, na jakiej znajduje się strop czerwonego spągowca przedstawiono w **Tabeli 1.1.22\_6**.



**Fig. 1.1.22\_6** Mapa stropu czerwonego spągowca na złożu Grodzisk

Tak jak w przypadku poprzednich złóż pojawił się tutaj również problem z określeniem porowatości oraz przepuszczalności złożowej. Wyniki, które zostały uzyskane w czasie badania rdzeni nie obejmują prób, jakie w toku przygotowania do analizy lub w czasie badania uległy zniszczeniu w skutek małej zwięzłości. Dane, które uzyskano różniły się między sobą w dość znacznym stopniu, dlatego zostały uśrednione i wynoszą: porowatość, jaką przyjęto do obliczeń 11,5 %, natomiast przepuszczalność 46,4 mD [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze], (Piesik, 2004). Część wyników przeprowadzonych badań laboratoryjnych przedstawiono w **Tabeli 1.1.22\_5**. Są to średnie wartości uzyskane z badań na rdzeniach z poszczególnych odwiertów. Pod uwagę brano tylko badania próbek skalnych znajdujących się poniżej stropu kolektora P1.

**Tabela 1.1.22\_5 Średnia porowatość i przepuszczalność w wybranych odwiertach [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]**

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość<br>n.p.m | Głębokość<br>całkowita<br>[m] | Porowatość<br>[%] | Przepuszczalność<br>[mD] |
|-----|----------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------|
|     |                | X                    | Y         |                   |                               |                   |                          |
| 1   | Grodzisk 1     | 487215,3             | 327021,61 | 77,48             | 2782                          | 6,79              | 17,350                   |
| 2   | Grodzisk 2     | 486763,28            | 328318,04 | 74                | 3384                          | 10,28             | 27,596                   |
| 3   | Grodzisk 3     | 487849,55            | 326726,65 | 76,6              | 2775                          | 5,05              | 4,351                    |
| 4   | Grodzisk 5     | 489636,56            | 327045,28 | 75,6              | 2777                          | 14,36             | 0,010                    |
| 5   | Grodzisk 6     | 489207,51            | 323577,88 | 79,82             | 2812,8                        | 13,71             | 238,473                  |
| 6   | Grodzisk 7     | 488470,82            | 326039,86 | 77,6              | 2779                          | 15,32             | 152,231                  |
| 7   | Grodzisk 8     | 487864,28            | 327958,42 | 75,57             | 2773                          | 7,32              | 0,988                    |
| 8   | Grodzisk 9     | 489974,75            | 325997,83 | 76,7              | 3022                          | 6,78              | 0,580                    |
| 9   | Grodzisk 10    | 489442,2             | 329004,62 | 76                | 2974                          | 13,08             | 261,331                  |
| 10  | Grodzisk 11    | 488972,87            | 325106,57 | 76,4              | 2785                          | 1,14              | 0,050                    |
| 11  | Grodzisk 13    | 488708,7             | 329584,88 | 75                | 2830                          | 14,61             | 295,000                  |
| 12  | Grodzisk 21    | 488120,21            | 327221,77 | 77,1              | 2766                          | 11,46             | 11,684                   |
| 13  | Grodzisk 22    | 488898,35            | 326763,23 | 77                | 2775                          | 18,78             | 102,442                  |
| 14  | Grodzisk 24    | 489355,76            | 326096,11 | 77,27             | 2837,1                        | 16,17             | 9,796                    |
| 15  | Grodzisk 25    | 489052,27            | 327698,76 | 76,7              | 2786,8                        | 16,65             | 632,115                  |
| 16  | Grodzisk 26    | 487790,9             | 327521,95 | 75                | 2763                          | 11,72             | 110,230                  |
| 17  | Grodzisk 27    | 488406,02            | 326727,16 | 77                | 2757                          | 14,57             | 250,000                  |
| 18  | Grodzisk 28    | 488658,01            | 327181,41 | 80                | 2769,2                        | 16,80             | 43,693                   |
| 19  | Grodzisk 29    | 487880,18            | 329404,56 | 75                | 2768                          | 11,32             | 41,910                   |
| 20  | Grodzisk 31    | 488059,09            | 326923,82 | 77                | 2763,9                        | 5,83              | 21,655                   |
| 21  | Granowo 1      | 487055,16            | 330021,67 | 75                | 2775                          | 12,17             | 40,050                   |
| 22  | Modrze 1       | 485004,78            | 333958,97 | 76                | 2830                          | 9,78              | 44,078                   |

**Tabela 1.1.22\_6** Stratygrafia czerwonego spągowca wybranych odwiertów ze złoża Grodzisk [materiały PIG-PIB], [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Anhydryt dolny |        | Wapień cechsztyński |        | Łupek miedzionośny |        | Czerwony spągowiec |      |       |      |       |        | Karbon |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------------|--------|---------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|------|-------|------|-------|--------|--------|
|     |                |                      |           |                |                         | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg   | Sakson             |      | Autun |      |       |        |        |
|     |                | strop                | spąg      |                |                         |                |        |                     |        |                    |        | strop              | spąg | strop | spąg | strop | spąg   |        |
| 1   | Grodzisk 2     | 486763.28            | 328318.04 | 74             | 3384                    | 2767.0         | 2786.0 | 2786.0              | 2788.0 | -                  | -      | 2788.0             | -    | -     | -    | -     | 3357.0 | 3357.0 |
| 2   | Grodzisk 3     | 487849.55            | 326726.65 | 76.6           | 2775                    | 2747           | 2767.5 | 2767.5              | -      | -                  | 2769   | 2769.0             | -    | -     | -    | -     | -      | -      |
| 3   | Grodzisk 6     | 489207.51            | 323577.88 | 79.82          | 2812.8                  | 2704.5         | 2793.5 | 2793.5              | 2795.5 | -                  | -      | 2795.5             | -    | -     | -    | -     | -      | -      |
| 4   | Grodzisk 10    | 489442.2             | 329004.62 | 76             | 2974                    | 2785.0         | 2809.0 | 2809.0              | 2811.0 | -                  | -      | 2811.0             | -    | -     | -    | -     | -      | -      |
| 5   | Grodzisk 11    | 488972.87            | 325106.57 | 76.4           | 2785                    | 2746.0         | 2780.0 | 2780.0              | 2781.5 | 2781.5             | 2782.0 | 2782.0             | -    | -     | -    | -     | -      | -      |
| 6   | Grodzisk 13    | 488708.7             | 329584.88 | 75             | 2830                    | 2742.0         | 2782.0 | 2782.0              | -      | -                  | 2782.5 | 2782.5             | -    | -     | -    | -     | -      | -      |
| 7   | Grodzisk 24    | 489355.76            | 326096.11 | 77.27          | 2837.1                  | 2781.0         | 2782.0 | 2782.0              | -      | -                  | 2784.6 | 2784.6             | -    | -     | -    | -     | -      | -      |
| 8   | Grodzisk 23    | 488457.36            | 325267.23 | 76             | 2811                    | 2761.0         | 2783.5 | 2783.5              | -      | -                  | 2784.5 | 2784.5             | -    | -     | -    | -     | -      | -      |
| 9   | Grodzisk 25    | 489052.27            | 327698.76 | 76.7           | 2786.8                  | 2752.0         | 2777.2 | 2777.2              | 2779.1 | 2779.1             | 2779.5 | 2779.5             | -    | -     | -    | -     | -      | -      |
| 10  | Grodzisk 26    | 487790.9             | 327521.95 | 75             | 2763                    | 2740.0         | 2758.0 | 2758.0              | -      | -                  | 2761.4 | 2761.4             | -    | -     | -    | -     | -      | -      |
| 11  | Grodzisk 27    | 488406.02            | 326727.16 | 77             | 2757                    | 2668.0         | 2749.1 | 2749.1              | 2750   | -                  | -      | 2750.0             | -    | -     | -    | -     | -      | -      |
| 12  | Grodzisk 28    | 488658.01            | 327181.41 | 80             | 2769.2                  | 2735.0         | 2766.0 | 2766.0              | 2766.4 | -                  | -      | 2766.4             | -    | -     | -    | -     | -      | -      |
| 13  | Grodzisk 29    | 487880.18            | 329404.56 | 75             | 2768                    | 2672.5         | 2760.5 | 2760.5              | 2761.5 | -                  | -      | 2761.5             | -    | -     | -    | -     | -      | -      |



|    |             |           |           |      |        |        |        |        |        |        |        |        |   |   |   |   |   |   |
|----|-------------|-----------|-----------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|---|---|
| 14 | Grodzisk 30 | 488825.44 | 326229.38 | 77.5 | 2767.5 | 2725.0 | 2762.0 | 2762.0 | 2764.0 | -      | -      | 2764.0 | - | - | - | - | - | - |
| 15 | Grodzisk 31 | 488059.09 | 326923.82 | 77   | 2763.9 | 2738.5 | 2759.1 | 2759.1 | 2760.4 | 2760.4 | 2760.6 | 2760.6 | - | - | - | - | - | - |

**Tabela 1.1.22\_6, c.d.** Stratygrafia czerwonego spągowca wybranych odwiertów w pobliżu złoża Grodzisk [materiały PIG-PIB], [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Anhydryt dolny |        | Wapień cechsztyński |        | Łupek miedzionośny |        | Czerwony spągowiec |      |       |      |       |      | Karbon |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------------|--------|---------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|------|-------|------|-------|------|--------|
|     |                |                      |           |                |                         | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg   | Sakson             |      | Autun |      |       |      |        |
|     |                | G. seria osadowa     |           |                |                         |                |        |                     |        |                    |        | Seria wylewna      |      | strop | spąg | strop | spąg |        |
| X   | Y              | strop                | spąg      | strop          | spąg                    | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg   | strop              | spąg |       |      |       |      | strop  |
| 1   | Granowo 1      | 487055.16            | 330021.67 | 75             | 2775                    | 2675.5         | 2770.5 | 2770.5              | -      | -                  | 2772.0 | 2772.0             | -    | -     | -    | -     | -    | -      |
| 2   | Granowo 2      | 486547.39            | 330402.94 | 74.03          | 3254                    | 2680.0         | 2781.5 | 2781.5              | -      | -                  | 2782.5 | 2782.5             | -    | -     | -    | -     | -    | -      |
| 3   | Modrze 1       | 485004.78            | 333958.97 | 76             | 2830                    | 2661.0         | 2778.5 | 2778.5              | 2781.0 | -                  | -      | 2781.0             | -    | -     | -    | -     | -    | -      |

## Złoże Paproć – Cicha Góra

Złoże Paproć początkowo zostało rozpoznane jako dwa oddzielne złoża: Cicha Góra oraz Paproć, jednakże w wyniku dalszego rozpoznania ustalono, że jest to jedno złożo, któremu nadano nazwę „Paproć”. Złoże to zostało odkryte w 1979 roku odwiertem Cicha Góra 1, w którym z stropowej części utworów czerwonego spągowca uzyskano znaczny przypływ gazu. W kolejnych latach kontynuowano prace rozpoznawcze, co pozwoliło na dokładniejsze rozpoznanie budowy przestrzennej oraz warunków panujących w złożu. W świetle uzyskanych danych stwierdzono, że złożo Paproć występuje w pułapce typu litologicznego. Skały zbiornikowe, którymi są utwory czerwonego spągowca tworzą kształt monokliny wznoszącej się w kierunku południowo-zachodnim ulegając litologicznemu wyklinieniu (Dudek i in., 1990). Zarys konturów złoża jest nieregularny będący wynikiem pofalowania powierzchni stropowej czerwonego spągowca co można zauważyć na **Fig. 1.1.22\_7**.

Złoże Paproć jest złożem typu warstwowego, które jest ekranowane od góry utworami cechsztynu, natomiast dolną granicę wyznacza spąg najniższej warstwy piaskowców nasyconych gazem. Zaś w strefie skrzydłowej poziom wód podścielających występujących w głębokości – 2630 m. Serię skał kolektorowych stanowią warstwy piaskowcowo-zlepieńcowe saksonu i stropowej partii autunu. W obrębie złoża wydzielono kilka poziomów piaskowcowych, w których zmienia się miąższość w znacznym przedziale. Średnia miąższość dla złoża wynosi 16,44 m (Dudek i in., 1990).

Porowatość poziomów piaskowcowych czerwonego spągowca w opisywanym złożu mieści się w przedziale 4,6 – 12,6 %. Natomiast przepuszczalność od 0,1 do 56,3 mD w zależności od profili poziomów piaskowcowych dla poszczególnych odwiertów (Dudek i in., 1990). W niektórych przypadkach mogą występować wartości odbiegające od określonych powyżej. Są to jednak odosobnione przypadki, które mogą być związane z natrafieniem na przekładkę warstw o znacznie lepszych właściwościach niż skał otaczających. W **Tabeli 1.1.22\_7** przedstawiono niektóre z odwiertów występujących na złożu oraz w najbliższym sąsiedztwie i obliczono średnie wartości porowatości oraz przepuszczalności pomierzone w czasie badań laboratoryjnych wykonanych na rdzeniach pochodzących z tych odwiertów.

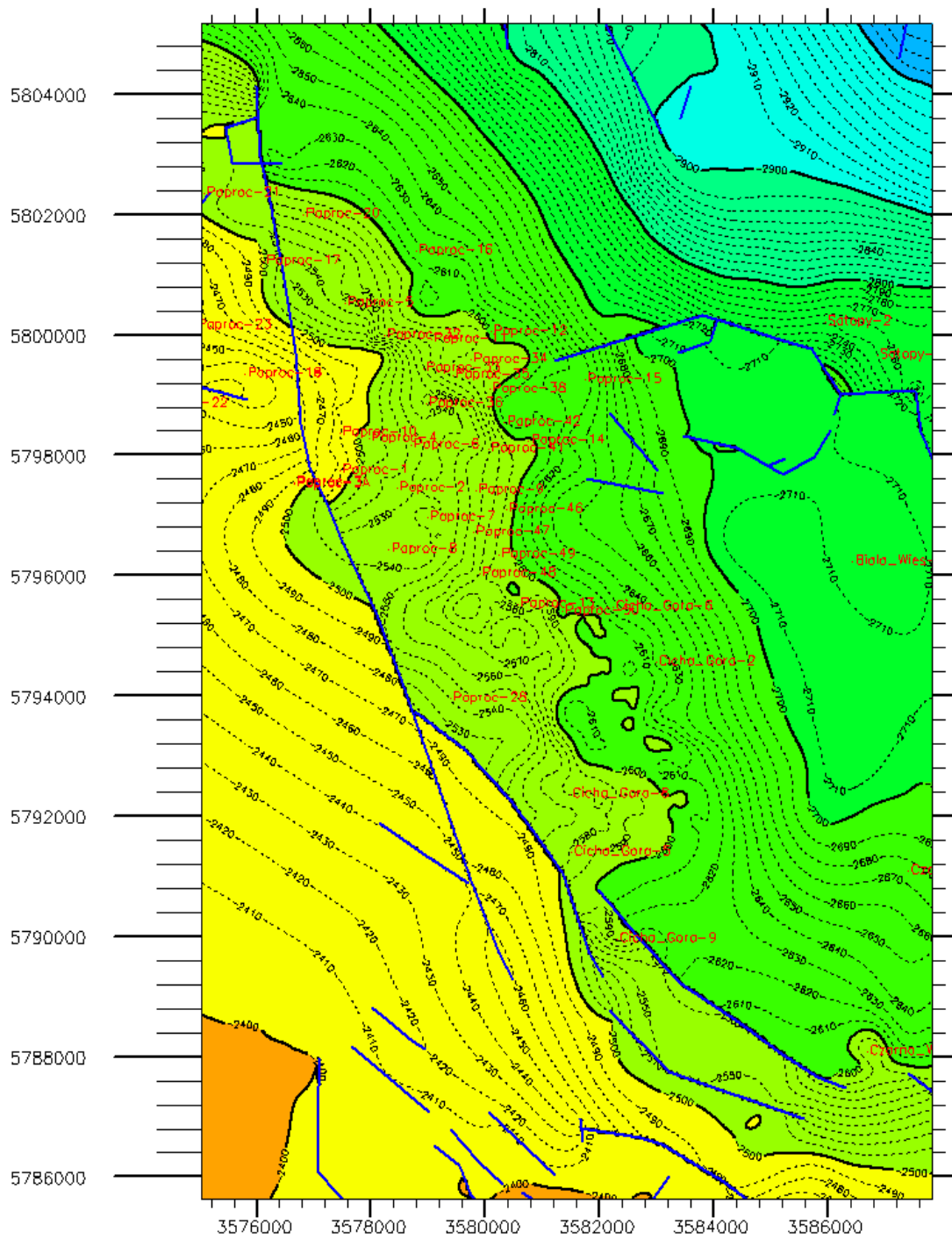


Fig. 1.1.22\_7 Mapa stropu czerwonego spągowca na złożu Paproć – Cicha Góra

**Tabela 1.1.22\_7** Średnia porowatość i przepuszczalność w wybranych odwiertach [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Porowatość [%] | Przepuszczalność [mD] |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------------|-----------------------|
|     |                | X                    | Y         |                |                         |                |                       |
| 1   | Paproć 5       | 499579,82            | 304878,47 | 76,4           | 3214                    | 2,60           | 0,263                 |
| 2   | Paproć 9       | 496342,38            | 306987,65 | 75,5           | 3057                    | 6,13           | 33,382                |
| 3   | Paproć 11      | 498888,18            | 306341,82 | 74,93          | 3003                    | 5,34           | 5,446                 |
| 4   | Paproć 13      | 494410,61            | 307617,97 | 75,02          | 2676                    | 6,57           | 5,143                 |
| 5   | Paproć 15      | 498060,09            | 308991,2  | 83,67          | 2755                    | 10,19          | 59,301                |
| 6   | Paproć 20      | 501086,73            | 304213,7  | 75             | 2910                    | 5,46           | 0,970                 |
| 7   | Cicha Góra 2   | 493314,24            | 309973,22 | 79,7           | 2776                    | 6,31           | 5,138                 |
| 8   | Cicha Góra 5   | 490238,01            | 308323,46 | 76,5           | 2800                    | 11,22          | 28,569                |
| 9   | Cicha Góra 8   | 491205,79            | 308346,63 | 76             | 2900                    | 12,44          | 232,686               |
| 10  | Cicha Góra 9   | 488756,2             | 309037,39 | 81,01          | 2900                    | 9,29           | 7,027                 |
| 11  | Biała Wieś 1   | 494789,67            | 313504,85 | 107            | 2893                    | 10,75          | 39,720                |

Profil litostratygraficzny dla poszczególnych odwiertów na złożu Paproć został przedstawiony w **Tabeli 1.1.22\_8**. Uwzględnia on tylko obszar będący w zainteresowaniu autora, czyli warstwy czerwonego spągowca oraz skały ekranującej. Jak można zauważyć na poniższych tabelach niektóre z odwiertów przewierciły całą miąższość kolektora nawiercając strop karbonu. Jest to bardzo ważne w określaniu miąższości czerwonego spągowca.

**Tabela 1.1.22\_8** Stratygrafia czerwonego spągowca wybranych odwiertów ze złoża Paproć [materiały PIG-PIB], [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Anhydryt dolny |        | Wapień cechsztyński |        | Łupek miedzionośny |        | Czerwony spągowiec |        |        |        |                  |        | Karbon |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------------|--------|---------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|--------|--------|------------------|--------|--------|
|     |                |                      |           |                |                         | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg   | Sakson             |        | Autun  |        |                  |        |        |
|     |                | strop                | spąg      |                |                         |                |        |                     |        |                    |        | strop              | spąg   | strop  | spąg   | G. seria osadowa |        |        |
| 1   | Paproć 1       | 496806.05            | 304636.02 | 71.90          | 2701                    | 2538.5         | 2560.0 | 2560.0              | 2561.0 | -                  | -      | 2561.0             | -      | -      | -      | -                | 2630.5 | -      |
| 2   | Paproć 2       | 496458.42            | 305608.2  | 73.26          | 2922                    | 2568.5         | 2595.0 | 2595.0              | 2596.0 | -                  | -      | 2596.0             | 2668.0 | 2668.0 | -      | -                | 2868.0 | 2868.0 |
| 3   | Paproć 3       | 496653.03            | 303814.67 | 72             | 2234                    | 2215.0         | -      | -                   | -      | -                  | -      | -                  | -      | -      | -      | -                | -      | -      |
| 4   | Paproć 3A      | 496622.16            | 303813.46 | 72             | 3000                    | 2540.5         | 2564.0 | 2564.0              | 2564.5 | -                  | -      | -                  | -      | 2564.5 | 2566.5 | 2566.5           | 2734.0 | 2734.0 |
| 5   | Paproć 4       | 497310.78            | 305167.85 | 73             | 2737                    | 2545.0         | 2578.5 | 2578.5              | 2579.5 | -                  | -      | 2579.5             | 2688.0 | 2688.0 | -      | -                | 2718.5 | 2718.5 |
| 6   | Paproć 5       | 499579.82            | 304878.47 | 76.4           | 3214                    | 2498.0         | 2620.0 | 2620.0              | 2621.5 | -                  | -      | 2621.5             | 2797.5 | 2797.5 | -      | -                | 3195.0 | 3195.0 |
| 7   | Paproć 6       | 497158.19            | 305901.11 | 75             | 2806                    | 2505.0         | 2594.0 | 2594.0              | 2599.0 | 2599.0             | 2600.5 | 2600.5             | 2751.0 | 2751.0 | -      | -                | 2778.0 | 2778.0 |
| 8   | Paproć 7       | 495943.5             | 306118.77 | 71.9           | 3027                    | 2514.0         | 2620.0 | 2620.0              | 2622.5 | -                  | -      | 2622.5             | 2883.0 | 2883.0 | -      | -                | 3007.0 | 3007.0 |
| 9   | Paproć 8       | 495445.39            | 305416.51 | 72.9           | 3000                    | 2503.5         | 2609.0 | 2609.0              | 2610.0 | -                  | -      | 2610.0             | 2834.5 | 2834.5 | -      | -                | 2881.5 | 2881.5 |
| 10  | Paproć 9       | 496342.38            | 306987.65 | 75.5           | 3057                    | 2545.0         | 2640.0 | 2640.0              | 2641.0 | -                  | -      | 2641.0             | 3016.5 | 3016.5 | -      | -                | 3043.5 | 3043.5 |
| 11  | Paproć 10      | 497423.65            | 304660.47 | 74             | 2714                    | 2530.0         | 2562.5 | 2562.5              | 2563.5 | -                  | -      | 2563.5             | 2584.0 | 2584.0 | -      | -                | 2645.0 | 2645.0 |
| 12  | Paproć 11      | 498888.18            | 306341.82 | 74.93          | 3003                    | 2632.0         | 2649.5 | 2649.5              | 2651.0 | -                  | -      | 2651.0             | 2827.0 | 2827.0 | 2902.5 | 2902.5           | -      | -      |

|    |           |           |           |       |      |        |        |        |        |        |        |        |   |   |   |   |   |   |
|----|-----------|-----------|-----------|-------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|---|---|---|---|---|
| 13 | Paproć 12 | 498955.22 | 307393.09 | 76.4  | 2690 | 2577.5 | 2679.0 | 2679.0 | 2680.3 | 2680.3 | 2680.5 | 2680.5 | - | - | - | - | - | - |
| 14 | Paproć 13 | 494410.61 | 307617.97 | 75.02 | 2676 | 2562.5 | 2665.5 | 2665.5 | 2666.5 | -      | -      | 2666.5 | - | - | - | - | - | - |
| 15 | Paproć 14 | 497109.03 | 307946.55 | 76.85 | 2753 | 2635.0 | 2674.0 | 2674.0 | 2675.5 | -      | -      | 2675.5 | - | - | - | - | - | - |

**Tabela 1.1.22\_8, c.d.** Stratygrafia czerwonego spągowca wybranych odwiertów ze złoża Paproć [materiały PIG-PIB], [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Anhydryt dolny |        | Wapień cechsztyński |        | Łupek miedzionośny |        | Czerwony spągowiec |        |                  |        |               |        | Karbon |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------------|--------|---------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|------------------|--------|---------------|--------|--------|
|     |                |                      |           |                |                         | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg   | Sakson             |        | Autun            |        |               |        |        |
|     |                | strop                | spąg      |                |                         |                |        |                     |        |                    |        | strop              | spąg   | G. seria osadowa |        | Seria wylewna |        |        |
| 16  | Paproć 15      | 498060.09            | 308991.2  | 83.67          | 2755                    | 2603.5         | 2707.5 | 2707.5              | 2708.0 | -                  | -      | 2708.0             | -      | -                | -      | -             | -      | -      |
| 17  | Paproć 16      | 500364.26            | 306159.88 | 76             | 2965                    | 2595.5         | 2692.5 | 2692.5              | -      | -                  | 2694.0 | 2694.0             | 2961.0 | 2961.0           | -      | -             | -      | -      |
| 18  | Paproć 17      | 500346.4             | 303487.94 | 77.4           | 2683                    | 2455.0         | 2574.0 | 2574.0              | 2577.5 | -                  | -      | 2577.5             | -      | -                | -      | -             | -      | -      |
| 19  | Paproć 18      | 498492.46            | 303057.67 | 73.5           | 2845                    | 2444.5         | 2504.0 | 2504.0              | 2507.5 | -                  | -      | 2507.5             | 2509.5 | 2509.5           | -      | -             | -      | 2720.0 |
| 20  | Paproć 19      | 499142.07            | 301127.87 | 73             | 2859                    | 2394.5         | 2423.0 | 2423.0              | 2491.5 | -                  | -      | 2491.5             | 2632.0 | 2632.0           | -      | -             | -      | 2725.0 |
| 21  | Paproć 20      | 501086.73            | 304213.7  | 75             | 2910                    | 2577.0         | 2650.0 | 2650.0              | 2652.0 | -                  | -      | 2652.0             | 2810.0 | -                | -      | 2810.0        | -      | -      |
| 22  | Paproć 21      | 501529.35            | 302505.97 | 72.6           | 2575                    | 2358.5         | 2387.5 | 2387.5              | 2460.5 | -                  | -      | -                  | -      | -                | -      | 2460.5        | 2527.5 | 2527.5 |
| 23  | Paproć 22      | 498080.02            | 301388.32 | 72             | 2585                    | 2387.0         | 2513.5 | 2513.5              | 2517.0 | -                  | -      | -                  | -      | 2517.0           | 2518.0 | -             | -      | 2518.0 |

|    |           |           |           |      |      |        |        |        |        |   |   |        |   |        |        |        |        |        |
|----|-----------|-----------|-----------|------|------|--------|--------|--------|--------|---|---|--------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| 24 | Paproć 23 | 499345.75 | 302216.28 | 73.3 | 2549 | 2450.0 | 2524.5 | 2524.5 | 2527.5 | - | - | -      | - | -      | -      | 2527.5 | -      | -      |
| 25 | Paproć 24 | 502119.86 | 300103.62 | 76.7 | 3173 | 2514.0 | 2567.0 | 2567.0 | 2576.5 | - | - | 2576.5 | - | -      | -      | -      | 2983.0 | 2983.0 |
| 26 | Paproć 26 | 500012.00 | 301030.32 | 72.5 | 2870 | 2421.0 | 2447.0 | 2447.0 | 2511.0 | - | - | -      | - | 2511.0 | 2859.5 | 2859.5 | -      | -      |
| 27 | Paproć 27 | 499666.7  | 300391.05 | 72.5 | 2820 | 2407.5 | 2432.0 | 2432.0 | 2483.0 | - | - | 2483.0 | - | -      | -      | -      | 2667.0 | 2667.0 |
| 28 | Paproć 28 | 492905.29 | 306340.43 | 72   | 2850 | 2405.5 | 2611.1 | 2611.1 | 2612.2 | - | - | 2612.2 | - | -      | -      | -      | -      | -      |
| 29 | Paproć 29 | 499075.2  | 300295.46 | 72.1 | 3522 | 2388.0 | 2417.0 | 2417.0 | 2498.0 | - | - | -      | - | -      | -      | 2498.0 | 2511.0 | 2511.0 |
| 30 | Paproć 32 | 498997.84 | 305518.69 | 75   | 2685 | 2545.0 | 2632.5 | 2632.5 | 2634.0 | - | - | 2634.0 | - | -      | -      | -      | -      | -      |

**Tabela 1.1.22\_8, c.d.** Stratygrafia czerwonego spągowca wybranych odwiertów ze złoża Paproć [materiały PIG-PIB], [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]  
(Ciąg dalszy tabeli)

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Anhydryt dolny |        | Wapień cechsztyński |        | Łupek miedzionośny |        | Czerwony spągowiec |      |               |   |       |      | Karbon |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------------|--------|---------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|------|---------------|---|-------|------|--------|
|     |                |                      |           |                |                         | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg   | Sakson             |      | Autun         |   |       |      |        |
|     |                | G. seria osadowa     |           |                |                         |                |        |                     |        |                    |        |                    |      | Seria wylewna |   | strop | spąg |        |
| X   | Y              | strop                | spąg      | strop          | spąg                    | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg   | strop              | spąg | strop         |   |       |      |        |
| 31  | Paproć 33      | 498415.21            | 306177.99 | 75             | 2725                    | 2599.5         | 2633.0 | 2633.0              | 2634.0 | -                  | -      | -                  | -    | 2634.0        | - | -     | -    | -      |
| 32  | Paproć 34      | 498506.14            | 307015.43 | 75             | 2683                    | 2604.0         | 2668.5 | 2668.5              | -      | -                  | 2671.0 | 2671.0             | -    | -             | - | -     | -    | -      |
| 33  | Paproć 35      | 498271.67            | 306684.08 | 75             | 2693                    | 2585.0         | 2653.5 | 2653.5              | 2656.5 | -                  | -      | 2656.5             | -    | -             | - | -     | -    | -      |
| 34  | Paproć 36      | 497827.08            | 306192.82 | 75             | 2739                    | 2532.5         | 2624.5 | 2624.5              | 2626.0 | -                  | -      | -                  | -    | 2626.0        | - | -     | -    | -      |

|    |           |           |           |    |      |        |         |         |        |   |   |        |   |   |   |   |   |   |
|----|-----------|-----------|-----------|----|------|--------|---------|---------|--------|---|---|--------|---|---|---|---|---|---|
| 35 | Paproć 38 | 497999.43 | 307317.79 | 76 | 2686 | 2631.5 | 2669.75 | 2669.75 | 2671.0 | - | - | 2671.0 | - | - | - | - | - | - |
| 36 | Paproć 41 | 497012.87 | 307241.39 | 75 | 2669 | 2602.0 | 2641.5  | 2641.5  | 2643.0 | - | - | 2643.0 | - | - | - | - | - | - |
| 37 | Paproć 42 | 497434.06 | 307542.12 | 76 | 2690 | 2663.5 | 2683.5  | 2683.5  | 2684.5 | - | - | 2684.5 | - | - | - | - | - | - |
| 38 | Paproć 46 | 495982.00 | 307504.46 | 75 | 2686 | 2556.0 | 2666.5  | 2666.5  | 2667.5 | - | - | 2667.5 | - | - | - | - | - | - |
| 39 | Paproć 47 | 495634.41 | 306903.04 | 75 | 2696 | 2547.5 | 2641.5  | 2641.5  | 2642.5 | - | - | 2642.5 | - | - | - | - | - | - |
| 40 | Paproć 48 | 494951.42 | 306971.2  | 74 | 2685 | 2560.0 | 2654.0  | 2654.0  | 2655.0 | - | - | 2655.0 | - | - | - | - | - | - |
| 41 | Paproć 49 | 495246.88 | 307324.14 | 74 | 2686 | 2567.0 | 2665.0  | 2665.0  | 2666.5 | - | - | 2666.5 | - | - | - | - | - | - |
| 42 | Paproć 50 | 494246.89 | 308385.18 | 74 | 2686 | 2575.5 | 2678.0  | 2678.0  | 2679.0 | - | - | 2679.0 | - | - | - | - | - | - |

**Tabela 1.1.22\_8, c.d.** Stratygrafia czerwonego spągowca wybranych odwiertów ze złoża Paproć [materiały PIG-PIB], [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]  
(Ciąg dalszy tabeli)

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Anhydryt dolny |        | Wapień cechsztyński |        | Łupek miedzionośny |      | Czerwony spągowiec |      |       |      |       |      | Karbon |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------------|--------|---------------------|--------|--------------------|------|--------------------|------|-------|------|-------|------|--------|
|     |                |                      |           |                |                         | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg | Sakson             |      | Autun |      |       |      |        |
|     |                | G. seria osadowa     |           |                |                         |                |        |                     |        |                    |      | Seria wylewna      |      | strop | spąg | strop | spąg |        |
| X   | Y              | strop                | spąg      | strop          | spąg                    | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg | strop              | spąg |       |      |       |      | strop  |
| 1   | Cicha Góra 2   | 493314.24            | 309973.22 | 79.7           | 2776                    | 2605.0         | 2701.0 | 2701.0              | 2702.0 | -                  | -    | 2702.0             | -    | -     | -    | -     | -    | -      |
| 2   | Cicha Góra 5   | 490238.01            | 308323.46 | 76.5           | 2800                    | 2638.0         | 2655.6 | 2655.6              | 2657.5 | -                  | -    | 2657.5             | -    | -     | -    | -     | -    | -      |



|   |              |           |           |       |      |        |        |        |        |   |        |        |   |        |        |        |        |        |
|---|--------------|-----------|-----------|-------|------|--------|--------|--------|--------|---|--------|--------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| 3 | Cicha Góra 6 | 494274.23 | 309277.75 | 78.41 | 2711 | 2601.0 | 2701.5 | 2701.5 | -      | - | 2704.0 | 2704.0 | - | -      | -      | -      | -      |        |
| 4 | Cicha Góra 8 | 491205.79 | 308346.63 | 76    | 2900 | 2644.5 | 2655.5 | 2655.5 | 2656.5 | - | -      | -      | - | 2656.5 | 2882.0 | -      | -      | 2882.0 |
| 5 | Cicha Góra 9 | 488756.2  | 309037.39 | 81.01 | 2900 | 2652.0 | 2672.5 | 2672.5 | 2673.5 | - | -      | -      | - | 2673.5 | 2807.0 | 2807.0 | 2879.0 | 2879.0 |
| 6 | Biała Wieś 1 | 494884.88 | 313530.15 | 107   | 2893 | 2698.0 | 2810.0 | 2810.0 | 2811.5 | - | -      | 2811.5 | - | -      | -      | -      | -      | -      |

## Złoże Sątopy

Złoże gazu ziemnego Sątopy jest złożem typu masywowego, zostało odkryte w 1978 roku otworem Sątopy 1 z którego uzyskano przyływ gazu. Znajduje się ono w utworach saksonu reprezentowanych przez piaskowce (drobnoziarniste, jasno szare, niewarstwowane) twarde, zbite o spoiwie węglanowym. Natomiast nieco głębiej znajdują się piaskowce szare i ciemno-szare o spoiwie ilasto-węglanowym, mniej zwarte, porowate, niewarstwowane lub warstwowane skośnie.

Mięszczość serii gazonośnej jest niewielka i wynosi zaledwie około 4 m przy całkowitej wysokości złoża 10 – 13 m. Granice złoża określa w strefie gazonośnej woda podścielająca występująca na głębokości – 2762 m, a jej zasięg w planie wyznacza w profilu poprzecznym kontur gaz – woda, w podłużnym zaś zmiany litologiczne (Dudek i in., 1990).

Porowatość piaskowców stanowiących skałę zbiornikową dla całego złoża określono na poziomie 11,20 %, natomiast przepuszczalność opisywanego kolektora wynosi około 114,20 mD (Dudek i in., 1990). W Tabeli 1.1.22\_9 zebrano średnie wartości z badań laboratoryjnych przeprowadzonych na rdzeniach wiertniczych. Jak można zauważyć odwiert Sątopy 1 posiada znacznie lepsze właściwości od odwiertu Sątopy 2. Jak opisano wcześniej złożo udostępniono tylko tymi dwoma otworami, ich częściowa stratygrafia (czerwony spągowiec plus warstwy ekranujące) została zebrana w tabeli 2.5.2. W żadnym z odwiertów nie nawiercono stropu karbonu.

**Tabela 1.1.22\_9** Średnia porowatość i przepuszczalność w wybranych odwiertach [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość<br>n.p.m | Głębokość<br>całkowita<br>[m] | Porowatość<br>[%] | Przepuszczalność<br>[mD] |
|-----|----------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------|
|     |                | X                    | Y         |                   |                               |                   |                          |
| 1   | Sątopy 1       | 498192,51            | 314126,52 | 100,1             | 3126                          | 12,73             | 156,931                  |
| 2   | Sątopy 2       | 498790,88            | 313245,56 | 95,9              | 2849                          | 4,93              | 3,886                    |

**Tabela 1.1.22\_10** Stratygrafia czerwonego spągowca wybranych odwiertów ze złoża Sątopy [materiały PIG-PIB], [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

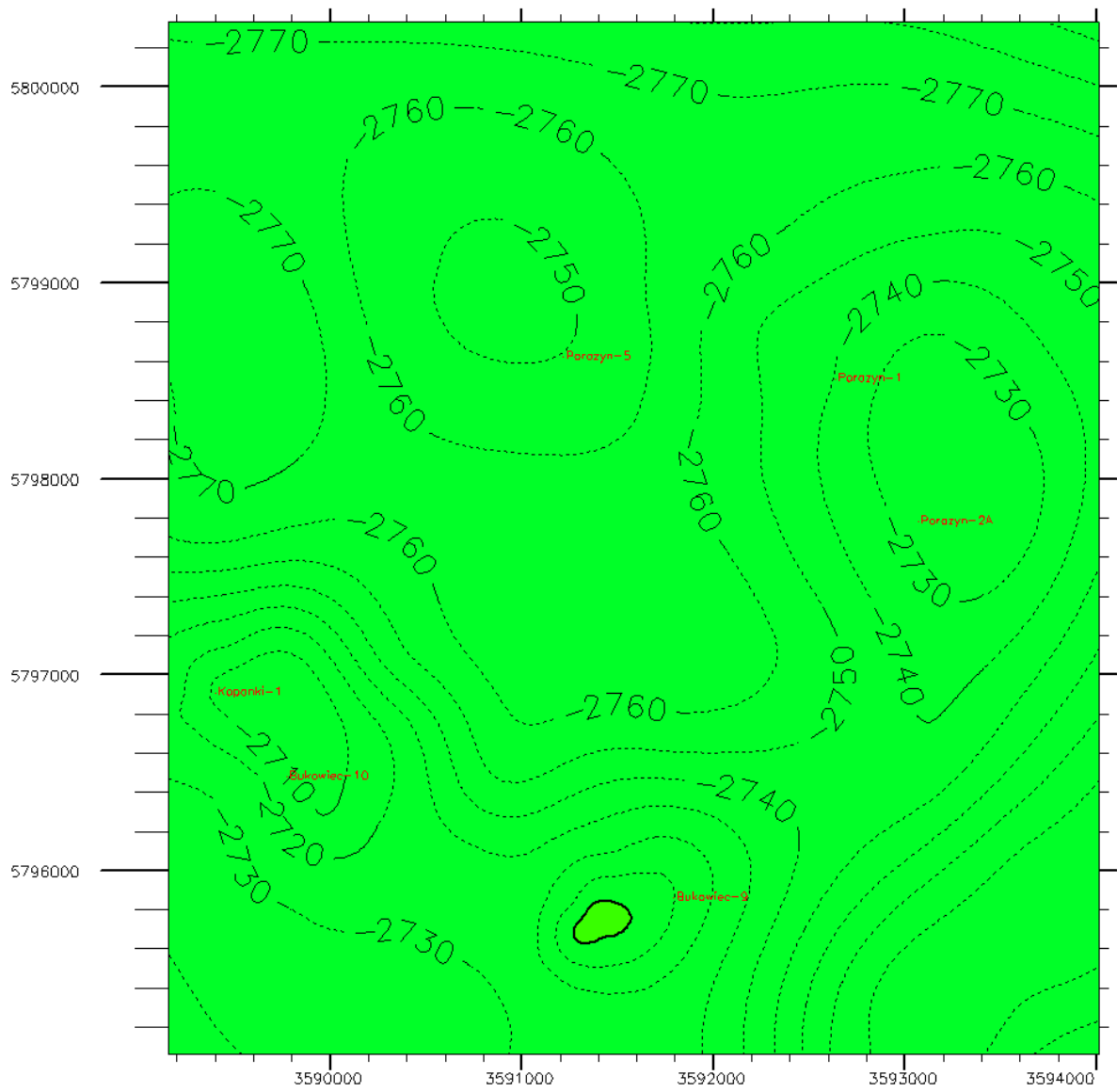
| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Anhydryt dolny |        | Wapień cechsztyński |        | Łupek miedzionośny |      | Czerwony spągowiec |      |               |      |       |       | Karbon |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------------|--------|---------------------|--------|--------------------|------|--------------------|------|---------------|------|-------|-------|--------|
|     |                |                      |           |                |                         |                |        |                     |        |                    |      | Sakson             |      | Autun         |      |       |       |        |
|     |                | strop                | spąg      |                |                         | strop          | spąg   | strop               | spąg   | G. seria osadowa   |      |                    |      | Seria wylewna |      | strop |       |        |
| X   | Y              |                      |           | strop          | spąg                    |                |        |                     |        | strop              | spąg | strop              | spąg | strop         | spąg |       | strop |        |
| 1   | Sątopy 1       | 498192.51            | 314126.52 | 100.1          | 3126                    | 2747.0         | 2849.3 | 2849.3              | 2850.0 | -                  | -    | 2850.0             | -    | -             | -    | -     | -     | -      |
| 2   | Sątopy 2       | 498790.88            | 313245.56 | 95.9           | 2849                    | 2726.5         | 2846.7 | 2846.7              | 2847.0 | -                  | -    | 2847.0             | -    | -             | -    | -     | -     | -      |

## Złoże Porażyn

Złoże Porażyn zostało odkryte w 1977 roku otworem Porażyn 1, w którym strefę gazonośną na podstawie pomiarów geofizycznych wydzielono w głębokości 2828 – 2836 m. Drugim otworem, który uzyskał przyrływ gazu był Porażyn 2A, eksploatację tego złoża rozpoczęto w styczniu 1984 roku. Złoże Porażyn posiada formę brachyantykliny, w którym kolektorem jest czerwony spągowiec. Wysokość całkowita złoża wynosi około 23 m, natomiast miąższość efektywna jest w granicach 6 – 8 m. Górną granicę złoża stanowi powierzchnia stropu czerwonego spągowca ukazana na **Fig. 1.1.22\_8**. Jest ona niewielka i wynosi około 3,6 km<sup>2</sup> (Dudek i in., 1990). W lewym dolnym rogu mapki można zauważyć także zarys stropu sąsiedniego złoża jakim są Kopanki. Leży ono nieopodal przedstawionej formacji i dzieli się na dwie główne kumulacje: wschodnią i zachodnią.

Skałami zbiornikowymi Porażynu są piaskowce jasno szare i szare, drobno i średnioziarniste, kwarcowe z niewielką ilością skaleni. Posiadają one teksturę bezładną, do przekątnie warstwowanej. Spoiwo piaskowców jest anhydrytowo – węglanowe, obfite w partii stropowej (co powoduje obniżenie porowatości i przepuszczalności), natomiast głębiej zalegające piaskowce posiadają znacznie mniejszą ilość tego spoiwa co powoduje znaczną poprawę parametrów złożowych (Dudek i in., 1990).

Średnia porowatość dla całego złoża Porażyn wynosi około 12,51 %, natomiast przepuszczalność 78,4 mD. Poniżej w **Tabeli 1.1.22\_11** ukazano tylko niektóre z odwiertów znajdujących się w granicach tej struktury. Tak jak w poprzednich przypadkach niektóre z wartości mogą odbiegać nawet bardzo od średniej. Jest to wynikiem dużego zróżnicowania opisywanych terenów, głównie pod względem strukturalnym. W poniższej tabeli dodano również odwierty sąsiadujące z opisywanym złożem, brano je pod uwagę ze względu na pomoc w wykreśleniu mapy stropu czerwonego spągowca oraz map porowatości i przepuszczalności dla fragmentu terenu niecki poznańskiej.



**Fig. 1.1.22\_8** Mapa stropu czerwonego spągowca na złożu Porazyn

**Tabela 1.1.22\_11** Średnia porowatość i przepuszczalność w wybranych odwiertach [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość<br>n.p.m | Głębokość<br>całkowita<br>[m] | Porowatość<br>[%] | Przepuszczalność<br>[mD] |
|-----|----------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------|
|     |                | X                    | Y         |                   |                               |                   |                          |
| 1   | Porażyn 2A     | 495970,73            | 320207,78 | 85                | 2818                          | 13,91             | 81,476                   |
| 2   | Porażyn 3      | 496795,09            | 321240,78 | 81                | 2861                          | 6,74              | 10,134                   |
| 3   | Porażyn 5      | 496911,25            | 318407,7  | 97,64             | 2896                          | 8,66              | 12,004                   |
| 4   | Kopanki 1      | 495303,11            | 316499,61 | 101,11            | 2815,5                        | 9,16              | 26,033                   |
| 5   | Kopanki 2      | 495022,18            | 317452,17 | 97                | 2867                          | 7,03              | 5,466                    |
| 6   | Słocin 2       | 492019,33            | 316029,73 | 106               | 3407                          | 8,52              | 11,358                   |
| 7   | Opalenica 2    | 496589,64            | 325307,61 | 78                | 2910                          | 10,37             | 38,402                   |

Żaden z odwiertów, które zostały wykonane na opisywanym złożu nie nawiercił stropowej części karbonu, jedynie górną część czerwonego spągowca. Tylko w przypadku odwiertu Słocin 2 można zauważyć, że odwiert przewiercił całą miąższość warstwy. Jednak nie został on wykonany na powierzchni samego złoża, lecz w jego bliskim sąsiedztwie. Można zatem wnioskować, że spąg interesującej warstwy złoża Porażyn będzie leżeć na zbliżonej głębokości. Podstawowe dane oraz fragment stratygrafii ukazujący strop kolektora P1 oraz najbliższych warstw nadkładu przedstawiono w **Tabeli 1.1.22\_12**.

**Tabela 1.1.22\_12** Stratygrafia czerwonego spągowca wybranych odwiertów ze złoża Porażyn i okolic [materiały PIG-PIB], [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Anhydryt dolny |        | Wapień cechsztyński |        | Łupek miedzionośny |        | Czerwony spągowiec |      |                  |   |               |        | Karbon |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------------|--------|---------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|------|------------------|---|---------------|--------|--------|
|     |                |                      |           |                |                         | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg   | Sakson             |      | Autun            |   |               |        |        |
|     |                | strop                | spąg      |                |                         |                |        |                     |        |                    |        | strop              | spąg | G. seria osadowa |   | Seria wylewna |        |        |
| 1   | Porażyn 1      | 496723,19            | 319816,73 | 89             | 2859                    | 2713.5         | 2828.0 | 2828.0              | -      | -                  | 2828.5 | 2828.5             | -    | -                | - | -             | -      | -      |
| 2   | Porażyn 2A     | 495970.73            | 320207.78 | 85             | 2818                    | 2698.5         | 2810.5 | 2810.5              | 2811.5 | -                  | -      | 2811.5             | -    | -                | - | -             | -      | -      |
| 3   | Porażyn 3      | 496795,09            | 321240,78 | 81             | 2861                    | 2707.5         | 2828.4 | 2828.4              | 2828.9 | -                  | -      | 2828.9             | -    | -                | - | -             | -      | -      |
| 4   | Porażyn 5      | 496911.25            | 318407.7  | 97.64          | 2896                    | 2706.5         | 2847.2 | 2847.2              | 2848.0 | -                  | -      | 2848.0             | -    | -                | - | -             | -      | -      |
| 5   | Kopanki 1      | 495303.11            | 316499.61 | 101.11         | 2815.5                  | 2707.5         | 2808.5 | 2808.5              | 2809.5 | -                  | -      | 2809.5             | -    | -                | - | -             | -      | -      |
| 6   | Słocin 2       | 492019.33            | 316029.73 | 106            | 3407                    | 2783.5         | 2819.5 | 2819.5              | 2820.0 | -                  | -      | 2820.0             | -    | -                | - | -             | 3295.0 | 3295.0 |
| 7   | Opalenica 2    | 496589.64            | 325307.61 | 78             | 2910                    | 2753.0         | 2861.9 | 2861.9              | 2862.0 | -                  | -      | 2862.0             | -    | -                | - | -             | -      | -      |
| 8   | Łągwy 1        | 499611.93            | 324733.8  | 80.3           | 3000                    | 2782.5         | 2924.5 | 2924.5              | 2925.0 | -                  | -      | 2925.0             | -    | -                | - | -             | -      | -      |

## Złoże Piekary

To niewielkie złoże zostało odkryte w latach 80-tych, a eksploatację rozpoczęto w lipcu 1987 roku. Jednak od samego początku wraz z gazem wydobywano duże ilości wody. Znajduje się ono na północ od złoża Niemierzyce i w kierunku zachodnim od złoża Stęszew. Umiejscowione jest na nim tylko kilka odwiertów, z czego żaden z nich nie nawiercił stropu karbonu. Powierzchnia tego złoża wynosi zaledwie 1,16 km<sup>2</sup> i występuje w obrębie kopuły zbudowanej z utworów saksonu na głębokości około 2940 m. Jest to złoże o charakterze masywowym, w którym kolektorem gazonośnym są piaskowce szare, drobnoziarniste, przechodzące ku spągowi w średnioziarniste o spoiwie ilastym, słabo zwięzłe (Dudek i in., 1990).

Piaskowce budujące skałę zbiornikową złoża Piekary charakteryzują się dobrą porowatością, na poziomie 16 %, a także przepuszczalnością, około 18,20 mD (Warnecki, 2008), pomimo, że wysokość złoża to zaledwie 4 m. Jednakże średnie wartości zarówno porowatości jak i przepuszczalności różnią się w znacznym stopniu pomiędzy poszczególnymi otworami. A dokładnie średnią wartością z badań laboratoryjnych rdzeni pobranych z interwału kolektora P1. Różnica ta wynika z struktury otrzymanych rdzeni, gdyż w niektórych przypadkach uległy one zniszczeniu w czasie badań i to spowodowało zaniżenie określanych wartości. Złoże ograniczone jest w części stropowej warstwą ekranującą anhydrytu oraz wapieni cechsztyńskich, natomiast granica gaz – woda wyznaczona została w głębokości – 2861,1 m (Dudek i in., 1990).

Powierzchnia stropowa złoża Piekary została przedstawiona na ogólnej mapie czerwonego spągowca (**Fig. 1.1.22\_9**) wraz ze wszystkimi złożami, które umieszczono w niniejszej pracy.

**Tabela 1.1.22\_13** Średnia porowatość i przepuszczalność w wybranych odwiertach [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość<br>n.p.m | Głębokość<br>całkowita<br>[m] | Porowatość<br>[%] | Przepuszczalność<br>[mD] |
|-----|----------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------|
|     |                | X                    | Y         |                   |                               |                   |                          |
| 1   | Piekary 3      | 493777,86            | 335087,45 | 83,46             | 2970                          | 10,67             | 35,103                   |
| 2   | Piekary 7      | 494925,08            | 333328,87 | 83                | 3033                          | 17,98             | 195,214                  |
| 3   | Szewce 1A      | 495558,54            | 331286,76 | 84                | 3001                          | 12,64             | 66,572                   |
| 4   | Szewce 4       | 496885,32            | 329165,62 | 79,8              | 2893,5                        | 10,61             | 33,587                   |
| 5   | Buk 2          | 494972,97            | 328987,01 | 78,41             | 3195,7                        | 10,98             | 73,312                   |
| 6   | Buk 3          | 494344,16            | 327631,85 | 75,78             | 3168,5                        | 12,67             | 146,497                  |



|   |        |           |           |       |      |       |         |
|---|--------|-----------|-----------|-------|------|-------|---------|
| 7 | Buk 5  | 495655,04 | 327007,6  | 76,3  | 2894 | 19,44 | 457,946 |
| 8 | Buk 6  | 496453,91 | 326681,39 | 76,95 | 2900 | 14,50 | 120,572 |
| 9 | Buk 20 | 505025,08 | 327802,37 | 80,92 | 2811 | 9,72  | 1,257   |

Podstawowe parametry odwiertów umieszczono w tabeli poniżej (**Tabela 1.1.22\_14**) zwracając szczególną uwagę na kolektor czerwonego spągowca oraz warstwy ekranujące złożę. Dodatkowo umieszczono również odwierty sąsiadujące ze złożem wraz z tymi samymi parametrami.

**Tabela 1.1.22\_14** Stratygrafia czerwonego spągowca wybranych odwiertów ze złoża Piekary i okolic [materiały PIG-PIB], [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Anhydryt dolny |        | Wapień cechsztyński |        | Łupek miedzionośny |        | Czerwony spągowiec |        |       |      |                  |   | Karbon |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------------|--------|---------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|-------|------|------------------|---|--------|
|     |                |                      |           |                |                         | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg   | Sakson             |        | Autun |      |                  |   |        |
|     |                | strop                | spąg      |                |                         |                |        |                     |        |                    |        | strop              | spąg   | strop | spąg | G. seria osadowa |   |        |
| X   | Y              | strop                | spąg      | strop          | spąg                    | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg   | strop              | spąg   | strop | spąg | strop            |   |        |
| 1   | Piekary 2      | 494641.00            | 334664.53 | 83.92          | 2945                    | 2608.5         | 2940.0 | -                   | -      | 2940.0             | 2941.0 | 2941.0             | -      | -     | -    | -                | - | -      |
| 2   | Piekary 3      | 493777.86            | 335087.45 | 83.46          | 2970                    | 2825.5         | 2947.5 | 2947.5              | -      | -                  | 2949.0 | 2949.0             | -      | -     | -    | -                | - | -      |
| 3   | Piekary 7      | 494925.08            | 333328.87 | 83             | 3033                    | 2805.0         | 2952.5 | 2952.5              | 2953.5 | -                  | -      | 2953.5             | -      | -     | -    | -                | - | -      |
| 4   | Szewce 1A      | 495558.54            | 331286.76 | 84             | 3001                    | 2763.0         | 2900.0 | 2900.0              | 2900.5 | -                  | -      | 2900.5             | -      | -     | -    | -                | - | -      |
| 5   | Szewce 2A      | 497293.99            | 328971.29 | 81             | 3010                    | 2772.5         | 2918.0 | 2918.0              | -      | -                  | 2918.5 | 2918.5             | -      | -     | -    | -                | - | -      |
| 6   | Szewce 3       | 496710.72            | 329746.98 | 81.33          | 2887                    | 2747.0         | 2882.5 | 2882.5              | 2884.0 | -                  | -      | 2884.0             | -      | -     | -    | -                | - | -      |
| 7   | Szewce 4       | 496885,32            | 329165,62 | 79.8           | 2893.5                  | 2757.5         | 2889.0 | 2889.0              | -      | -                  | 2890.0 | 2890.0             | -      | -     | -    | -                | - | -      |
| 8   | Buk 2          | 494972.97            | 328987.01 | 78.41          | 3195.7                  | 2782.0         | 2903.5 | 2903.5              | 2905.0 | -                  | -      | 2905.0             | 3176.0 | -     | -    | 3176.0           | - | -      |
| 9   | Buk 3          | 494344.16            | 327631.85 | 75.78          | 3168.5                  | 2774.0         | 2867.5 | 2867.5              | 2871.0 | -                  | -      | 2871.0             | 3150.0 | -     | -    | 3150.0           | - | -      |
| 10  | Buk 5          | 495655.04            | 327007.6  | 76.3           | 2894                    | 2699.0         | 2756.0 | 2756.0              | 2884.0 | -                  | -      | 2884.0             | -      | -     | -    | -                | - | -      |

## Złoże Strzępiń

Złoże to znajduje się nieopodal złoży Niemierzyce oraz Grodzisk, zostało odkryte w 1982 roku otworem Strzępiń 1, w którym nawiercono utwory czerwonego spągowca – saksonu na głębokości 2837,5 m. Eksploatację rozpoczęto w lipcu 1987 roku. Jest to złoże o bardzo małej powierzchni, bo 0,39 km<sup>2</sup>, w którym akumulacja gazu występuje w przystropowej, bardzo cienkiej partii utworów saksonu budujących niewielkie płaskie wyniesienie. Złoże jest typu masywowego, o wysokości zaledwie 4,5 m, przy czym sama pułapka ma ponad 20 m wysokości (Dudek i in., 1990).

Na skały budujące kolektor złoży składają się piaskowce jasno szare, drobnoziarniste z odcieniem różowym, o spoiwie ilastym z domieszką wapnistego, bez wyraźnego warstwowania. Skały zbiornikowe charakteryzują się dużą zmiennością własności w profilu. W stropie (ok. 1,5 m) piaskowce posiadają porowatość 15,7 – 18,4 %, niżej 4,95 – 7,15 %. Przepuszczalność stropowej partii nie była oznaczona, natomiast w niższej partii wynosi 0,84 – 1,14 mD (Dudek i in., 1990).

Górną granicę złoży stanowi strop czerwonego spągowca ekranowany od góry warstwami nieprzepuszczalnymi anhydrytu oraz wapienia cechsztyńskiego z domieszkami łupku miedzionośnego. Dolną granicę określa kontur gaz – woda wyznaczony w głębokości – 2764,5 m.

Średnia porowatość złoży Strzępiń wynosi 11,10 %, natomiast przepuszczalność tego rejonu nie jest wielka i waha się w granicach kilku mD. W Tabeli 1.1.22\_15 ujęto tylko jeden odwiert, który został wykonany na opisywanym obszarze. Został on odwiercony w strefie przykonturowej i jego parametry, szczególnie przepuszczalności odbiegają nieco od średniej wartości dla całego złoży.

**Tabela 1.1.22\_15** Średnia porowatość i przepuszczalność w wybranych odwiertach [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość<br>n.p.m | Głębokość<br>całkowita<br>[m] | Porowatość<br>[%] | Przepuszczalność<br>[mD] |
|-----|----------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------|
|     |                | X                    | Y         |                   |                               |                   |                          |
| 1   | Strzępiń 2     | 491075,22            | 330538,37 | 77,5              | 3074                          | 11,83             | 45,725                   |

W związku z niewielką powierzchnią złoży i stosunkowo dobrym rozpoznaniem wykonano tylko dwa odwierty, z czego drugi znalazł się już poza strefą gazową. W tym przypadku dalsze rozwiercanie złoży nie miałyby sensu. Podstawowe parametry wraz z częściową stratygrafią (czerwony spągowiec i warstwa nadkładu) wykonanych odwiertów zebrano w Tabeli 1.1.22\_16.

**Tabela 1.1.22\_16** Stratygrafia czerwonego spągowca odwiertów ze złoża Strzępiń [materiały PIG-PIB], [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Anhydryt dolny |        | Wapień cechsztyński |        | Łupek miedzionośny |      | Czerwony spągowiec |        |               |   |       |   | Karbon |   |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------------|--------|---------------------|--------|--------------------|------|--------------------|--------|---------------|---|-------|---|--------|---|
|     |                |                      |           |                |                         | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg | Sakson             |        | Autun         |   |       |   |        |   |
|     |                | strop                | spąg      |                |                         |                |        |                     |        |                    |      | G. seria osadowa   |        | Seria wylewna |   | strop |   |        |   |
| 1   | Strzępiń 1     |                      |           | 491503.52      | 331028,08               | 77.5           | 2842   | 2732.0              | 2837.5 | 2837.5             | -    | -                  | 2837.5 | 2837.5        | - |       | - | -      | - |
| 2   | Strzępiń 2     | 491075.22            | 330538.37 | 77.5           | 3074                    | 2811.5         | 2841.5 | 2841.5              | 2845.0 | -                  | -    | 2845.0             | -      | -             | - | -     | - | -      | - |

## Złoże Niemierzyce

Złoże to leży w północnej części niecki poznańskiej, niedaleko złoża Grodzisk i na wschód od złoża Strzępiń. Podobnie jak kilka wcześniej opisywanych złóż posiada niewielką powierzchnię 1,04 km<sup>2</sup>, a jego eksploatację rozpoczęto w lipcu 1987 roku. Złoże gazu Niemierzyce rozpoznano pod względem geologicznym czterema odwiertami, z tym, że tylko odwiert Niemierzyce 1 uzyskał przyływ gazu. Odwiert Niemierzyce 3 znalazł się w strefie przykonturowej uzyskując w trakcie prób bardzo mały przyływ gazu. Natomiast odwierty Niemierzyce 2 i 4 znalazły się całkowicie poza konturem (Dudek i in., 1990).

Złoże to jest typu masywowego, którego granicę stanowią, w strefie stropowej skały nadkładu (anhydryty, wapień cechsztyński, łupek miedzionośny), natomiast w strefie spągu kontur gaz – woda znajdujący się na głębokości – 2776,5 m. Skała kolektora zbudowana jest z piaskowców szarych i blade różowych, niezbyt zwięzłych o spoiwie ilasto-żelazistym, miejscami wapnistym. W spągu występują piaskowce ceglano-czerwone, drobnoziarniste, rozsypliwie. Wysokość złoża jest dość duża w stosunku do złóż sąsiadujących i wynosi 19,5 m, natomiast miąższość efektywna skał zbiornikowych wynosi maksymalnie 10,5 m gdyż występują tu partie pozbawione cech kolektorskich (Dudek i in., 1990).

Porowatość, jaka została obliczona dla całego złoża wynosi około 10,70 %, natomiast przepuszczalność kształtuje się na poziomie 12,30 mD (Piesik, 2004). Wyniki badań laboratoryjnych porowatości i przepuszczalności, jakie zostały wykonane na pobranych rdzeniach z odwiertów Niemierzyce 1 i 4 umieszczono w **Tabeli 1.1.22\_17** [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]. Są to średnie wartości odwiertowe ze wszystkich badań poziomu kolektora P1. W niektórych przypadkach w czasie badań próbka uległa zniszczeniu i nie określono jej parametrów, co może powodować obniżenie wyników. Różnice wartości pomiędzy tymi dwoma odwiertami mogą wynikać z tego, że jeden odwiert jest umiejscowiony w złożu, a drugi znajduje się poza strefą odwiertową.

**Tabela 1.1.22\_17** Średnia porowatość i przepuszczalność w wybranych odwiertach [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Porowatość [%] | Przepuszczalność [mD] |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------------|-----------------------|
|     |                | X                    | Y         |                |                         |                |                       |
| 1   | Niemierzyce 1  | 490260,41            | 333146,07 | 80,09          | 2974                    | 3,59           | 0,218                 |
| 2   | Niemierzyce 4  | 491453,36            | 332571,35 | 81,26          | 2970                    | 16,16          | 127,263               |

W celu przedstawienia kolektora czerwonego spągowca zebrano część informacji odwiertowych i umieszczono je w **Tabeli 1.1.22\_18**. Jak wynika z zebranych danych, żaden z wykonanych odwiertów nie przewiercił całej miąższości czerwonego spągowca nawiercając strop karbonu.

**Tabela 1.1.22\_18** Stratygrafia czerwonego spągowca odwiertów ze złoża Niemierzyce [materiały PIG-PIB], [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość<br>n.p.m | Głębokość<br>całkowita<br>[m] | Anhydryt dolny |        | Wapień<br>cechszyński |      | Łupek<br>miedzionośny |        | Czerwony spągowiec |      |       |      |                  |      | Karbon |
|-----|----------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------------------------|----------------|--------|-----------------------|------|-----------------------|--------|--------------------|------|-------|------|------------------|------|--------|
|     |                |                      |           |                   |                               | strop          | spąg   | strop                 | spąg | strop                 | spąg   | Sakson             |      | Autun |      |                  |      |        |
|     |                | strop                | spąg      |                   |                               |                |        |                       |      |                       |        | strop              | spąg | strop | spąg | G. seria osadowa |      |        |
| X   | Y              | strop                | spąg      | strop             | spąg                          | strop          | spąg   | strop                 | spąg | strop                 | spąg   | strop              | spąg | strop | spąg | strop            | spąg |        |
| 1   | Niemierzyce 1  | 490260.41            | 333146.07 | 80.09             | 2974                          | 2728.0         | 2836.5 | -                     | -    | 2836.5                | 2837.5 | 2837.5             | -    | -     | -    | -                | -    | -      |
| 2   | Niemierzyce 2  | 489498.96            | 333616.26 | 77.65             | 2916                          | 2760.0         | 2858.5 | 2858.5                | -    | -                     | 2860.0 | 2860.0             | -    | -     | -    | -                | -    | -      |
| 3   | Niemierzyce 3  | 489998.65            | 332551.56 | 77.5              | 2974                          | 2801.5         | 2849.5 | 2849.5                | -    | -                     | 2850.5 | 2850.5             | -    | -     | -    | -                | -    | -      |
| 4   | Niemierzyce 4  | 491453.36            | 332571.35 | 81.26             | 2970                          | 2765.0         | 2864.0 | 2864.0                | -    | -                     | 2865.0 | 2865.0             | -    | -     | -    | -                | -    | -      |

## Złoże Strykowo

Złoże Strykowo znajduje się w odległości około 2,5 km na południowy zachód od złoża Starych Stryków i na wschód od złoża Piekary. Zostało ono odkryte w 1980 roku otworem Strykowo 1, natomiast prace eksploatacyjne rozpoczęto w lutym 1983 roku. Złoże to ma kształt kopuły zbliżonej w zarysie do kształtu kolumny. Cała struktura wynosi około 45 m, zaś wysokość złoża około 7,5 m. Skałami zbiornikowymi są szare, drobnoziarniste, średniozwięzłe, z licznymi smugami i laminami piaskowca średnio i gruboziarnistego (Dudek i in., 1990).

Złoże zalega na głębokości około 2900 m, a granica gaz – woda została przyjęta w głębokości około 2980 m. Średnia porowatość, jaka została określona w odwiertach metodą geofizyczną wynosiła 16,5%. Średnia przepuszczalność kolektora złożowego ustalono ją na poziomie 16 % (Dudek i in., 1990). Średnia przepuszczalność kolektora złożowego wynosi około 10,20 mD (Piesik, 2004). W Tabeli 1.1.22\_19 przedstawiono wyniki badań na rdzeniach opisywanego złoża.

**Tabela 1.1.22\_19** Średnia porowatość i przepuszczalność w wybranych odwiertach [materialne dane z Oddziału w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Porowatość [%] | Przepuszczalność [mD] |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------------|-----------------------|
|     |                | X                    | Y         |                |                         |                |                       |
| 1   | Strykowo 1     | 489951,95            | 338184,1  | 81,17          | 2908,3                  | 8,15           | 10,20                 |
| 2   | Strykowo 4     | 490524,63            | 338109,1  | 85             | 3000                    | 19,13          | 10,20                 |
| 3   | Strykowo 6     | 491369,24            | 337081,26 | 75             | 2987                    | 17,05          | 10,20                 |

W Tabeli 1.1.22\_20 zebrano część odwiertów, jakie zostały wykonane na opisywanym złożu. Przedstawiono interesujące dane odnośnie kolektora P1. Niestety żaden z przedstawionych odwiertów nie osiągnął spągu warstwy czerwonego spągowca dowiercając się do stropu karbonu. Nie jest to dokładne określenie miąższości całkowitej warstwy kolektora.



**Tabela 1.1.22\_20** Stratygrafia czerwonego spągowca odwiertów ze złoża Strykowo [materiały PIG-PIB], [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Anhydryt dolny |        | Wapień cechsztyński |        | Łupek miedzionośny |        | Czerwony spągowiec |      |       |      |                  |      | Karbon |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------------|--------|---------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|------|-------|------|------------------|------|--------|
|     |                |                      |           |                |                         | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg   | Sakson             |      | Autun |      |                  |      |        |
|     |                | strop                | spąg      |                |                         |                |        |                     |        |                    |        | strop              | spąg | strop | spąg | G. seria osadowa |      |        |
| X   | Y              | strop                | spąg      | strop          | spąg                    | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg   | strop              | spąg | strop | spąg | strop            | spąg |        |
| 1   | Strykowo 1     | 489951.95            | 338184.1  | 81.17          | 2908.3                  | 2800.5         | 2900.7 | 2900.7              | 2901.0 | -                  | -      | 2901.0             | -    | -     | -    | -                | -    | -      |
| 2   | Strykowo 2     | 490150.92            | 339140.38 | 83.3           | 2920.7                  | 2798.0         | 2911.7 | 2911.7              | -      | -                  | 2912.0 | 2912.0             | -    | -     | -    | -                | -    | -      |
| 3   | Strykowo 3     | 489701.36            | 339656.97 | 83             | 3003                    | 2798.5         | 2927.5 | 2927.5              | -      | -                  | 2928.5 | 2928.5             | -    | -     | -    | -                | -    | -      |
| 4   | Strykowo 4     | 490524.63            | 338109.1  | 85             | 3000                    | 2754.5         | 2909.5 | 2909.5              | -      | -                  | 2911.0 | 2911.0             | -    | -     | -    | -                | -    | -      |
| 5   | Strykowo 6     | 491369.24            | 337081.26 | 75             | 2987                    | 2885.0         | 2924.0 | 2924.0              | -      | -                  | 2926.0 | 2926.0             | -    | -     | -    | -                | -    | -      |

## Złoże Stęszew

Złoże Stęszew znajduje się na północny-wschód od wcześniej opisywanego złoża Strykowo. Zostało ono odkryte w 1979 roku odwiertem Stęszew 4, natomiast eksploatację rozpoczęto w lutym 1983 roku. Do końca 1984 roku wszystkie ówczesnie wykonane odwierty eksploatowały gaz z niewielką ilością wody. Akumulacja gazu tego złoża występuje w stropowej partii utworów saksonu, które budują kopułę o trójkątnym kształcie (Dudek i in., 1990). Wysokość tej struktury jest rzędu 40 m, natomiast miąższość wynosi około 20 m (Piesik, 2004).

Złoże Stęszew występuje na głębokości w przybliżeniu 2930 m, ograniczone jest ono, w części stropowej warstwami ekranującymi (anhydryt), a jego granica gaz – woda występuje w głębokości – 2872,5 m (Dudek i in., 1990).

Skałami zbiornikowymi są piaskowce szare, różnoziarniste, niekiedy przechodzące w piaskowce zlepieńcowate (Dudek i in., 1990). Porowatość tych piaskowców jest dość dobra i kształtuje się średnio na poziomie 16,60 %, przepuszczalność średnia natomiast dla całego złoża wynosi około 80,20 mD (Warnecki, 2008).

Z odwiertów, znajdujących się w strefie złożowej, które zostały przedstawione w **Tabeli 1.1.22\_21** tylko jeden z nich (Stęszew – 2) przewiercił całą miąższość czerwonego spągowca i dotarł do stropu karbonu. Pozostałe nawiercają jedynie górne partie kolektora. W tabeli umieszczono również odwierty, które znajdują się w najbliższej okolicy opisywanego złoża. Zdobycie danych odnośnie ich stratygrafii było niezbędne w celu wygenerowania mapy stropu czerwonego spągowca (**Fig. 1.1.22\_9**).

**Tabela 1.1.22\_21** Stratygrafia czerwonego spągowca wybranych odwiertów ze złoza Stęszew i okolic [materiały PIG-PIB], [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |           | Wysokość n.p.m | Głębokość całkowita [m] | Anhydryt dolny |        | Wapień cechsztyński |        | Łupek miedzionośny |        | Czerwony spągowiec |        |       |      |       |        | Karbon |
|-----|----------------|----------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------------|--------|---------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|-------|------|-------|--------|--------|
|     |                |                      |           |                |                         |                |        |                     |        |                    |        | Sakson             |        | Autun |      |       |        |        |
|     |                | X                    | Y         |                |                         | strop          | spąg   | strop               | spąg   | strop              | spąg   | strop              | spąg   | strop | spąg | strop | spąg   |        |
| 1   | Stęszew 2      | 492938.67            | 338469.66 | 82             | 3283                    | 2815.5         | 2949.5 | 2949.5              | 2950.0 | -                  | -      | 2950.0             | 3269.0 | -     | -    | -     | -      | 3269.0 |
| 2   | Stęszew 4      | 493036.03            | 341699.11 | 75.51          | 3044                    | 2804.0         | 2919.0 | 2919.0              | -      | -                  | 2920.0 | 2920.0             | -      | -     | -    | -     | -      | -      |
| 3   | Stęszew 5      | 492619.33            | 340813.97 | 80.16          | 2938                    | 2846.0         | 2934.0 | 2934.0              | 2935.2 | -                  | -      | 2935.2             | -      | -     | -    | -     | -      | -      |
| 4   | Stęszew 7      | 495636.11            | 341592.94 | 82.5           | 3101                    | 2849.5         | 2998.5 | 2998.5              | -      | -                  | 3000.0 | 3000.0             | -      | -     | -    | -     | -      | -      |
| 5   | Stęszew 8      | 493144.2             | 341113.12 | 77.94          | 2937                    | 2785.0         | 2933.0 | 2933.0              | -      | -                  | 2934.0 | 2934.0             | -      | -     | -    | -     | -      | -      |
| 6   | Stęszew 9      | 491953.54            | 340907.29 | 82.5           | 3005                    | 2810.0         | 2955.0 | 2955.0              | 2956.0 | -                  | -      | 2956.0             | -      | -     | -    | -     | -      | -      |
| 7   | Zamysłowo 1    | 489209.82            | 342908.01 | 81             | 3060                    | 2806.0         | 2948.5 | 2948.5              | 2949.0 | -                  | -      | 2949.0             | -      | -     | -    | -     | -      | -      |
| 8   | Zamysłowo 2    | 489932.74            | 342073.97 | 83             | 3000                    | 2755.0         | 2914.0 | 2914.0              | -      | -                  | 2914.5 | 2914.5             | -      | -     | -    | -     | -      | -      |
| 9   | Głuchowo 2     | 484728.9             | 343391.21 | 77             | 2939                    | 2743.5         | 2858.0 | 2858.0              | 2859.0 | -                  | -      | 2859.0             | -      | -     | -    | -     | -      | -      |
| 10  | Borowo 1       | 479673.84            | 343381.67 | 75             | 3021                    | 2652.5         | 2751.0 | 2751.0              | 2752.0 | -                  | -      | 2752.0             | -      | -     | -    | -     | 3016.0 | 3016.0 |
| 11  | Borowo 4       | 482965.2             | 344514.97 | 79.28          | 2924                    | 2703.5         | 2808.5 | 2808.5              | 2809.5 | -                  | -      | 2809.5             | -      | -     | -    | -     | -      | -      |

## Zebranie i podsumowanie podstawowych parametrów złóż w obrębie niecki poznańskiej

**Tabela 1.1.22\_22** Główne złoża opisywanego fragmentu niecki poznańskiej [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze], (Piesik, 2004), (Dudek i in., 1990)

| Lp. | Nazwa złoża         | Miąższość lub wysokość złoża [m] | Porowatość [%]           |                           | Przepuszczalność [mD] | Powierzchnia złoża [km <sup>2</sup> ] | Ciśnienie złożowe [MPa] | Temperatura złożowa [°C] | Głębokość zalegania wody podścielającej [m] |
|-----|---------------------|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------|---|
|     |                     |                                  | wg badań laboratoryjnych | wg pomiarów geofizycznych |                       |                                       |                         |                          |   |
| 1   | Bukowiec            | 22,23                            | 11,38                    | 12,06                     | 47,35                 | 6,62                                  | 30,87                   | 102                      | - 2729                                      |
| 2   | Ujazd               | 23,20                            | 10,70                    | 11,48                     | 2,51 – 116,92         | 11,56                                 | 29,65                   | 102                      | - 2628                                      |
| 3   | Grodzisk            | 11,70                            | 11,5                     |                           | 46,40                 | 6,25                                  | 30,70                   | 95                       | - 2709,5                                    |
| 4   | Cicha Góra - Paproć | 16,44                            | 8,71                     | 8,44                      | 11,19                 | 10,87                                 | 29,67                   | 98                       | - 2630                                      |
| 5   | Sątopy              | 4,00                             | 11,20                    |                           | 114,20                | 2,26                                  | 31,44                   | 101                      | -2758                                       |
| 6   | Kopanki W           | 22,0                             | 14,22                    | 14,00                     | 386,40                | 1,60                                  | 30,98                   | 97                       | -2722                                       |
| 7   | Porażyn             | 16,0                             | 12,51                    |                           | 78,40                 | 2,30                                  | 31,15                   | 96                       | - 2741                                      |
| 8   | Łagwy               | 13,5                             | 8,74                     |                           | 17,73                 | 1,01                                  | 31,95                   | 107                      | - 2858                                      |
| 9   | Szewce E            | 16,0                             | 11,60                    |                           | 64,89                 | 0,56                                  | 31,72                   | 101                      | - 2833,5                                    |
| 10  | Piekary             | 4,0                              | 16,00                    |                           | 18,80                 | 1,16                                  | 32,14                   | 96                       | - 2861,1                                    |
| 11  | Strzępiń            | 4,5                              | 11,10                    |                           | 0,84 – 1,14           | 0,39                                  | 31,24                   | 100                      | - 2764,5                                    |
| 12  | Niemierzyce         | 10,5                             | 10,70                    |                           | 12,30                 | 1,04                                  | 31,33                   | 95                       | - 2776,5                                    |

|    |          |      |       |       |       |      |       |    |          |
|----|----------|------|-------|-------|-------|------|-------|----|----------|
| 13 | Strykowo | 7,5  | 16,00 | 13,20 | 10,20 | 2,44 | 32,27 | 88 | - 2846   |
| 14 | Stęszew  | 40,0 | 16,60 |       | 80,20 | 0,82 | 32,39 | 97 | - 2872,5 |
| 15 | Borowo   | 21,5 | 13,86 |       | 58,80 | 0,92 | 31,18 | 95 | - 2749   |
|    |          |      |       |       |       |      |       |    |          |

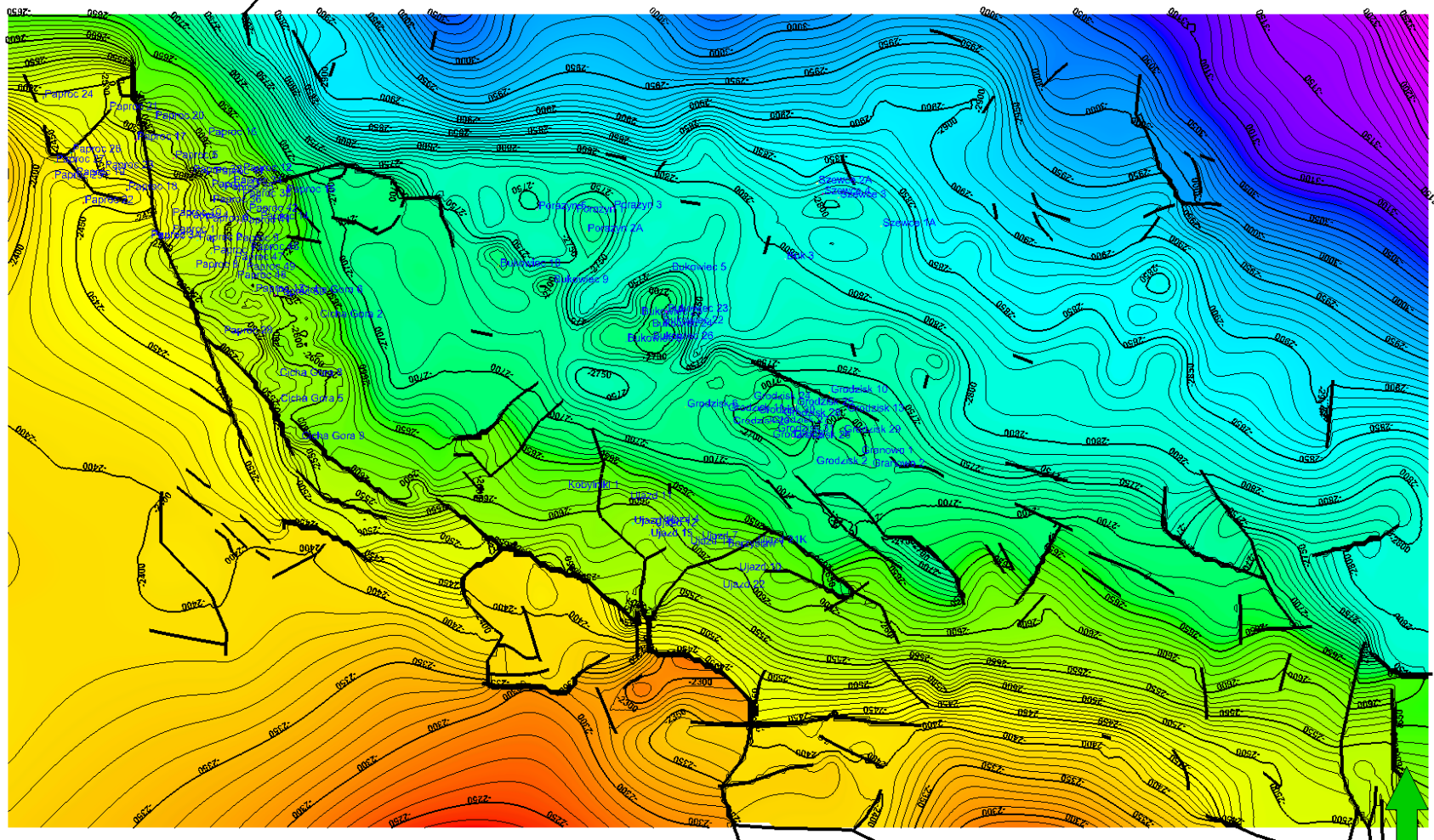


Fig. 1.1.22\_9 Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca rejonu niecki poznańskiej 2D (Petrel)

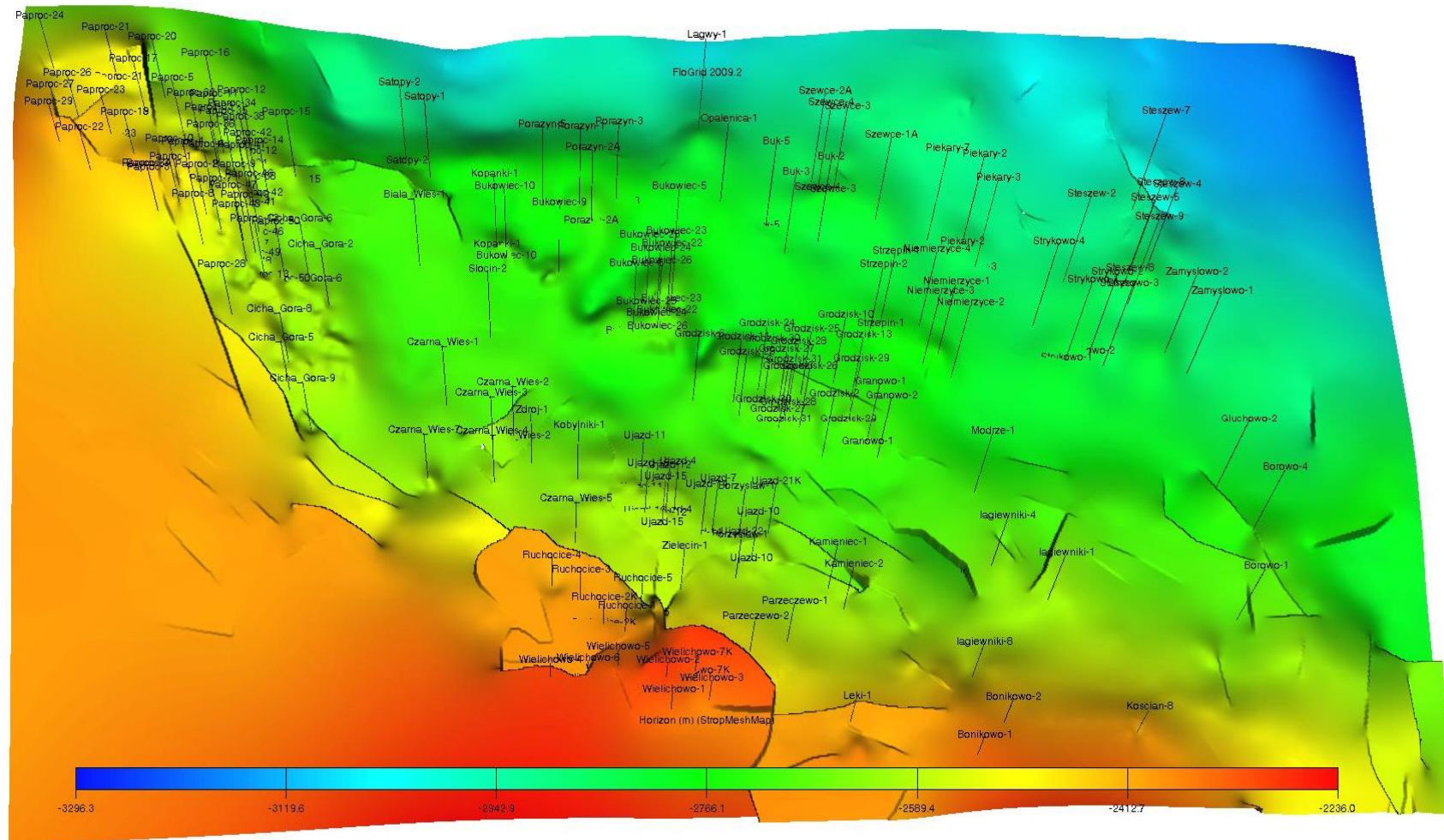


Fig. 1.1.22\_10 Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca rejonu niecki poznańskiej 3D

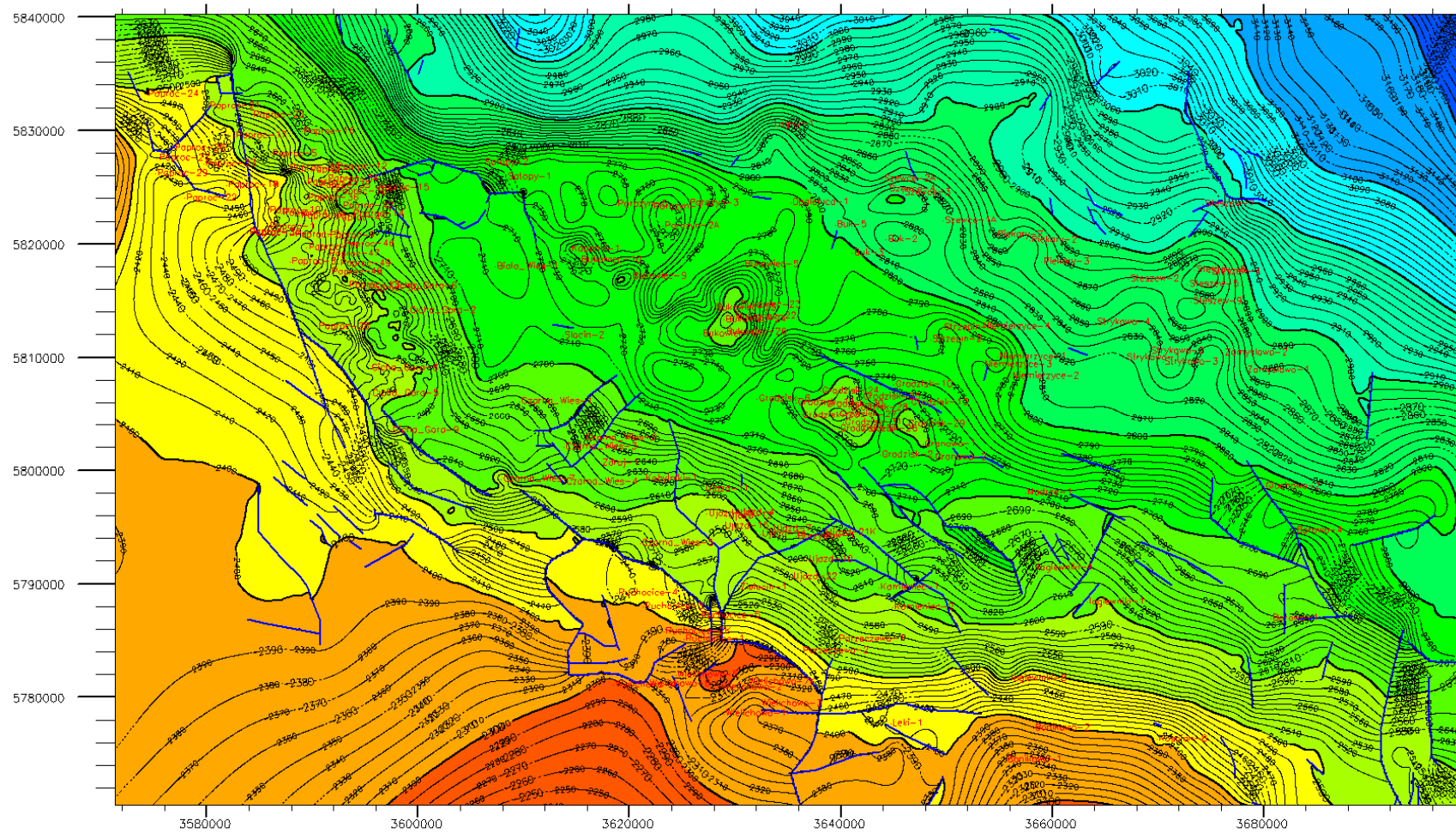


Fig. 1.1.22\_11 Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca rejonu niecki poznańskiej 2D (FlowGrid)



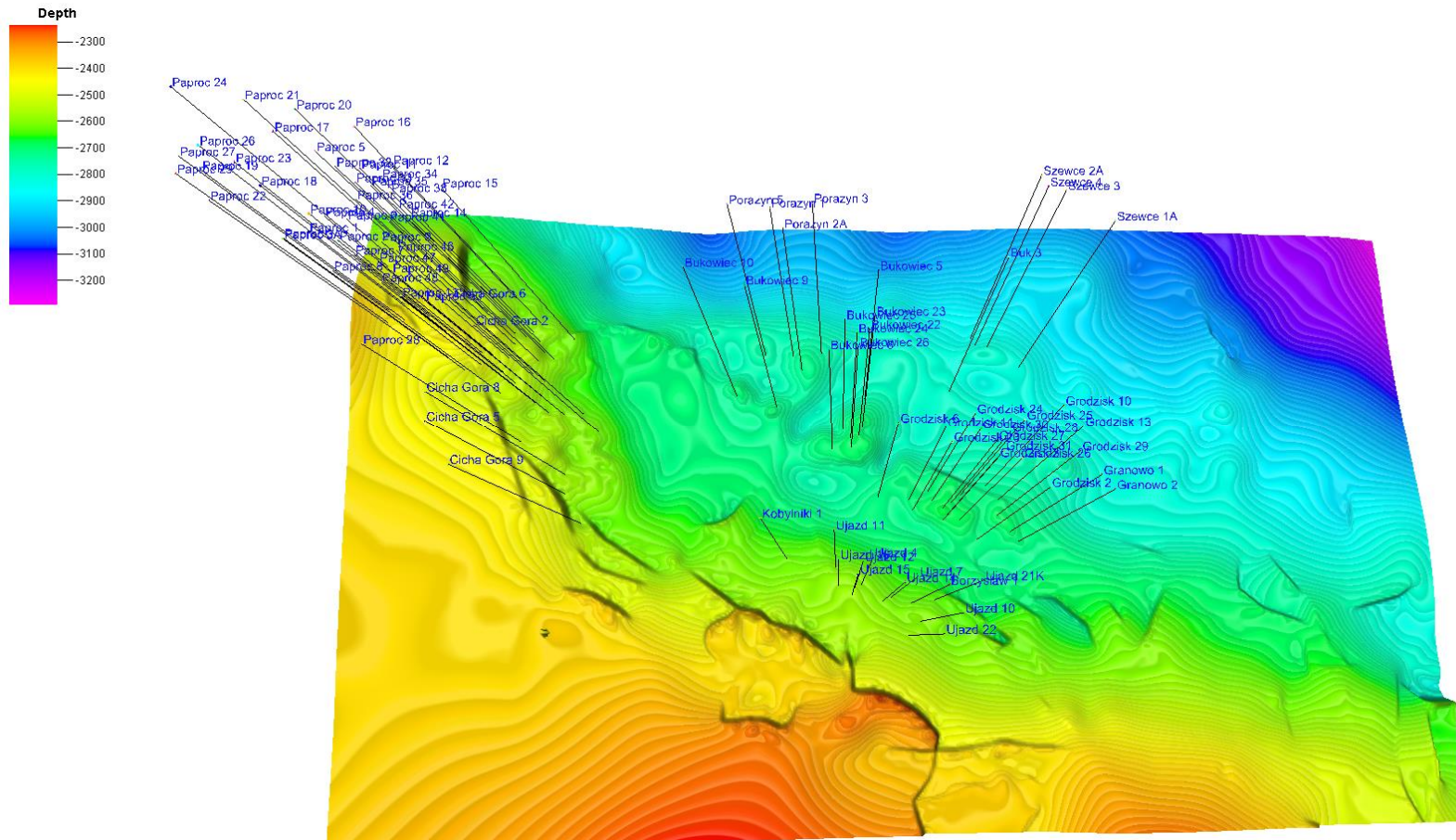


Fig. 1.1.22\_12 Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca rejonu niecki poznańskiej 3D

W celu wyznaczenia dokładnej porowatości i przepuszczalności opisywanego obszaru całą miąższość czerwonego spągowca podzielono na dziesięć warstw. Jednak ostatnią warstwę odrzucono ze względu, że występowała tylko w jednym odwiercie. Warstwy te charakteryzują się w całym obszarze zbliżonymi parametrami, zostały one wyznaczone na podstawie badań geofizycznych przeprowadzonych w odwiertach. Po przygotowaniu i połączeniu danych wygenerowano tabele dla poszczególnych warstw (**Tabela 1.1.22\_23, 24, 25** itd.), a w dalszej kolejności szereg map (np. **Fig. 1.1.22\_13, 14, 15** itd.) przedstawiających rozkłady porowatości i przepuszczalności dla fragmentu niecki poznańskiej.

**Tabela 1.1.22\_23** Dane potrzebne do wygenerowania mapy dotyczące warstwy nr 1 [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |            | Miąższość absolutna warstwy [m] | Porowatość średnia warstwy [-] | Przepuszczalność średnia warstwy [mD] |
|-----|----------------|----------------------|------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
|     |                | X                    | Y          |                                 |                                |                                       |
| 1   | Cicha Góra 2   | 3582991.15           | 5794560.60 | 1.25                            | 0.05328                        | 0.4822                                |
| 2   | Cicha Góra 5   | 3581513.18           | 5791396.93 | 2.1                             | 0.03777                        | 0.0745                                |
| 3   | Cicha Góra 8   | 3581482.90           | 5792364.84 | 1.6                             | 0.09516                        | 2.2081                                |
| 4   | Czarna Wieś 4  | 3589176.15           | 5787985.63 | 2.1                             | 0.05969                        | 0.412                                 |
| 5   | Czarna Wieś 5  | 3592174.04           | 5785644.70 | 1.5                             | 0                              | 0                                     |
| 6   | Czarna Wieś 7  | 3586688.90           | 5788088.16 | 2.1                             | 0.06054                        | 0.9892                                |
| 7   | Grodzisk 2     | 3601670.16           | 5789019.10 | 5.25                            | 0.0884                         | 3.628                                 |
| 8   | Grodzisk 4     | 3600740.0            | 5788810.0  | 15                              | 0.09264                        | 3.9333                                |
| 9   | Grodzisk 7     | 3599175.48           | 5790559.32 | 0.75                            | 0.1229                         | 6.524                                 |
| 10  | Grodzisk 9     | 3599050.47           | 5792059.34 | 1                               | 0.2034                         | 39.382                                |
| 11  | Grodzisk 13    | 3602828.30           | 5791032.41 | 3.75                            | 0.13706                        | 11.126                                |
| 12  | Grodzisk 24    | 3599307.50           | 5791486.20 | 6.5                             | 0.07383                        | 1.866                                 |
| 13  | Granowo 2      | 3603771.75           | 5788929.05 | 10.8                            | 0.09181                        | 3.351                                 |
| 14  | Paproć 5       | 3577549.40           | 5800526.70 | 1.5                             | 0.05255                        | 0.796                                 |
| 15  | Paproć 9       | 3579841.89           | 5797420.24 | 18                              | 0.05434                        | 0.852                                 |
| 16  | Paproć 11      | 3579056.18           | 5799927.30 | 0.5                             | 0.0409                         | 0.204                                 |
| 17  | Paproć 13      | 3580578.15           | 5795525.60 | 1                               | 0.04425                        | 0.483                                 |
| 18  | Paproć 15      | 3581748.15           | 5799246.59 | 0.75                            | 0.06065                        | 1.183                                 |

|    |              |            |            |       |         |         |
|----|--------------|------------|------------|-------|---------|---------|
| 19 | Parzęczewo 1 | 3599961.56 | 5781986.66 | 7     | 0.05703 | 0.3334  |
| 20 | Strykowo 4   | 3611250.54 | 5793327.65 | 0.75  | 0.09937 | 6.894   |
| 21 | Szewce 1A    | 3604157.09 | 5797979.64 | 0.75  | 0.13023 | 47.4625 |
| 22 | Ujazd 3      | 3594081.44 | 5786244.27 | 0.61  | 0.06605 | 0.3566  |
| 23 | Ujazd 6      | 3596635.46 | 5784959.25 | 14.75 | 0.06595 | 1.3147  |
| 24 | Ujazd 7      | 3597349.66 | 5786201.45 | 1.75  | 0.0789  | 2.0796  |
| 25 | Ujazd 8      | 3591050.41 | 5787434.27 | 5.5   | 0.06076 | 0.7989  |
| 26 | Ujazd 21K    | 3599447.13 | 5786049.66 | 5     | 0.12643 | 10.1662 |
| 27 | Zielęcín 1   | 3596063.27 | 5783950.26 | 2     | 0.06193 | 0.4916  |

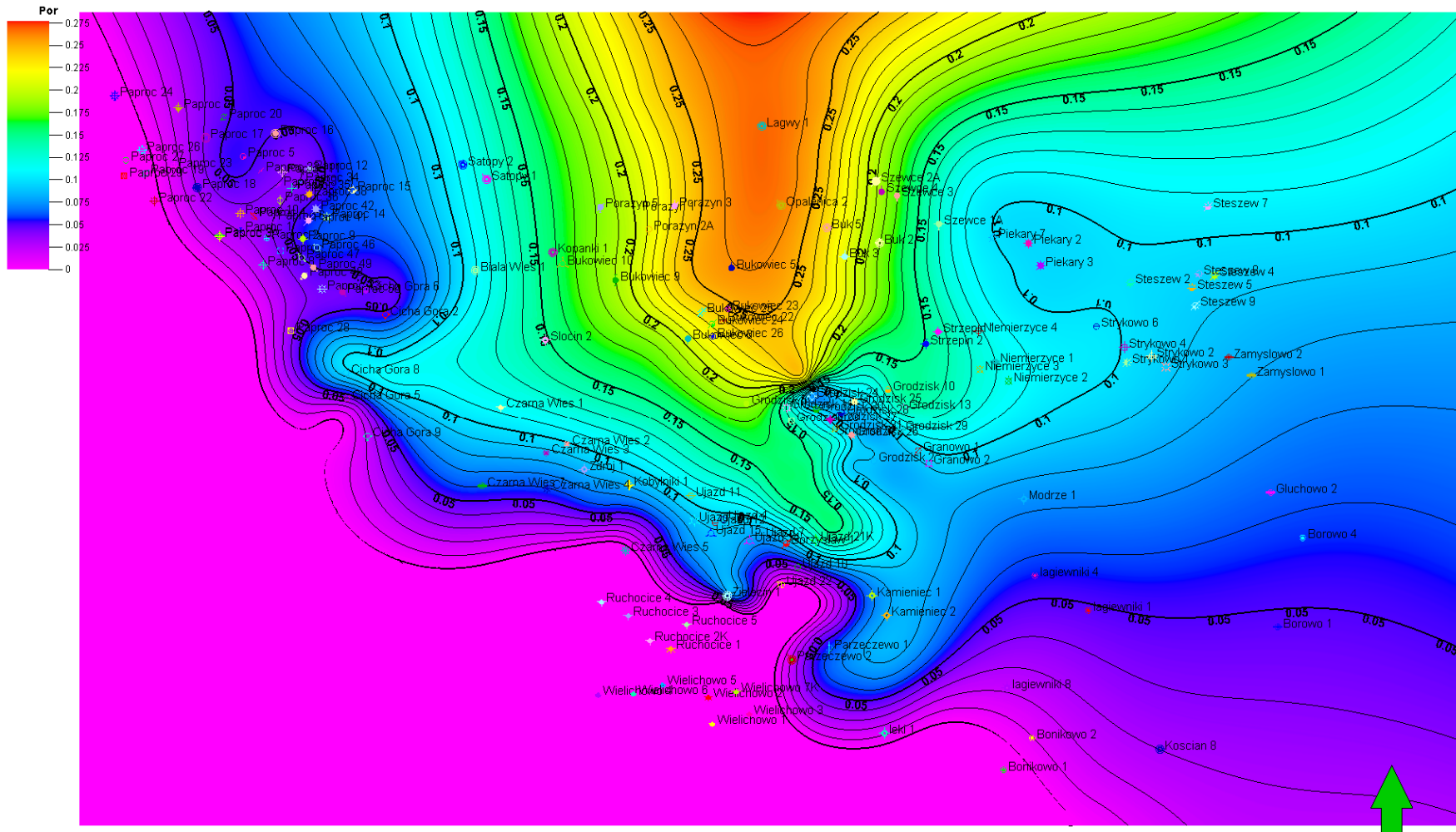


Fig. 1.1.22\_13 Mapa porowatości rejonu niecki poznańskiej dla warstwy nr 1

**Tabela 1.1.22\_24** Dane potrzebne do wygenerowania mapy dotyczące warstwy nr 2 [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |            | Miąższość<br>absolutna<br>warstwy<br>[m] | Porowatość<br>średnia warstwy<br>[-] | Przepuszczalność<br>średnia warstwy<br>[mD] |
|-----|----------------|----------------------|------------|--|--------------------------------------|---|
|     |                | X                    | Y          |  |                                      |   |
| 1   | Cicha Góra 2   | 3582991.15           | 5794560.60 | 33                                       | 0.07221                              | 1.583                                       |
| 2   | Cicha Góra 5   | 3581513.18           | 5791396.93 | 6  | 0.08984                              | 6.643                                       |
| 3   | Cicha Góra 8   | 3581482.90           | 5792364.84 | 2.5                                      | 0.14639                              | 14.3766                                     |
| 4   | Czarna Wieś 4  | 3589176.15           | 5787985.63 | 2.5                                      | 0.10534                              | 3.0714                                      |
| 5   | Czarna Wieś 5  | 3592174.04           | 5785644.70 | 4.5                                      | 0.06583                              | 0.6842                                      |
| 6   | Czarna Wieś 7  | 3586688.90           | 5788088.16 | 3  | 0.09614                              | 4.7631                                      |
| 7   | Grodzisk 2     | 3601670.16           | 5789019.10 | 8  | 0.15546                              | 16.573                                      |
| 8   | Grodzisk 4     | 3600740.0            | 5788810.0  | 9.1                                      | 0.14705                              | 14.535                                      |
| 9   | Grodzisk 7     | 3599175.48           | 5790559.32 | 5.75                                     | 0.17403                              | 23.619                                      |
| 10  | Grodzisk 9     | 3599050.47           | 5792059.34 | 11.75                                    | 0.20159                              | 38.023                                      |
| 11  | Grodzisk 13    | 3602828.30           | 5791032.41 | 18                                       | 0.19087                              | 31.546                                      |
| 12  | Grodzisk 24    | 3599307.50           | 5791486.20 | 5  | 0.09425                              | 4.343                                       |
| 13  | Granowo 2      | 3603771.75           | 5788929.05 | 11                                       | 0.13993                              | 10.999                                      |
| 14  | Paproć 5       | 3577549.40           | 5800526.70 | 8  | 0.06917                              | 1.525                                       |
| 15  | Paproć 9       | 3579841.89           | 5797420.24 | 9  | 0.14633                              | 16.474                                      |
| 16  | Paproć 11      | 3579056.18           | 5799927.30 | 9  | 0.09233                              | 2.28  |
| 17  | Paproć 13      | 3580578.15           | 5795525.60 | 8.5                                      | 0.07211                              | 2.229                                       |
| 18  | Paproć 15      | 3581748.15           | 5799246.59 | 6.25                                     | 0.07659                              | 3.33  |
| 19  | Parzęczewo 1   | 3599961.56           | 5781986.66 | 13                                       | 0.06896                              | 0.7503                                      |
| 20  | Strykowo 4     | 3611250.54           | 5793327.65 | 54                                       | 0.20331                              | 141.896                                     |
| 21  | Szewce 1A      | 3604157.09           | 5797979.64 | 66                                       | 0.14665                              | 65.9454                                     |
| 22  | Ujazd 3        | 3594081.44           | 5786244.27 | 1.98                                     | 0.06702                              | 0.4173                                      |
| 23  | Ujazd 6        | 3596635.46           | 5784959.25 | 3  | 0.15419                              | 18.102                                      |
| 24  | Ujazd 7        | 3597349.66           | 5786201.45 | 4  | 0.14635                              | 15.563                                      |

|    |            |            |            |      |         |        |
|----|------------|------------|------------|------|---------|--------|
| 25 | Ujazd 8    | 3591050.41 | 5787434.27 | 25   | 0.09981 | 3.809  |
| 26 | Ujazd 21K  | 3599447.13 | 5786049.66 | 15.5 | 0.1353  | 11.227 |
| 27 | Zielecin 1 | 3596063.27 | 5783950.26 | 13   | 0.11587 | 5.079  |

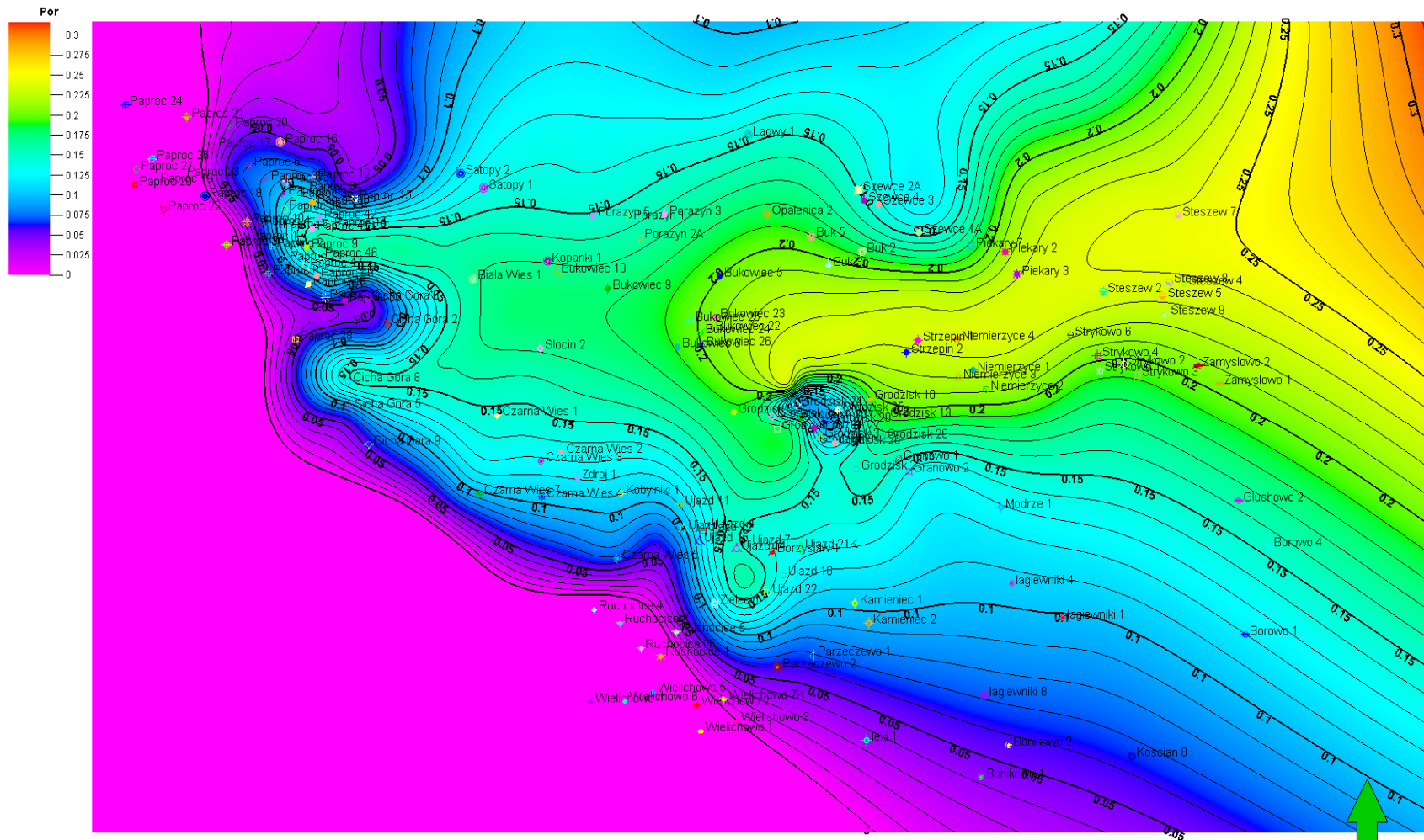


Fig. 1.1.22\_14 Mapa porowatości rejonu niecki poznańskiej dla warstwy nr 2

**Tabela 1.1.22\_25** Dane potrzebne do wygenerowania mapy dotyczące warstwy nr 3 [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |            | Miąższość<br>absolutna<br>warstwy<br>[m] | Porowatość<br>średnia warstwy<br>[-] | Przepuszczalność<br>średnia warstwy<br>[mD] |
|-----|----------------|----------------------|------------|--|--------------------------------------|---|
|     |                | X                    | Y          |  |                                      |   |
| 1   | Cicha Góra 2   | 3582991.15           | 5794560.60 | 5  | 0.04241                              | 0.245                                       |
| 2   | Cicha Góra 5   | 3581513.18           | 5791396.93 | 7  | 0.0544                               | 0.369                                       |
| 3   | Cicha Góra 8   | 3581482.90           | 5792364.84 | 4.5                                      | 0.09628                              | 4.9352                                      |
| 4   | Czarna Wieś 4  | 3589176.15           | 5787985.63 | 5  | 0.06764                              | 0.64  |
| 5   | Czarna Wieś 5  | 3592174.04           | 5785644.70 | 23                                       | 0.05402                              | 0.295                                       |
| 6   | Czarna Wieś 7  | 3586688.90           | 5788088.16 | 3.6                                      | 0.0639                               | 1.0039                                      |
| 7   | Grodzisk 2     | 3601670.16           | 5789019.10 | 9  | 0.12296                              | 9.387                                       |
| 8   | Grodzisk 4     | 3600740.0            | 5788810.0  | 6.4                                      | 0.14569                              | 15.296                                      |
| 9   | Grodzisk 9     | 3599050.47           | 5792059.34 | 29.5                                     | 0.09005                              | 3.665                                       |
| 10  | Grodzisk 13    | 3602828.30           | 5791032.41 | 4  | 0.11467                              | 6.924                                       |
| 11  | Grodzisk 24    | 3599307.50           | 5791486.20 | 5  | 0.0699                               | 1.516                                       |
| 12  | Granowo 2      | 3603771.75           | 5788929.05 | 10                                       | 0.12908                              | 8.631                                       |
| 13  | Paproć 5       | 3577549.40           | 5800526.70 | 18                                       | 0.0219                               | 0.0374                                      |
| 14  | Paproć 9       | 3579841.89           | 5797420.24 | 10                                       | 0.06767                              | 1.598                                       |
| 15  | Paproć 11      | 3579056.18           | 5799927.30 | 3  | 0.04581                              | 0.296                                       |
| 16  | Paproć 15      | 3581748.15           | 5799246.59 | 1  | 0.05708                              | 0.6631                                      |
| 17  | Parzęczewo 1   | 3599961.56           | 5781986.66 | 6  | 0.05997                              | 0.3593                                      |
| 18  | Strykowo 4     | 3611250.54           | 5793327.65 | 7  | 0.18128                              | 52.56                                       |
| 19  | Szewce 1A      | 3604157.09           | 5797979.64 | 3  | 0.10164                              | 30.4477                                     |
| 20  | Ujazd 3        | 3594081.44           | 5786244.27 | 36.42                                    | 0.05965                              | 0.2467                                      |
| 21  | Ujazd 6        | 3596635.46           | 5784959.25 | 2.5                                      | 0.08352                              | 2.696                                       |
| 22  | Ujazd 7        | 3597349.66           | 5786201.45 | 4  | 0.08595                              | 3.475                                       |
| 23  | Ujazd 8        | 3591050.41           | 5787434.27 | 4  | 0.07714                              | 1.378                                       |
| 24  | Ujazd 21K      | 3599447.13           | 5786049.66 | 15.5                                     | 0.09508                              | 4.102                                       |
| 25  | Zielęcín 1     | 3596063.27           | 5783950.26 | 13                                       | 0.08038                              | 1.3298                                      |



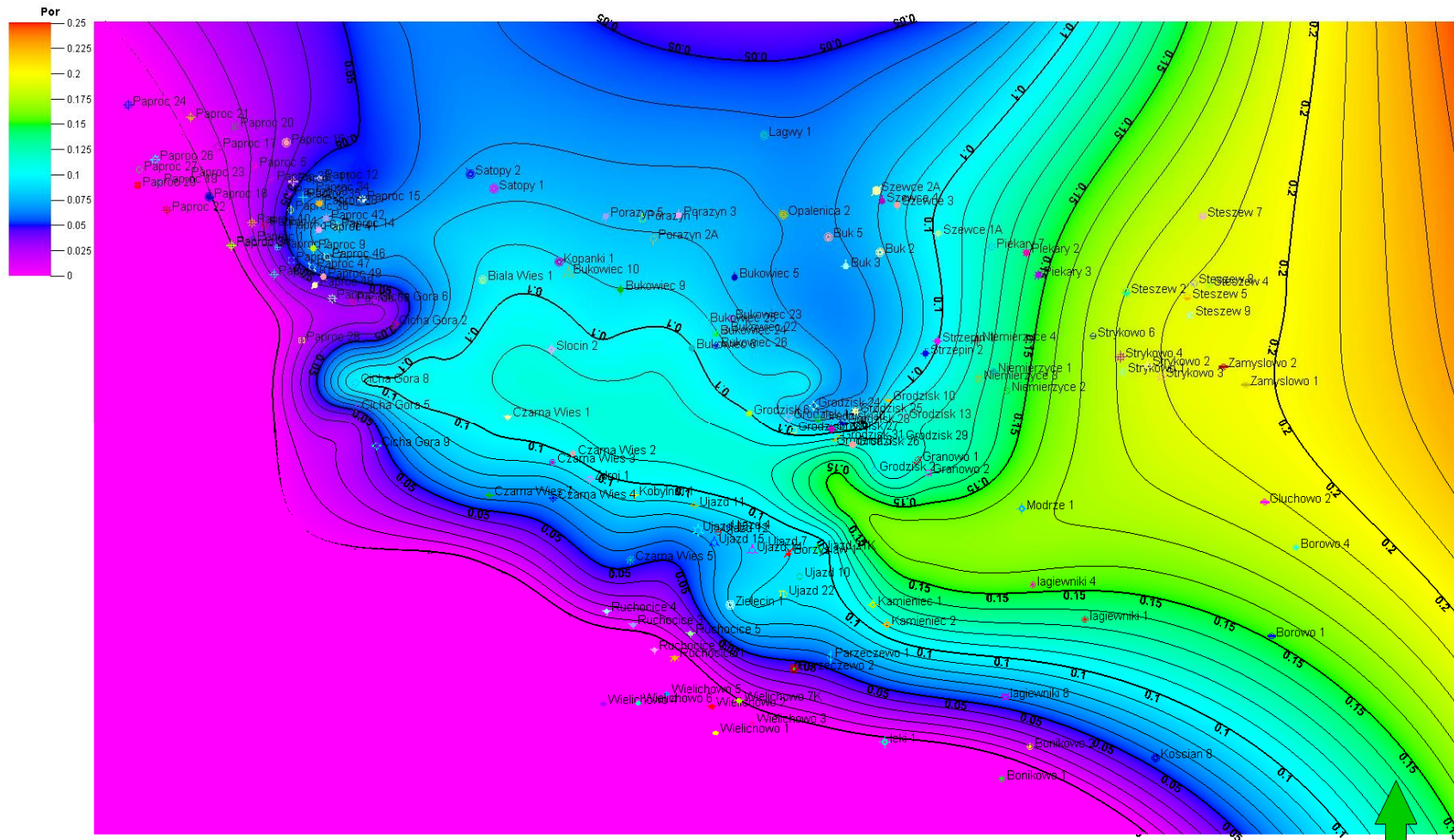


Fig. 1.1.22\_15 Mapa porowatości rejonu niecki poznańskiej dla warstwy nr 3

**Tabela 1.1.22\_26** Dane potrzebne do wygenerowania mapy dotyczące warstwy nr 4 [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |            | Miąższość<br>absolutna<br>warstwy<br>[m] | Porowatość<br>średnia warstwy<br>[-] | Przepuszczalność<br>średnia warstwy<br>[mD] |
|-----|----------------|----------------------|------------|--|--------------------------------------|---|
|     |                | X                    | Y          |  |                                      |   |
| 1   | Cicha Góra 2   | 3582991.15           | 5794560.60 | 20.25                                    | 0.06217                              | 1.0026                                      |
| 2   | Cicha Góra 5   | 3581513.18           | 5791396.93 | 24.5                                     | 0.08476                              | 2.806                                       |
| 3   | Cicha Góra 8   | 3581482.90           | 5792364.84 | 41.5                                     | 0.10745                              | 7.6357                                      |
| 4   | Czarna Wieś 4  | 3589176.15           | 5787985.63 | 6.5                                      | 0.11023                              | 4.028                                       |
| 5   | Czarna Wieś 5  | 3592174.04           | 5785644.70 | 2.5                                      | 0.06255                              | 0.626                                       |
| 6   | Czarna Wieś 7  | 3586688.90           | 5788088.16 | 15.9                                     | 0.09444                              | 4.282                                       |
| 7   | Grodzisk 2     | 3601670.16           | 5789019.10 | 182                                      | 0.17467                              | 25.126                                      |
| 8   | Grodzisk 4     | 3600740.0            | 5788810.0  | 171.7                                    | 0.16397                              | 21.812                                      |
| 9   | Grodzisk 9     | 3599050.47           | 5792059.34 | 169                                      | 0.17106                              | 23.631                                      |
| 10  | Grodzisk 13    | 3602828.30           | 5791032.41 | 21.75                                    | 0.156                                | 17.519                                      |
| 11  | Grodzisk 24    | 3599307.50           | 5791486.20 | 20                                       | 0.10675                              | 5.772                                       |
| 12  | Granowo 2      | 3603771.75           | 5788929.05 | 177                                      | 0.15694                              | 16.901                                      |
| 13  | Paproć 5       | 3577549.40           | 5800526.70 | 30                                       | 0.04804                              | 0.4785                                      |
| 14  | Paproć 9       | 3579841.89           | 5797420.24 | 5  | 0.10504                              | 6.388                                       |
| 15  | Paproć 11      | 3579056.18           | 5799927.30 | 18                                       | 0.07455                              | 1.841                                       |
| 16  | Paproć 15      | 3581748.15           | 5799246.59 | 39.25                                    | 0.10625                              | 5.456                                       |
| 17  | Parzęczewo 1   | 3599961.56           | 5781986.66 | 52                                       | 0.11755                              | 5.3091                                      |
| 18  | Strykowo 4     | 3611250.54           | 5793327.65 | 21.75                                    | 0.20232                              | 82.124                                      |
| 19  | Szewce 1A      | 3604157.09           | 5797979.64 | 22.25                                    | 0.1791                               | 101.0446                                    |
| 20  | Ujazd 3        | 3594081.44           | 5786244.27 | 5.03                                     | 0.07358                              | 0.618                                       |
| 21  | Ujazd 6        | 3596635.46           | 5784959.25 | 2.5                                      | 0.10536                              | 6.4076                                      |
| 22  | Ujazd 7        | 3597349.66           | 5786201.45 | 8  | 0.16206                              | 22.0118                                     |
| 23  | Ujazd 8        | 3591050.41           | 5787434.27 | 5  | 0.10149                              | 3.971                                       |
| 24  | Ujazd 21K      | 3599447.13           | 5786049.66 | 14.75                                    | 0.15176                              | 16.91                                       |
| 25  | Zielęcín 1     | 3596063.27           | 5783950.26 | 14                                       | 0.09685                              | 2.656                                       |

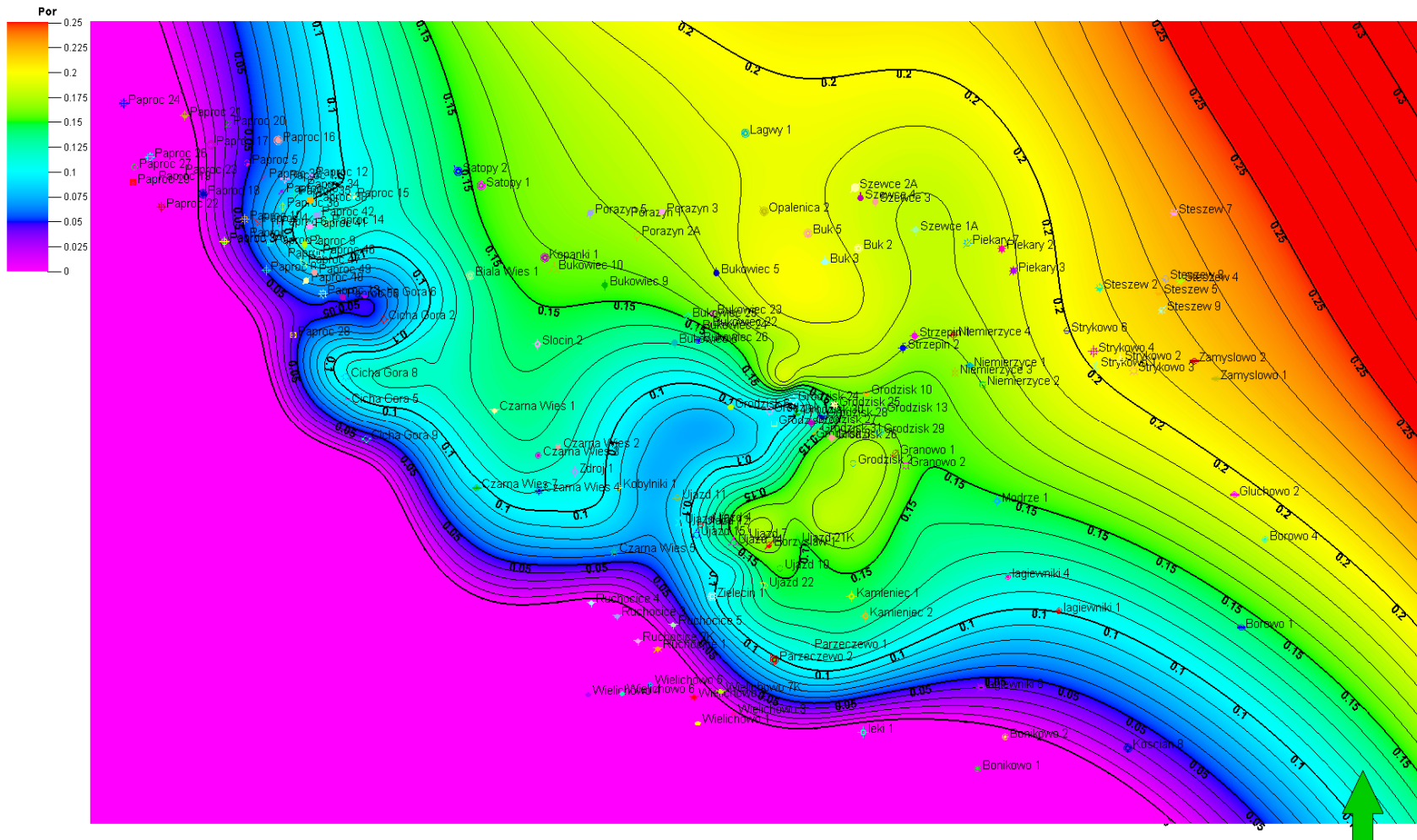


Fig. 1.1.22\_16 Mapa porowatości rejonu niecki poznańskiej dla warstwy nr 4

**Tabela 1.1.22\_27** Dane potrzebne do wygenerowania mapy dotyczące warstwy nr 5 [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |            | Miąższość<br>absolutna<br>warstwy<br>[m] | Porowatość<br>średnia warstwy<br>[-] | Przepuszczalność<br>średnia warstwy<br>[mD] |
|-----|----------------|----------------------|------------|--|--------------------------------------|---|
|     |                | X                    | Y          |  |                                      |   |
| 1   | Cicha Góra 5   | 3581513.18           | 5791396.93 | 28.5                                     | 0.03677                              | 0.0816                                      |
| 2   | Cicha Góra 8   | 3581482.90           | 5792364.84 | 31                                       | 0.05432                              | 1.5160                                      |
| 3   | Czarna Wieś 4  | 3589176.15           | 5787985.63 | 35                                       | 0.05774                              | 0.276                                       |
| 4   | Czarna Wieś 5  | 3592174.04           | 5785644.70 | 7.5                                      | 0.05293                              | 0.3523                                      |
| 5   | Czarna Wieś 7  | 3586688.90           | 5788088.16 | 7  | 0.06617                              | 1.2017                                      |
| 6   | Grodzisk 2     | 3601670.16           | 5789019.10 | 36                                       | 0.0813                               | 3.802                                       |
| 7   | Grodzisk 4     | 3600740.0            | 5788810.0  | 23.4                                     | 0.06886                              | 1.531                                       |
| 8   | Grodzisk 9     | 3599050.47           | 5792059.34 | 19                                       | 0.10257                              | 4.746                                       |
| 9   | Granowo 2      | 3603771.75           | 5788929.05 | 20                                       | 0.08696                              | 3.568                                       |
| 10  | Paproć 9       | 3579841.89           | 5797420.24 | 39.5                                     | 0.04138                              | 0.276                                       |
| 11  | Paproć 11      | 3579056.18           | 5799927.30 | 144.25                                   | 0.05275                              | 0.539                                       |
| 12  | Parzęczewo 1   | 3599961.56           | 5781986.66 | 11                                       | 0.07081                              | 0.7187                                      |
| 13  | Ujazd 3        | 3594081.44           | 5786244.27 | 10.06                                    | 0.0555                               | 0.177                                       |
| 14  | Ujazd 6        | 3596635.46           | 5784959.25 | 40                                       | 0.05865                              | 0.8011                                      |
| 15  | Ujazd 7        | 3597349.66           | 5786201.45 | 26.75                                    | 0.09948                              | 5.7465                                      |
| 16  | Ujazd 8        | 3591050.41           | 5787434.27 | 7  | 0.06003                              | 0.5227                                      |
| 17  | Zielęcín 1     | 3596063.27           | 5783950.26 | 26                                       | 0.0686                               | 0.7008                                      |

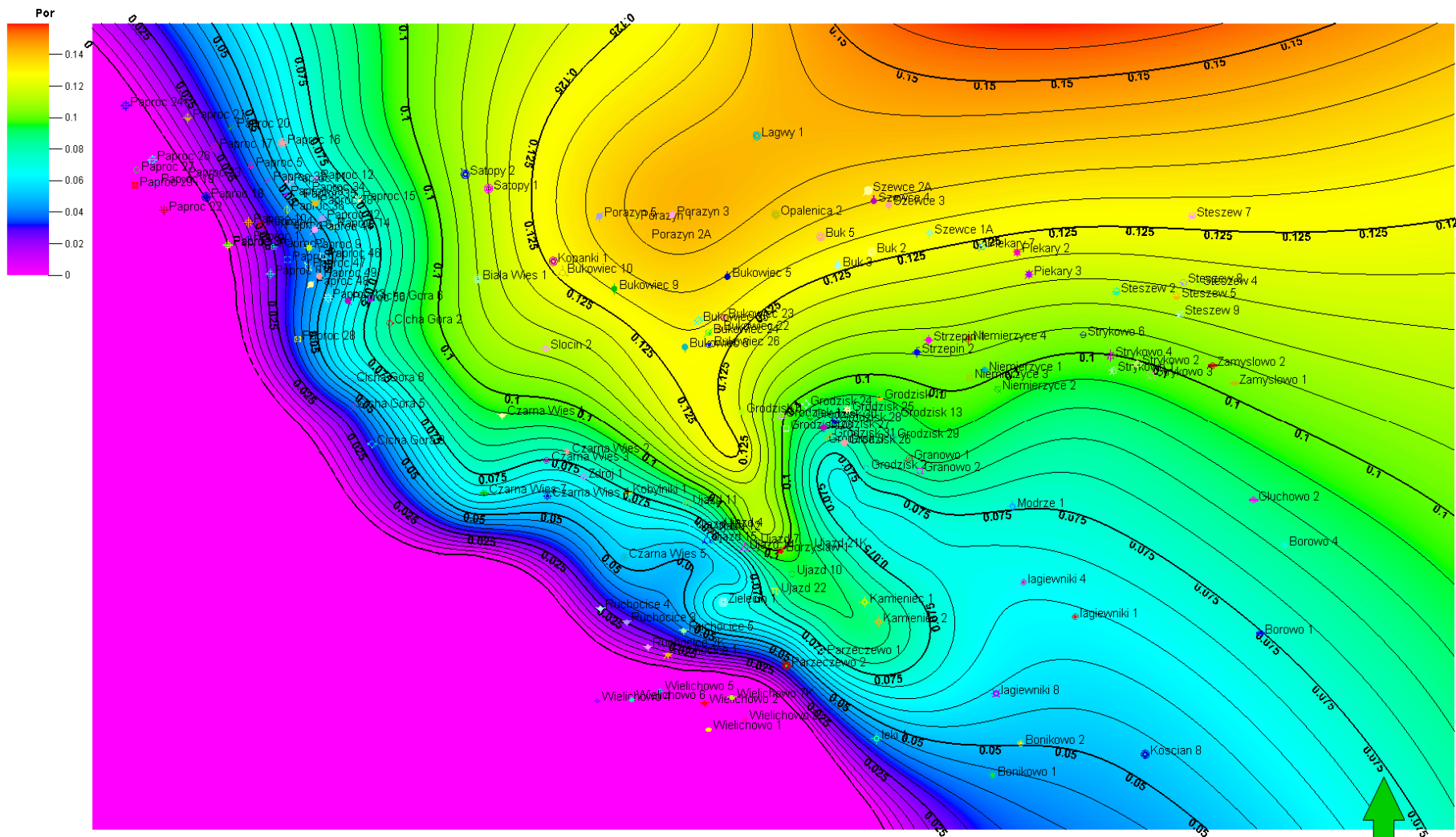


Fig. 1.1.22\_17 Mapa porowatości rejonu niecki poznańskiej dla warstwy nr 5

**Tabela 1.1.22\_28** Dane potrzebne do wygenerowania mapy dotyczące warstwy nr 6 [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |            | Miąższość<br>absolutna<br>warstwy<br>[m] | Porowatość<br>średnia warstwy<br>[-] | Przepuszczalność<br>średnia warstwy<br>[mD] |
|-----|----------------|----------------------|------------|--|--------------------------------------|---|
|     |                | X                    | Y          |  |                                      |   |
| 1   | Cicha Góra 8   | 3581482.90           | 5792364.84 | 10                                       | 0.07749                              | 2.4090                                      |
| 2   | Czarna Wieś 4  | 3589176.15           | 5787985.63 | 5  | 0.06133                              | 0.308                                       |
| 3   | Czarna Wieś 5  | 3592174.04           | 5785644.70 | 11                                       | 0.05307                              | 0.336                                       |
| 4   | Czarna Wieś 7  | 3586688.90           | 5788088.16 | 11                                       | 0.10947                              | 7.094                                       |
| 5   | Grodzisk 2     | 3601670.16           | 5789019.10 | 12                                       | 0.15501                              | 17.248                                      |
| 6   | Grodzisk 4     | 3600740.0            | 5788810.0  | 9.5                                      | 0.16399                              | 21.1696                                     |
| 7   | Granowo 2      | 3603771.75           | 5788929.05 | 13                                       | 0.15192                              | 15.462                                      |
| 8   | Parzęczewo 1   | 3599961.56           | 5781986.66 | 16                                       | 0.11583                              | 5.242                                       |
| 9   | Ujazd 3        | 3594081.44           | 5786244.27 | 23.01                                    | 0.07044                              | 0.5171                                      |
| 10  | Ujazd 6        | 3596635.46           | 5784959.25 | 71                                       | 0.08339                              | 2.9486                                      |
| 11  | Ujazd 8        | 3591050.41           | 5787434.27 | 7  | 0.10903                              | 5.277                                       |

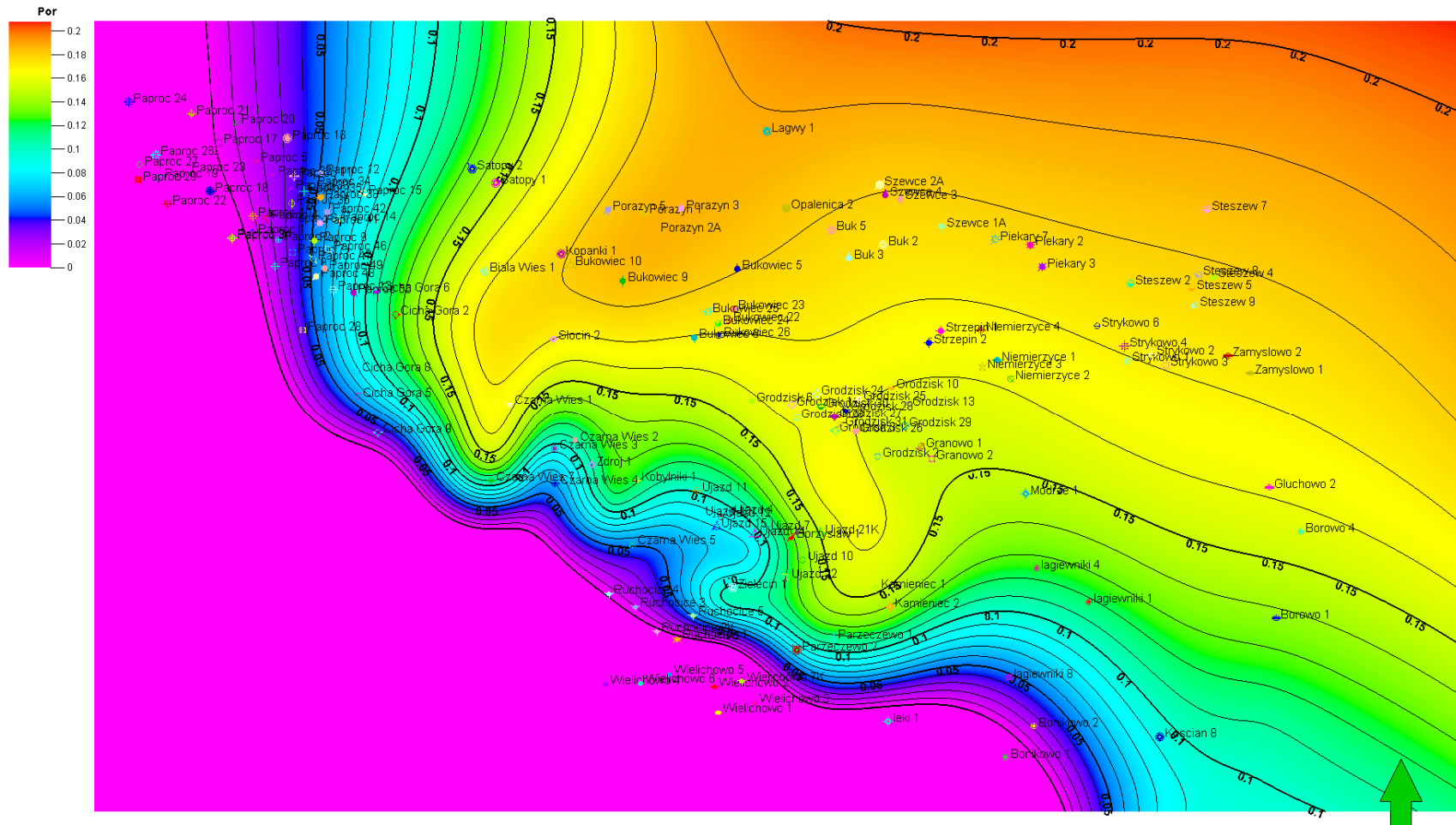


Fig. 1.1.22\_18 Mapa porowatości rejonu niecki poznańskiej dla warstwy nr 6

**Tabela 1.1.22\_29** Dane potrzebne do wygenerowania mapy dotyczące warstwy nr 7 [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |            | Miąższość<br>absolutna<br>warstwy<br>[m] | Porowatość<br>średnia warstwy<br>[-] | Przepuszczalność<br>średnia warstwy<br>[mD] |
|-----|----------------|----------------------|------------|--|--------------------------------------|---|
|     |                | X                    | Y          |  |                                      |   |
| 1   | Cicha Góra 8   | 3581482.90           | 5792364.84 | 6  | 0.0399                               | 0.4800                                      |
| 2   | Czarna Wieś 4  | 3589176.15           | 5787985.63 | 11                                       | 0.06817                              | 0.516                                       |
| 3   | Czarna Wieś 5  | 3592174.04           | 5785644.70 | 10.5                                     | 0.05187                              | 0.3459                                      |
| 4   | Czarna Wieś 7  | 3586688.90           | 5788088.16 | 32                                       | 0.0686                               | 1.665                                       |
| 5   | Grodzisk 2     | 3601670.16           | 5789019.10 | 10                                       | 0.06556                              | 1.5886                                      |
| 6   | Grodzisk 4     | 3600740.0            | 5788810.0  | 15                                       | 0.07244                              | 2.191                                       |
| 7   | Granowo 2      | 3603771.75           | 5788929.05 | 11                                       | 0.09575                              | 4.553                                       |
| 8   | Parzęczewo 1   | 3599961.56           | 5781986.66 | 36                                       | 0.08093                              | 1.184                                       |
| 9   | Ujazd 3        | 3594081.44           | 5786244.27 | 12.5                                     | 0.06128                              | 0.2726                                      |
| 10  | Ujazd 6        | 3596635.46           | 5784959.25 | 23                                       | 0.05878                              | 0.6913                                      |
| 11  | Ujazd 8        | 3591050.41           | 5787434.27 | 7  | 0.06845                              | 0.9836                                      |
| 12  | Zielęcín 1     | 3596063.27           | 5783950.26 | 19                                       | 0.06972                              | 0.746                                       |



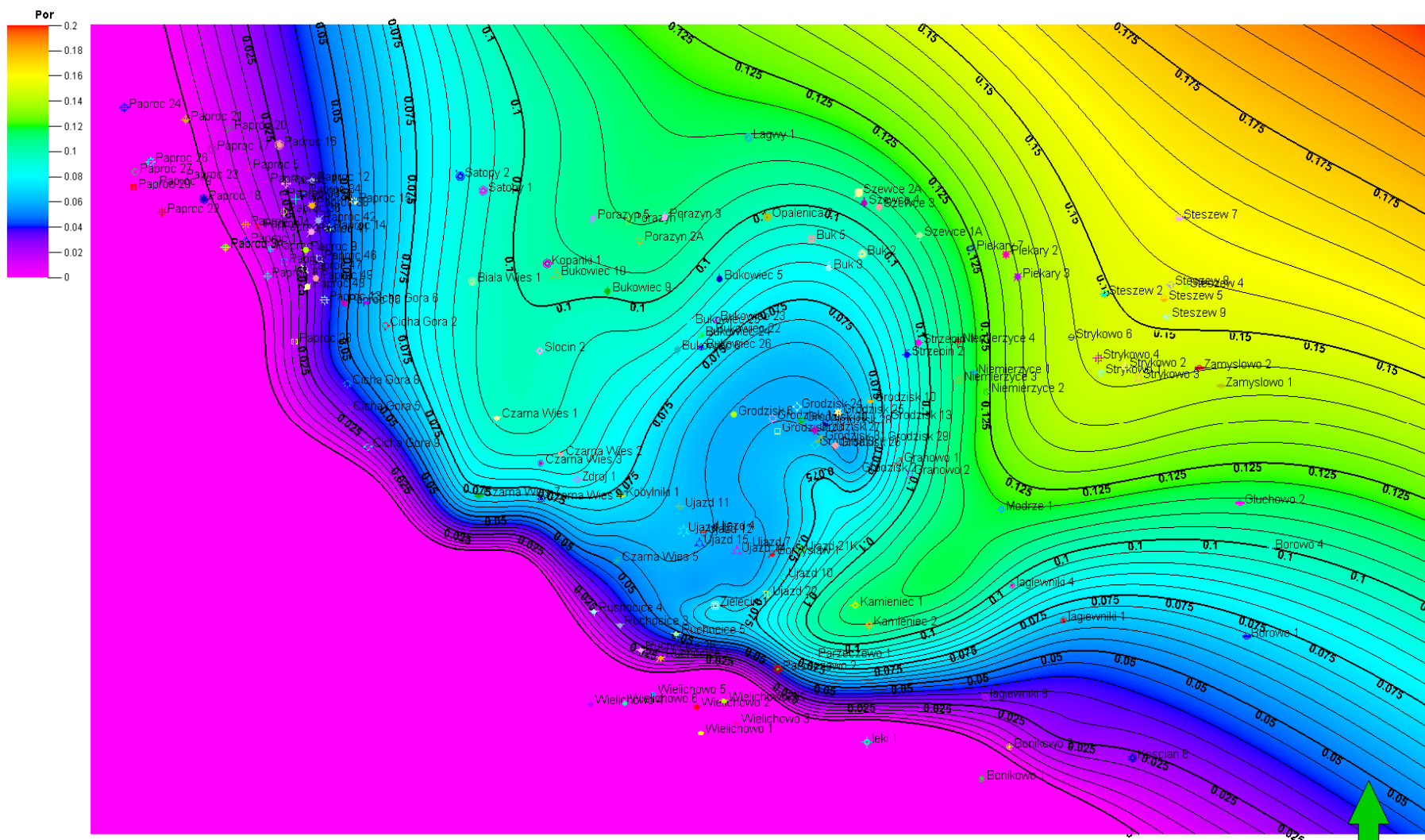


Fig. 1.1.22\_19 Mapa porowatości rejonu niecki poznańskiej dla warstwy nr 7

**Tabela 1.1.22\_30** Dane potrzebne do wygenerowania mapy dotyczące warstwy nr 8 [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |            | Miąższość<br>absolutna<br>warstwy<br>[m] | Porowatość<br>średnia warstwy<br>[-] | Przepuszczalność<br>średnia warstwy<br>[mD] |
|-----|----------------|----------------------|------------|--|--------------------------------------|---|
|     |                | X                    | Y          |  |                                      |   |
| 1   | Cicha Góra 5   | 3581513.18           | 5791396.93 | 11                                       | 0.07597                              | 0.3515                                      |
| 2   | Cicha Góra 8   | 3581482.90           | 5792364.84 | 9.5                                      | 0.04111                              | 0.4442                                      |
| 3   | Czarna Wieś 4  | 3589176.15           | 5787985.63 | 33                                       | 0.09461                              | 2.0501                                      |
| 4   | Czarna Wieś 5  | 3592174.04           | 5785644.70 | 78.5                                     | 0.04715                              | 0.2356                                      |
| 5   | Czarna Wieś 7  | 3586688.90           | 5788088.16 | 11.5                                     | 0.07383                              | 1.9416                                      |
| 6   | Grodzisk 2     | 3601670.16           | 5789019.10 | 58                                       | 0.12778                              | 8.22  |
| 7   | Grodzisk 4     | 3600740.0            | 5788810.0  | 52                                       | 0.10254                              | 4.559                                       |
| 8   | Granowo 2      | 3603771.75           | 5788929.05 | 58.5                                     | 0.10924                              | 4.972                                       |
| 9   | Parzęczewo 1   | 3599961.56           | 5781986.66 | 117                                      | 0.0968                               | 2.522                                       |
| 10  | Ujazd 3        | 3594081.44           | 5786244.27 | 33.53                                    | 0.07601                              | 0.6831                                      |
| 11  | Ujazd 6        | 3596635.46           | 5784959.25 | 75                                       | 0.08227                              | 2.71  |
| 12  | Ujazd 8        | 3591050.41           | 5787434.27 | 41.5                                     | 0.12977                              | 10.0098                                     |
| 13  | Zieleńcin 1    | 3596063.27           | 5783950.26 | 184.25                                   | 0.07599                              | 1.0825                                      |

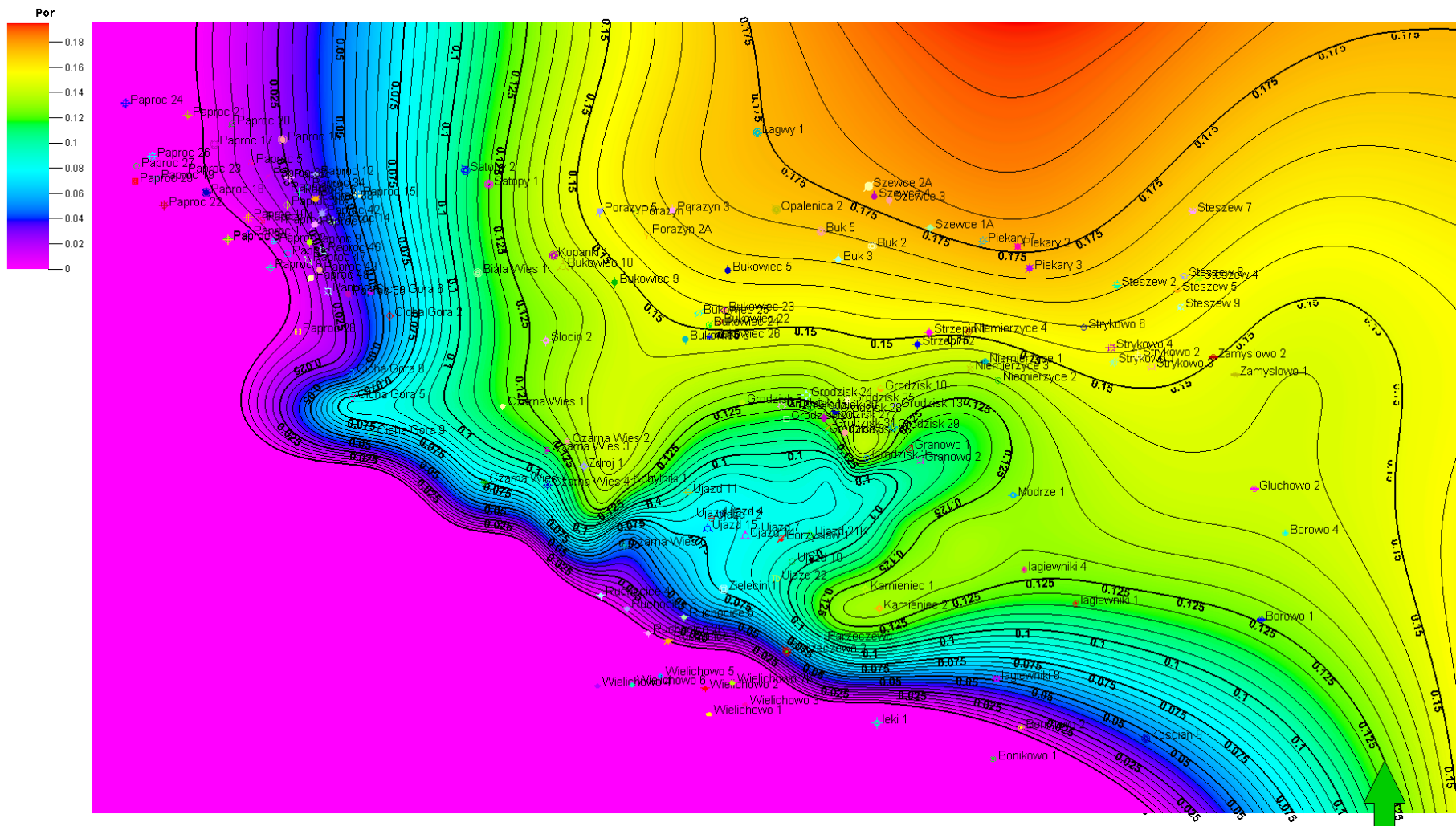


Fig. 1.1.22\_20 Mapa porowatości rejonu niecki poznańskiej dla warstwy nr 8

**Tabela 1.1.22\_31** Dane potrzebne do wygenerowania mapy dotyczące warstwy nr 9 [materiały PGNiG Oddział w Zielonej Górze]

| Lp. | Nazwa odwiertu | Współrzędne odwiertu |            | Miąższość<br>absolutna<br>warstwy<br>[m] | Porowatość<br>średnia warstwy<br>[-] | Przepuszczalność<br>średnia warstwy<br>[mD] |
|-----|----------------|----------------------|------------|--|--------------------------------------|---|
|     |                | X                    | Y          |  |                                      |   |
| 1   | Cicha Góra 5   | 3581513.18           | 5791396.93 | 37.8                                     | 0.04392                              | 0.08  |
| 2   | Cicha Góra 8   | 3581482.90           | 5792364.84 | 106.6                                    | 0.03822                              | 0.5031                                      |
| 3   | Czarna Wieś 5  | 3592174.04           | 5785644.70 | 36.1                                     | 0.06055                              | 0.0939                                      |
| 4   | Czarna Wieś 7  | 3586688.90           | 5788088.16 | 63.5                                     | 0.05492                              | 0.4764                                      |
| 5   | Grodzisk 2     | 3601670.16           | 5789019.10 | 249                                      | 0.05707                              | 0.6395                                      |
| 6   | Grodzisk 4     | 3600740.0            | 5788810.0  | 292                                      | 0.05738                              | 0.8327                                      |
| 7   | Granowo 2      | 3603771.75           | 5788929.05 | 144.8                                    | 0.0686                               | 1.196                                       |
| 8   | Ujazd 3        | 3594081.44           | 5786244.27 | 195.07                                   | 0.06834                              | 0.4953                                      |

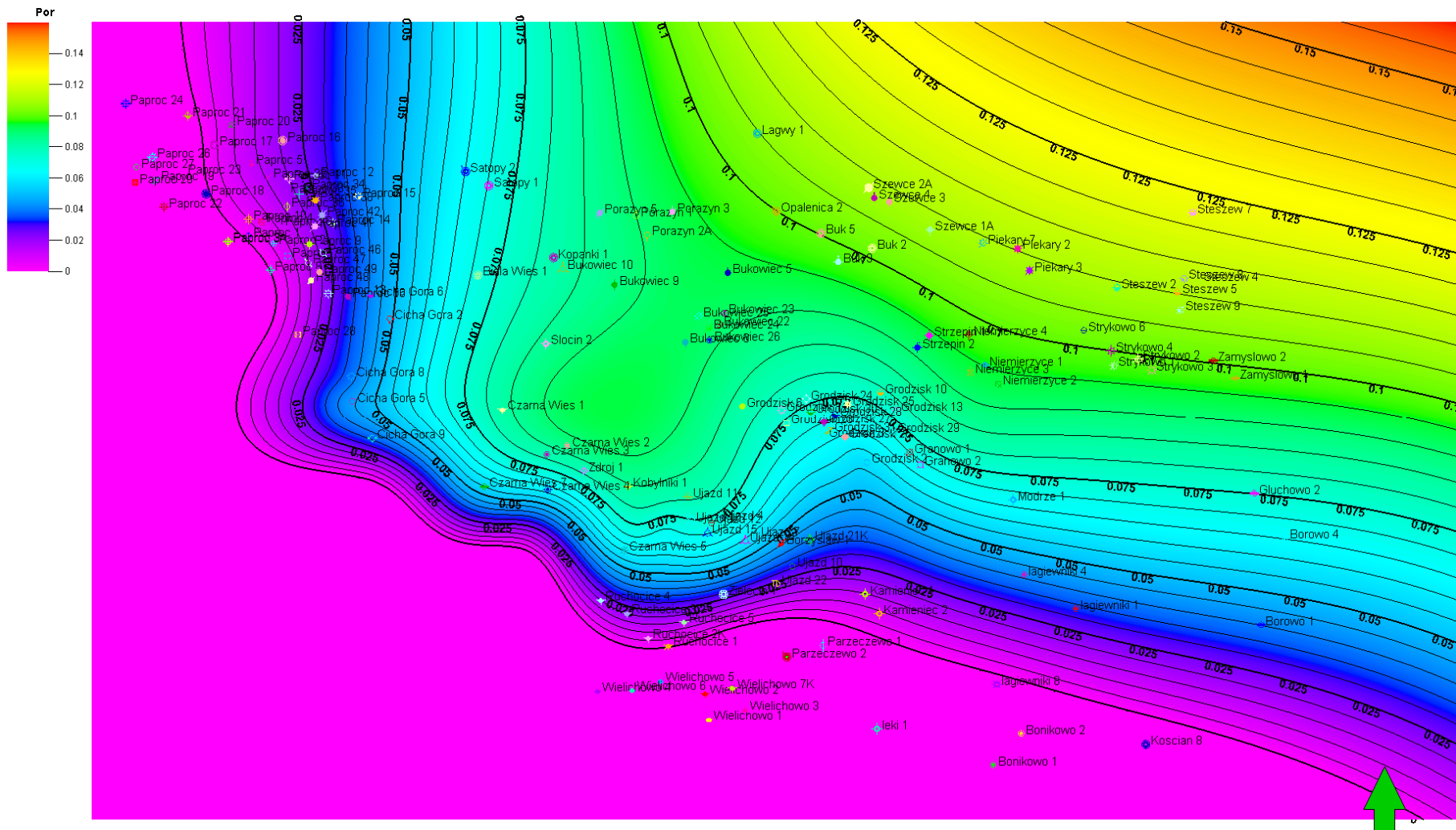


Fig. 1.1.22\_21 Mapa porowatości rejonu niecki poznańskiej dla warstwy nr 9

## Podsumowanie

Megastruktura niecki poznańskiej w części zachodniej sięga do strefy Lwówek – Nowy Tomyśl do Poznania (szerokość 45 km, długość 35 km), natomiast w części wschodniej od Poznania do rejonu Pleszewa (szerokość 45 km, długość 80 km). Jest to ogromna megastruktura wodonośna o powierzchni około 5 tys. km<sup>2</sup>. Złoża znajdujące się na tym obszarze zostały odkryte i oddane do eksploatacji głównie w latach 70-tych, a w mniejszej części na początku lat 80-tych. Głębokość na jakiej zalega strop czerwonego spągowca waha się w granicach około 2000 – 3000 m, co zostało potwierdzone licznymi odwiertami wykonanymi na tym terenie. Miąższość warstwy kolektora potwierdzony badaniami odwiertowymi kształtuje się na poziomie od kilkudziesięciu do kilkuset metrów. Największa udokumentowana miąższość znajduje się w odwiercie Kórnik i wynosi w przybliżeniu 1000 m. Szacuje się, że największa miąższość czerwonego spągowca niecki poznańskiej sięga nawet około 1600 m, jest to więc zatem ogromny obszar kolektorski, który może posłużyć do sekwestracji CO<sub>2</sub>, a dzięki temu do wzrostu wydobycia ze złóż.

Jak można zauważyć na przedstawionych w pracy mapach oraz danych tabelarycznych strop czerwonego spągowca omawianego obszaru wyklinowuje się w kierunku wału wolsztyńskiego. Cała struktura jest dobrze ekranowana nieprzepuszczalnymi warstwami anhydrytów i wapieni cechsztyńskich, co stanowi warunek bezpiecznej sekwestracji ditlenku węgla do głębokich pokładów solankowych.

## Charakterystyka parametrów złożowych (1.1.21 - AGH)

**Rejon Zapadliska Przedkarpackiego/frontu Karpat**  
(Wojciech Górecki, Ludwik Zawisza, Marek Hajto, Bartosz Papiernik)

W pracy przedstawiono ocenę własności zbiornikowych utworów miocenu zapadliska przedkarpackiego i jego podłoża na podstawie pomiarów geofizyki wiertniczej, w oparciu o metodykę opracowaną przez L. Zawiszę. Metodyka ta obejmuje kilkanaście modeli fizykalnych, wymagających jedynie kalibracji dla danego typu skał, umożliwiających ciągłą, cyfrową prognozę nasycenia skał wodą resztkową i ruchomą, przepuszczalności absolutnej, przepuszczalności względnych oraz przepuszczalności fazowych dla wody, ropy i gazu w oparciu o pomiary geofizyki wiertniczej. Kalibracji modeli prognostycznych dokonuje się zwykle w oparciu o badania laboratoryjne prób rdzeniowych pobranych z otworów wiertniczych oraz wyniki testów produkcyjnych. Kalibracja taka powinna być wykonywana dla poszczególnych rejonów poszukiwawczych, w których utwory geologiczne charakteryzują się odmienną budową geologiczną i wykształceniem litologicznym.

W pracy przedstawiono „skalibrowane” modele prognostyczne, opracowane dla kilku rejonów zapadliska przedkarpackiego, m.in.:

- Góra Ropczycka,
- Husów,
- Jarosław,
- Jodłówka,
- Dzików i Wola Obszańska.

Dla wymienionych wyżej rejonów, w niniejszym opracowaniu, przedstawiono przykłady interpretacji wyników pomiarów geofizyki wiertniczej (**Fig. 1.1.21\_7 - 11**).

Ponadto w pracy przedstawiono kryteria typowania obiektów przeznaczonych do podziemnego składowania CO<sub>2</sub>. Przyjęto założenie, że w utworach miocenu zapadliska przedkarpackiego i jego podłoża, najlepszymi obiektami do składowania CO<sub>2</sub> są szcerpane złoża węglowodorów.

Przeanalizowano wszystkie złoża ropy i gazu ziemnego występujące w Karpatach oraz w utworach miocenu zapadliska przedkarpackiego i jego podłoża.

W **Tabeli 1.1.21\_3 i 4** zestawiono potencjalne struktury geologiczne przeznaczone do składowania CO<sub>2</sub> metodą otworową w szcerpanych złożach ropy naftowej i gazu ziemnego z rejonu Karpat i zapadliska przedkarpackiego.

## Zarys budowy geologicznej zapadliska przedkarpackiego

Zapadlisko przedkarpackie na terenie Polski obejmuje obszar około 18 000 km<sup>2</sup> i zawiera złoża i nagromadzenia wysokometanowego gazu ziemnego o wartości opałowej ca 35 MJ/m<sup>3</sup> (Karnkowski 1993).

Zapadlisko przedkarpackie jest przestrzenią sedymentacyjną molasowych utworów miocenu, ograniczoną od dołu podmiocęńską powierzchnią utworzoną przez wychodnie kompleksów skalnych różnych pięter strukturalnych: assyntyjskich, dolnopaleozoicznych (kaledońskich), waryscyjskich (dewońsko-karbońskich) oraz laramijskich (cechsztyńsko-mezozoicznych), od góry posarmacką a przedczwartorzędową powierzchnią denudacyjną.

Zapadlisko przedkarpackie, będące rowem przedgórskim powstałym u czoła nasuwających się ku północy Karpat, jest najmłodszą jednostką alpejską na obszarze Polski.

Biorąc pod uwagę cechy strukturalne, sedymentologiczne i stratygraficzne zapadlisko przedkarpackie można podzielić na część wewnętrzną i zewnętrzną oraz zachodnią i wschodnią (Ney 1968; Ney 1973; Ney i in. 1974).

Zapadlisko przedkarpackie jest wypełnione osadami molasowymi miocenu. Tworzy je zespół nawzajem przetawiających się piaskowców, mułowców i iłowców. Osady miocenne mają na terenie Polski miąższość do 3500 m (wiercenie Kalników) i cechują się dużym zróżnicowaniem litologicznym. Sekwencje profilu gdzie dominują piaskowce i zapiaszczone mułowce tworzą oddzielne horyzonty gazonośne. Ich ilość w poszczególnych profilach odkrytych złóż gazowych waha się od kilku do 24 na polu gazowym Przemysł-Jaksmanice.

Osady neogenu zapadliska przedkarpackiego zalegają na różnowiekowych utworach podłoża, od prekambriu po kredę i na różnorodnych jednostkach tektonicznych: waryscyjskich i laramijskich. Północną granicę zapadliska przedkarpackiego tworzy północny zasięg występowania osadów miocennych, południowa zaś sięga po uskok perypieniński (Jucha, Hollendonner, Jawor, Kulke, Zawisza 1991; Stupnicka 1977; Mizerski 2002).

Basen sedymentacyjny zapadliska przedkarpackiego był podzielony na część wewnętrzną i zewnętrzną. Osady powstałe w części wewnętrznej są starsze, przykryte są płaszczowinami Karpat, bądź tworzą łuski i niewielkie płaszczowiny (np. płaszczowina stebnicka w części wschodniej) leżące przed czołem płaszczowin fliszowych. W wewnętrznej części basenu występują dolno- i środkowomiocenne osady powstałe w różnych środowiskach sedymentacyjnych, natomiast w części zewnętrznej – środkowomiocenne osady morskie (Oszczypko 1996).

Część wschodnia basenu sedymentacyjnego była oddzielona od części zachodniej rygłem krakowskim, który stanowił barierę paleograficzną wpływającą na przebieg sedymentacji w obu częściach basenu (Ney 1968). W czasie sedymentacji oś basenu stopniowo przemieszczała się ku północy.

W basenie wewnętrznym dominowała we wczesnym miocenie aluwialna i płytkomorska sedymentacja iłowców z przewarstwieniami zlepieńców i piaskowców. W środkowym miocenie przybrała ona cechy sedymentacji morskiej, a później salinarnej, podczas gdy w zewnętrznej części basenu dominowały osady facji siarczanowo-węglanowej, w których powstały złoża siarki (Mizerski 2002).

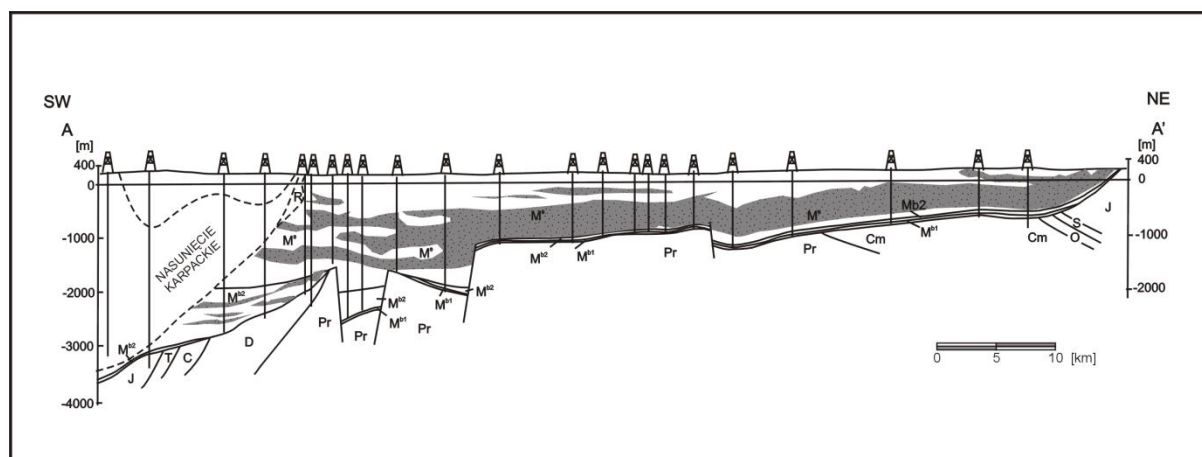


Mięszość osadów wypełniających zapadlisko jest bardzo zróżnicowana i jest odzwierciedleniem morfologii dna zbiornika. Na wschodzie zapadliska mięszość osadów miocenu przekracza 3000 m.

Początek powstania polskiej części zapadliska, a także wiek najstarszych wypełniających go osadów, najprawdopodobniej przypada na eggenburg (Oszczypko 1999). Im dalej ku północy, tym wiek najstarszych osadów wypełniających basen zapadliska przedkarpackiego jest coraz młodszy. Do wczesnego badenu zbiornik morski nie wykraczał poza współczesny zasięg płaszczyn Karpat zewnętrznych. Zbiornik mioceniński rozszerzył się ku północy w środkowym badeniu, jednakże między wewnętrzną a zewnętrzną jego częścią istniał wypiętrzony obszar zwany wyspą rzeszowską.

Na przesuwanie się osi subsydencji w zbiorniku zapadliska przedkarpackiego największy wpływ miało nasuwanie się płaszczowin Karpat zewnętrznych na swoje przedpole. Skąły fliszowe płaszczowin karpackich były niszczone, dostarczając do zbiornika okrucznego materiału sedymentacyjnego.

Na **Fig. 1.1.21\_1** przedstawiono przekrój geologiczny poprzeczny przez zapadlisko przedkarpackie.



**Fig. 1.1.21\_1** Przekrój geologiczny przez zapadlisko przedkarpackie (Zawisza 2007)

R - jednostka stebnicka; M<sup>s</sup> - sarmat; M<sup>b</sup> - baden; Cr - kreda; J - jura; T - trias; C - karbon; D - dewon; S - sylur; O - ordowik; Cm - kambr; Pr - prekamb.

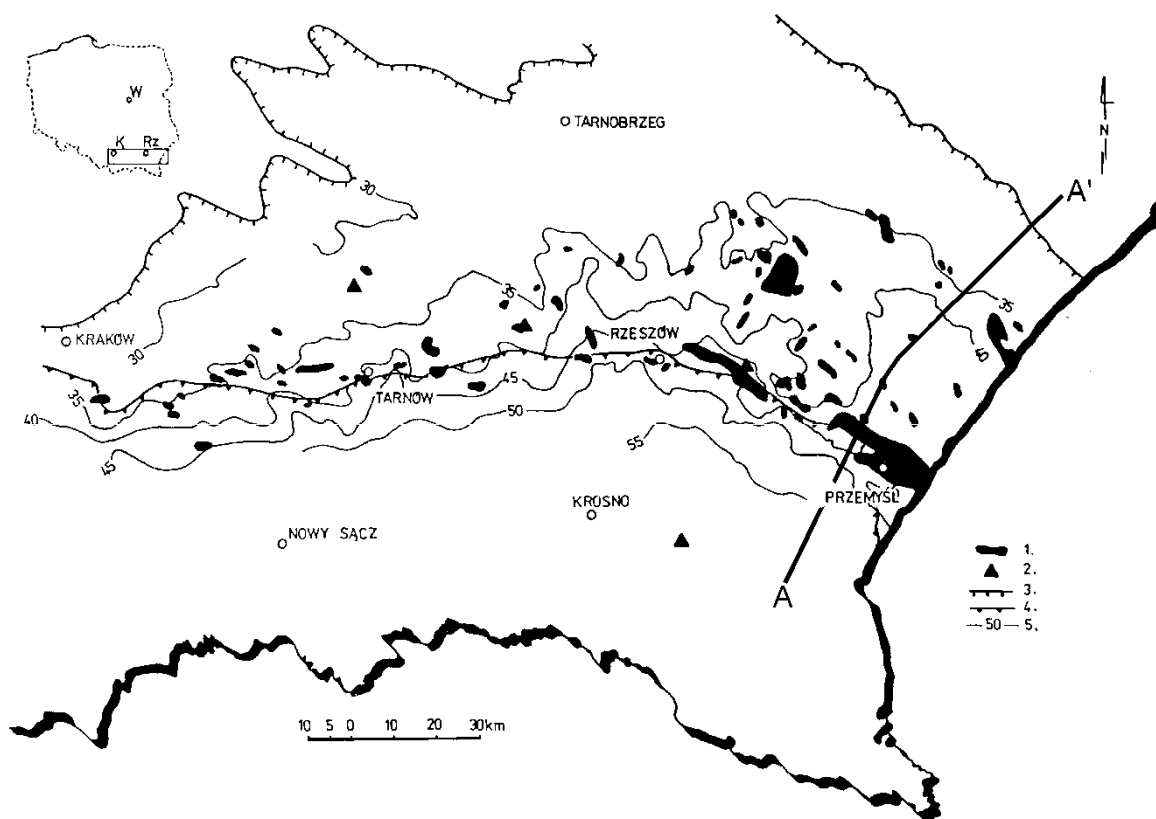
Wody formacyjne występujące w utworach miocenu autochtonicznego zapadliska przedkarpackiego posiadają zmienną mineralizację w granicach od 20 do 250 g/dm<sup>3</sup>. Średnia mineralizacja wód złożowych w nadanhydrytowym kompleksie  $N_1^1$  waha się w granicach od 30 do około 60 g/dm<sup>3</sup>, przy czym obserwuje się spadek mineralizacji w kierunku północnym, tj. w kierunku wschodni utworów miocenijskich (**Fig. 1.1.21\_2**). Wiąże się to z wystudzeniem zbiornika miocenijskiego przez wody infiltracyjne płynące od północy, od wschodni miocenijskich. Liczne złoża gazu ziemnego występują w strefach o podwyższonej mineralizacji.

Mapa potencjometryczna wód złożowych w profilu utworów miocenu autochtonicznego została przedstawiona na **Fig. 1.1.21\_3**. Mapa ta przedstawia rozkład pola hydrodynamicznego oraz kierunki przepływu wód złożowych w utworach miocenu, ponadto strefy zasilania i drenażu. Wartości naporów hydraulicznych w utworach miocenu zmieniają się od 150 do około 400 m słupa wody słodkiej nad poziom morza (Zawisza 2007). Wody podziemne w północnej części zapadliska przedkarpackiego płyną z północy (od wschodni miocenu) na południe, natomiast w części południowej z południa (tzn. spod Karpat) na północ. Następnie wody te łączą się ze sobą i płyną główną osią zapadliska w kierunku wschodnim.

W świetle uzyskanych przez L. Zawiszę (2007) wyników można stwierdzić, że wody wysoko zmineralizowane płyną spod Karpat w kierunku północnym, natomiast wody słodkie, infiltracyjne płyną z północy w kierunku południowym. Kierunki przepływu wód na wschodniach miocenu (w części północnej) są dośrodkowe, a w części południowej (centralnej) odśrodkowe.

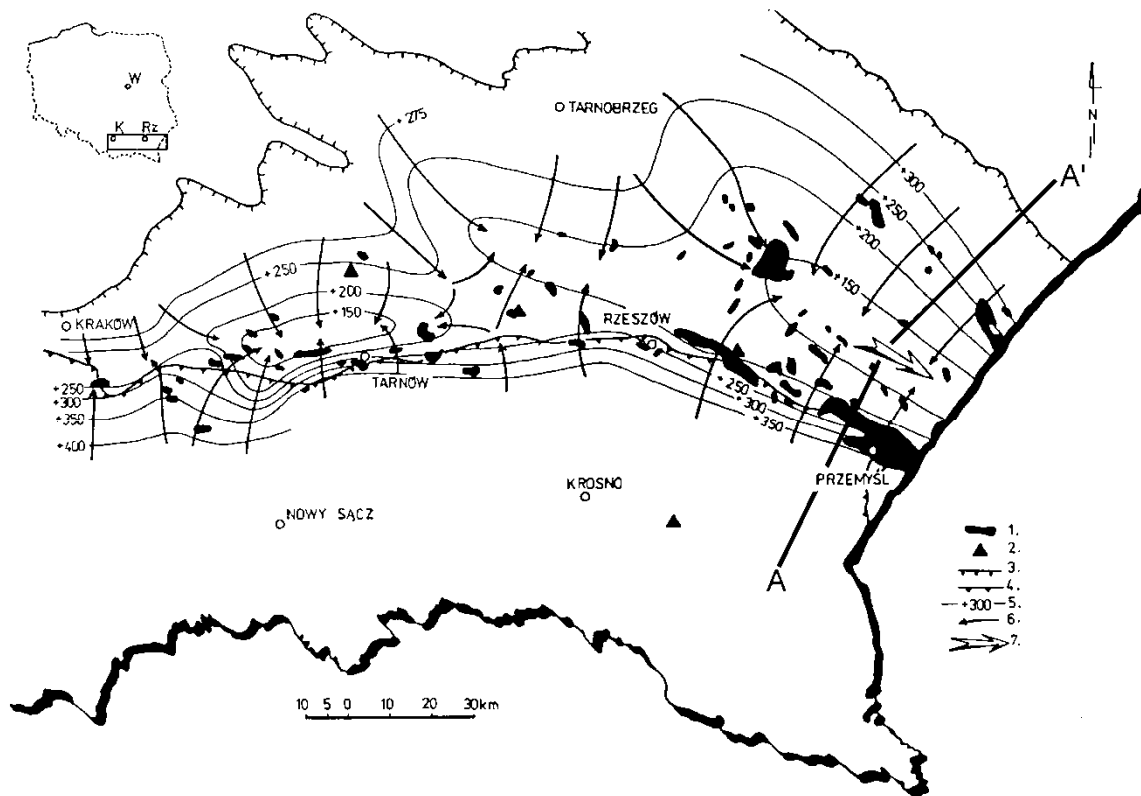
Mapa wartości bezwzględnych równych prędkości filtracji wód złożowych w utworach miocenu autochtonicznego zapadliska przedkarpackiego przedstawiona jest na **Fig. 1.1.21\_4**. Wartości prędkości przepływu wód złożowych w utworach miocenu zmieniają się w przedziale od 0,25 do 8 cm/rok. Złoża węglowodorów występują w strefach o podwyższonych lokalnie wartościach prędkości filtracji, tj. powyżej 1 cm/rok (Zawisza 2007).

Na **Fig. 1.1.21\_5**, na tle przekroju geologicznego, przedstawiono rozkład naporów hydraulicznych oraz kierunki przepływu wód wgłębnych w utworach miocenu autochtonicznego. Wartości naporów hydraulicznych w utworach miocenu zmieniają się od 150 do 350 m słupa wody słodkiej nad poziom morza (Zawisza 2007).



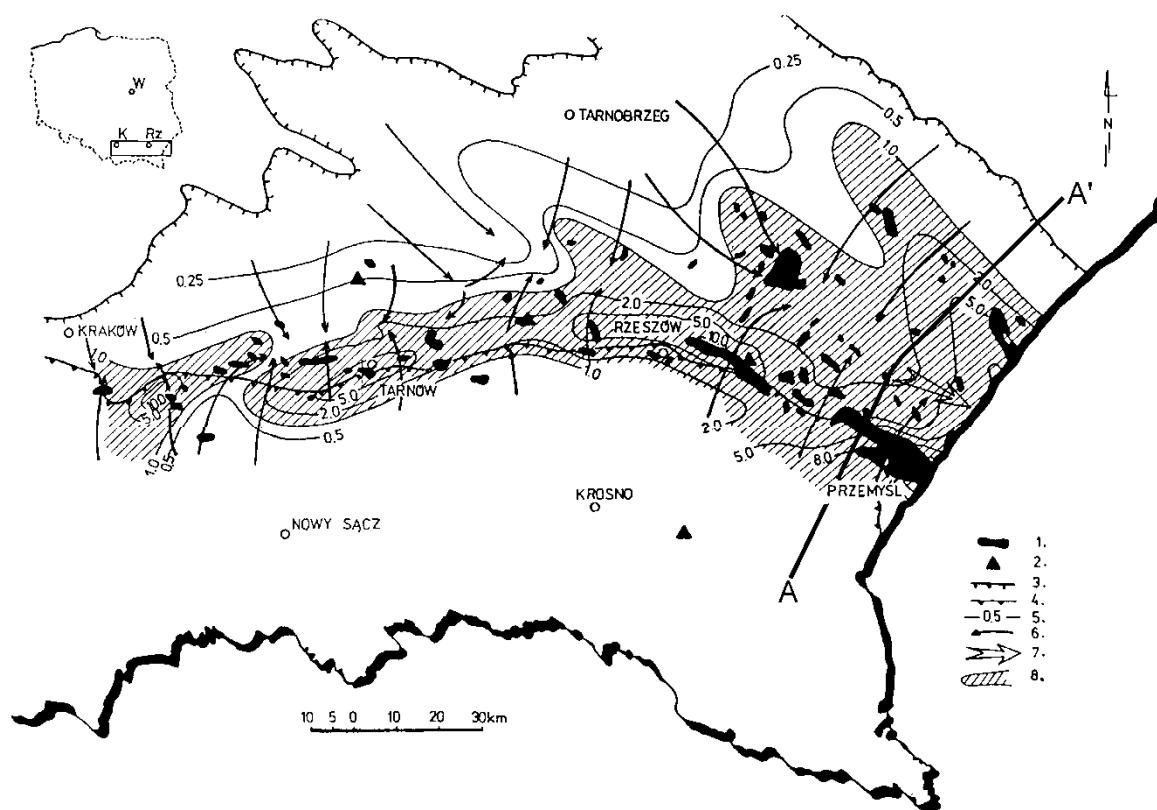
**Fig. 1.1.21\_2** Mapa mineralizacji wód złożowych w miocenie autochtonicznym zapadliska przedkarpackiego (Zawisza 2007)

- 1 - złożo gazu ziemnego; 2 - podziemny magazyn gazu; 3 - zasięg miocenu autochtonicznego; 4 - brzeg Karpat; 5 - linie równych wartości mineralizacji ( $\text{g}/\text{dm}^3$ )



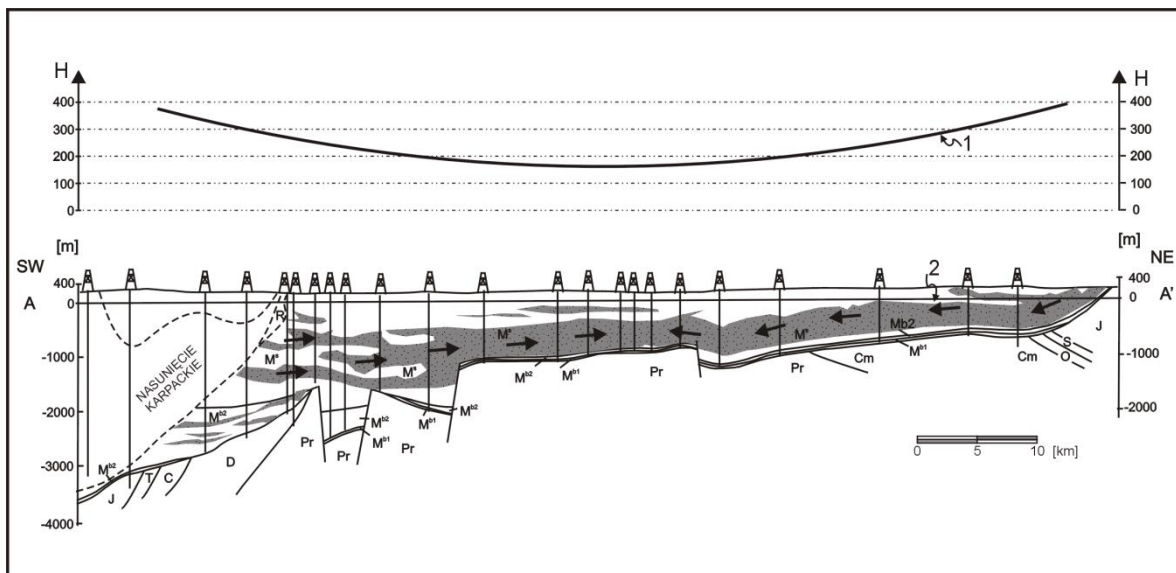
**Fig. 1.1.21\_3** Mapa potencjometryczna wód złożowych w miocenie autochtonicznym zapadliska przedkarpackiego (Zawisza 2007)

1 - złożo gazu ziemnego; 2 - podziemny magazyn gazu; 3 - zasięg miocenu autochtonicznego; 4 - brzeg Karpat; 5 - izolinie powierzchni potencjometrycznej wód złożowych; 6 - kierunki przepływu wód podziemnych (linie prądu); 7 - główna oś drenażu wód podziemnych.



**Fig. 1.1.21\_4** Mapa wartości bezwzględnych równych prędkości filtracji wody w utworach miocenu autochtonicznego zapadliska przedkarpackiego (Zawisza 2007)

1 - złoża gazu ziemnego; 2 - podziemny magazyn gazu; 3 - zasięg miocenu autochtonicznego; 4 - brzeg Karpat; 5 - linie równych wartości prędkości filtracji (cm/rok); 6 - kierunki przepływu wód podziemnych (linie prądu); 7 - główna oś drenażu wód podziemnych; 8 - strefy korzystne dla akumulacji węglowodorów.



**Fig. 1.1.21\_5** Przekrój hydrogeologiczny przez zapadlisko przedkarpackie (Zawisza 2007)

R - jednostka stębnicka; M<sup>s</sup> - sarmat; M<sup>b</sup> - baden; Cr - kreda; J - jura; T - trias; C - karbon; D - dewon; S - sylur; O - ordowik; Cm - kambry; Pr – prekambry; 1 - powierzchnia potencjometryczna wód złożowych w utworach miocenu; 2 – kierunki przepływu wód podziemnych w utworach miocenu.

## **Metodyka określania własności zbiornikowych skał w oparciu o pomiary geofizyki wiertniczej**

Ocena właściwości zbiornikowych skał dla celów naftowych polega zwykle na określaniu takich parametrów jak: porowatość, przepuszczalność absolutna, nasycenie skał, a ponadto przepuszczalności względne oraz przepuszczalności fazowe dla wody, ropy i gazu. Znajomość tych parametrów jest konieczna dla obliczania wielofazowych przepływów płynów złożowych przez ośrodek porowaty. Laboratoryjne oznaczanie parametrów zbiornikowych skał jest zwykle bardzo czasochłonne i uciążliwe. Dotyczy to szczególnie określania przepuszczalności absolutnej oraz przepuszczalności fazowych.

W niniejszej pracy przedstawiono ocenę porowatości, nasycenia skał wodą resztkową, wodą ruchomą i ropą, a ponadto przepuszczalności absolutnej, przepuszczalności względnych i przepuszczalności fazowych dla wody i ropy w oparciu o metodykę opracowaną przez L. Zawiszę (Zawisza 1989; Zawisza 1992; Zawisza 1993; Zawisza, Gądek, Nowak, Twaróg 1995). Metodyka ta obejmuje kilkanaście modeli fizykalnych, wymagających jedynie kalibracji dla danego typu skał, umożliwiającą ciągłą, cyfrową prognozę nasycenia skał wodą resztkową i ruchomą, przepuszczalności absolutnej, przepuszczalności względnych oraz przepuszczalności fazowych dla wody, ropy i gazu w oparciu o pomiary geofizyki wiertniczej.

Kalibracji modeli prognostycznych dokonuje się zwykle w oparciu o badania laboratoryjne prób rdzeniowych pobranych z otworów wiertniczych oraz wyniki testów produkcyjnych.

### ***Wyznaczanie współczynnika nasycenia resztkowego skał wodą $S_{wi}$***

Współczynnik nasycenia resztkowego skał wodą może być określony w miarę dokładnie jedynie przy pomocy metod laboratoryjnych. Resztkowe nasycenie skał wodą  $S_{wi}$  jest funkcją ciśnienia kapilarnego i zwilżalności skał. Woda resztkowa (związana) zawiera wodę kapilarną i tzw. "film wodny", który przylega do skał hydrofilnych dzięki istnieniu sił molekularnych. Nasycenie resztkowe skały wodą zależeć będzie zatem przede wszystkim od wielkości porowatości, od konfiguracji porów, od stopnia cementacji (zwięzłości), od rodzaju skały, a więc od zwilżalności oraz, w przypadku skał piaszczysto-ilastych, od wielkości zailenia. Woda resztkowa nie może być wyparta przez ropę lub gaz pod ciśnieniem panującym w złożach węglowodorów i dlatego też nasycenie wodą nie osiąga prawie nigdy wartości zerowej. Dla większości skał zbiornikowych  $S_{wi}$  wynosi od 10% do ponad 30%.

Współczynnik nasycenia resztkowego skały wodą może być określony w oparciu o profilowanie magnetyzmu jądrowego (NML).

W przypadku, kiedy nie dysponuje się pomiarami NML, współczynnik nasycenia resztkowego skały wodą  $S_{wi}$  można określić na podstawie współczynników porowatości i zailenia według wzoru (Zawisza 1993; Zawisza et al. 1993; Zawisza et al. 1994):

$$S_{wi} = V_{if}^{\beta} (1 - \Phi)^{\gamma} \quad (1)$$

gdzie:

$V_{it}$  – zailenie; w ułamku jednościi,

$\Phi$  - porowatośc; w ułamku jednościi,

$S_{wi}$  - nasycenie resztkowe skały wodą; w ułamku jednościi,

$\beta$  i  $\gamma$  - współczynniki zależne od litologii skał; w ułamku jednościi.

Do kalibracji równania (1) wykorzystuje się wyniki badań laboratoryjnych, głównie porozymetrycznych.

### **Wyznaczanie współczynnika przepuszczalności absolutnej skał $k$**

W ciągu ostatnich 50-ciu lat opracowano szereg zależności dla określania przepuszczalności absolutnej skał. W większości przypadków równania te zostały ustalone w sposób empiryczny, w oparciu o dane odnoszące się do określonych formacji geologicznych. Wobec tego równania te nie powinny być stosowane bez uprzedniej krytycznej analizy w dowolnym rejonie geologicznym.

W wyniku badań przeprowadzonych m.in. dla piaskowcowo - ilastych utworów miocenu zapadliska przedkarpackiego oraz piaszczystych utworów karbonu i saksonu (górnny czerwony spągowiec) monokliny przedsudeckiej (Zawisza 1989, 1993; Zawisza et al. 1993) można stwierdzić, że wszystkie opisane w literaturze metody określania współczynnika przepuszczalności absolutnej dają rozbieżne wyniki, na dodatek bardzo różnią się od wyników pomiarów laboratoryjnych, a ponadto nie opisują one najczęściej w sposób prawidłowy rozkładu współczynnika przepuszczalności absolutnej w funkcji współczynników  $\Phi$  i  $S_{wi}$ .

W związku z tym skonstruowany został model fizyczny (Zawisza 1993; Zawisza et al. 1993), który opisuje w sposób bardziej prawidłowy i ścisły zjawisko rozkładu przepuszczalności w funkcji porowatości i nasycenia skały wodą resztkową.

Ogólna postać równania dla określania przepuszczalności absolutnej przedstawia się następująco (Zawisza 1993; Zawisza et al. 1993):

$$k = C \Phi^{n+1} (1 - S_{wi})^2 \quad (2)$$

gdzie:

$k$  - współczynnik przepuszczalności absolutnej;  $m^2$  lub  $mD$ ,

$m$  - współczynnik zależny od stopnia cementacji spoiwa; bezwymiarowy,

$C$  - stała zależna głównie od porowatości;  $m^2$  lub  $mD$ .



Wartość współczynnika cementacji  $m$  zmienia się w przedziale 1 do 3 (Zawisza 1993). Według Humble'a dla dowolnego typu skał okruchowych, tj. piasków i piaskowców,  $m = 2,15$ . Przyjmując zatem  $m = 2,15$  i podstawiając tę wartość do równania (2) można otrzymać wzór dla wyznaczania przepuszczalności skał klastycznych w postaci:

$$k = C \Phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (3)$$

gdzie stała  $C$  może być wyznaczona poprzez prostą kalibrację empiryczną.

### **Wyznaczanie współczynników przepuszczalności fazowych dla wody $k_w$ i węglowodorów $k_h$**

Przepuszczalność względna jest parametrem, którego rozkład konieczny jest do obliczania przepływu mieszanin wielofazowych przez ośrodek porowaty. W wyniku przeprowadzonych badań (Zawisza et al. 1993) zbudowano modele fizyczne, należące do klasy modeli kapilarnych, opisujące przepływ płynów przez ośrodek porowaty, które wymagają jedynie kalibracji dla danego typu skał. Modele te opisane są równaniami (4), (5):

$$k_{rw} = (S_w^*)^2 (S_w^*)^{(1+2\alpha_1)} = (S_w^*)^{(3+2\alpha_1)} \quad (4)$$

$$k_{rh} = (1 - S_w^*)^2 [1 - (S_w^*)^{(1+2\alpha_2)}] \quad (5)$$

gdzie:

$k_{rw}$  - współczynnik przepuszczalności względnej dla wody; bezwymiarowy,

$k_{rh}$  jest to współczynnik przepuszczalności względnej dla węglowodorów; bezwymiarowy,  $\alpha_1, \alpha_2$  to współczynniki zależne od litologii skał; bezwymiarowe.

Natomiast:

$$S_w^* = \frac{S_w - S_{wi}}{1 - S_{wi}}$$

W celu obliczenia przepuszczalności fazowych dla wody  $k_w$  i węglowodorów  $k_h$  należy odpowiednie współczynniki przepuszczalności względnych  $k_{rw}$  i  $k_{rh}$  pomnożyć przez współczynnik przepuszczalności absolutnej  $k$ . Wobec tego:

$$k_w = k_{rw} k \quad (6)$$

$$k_h = k_{rh} k \quad (7)$$

W powyższych wzorach (4 – 7):

$k_w$ , i  $k_h$  - współczynniki przepuszczalności fazowej odpowiednio dla wody i węglowodorów; mD

$k_{rw}$  - współczynnik przepuszczalności względnej dla wody; w ułamku jedności,

$k_{rh}$  - współczynnik przepuszczalności względnej dla węglowodorów; w ułamku jedności,

$S_w$  - współczynnik nasycenia skały wodą; w ułamku jedności,

$S_{wi}$  - nasycenie resztkowe skały wodą, w ułamku jedności.

## **Ilościowa analiza parametrów zbiornikowych skał na podstawie danych geofizyki otworowej**

### ***Interpretacja danych geofizyki otworowej***

Modele fizykalne służące do określania zawartości wody nieredukowalnej i przepuszczalności (względnej, absolutnej lub fazowej) są bezpośrednio lub pośrednio powiązane z procedurami ilościowej interpretacji składu litologicznego, porowatości i nasycenia, a ściślej mówiąc korzystają z wyników interpretacji pomiarów geofizyki otworowej. To uzależnienie jest o tyle istotne, że parametry użyteczne dla określania zawartości wody nieredukowalnej i przepuszczalności, a więc zailenie objętościowe (VILU), porowatość (PHI) i zawodnienie (SW), w wyniku procesu interpretacyjnego nie są określane w sposób bezwzględnie ścisły. W zależności od zastosowanego programu interpretacyjnego, modelu litologicznego, formuły nasycenia, a także doboru zmiennych parametrów przetwarzania, wynik otrzymany z jednej ścieżki postępowania interpretacyjnego może w szczegółach odbiegać od rezultatów interpretacji z zastosowaniem opcjonalnych modeli i innych wartości parametrów. Niemałe znaczenie może mieć również doświadczenie interpretatora w danym rejonie geologicznym.

### ***Charakterystyka parametrów złożowych utworów miocenu zapadliska przedkarpackiego oraz jego podłoża dla wybranych rejonów złożowych***

Przedstawiona w poprzednim podrozdziale metodyka wyznaczania parametrów zbiornikowych skał, m.in. porowatości, nasycenia skał wodą resztkową, wodą ruchomą, ropą i gazem, a ponadto przepuszczalności absolutnej, przepuszczalności względnych i przepuszczalności fazowych w oparciu o pomiary geofizyki wiertniczej wymaga jedynie kalibracji dla danego typu skał.

Kalibracji modeli prognostycznych dokonuje się zwykle w oparciu o badania laboratoryjne prób rdzeniowych pobranych z otworów wiertniczych oraz wyniki testów produkcyjnych. Kalibracja taka powinna być wykonywana dla poszczególnych rejonów poszukiwawczych, w których utwory geologiczne charakteryzują się odmienną budową geologiczną i wykształceniem litologicznym.

Poniżej przedstawiono „skalibrowane” modele prognostyczne, opracowane dla następujących rejonów zapadliska przedkarpackiego:

- Góra Ropczycka,
- Husów,
- Jarosław,
- Jodłówka,
- Dzików i Wola Obszańska.

Dla wymienionych rejonów, w niniejszym opracowaniu, przedstawiono przykłady interpretacji wyników pomiarów geofizyki wiertniczej (**Fig. 1.1.21\_7 - 11**).

## A. Rejon Góry Ropczyckiej

### *I. Miocen*

1. Nasycenie wodą resztkową:

$$S_{wi} = V_{it}^{0,124} (1 - \Phi)^{5,074} \quad (A1)$$

2. Przepuszczalność absolutna:

$$k = 120\,850 \Phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (A2)$$

3. Przepuszczalności względne:

$$k_{rw} = \left[ \frac{S_w - S_{wi}}{1 - S_{wi}} \right]^{3,6} \quad (A3)$$

$$k_{rg} = \left( \frac{1 - S_w}{1 - S_{wi}} \right)^2 \left[ 1 - \left( \frac{S_w - S_{wi}}{1 - S_{wi}} \right)^{1,6} \right] \quad (A4)$$

### *II. Jura*

1. Nasycenie wodą resztkową:

$$S_{wi} = V_{it}^{0,32} (1 - \Phi)^{7,96} \quad (A5)$$

2. Przepuszczalność absolutna:

$$k = 12\,800 \Phi^2 (1 - S_{wi})^2 \quad (A6)$$

3. Przepuszczalności względne:

$$k_{rw} = \left[ \frac{S_w - S_{wi}}{1 - S_{wi}} \right]^7 \quad (A7)$$

$$k_{rg} = \left[ \frac{1 - S_w}{1 - S_{wi}} \right]^3 \quad (A8)$$

Przykładową interpretację wyników pomiarów geofizyki wiertniczej dla obliczenia składu litologicznego, porowatości, nasycenia wodą nieredukowalną, wodą ruchomą i węglowodorami oraz przepuszczalności metodą Zawiszy w utworach miocenu i jury górnej w odwiercie Góra Ropczycka-1k przedstawiono na załączniku 1.

## B. Rejon Husowa

### *I. Miocen*

1. Nasycenie wodą resztkową:

$$S_{wi} = V_{it}^{0,132} (1 - \Phi)^{6,33} \quad (B1)$$

2. Przepuszczalność absolutna:

$$k = 35\,632 \Phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (B2)$$

3. Przepuszczalności względne:

$$k_{rw} = \left[ \frac{S_w - S_{wi}}{1 - S_{wi}} \right]^{3,5} \quad (B3)$$

$$k_{rg} = \left( \frac{1 - S_w}{1 - S_{wi}} \right)^2 \left[ 1 - \left( \frac{S_w - S_{wi}}{1 - S_{wi}} \right)^{1,5} \right] \quad (B4)$$

Przykładową interpretację wyników pomiarów geofizyki wiertniczej dla obliczenia składu litologicznego, porowatości, nasycenia wodą nieredukowalną, wodą ruchomą i węglowodorami oraz przepuszczalności metodą Zawiszy w utworach miocenu w odwiercie Husów-54 przedstawiono na załączniku 2.

## C. Rejon Jarosławia

### *I. Miocen*

1. Nasycenie wodą resztkową:

$$S_{wi} = V_{it}^{0,43} (1 - \Phi)^{3,84} \quad (C1)$$

2. Przepuszczalność absolutna:

$$k = 47\,000 \Phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (C2)$$

3. Przepuszczalności względne:

$$k_{rw} = \left[ \frac{S_w - S_{wi}}{I - S_{wi}} \right]^{3,5} \quad (C3)$$

$$k_{rg} = \left( \frac{I - S_w}{I - S_{wi}} \right)^2 \left[ I - \left( \frac{S_w - S_{wi}}{I - S_{wi}} \right)^{1,5} \right] \quad (C4)$$

Przykładową interpretację wyników pomiarów geofizyki wiertniczej dla obliczenia składu litologicznego, porowatości, nasycenia wodą nieredukowalną, wodą ruchomą i węglowodorami oraz przepuszczalności metodą Zawisy w utworach miocenu w odwiercie Jarosław-7 przedstawiono na załączniku 3.

#### D. Rejon Jodłówki

##### *I. Miocen*

1. Nasycenie wodą resztkową:

$$S_{wi} = V_{it}^{0,447} (1 - \Phi)^{4,75} \quad (D1)$$

2. Przepuszczalność absolutna:

$$k = 43\,800 \Phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (D2)$$

3. Przepuszczalności względne:

$$k_{rw} = \left[ \frac{S_w - S_{wi}}{I - S_{wi}} \right]^{3,5} \quad (D3)$$

$$k_{rg} = \left( \frac{I - S_w}{I - S_{wi}} \right)^2 \left[ I - \left( \frac{S_w - S_{wi}}{I - S_{wi}} \right)^{1,5} \right] \quad (D4)$$

##### *II. Warstwy istebniańskie*

1. Nasycenie wodą resztkową:

$$S_{wi} = V_{it}^{0,416} (1 - \Phi)^3 \quad (D5)$$

2. Przepuszczalność absolutna:

$$k = 67\,500 \Phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (D6)$$

3. Przepuszczalności względne:

$$k_{rw} = \left[ \frac{S_w - S_{wi}}{1 - S_{wi}} \right]^3 \quad (D7)$$

$$k_{rr} = \frac{S_r^3}{(1 - S_{wi})^3} \quad (D8)$$

$$k_{rg} = \frac{S_g^3}{(1 - S_{wi})^3} \quad (D9)$$

Przykładową interpretację wyników pomiarów geofizyki wiertniczej dla obliczenia składu litologicznego, porowatości, nasycenia wodą nieredukowalną, wodą ruchomą i węglowodorami oraz przepuszczalności metodą Zawiszy w utworach miocenu w odwiercie Jodłówka-3 przedstawiono na załączniku 4.

## E. Rejon Dzikowa i Woli Obszańskiej

### *1. Miocen*

1. Nasycenie wodą resztkową:

$$S_{wi} = V_{it}^{0,359} (1 - \Phi)^{3,256} \quad (E1)$$

2. Przepuszczalność absolutna:

$$k = 45\,000 \Phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (E2)$$

3. Przepuszczalności względne:

$$k_{rw} = \left[ \frac{S_w - S_{wi}}{1 - S_{wi}} \right]^8 \quad (E3)$$

$$k_{rg} = \left( \frac{1 - S_w}{1 - S_{wi}} \right)^2 \left[ 1 - \left( \frac{S_w - S_{wi}}{1 - S_{wi}} \right)^4 \right] \quad (E4)$$

Przykładową interpretację wyników pomiarów geofizyki wiertniczej dla obliczenia składu litologicznego, porowatości, nasycenia wodą nieredukowalną, wodą ruchomą i węglowodorami oraz przepuszczalności metodą Zawiszy w utworach miocenu w odwiercie Dzików/Wola Obszańska-13 przedstawiono na załączniku 5.

## **Kryteria typowania złóż przeznaczonych do podziemnego składowania CO<sub>2</sub>**

### ***Geologiczne kryteria wyboru obiektu***

Każdy obiekt geologiczny przeznaczony do podziemnego składowania CO<sub>2</sub> powinien spełniać następujące kryteria:

- kryterium strukturalne - obiekt powinien stanowić pułapkę strukturalną lub stratygraficzną, odpowiednio wyniesioną ponad swoje otoczenie, aby mogła ona uzyskać odpowiednią pojemność magazynową;
- kryterium zbiornikowe - skały zbiornikowe muszą posiadać odpowiednią porowatość i przepuszczalność, aby zapewnić odpowiednią pojemność magazynu i wydajność;
- kryterium szczelności - zbiornik magazynowy powinien być przykryty od góry skałami nieprzepuszczalnymi, aby zapewnić odpowiednie uszczelnienie;
- kryterium głębokości - zbiornik magazynowy powinien znajdować się na odpowiedniej głębokości, aby zapewnić odpowiednie ciśnienie i pojemność zatlaczanego CO<sub>2</sub>.

Prace badawcze prowadzą się zwykle do badania obiektów (struktur) odkrytych wcześniej w wyniku podstawowych prac geologicznych, prac poszukiwawczych za ropą i gazem, prac rozpoznawczych i eksploatacyjnych.

Prace badawcze polegają na wyborze najlepszego obiektu (struktury) spośród istniejących potencjalnych obiektów nadających się do składowania CO<sub>2</sub>, tzn. posiadających odpowiednie parametry, takie jak: pojemność, szczelność, dobre własności zbiornikowe, ciśnienie itp., na tle aktualnego zapotrzebowania na obiekty do składowania CO<sub>2</sub>.

### ***Prace poszukiwawcze oraz dokumentacyjne dotyczące obiektów geologicznych nadających się do podziemnego składowania CO<sub>2</sub>***

W trakcie prowadzonych prac poszukiwawczych i dokumentacyjnych wiele cennych informacji można uzyskać przy pomocy takich metod badawczych i pomiarowych jak:

geologiczna kartografia powierzchniowa;

sejsmika refleksyjna;

pomiary geofizyki wiertniczej;



badania laboratoryjne na rdzeniach pobranych z serii zbiornikowej: porowatość, przepuszczalność, ciśnienia kapilarne, ciśnienia wypierania itd.;

badania (testy) interferencyjne pomiędzy otworami.

### ***Warunki niezbędne dla wytworzenia podziemnego składowiska CO<sub>2</sub>***

#### **A. Podziemne składowisko CO<sub>2</sub> w szcerpanych złożach węglowodorów:**

porowaty i przepuszczalny zbiornik (dane eksploatacyjne),

istniejące otwory (lokalizacja, stan techniczny),

własności płynów złożowych (dane eksploatacyjne),

uszczelnienie, jeżeli ciśnienie przekracza pierwotne ciśnienie złożowe,

rozpoznana (podniesiona) struktura, jeżeli kontur gaz-woda przekracza pierwotny kontur złożowy.

#### **B. Podziemne składowisko CO<sub>2</sub> w warstwach wodonośnych:**

podniesiona struktura,

odpowiednie uszczelnienie,

porowaty i przepuszczalny zbiornik.

#### **C. Podziemne składowisko CO<sub>2</sub> w kawernach solnych:**

struktura, odpowiednia miąższość i rozprzestrzenianie się mas solnych,

występowanie zanieczyszczeń w postaci cząstek nierozpuszczalnych w złożach soli.

### ***Przyjęte kryteria dotyczące wyboru struktur geologicznych przeznaczonych do podziemnego składowania CO<sub>2</sub> w złożach węglowodorów***

Szczegółowe kryteria wyboru struktur geologicznych przeznaczonych do składowania dwutlenku węgla w górotworze metodą otworową zostały przedstawione poniżej.

Cechy opisowe struktur geologicznych przeznaczonych do składowania CO<sub>2</sub> w szcerpanych złożach węglowodorów:

- nazwa złoża,
- horyzont,
- status złoża (eksploatowane, nieeksploatowane, zlikwidowane),
- data rozpoczęcia eksploatacji/zakończenia eksploatacji,
- stratygrafia,
- typ złoża (warstwowe, masywowe),
- głębokość zalegania stropu struktury/złoża,
- powierzchnia struktury,
- amplituda struktury,
- stopień zamknięcia struktury,
- powierzchnia złoża,
- amplituda złoża,
- horyzont uszczelniający (rodzaj *caprock-u*); rodzaj uszczelnienia skał nadkładu np. stratygraficzne, litologiczne *lub* doskonałe, dobre, słabe),
- zaburzenia tektoniczne w obrębie struktury i ich wpływ na szczelność zbiornika (sejsmika 2D/3D identyfikująca aktywne uskoki),
- litologia skał zbiornikowych (skały węglanowe, skały piaskowcowe),
- miąższość efektywna skał zbiornikowych (średnia),
- porowatość skał zbiornikowych,
- przepuszczalność skał zbiornikowych,
- rodzaj konturu (gaz-woda, ropa-woda; poziomy, pionowy, litologiczny),
- głębokość zalegania pierwotnego konturu gaz-woda/ ropa-woda,
- rodzaj kopaliny (ropa, gaz),
- zawartość szkodliwych domieszek (np: H<sub>2</sub>S, azotany, itp.),
- wody złożowe (mineralizacja, typ wody, chemizm),
- warunki energetyczne złoża (wodnonaporowe, ekspansyjne, mieszane),

- ilość wszystkich odwiertów na złożu (w rozbiściu na odwierty wiercone obrotowo i udarowo),
- ilość odwiertów udostępniających złożu (w rozbiściu na odwierty wiercone obrotowo i udarowo),
- pierwotne zasoby geologiczne,
- pierwotne zasoby wydobywalne,
- aktualne zasoby geologiczne,
- aktualne zasoby wydobywane,
- aktualny współczynnik szczypania zasobów geologicznych,
- aktualny współczynnik szczypania zasobów wydobywalnych,
- pierwotne ciśnienie złożowe,
- aktualne ciśnienie złożowe,
- temperatura złożowa.

## **Przegląd złóż węglowodorów na obszarze zapadliska przedkarpackiego i frontu Karpat**

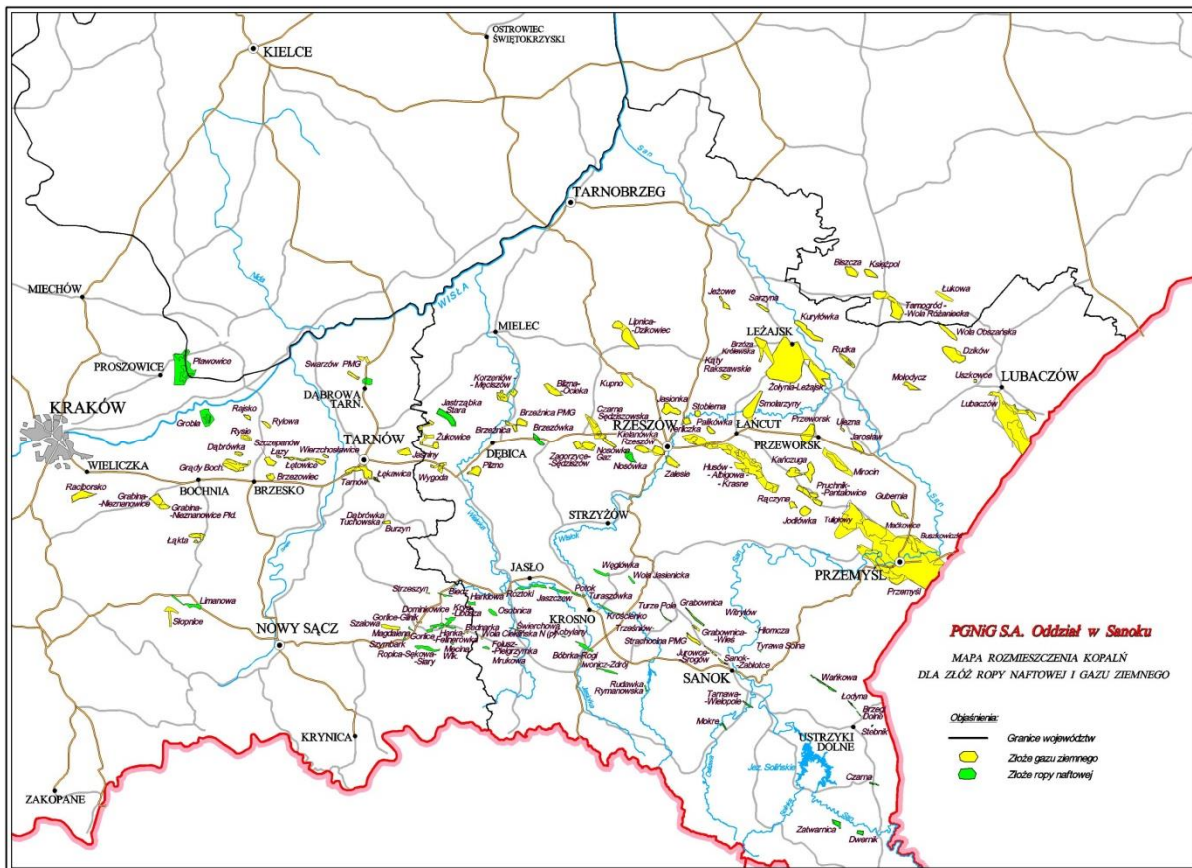
### ***Przegląd złóż gazu ziemnego na obszarze zapadliska przedkarpackiego i Karpat***

W Polsce złoża gazu ziemnego występują przede wszystkim na Niżu Polskim: w regionie wielkopolskim i na Pomorzu Zachodnim oraz na przedgórzu Karpat, a ponadto niewielkie zasoby gazu występują również w małych złożach obszaru Karpat oraz w polskiej strefie ekonomicznej Bałtyku. Około trzy czwarte zasobów gazu znajduje się w utworach miocenu i czerwonego spągowca, a pozostałe w osadach kambru, dewonu, karbonu, cechsztynu, jury i kredy (Przeniosło 2006).

Na przedgórzu Karpat złoża gazu ziemnego występują w utworach jurajskich, kredowych i miocenijskich. Jest to najczęściej gaz wysokometanowy, niskoazotowy, a jedynie w 4 złożach występuje gaz zaazotowany. Złoża należą do strukturalno-litologicznych, wielowarstwowych, rzadziej masywowych, produkujących w warunkach gazowo-aporowych (**Fig. 1.1.21\_6**).

W Karpatach gaz ziemny występuje w utworach kredowych i trzeciorzędowych, zarówno w złożach samodzielnych, jak i towarzysząc złożom ropy naftowej lub kondensatu. Wydobycie gazu ze złóż karpaccich przebiega w warunkach gazowo-aporowych. Gaz jest wysokometanowy (przeważnie zawiera powyżej 85 % metanu), niskoazotowy (średnio jego zawartość wynosi kilka procent) (**Fig. 1.1.21\_6**).

Stopień rozpoznania zasobów i stan zagospodarowania, a także wielkość wydobycia z poszczególnych złóż na obszarze zapadliska przedkarpacciego i Karpat zestawiono w **Tabeli 1.1.21\_1**.



**Fig. 1.1.21\_6** Rozmieszczenie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w Karpatach i zapadlisku przedkarpackim (Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo Oddział w Sanoku)

**Tabela 1.1.21\_1** Wykaz złóż gazu ziemnego w rejonie zapadliska przedkarpackiego i Karpat [w mln m<sup>3</sup>]  
(Przeniosło 2006)

| L.p.                | Wyszczególnienie   | Stan zag. złoże | Zasoby          |               | Wydobycie    | Powiat         |
|---------------------|--------------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------|----------------|
|                     |                    |                 | wydobywalne     | przemysłowe   |              |                |
| <b>reg. Karpaty</b> |                    |                 | <b>1 332.35</b> | <b>509.13</b> | <b>36.80</b> |                |
| <b>złóż : 37</b>    |                    |                 |                 |               |              |                |
| 1                   | Bednarka           | E               | tylko pzb.      | -             | 0.53         | Gorlice        |
| 2                   | Biecz              | E               | tylko pzb.      | -             | -            | Gorlice        |
| 3                   | Bóbrka-Rogi        | E               | tylko pzb.      | -             | -            | Krosno         |
| 4                   | Czarna             | E               | tylko pzb.      | -             | 0.11         | Ustrzyki Dolne |
| 5                   | Dąbrówka Tuchowska | E               | 37.35           | 15.78         | 6.24         | Tarnów         |
| 6                   | Dominik.-Kob.-Kryg | Z               | -               | -             | -            | Gorlice        |
| 7                   | Dwernik            | E               | tylko pzb.      | -             | 0.03         | Ustrzyki Dolne |
| 8                   | Folusz-Pielgrzymka | E               | tylko pzb.      | -             | 0.07         | Jasło          |
| 9                   | Gorlice            | E               | 31.29           | -             | 0.04         | Gorlice        |
| 10                  | Gorlice-Glinik     | E               | 13.77           | 5.14          | 0.95         | Gorlice        |
| 11                  | Grabownica         | E               | 0.68            | 0.68          | 0.47         | Brzozów        |
| 12                  | Harkłowa           | E               | 0.52            | 0.24          | 0.03         | Jasło          |
| 13                  | Iskrzynia          | Z               | tylko pzb.      | -             | -            | Krosno         |
| 14                  | Iwonicz-Zdrój      | E               | 2.83            | -             | 0.54         | Krosno         |

| L.p | Wyszczególnienie        | Stan          | Zasoby      |             | Wydobycie | Powiat                      |
|-----|-------------------------|---------------|-------------|-------------|-----------|-----------------------------|
|     |                         | zag.<br>złoża | wydobywalne | przemysłowe |           |                             |
| 15  | Jaszczew                | E             | 196.24      | 55.11       | 6.57      | Krosno, Jasło               |
| 16  | Jurowce-Srogów          | E             | 25.27       | 24.64       | 3.84      | Sanok                       |
| 17  | Krościenko              | E             | tylko pzb.  | -           | 0.03      | Krosno                      |
| 18  | Lachowice-Stryszawa     | R             | 240.00      | -           | -         | Sucha Besk.                 |
| 19  | Łodyna                  | E             | 3.40        | 0.31        | 0.51      | Lesko,<br>Ustrzyki<br>Dolne |
| 20  | Osobnica                | E             | 43.74       | 10.99       | 0.50      | Jasło                       |
| 21  | Potok                   | E             | 9.54        | -           | -         | Krosno                      |
| 22  | Rej. Grabownica<br>Wieś | E             | 84.09       | 71.61       | 0.04      | Brzozów                     |
| 23  | Roztoki                 | E             | 164.43      | 95.15       | 9.82      | Jasło                       |
| 24  | Rudawka<br>Rymanowska   | E             | tylko pzb.  | -           | 0.01      | Krosno                      |
| 25  | Sanok-Zabłotce          | E             | 188.55      | 32.94       | 4.90      | Sanok                       |
| 26  | Słopnice                | E             | 85.11       | 4.87        | 0.22      | Limanowa                    |
| 27  | Strachocina             | G             | 121.50      | 121.50      | -         | Brzozów,<br>Sanok           |
| 28  | Strzeszyn               | E             | 2.74        | 2.37        | -         | Gorlice                     |

| L.p.                   | Wyszczególnienie     | Stan zag. złoża | Zasoby          |                 | Wydobycie      | Powiat             |
|------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------------|
|                        |                      |                 | wydobywalne     | przemysłowe     |                |                    |
| 29                     | Szalowa              | E               | 78.53           | 67.41           | 0.93           | Gorlice            |
| 30                     | Tarnawa-Wielopole    | M               | -               | -               | -              | Sanok              |
| 31                     | Turze Pole-Zmiennica | E               | 0.66            | 0.39            | 0.03           | Brzozów            |
| 32                     | Tyrawa Solna         | M               | -               | -               | -              | Sanok              |
| 33                     | Wańkowa              | E               | 0.44            | -               | 0.21           | Lesko              |
| 34                     | Wetlina              | P               | tylko pzb.      | -               | -              | Lesko              |
| 35                     | Węglówka             | E               | 1.67            | -               | -              | Krosno             |
| 36                     | Wola Jasienicka      | E               | tylko pzb.      | -               | 0.16           | Brzozów,<br>Krosno |
| 37                     | Zatwarnica           | E               | tylko pzb.      | -               | 0.02           | Ustrzyki<br>Dolne  |
| <b>reg. Przedgórze</b> |                      |                 | <b>44541.09</b> | <b>18161.70</b> | <b>1690.34</b> |                    |
| <b>złów : 82</b>       |                      |                 |                 |                 |                |                    |
| 1                      | Biszczka             | B               | 259.00          | 225.93          | -              | Biłgoraj           |
| 2                      | Blizna-Ocieka        | P               | 120.00          | -               | -              | Mielec             |
| 3                      | Brzezowiec           | Z               | -               | -               | -              | Brzesko            |
| 4                      | Brzezowiec I,II      | E               | 115.12          | 46.57           | -              | Brzesko            |
| 5                      | Brzezówka            | E               | 18.93           | -               | 0.54           | Ropczyce           |
| 6                      | Brzeźnica            | E,              | 1.92            | 1.03            | 0.31           | Dębica             |



| L.p. | Wyszczególnienie        | Stan zag. złoża | Zasoby      |             | Wydobycie | Powiat              |
|------|-------------------------|-----------------|-------------|-------------|-----------|---------------------|
|      |                         |                 | wydobywalne | przemysłowe |           |                     |
|      | Brzeźnica               | G               | 45.59       | 45.59       |           | Dębica              |
| 7    | Brzoza Królewska        | R               | 24.00       | -           | -         | Leżajsk             |
| 8    | Buszkowiczki (Przemyśl) | E               | 479.80      | 173.50      | 18.32     | Przemyśl            |
| 9    | Chotyniec               | P               | 40.00       | -           | -         | Jarosław            |
| 10   | Cierpisz                | R               | 603.00      | -           | -         | Ropczyce            |
| 11   | Czarna Sędziszowska     | E               | 76.14       | 17.66       | 8.13      | Ropczyce            |
| 12   | Dąbrówka                | E               | 46.53       | 16.99       | 7.62      | Bochnia             |
| 13   | Dębowiec Śląski         | E               | 12.39       | 12.08       | 3.87      | Cieszyn             |
| 14   | Dzików                  | E               | 1209.36     | 434.25      | 84.16     | Lubaczów            |
| 15   | Grabina-Nieznanowice    | E               | 350.30      | 38.52       | -         | Wieliczka           |
| 16   | Grabina-Nieznanowice S  | E               | 208.60      | 113.40      | 0.43      | Wieliczka           |
| 17   | Grądy Bocheńskie        | E               | 20.67       | -           | 7.19      | Brzesko, Bochnia    |
| 18   | Grobla                  | E               | 57.01       | 3.79        | 0.28      | Bochnia, Proszowice |
| 19   | Gubernia                | E               | 1.05        | 0.59        | 1.49      | Przemyśl, Jarosław  |
| 20   | Husów                   | G               | 372.88      | 372.88      | -         | Łańcut              |

| L.p. | Wyszczególnienie      | Stan zag. | Zasoby      |             | Wydobycie | Powiat          |
|------|-----------------------|-----------|-------------|-------------|-----------|-----------------|
|      |                       | złoża     | wydobywalne | przemysłowe |           |                 |
| 21   | Husów-Albigowa-Krasne | E         | 700.10      | 260.43      | 26.90     | Rzeszów, Łańcut |
| 22   | Jadowniki             | P         | 330.00      | -           | -         | Brzesko         |
| 23   | Jarosław              | E         | 961.87      | 246.93      | 29.00     | Jarosław        |
| 24   | Jasionka              | E         | 1753.70     | 1295.59     | -         | Rzeszów         |
| 25   | Jastrzębka Stara      | E         | 1.47        | 0.36        | 0.06      | Dębica          |
| 26   | Jaśniny Północ        | E,        | 232.33      | 145.14      | 18.39     | Tarnów          |
|      | Jaśniny Północ        | G         | 91.63       | 91.63       |           | Tarnów          |
| 27   | Jodłówka              | E         | 1116.48     | 953.86      | 83.66     | Jarosław        |
| 28   | Kańczuga              | E         | 48.35       | 23.14       | 3.61      | Przeworsk       |
| 29   | Kąty Rakszawskie      | E         | 26.83       | 20.05       | 2.13      | Rzeszów         |
| 30   | Kielanówka-Rzeszów    | E         | 2936.07     | 683.99      | 53.37     | Rzeszów         |
| 31   | Korzeniów             | T         | 1.33        | -           | -         | Dębica          |
| 32   | Korzeniów (gaz)       | E         | 149.54      | 29.86       | 0.08      | Dębica          |
| 33   | Księżpol              | E         | 265.00      | 144.18      | -         | Biłgoraj        |
| 34   | Kupno                 | R         | 176.06      | -           | -         | Rzeszów,        |

| L.p. | Wyszczególnienie      | Stan zag. złoza | Zasoby      |             | Wydobycie | Powiat                 |
|------|-----------------------|-----------------|-------------|-------------|-----------|------------------------|
|      |                       |                 | wydobywalne | przemysłowe |           |                        |
|      |                       |                 |             |             |           | Kolbuszowa             |
| 35   | Kuryłówka             | E               | 417.59      | 311.34      | 49.34     | Leżajsk                |
| 36   | Lipnica-Dzikowiec     | R               | 154.00      | -           | -         | Kolbuszowa             |
| 37   | Lubaczów              | E               | 669.67      | 214.48      | 41.57     | Lubaczów               |
| 38   | Łazy                  | E               | 33.15       | 30.31       | 1.62      | Brzesko                |
| 39   | Łąka                  | E               | 240.91      | 37.85       | 1.93      | Bochnia                |
| 40   | Łękawica              | E               | 124.00      | 120.03      | -         | Tarnów                 |
| 41   | Łętowice-Bogumiłowice | E               | 130.00      | 18.54       | 10.53     | Brzesko,<br>Tarnów     |
| 42   | Mirocin               | E               | 551.41      | 315.58      | 34.52     | Jarosław,<br>Przeworsk |
| 43   | Mołodycz              | B               | 100.00      | -           | -         | Jarosław               |
| 44   | Niwiska               | Z               | tylko pzb.  | -           | -         | Kolbuszowa             |
| 45   | Nosówka               | E               | 13.74       | 1.80        | 1.12      | Rzeszów                |
| 46   | Nosówka (gaz)         | B               | 524.52      | 327.42      | 7.48      | Ropczyce,<br>Rzeszów   |
| 47   | Palikówka             | E               | 795.54      | 306.43      | 32.32     | Łańcut,<br>Rzeszów     |
| 48   | Piłzno Południe       | E               | 1772.89     | 840.35      | 68.24     | Dębica                 |

| L.p | Wyszczególnienie         | Stan          | Zasoby      |             | Wydobycie | Powiat                 |
|-----|--------------------------|---------------|-------------|-------------|-----------|------------------------|
|     |                          | zag.<br>złoża | wydobywalne | przemysłowe |           |                        |
| 49  | Pogórska Wola            | Z             | tylko pzb.  | -           | -         | Tarnów                 |
| 50  | Pogórz                   | E             | 12.20       | 12.12       | -         | Cieszyn                |
| 51  | Pruchnik-<br>Pantalowice | E             | 825.58      | 180.02      | 5.71      | Przeworsk,<br>Jarosław |
| 52  | Przemyśl                 | E             | 12472.96    | 5700.58     | 699.63    | Przemyśl               |
| 53  | Przeworsk                | E             | 197.78      | 6.52        | 1.84      | Przeworsk              |
| 54  | Raciborsko               | E             | 434.50      | 19.16       | 0.43      | Wieliczka              |
| 55  | Rajsko                   | B             | 163.00      | -           | -         | Brzesko                |
| 56  | Rączyna                  | E             | 343.02      | 234.95      | 31.55     | Przeworsk,<br>Jarosław |
| 57  | Rokietnica               | P             | 120.00      | -           | -         | Jarosław               |
| 58  | Rudka                    | E             | 234.89      | 37.05       | 1.60      | Przeworsk,<br>Leżajsk  |
| 59  | Rudołowice               | P             | 400.00      | -           | -         | Przeworsk              |
| 60  | Rylowa                   | T             | 544.68      | -           | -         | Brzesko                |
| 61  | Rysie                    | E             | 24.53       | 2.38        | 1.79      | Brzesko,<br>Bochnia    |
| 62  | Sarzyna                  | E             | 52.19       | 10.96       | 0.30      | Leżajsk                |
|     | Smolarzyny               | E             | 189.45      | 52.69       | 1.93      | Łańcut                 |

| L.p. | Wyszczególnienie      | Stan zag. złoża | Zasoby      |             | Wydobycie | Powiat             |
|------|-----------------------|-----------------|-------------|-------------|-----------|--------------------|
|      |                       |                 | wydobywalne | przemysłowe |           |                    |
| 63   |                       |                 |             |             |           |                    |
| 64   | Sokołów               | P               | 26.00       | -           | -         | Rzeszów            |
| 65   | Stobierna             | E               | 323.00      | 265.88      | -         | Rzeszów            |
| 66   | Swarzów               | G               | 28.80       | 28.80       | -         | Dąbrowa Tarn.      |
| 67   | Szczepanów            | E               | 386.92      | 339.51      | 57.64     | Brzesko, Bochnia   |
| 68   | Tarnogród-Wola Różan. | E               | 253.65      | 86.52       | 1.56      | Biłgoraj           |
| 69   | Tarnów (jura)         | E               | 77.98       | 109.89      | 45.58     | Tarnów             |
| 70   | Tarnów (miocen)       | E               | 1416.04     | 1252.55     | 74.43     | Tarnów             |
| 71   | Terliczka             | R               | 533.54      | 454.90      | -         | Rzeszów            |
| 72   | Tryńcza               | P               | 20.00       | -           | -         | Przeworsk          |
| 73   | Trzebownisko          | R               | 399.69      | -           | -         | Rzeszów            |
| 74   | Uszkowce              | E               | 106.48      | 4.35        | 0.27      | Lubaczów           |
| 75   | Wierzchosławice       | T               | 119.74      | 81.90       | -         | Brzesko, Bochnia   |
| 76   | Wola Obszańska        | E               | 575.73      | 519.70      | 74.25     | Lubaczów, Biłgoraj |
|      | Wola Zarczycka        | P               | 16.00       | -           | -         | Leżajsk            |

| L.p | Wyszczególnienie | Stan zag. złoza | Zasoby      |             | Wydobycie | Powiat                |
|-----|------------------|-----------------|-------------|-------------|-----------|-----------------------|
|     |                  |                 | wydobywalne | przemysłowe |           |                       |
| 77  |                  |                 |             |             |           |                       |
| 78  | Wygoda           | E               | 10.95       | 1.13        | 1.06      | Dębica                |
| 79  | Zagorzyce        | E               | 494.61      | 122.20      | 16.45     | Ropczyce              |
| 80  | Zalesie          | E               | 2990.90     | 543.29      | 51.41     | Rzeszów               |
| 81  | Żołynia-Leżajsk  | E               | 2269.09     | 181.35      | 24.70     | Przeworsk,<br>Leżajsk |
| 82  | Żukowice         | E               | 96.72       | -           | -         | Dębica,<br>Tarnów     |

### **Przegląd złóż ropy naftowej i kondensatu na obszarze zapadliska przedkarpackiego i Karpat**

W Polsce występuje 86 złóż ropy naftowej, w tym w Karpatach – 32 złoża, na ich przedgórzu (w zapadlisku przedkarpackim) - 11, na Niziu Polskim 41 złóż oraz w obszarze polskiej strefy ekonomicznej Bałtyku - 2 złoża. Złoża występujące w Karpatach i na ich przedgórzu mają długą historię, jest to rejon najstarszego światowego górnictwa ropy naftowej. Obecnie zasoby tych złóż są na wyczerpaniu. W Polsce, największe obecnie znaczenie gospodarcze mają złoża ropy naftowej występujące na Niziu Polskim.

W Karpatach złoża ropy naftowej występują w kilku jednostkach tektonicznych, ale większość w jednostce śląskiej. Są to głównie złoża strukturalne, rzadziej strukturalno-litologiczne, głównie typu warstwowego z wodą okalającą. Wydobywanie następuje początkowo wskutek ekspansji rozpuszczonego w ropie gazu, a później wskutek grawitacji (**Fig. 1.1.21\_6**).

Karpacka ropa naftowa należy do typu metanowego. Jej gęstość waha się od 0,750 do 0,943 g/cm<sup>3</sup> i zalicza się ją do rop beziarkowych. Zawartości parafiny wahają się od 3,5 do 7 % parafiny. Zasoby złóż karpackich są niewielkie, uzależnione od wielkości i charakteru struktur, w których występują. W wyniku wieloletniej eksploatacji nastąpiło znaczne wyczerpanie się zasobów tego regionu (Przeniosło 2006).

W zapadlisku przedkarpackim złoża ropy naftowej występują w podłożu trzeciorzędu, w osadowych utworach mezozoicznych typu platformowego (głównie w węglanowych utworach jury, rzadziej w piaskowcach kredy), przeważnie pod uszczelniającymi utworami ilastymi miocenu. Są to w większości złoża typu warstwowego, ekranowane stratygraficznie, litologicznie lub tektonicznie. Ropy tego regionu należą do lekkich i średnich (o gęstości 0,811 - 0,846 g/cm<sup>3</sup>). Zawartość parafiny waha się w nich od 2,32 do 9,37 %, a siarki - średnio od 0,45 do 0,85 %.

Stopień rozpoznania zasobów i stan zagospodarowania, a także wielkość wydobycia z poszczególnych złóż na obszarze zapadliska przedkarpackiego i Karpat zestawiono w **Tabeli 1.1.21\_2**.

**Tabela 1.1.21\_2** Wykaz złóż ropy naftowej i kondensatu ropnego w rejonie zapadliska przedkarpackiego i Karpat [w tys. t] (Przeniosło 2006)

| L.p                 | Wyszczególnienie     | Stan zag. złoża | Zasoby        |               | Wydobycie    | Powiat         |
|---------------------|----------------------|-----------------|---------------|---------------|--------------|----------------|
|                     |                      |                 | wydobywalne   | przemysłowe   |              |                |
| <b>reg. Karpaty</b> |                      |                 | <b>271.85</b> | <b>120.17</b> | <b>27.45</b> |                |
| <b>złóż : 32</b>    |                      |                 |               |               |              |                |
| 1                   | Biecz                | E               | tylko pzb.    | -             | 0.32         | Gorlice        |
| 2                   | Bóbrka-Rogi          | E               | tylko pzb.    | -             | 2.55         | Krosno         |
| 3                   | Brzegi Dolne         | E               | 0.08          | -             | 0.07         | Ustrzyki Dolne |
| 4                   | Czarna               | E               | tylko pzb.    | -             | 0.28         | Ustrzyki Dolne |
| 5                   | Dominik.-Kob.-Kryg   | E               | 6.54          | 6.54          | 0.70         | Gorlice        |
| 6                   | Dwernik              | E               | tylko pzb.    | -             | 0.42         | Ustrzyki Dolne |
| 7                   | Fellnerówka-Hanka    | E               | 19.67         | -             | 0.35         | Gorlice        |
| 8                   | Folusz-Pielgrzymka   | E               | tylko pzb.    | -             | 1.08         | Jasło          |
| 9                   | Gorlice              | E               | 30.37         | 0.94          | 0.08         | Gorlice        |
| 10                  | Grabownica           | E               | 25.40         | 25.40         | 2.80         | Brzozów        |
| 11                  | Harkłowa             | E               | 10.54         | 7.43          | 0.76         | Jasło          |
| 12                  | Iwonicz-Zdrój        | E               | 3.12          | 3.12          | 0.60         | Krosno         |
| 13                  | Jaszczew             | E               | 44.62         | 9.29          | 0.86         | Krosno, Jasło  |
| 14                  | Krościenko           | E               | tylko pzb.    | -             | 0.92         | Krosno         |
| 15                  | Kryg-Libusza-Lipinki | E               | 2.77          | 2.77          | 1.73         | Gorlice        |



| L.p | Wyszczególnienie     | Stan zag. złoża | Zasoby      |             | Wydobycie | Powiat                |
|-----|----------------------|-----------------|-------------|-------------|-----------|-----------------------|
|     |                      |                 | wydobywalne | przemysłowe |           |                       |
| 16  | Łodyna               | E               | 10.22       | 1.64        | 1.58      | Lesko, Ustrzyki Dolne |
| 17  | Magdalena            | E               | tylko pzb.  | -           | 0.17      | Gorlice               |
| 18  | Mrukowa              | E               | tylko pzb.  | -           | 0.04      | Jasło                 |
| 19  | Osobnica             | E               | 52.42       | 23.56       | 2.95      | Jasło                 |
| 20  | Potok                | E               | 9.34        | 6.73        | 0.76      | Krosno                |
| 21  | Rej. Grabownica Wieś | E               | 11.13       | 6.35        | 0.05      | Brzozów               |
| 22  | Roztoki              | E               | 19.87       | 10.22       | 0.98      | Jasło                 |
| 23  | Rudawka Rymanowska   | E               | tylko pzb.  | -           | -         | Krosno                |
| 24  | Słopnice             | E               | 1.63        | -           | -         | Limanowa              |
| 25  | Tarnawa-Wielopole    | M               | -           | -           | -         | Sanok                 |
| 26  | Turaszówka           | E               | 6.33        | 5.52        | 0.42      | Krosno                |
| 27  | Turze Pole-Zmiennica | E               | 6.70        | -           | 0.77      | Brzozów               |
| 28  | Tyrawa Solna         | M               | -           | -           | -         | Sanok                 |
| 29  | Wańkowa              | E               | 6.92        | 6.92        | 3.56      | Lesko                 |
| 30  | Węglówka             | E               | 4.18        | 3.74        | 2.33      | Krosno                |

| L.p                    | Wyszczególnienie | Stan zag. złoża | Zasoby        |               | Wydobycie    | Powiat                             |
|------------------------|------------------|-----------------|---------------|---------------|--------------|------------------------------------|
|                        |                  |                 | wydobywalne   | przemysłowe   |              |                                    |
| 31                     | Wola Jasienicka  | E               | tylko pzb.    | -             | 0.13         | Brzozów,<br>Krosno                 |
| 32                     | Zatwarnica       | E               | tylko pzb.    | -             | 0.19         | Ustrzyki<br>Dolne                  |
| <b>reg. Przedgórze</b> |                  |                 | <b>307.85</b> | <b>106.93</b> | <b>23.03</b> |                                    |
| <b>złów : 11</b>       |                  |                 |               |               |              |                                    |
| 1                      | Brzezówka        | E               | 21.53         | -             | 1.92         | Ropczyce                           |
| 2                      | Cetynia          | E               | tylko pzb.    | -             | -            | Lubaczów                           |
| 3                      | Grobla           | E               | 93.26         | 66.88         | 6.03         | Bochnia,<br>Proszowice             |
| 4                      | Jastrząbka Stara | E               | 14.88         | 14.88         | 1.73         | Dębica                             |
| 5                      | Korzeniów        | P               | 4.80          | -             | -            | Dębica                             |
| 6                      | Lubaczów         | P               | 115.93        | -             | -            | Lubaczów                           |
| 7                      | Łąka             | E               | 4.58          | -             | -            | Bochnia                            |
| 8                      | Mniszów          | P               | tylko pzb.    | -             | -            | Proszowice                         |
| 9                      | Nosówka          | E               | 43.66         | 15.96         | 9.12         | Rzeszów                            |
| 10                     | Pławowice        | E               | 9.21          | 9.21          | 4.23         | Kazimierza<br>Wielka<br>Proszowice |
| 11                     | Tarnów           | P               | tylko pzb.    | -             | -            | Tarnów                             |

## **Analiza wybranych złóż węglowodorów pod kątem możliwości podziemnego magazynowania gazu**

### ***Przyjęte kryteria dotyczące składowania CO<sub>2</sub> w szcerpanych złożach ropy naftowej***

Szczegółowe kryteria wyboru struktur geologicznych przeznaczonych do podziemnego składowania dwutlenku węgla w górotworze metodą otworową zostały omówione w przedostatnim podrozdziale.

W złożach ropy naftowej w Polsce, w świetle aktualnych przepisów, możliwe jest zatłaczanie CO<sub>2</sub> w ramach koncesji na eksploatację, jako metody wtórnej (EOR) wspomagającej wydobycie węglowodorów i zwiększającej współczynnik czerpania zasobów.

Jako istotne kryterium dotyczące wyboru struktur geologicznych do składowania CO<sub>2</sub>, oprócz uprzednio omówionych, przyjęto zatem wielkość aktualnego współczynnika szcerpania zasobów. Dla złóż ropy naftowej jako wartość minimalną przyjęto 15 – 25% szcerpania zasobów geologicznych lub odpowiednio **50% szcerpania zasobów wydobywalnych** (Bachu, Shaw 2003, 2005). Oznacza to, że do składowania CO<sub>2</sub> wytypowano wyłącznie struktury (złoża ropy naftowej) o aktualnym współczynniku szcerpania większym od wartości przyjętej jako minimalna.

Ponadto przyjęto dwa dodatkowe kryteria dla wytypowanych wcześniej złóż węglowodorów z punktu widzenia możliwego ich wykorzystania w skali przemysłowej. Złoża do wykorzystania przemysłowego muszą spełniać dwa kryteria:

minimalnej objętości magazynowej CO<sub>2</sub> – wynikającej z zapotrzebowania potencjalnego Inwestora na pojemność,

maksymalnej głębokość złoża (maksymalnego ciśnienia złożowego) – wynikającej z uwarunkowań technicznych i technologicznych procesu zatłaczania CO<sub>2</sub>.

### **Analiza wybranych złóż z rejonu Karpat i zapadliska przedkarpackiego**

Łącznie przeanalizowano 46 złóż ropy naftowej, w tym w Karpatach – 35 złóż, a w zapadlisku przedkarpackim – 11. Do dalszej analizy wybrano złoża ropy, spełniające przyjęte kryteria.

W **Tabeli 1.1.21\_3** zestawiono potencjalne struktury geologiczne przeznaczone do składowania CO<sub>2</sub> metodą otworową w szcerpanych złożach ropy naftowej z rejonu Karpat i zapadliska przedkarpackiego.

### ***Przyjęte kryteria dotyczące składowania CO<sub>2</sub> w szcerpanych złożach gazu ziemnego***

Dla złóż gazu przeznaczonych do podziemnego składowania dwutlenku węgla przyjęto podobne kryteria jak w przypadku złóż ropy naftowej.

Jako najważniejsze kryterium dotyczące wyboru złóż gazu ziemnego do podziemnego składowania CO<sub>2</sub>, przyjęto wielkość aktualnego współczynnika szcerpania zasobów. Dla złóż gazu ziemnego jako wartość

minimalną przyjęto 60% szcerpania zasobów geologicznych lub odpowiednio **75% szcerpania zasobów wydobywanych** (Bachu, Shaw 2003, 2005). Oznacza to, że do składowania CO<sub>2</sub> wytypowano wyłącznie struktury (złoża gazu ziemnego) o aktualnym współczynniku szcerpania większym od wartości przyjętej jako minimalna.

Ponadto, jako dodatkowe kryteria, z punktu widzenia możliwego wykorzystania złóż gazu w skali przemysłowej, przyjęto:

minimalną objętość magazynową CO<sub>2</sub> – wynikającą z zapotrzebowania potencjalnego Inwestora na pojemność.

maksymalną głębokość złoża (maksymalne ciśnienie złożowe) – wynikającą z uwarunkowań technicznych i technologicznych procesu zatłaczania CO<sub>2</sub>.

#### **Analiza wybranych złóż gazu ziemnego z rejonu Karpat i zapadliska przedkarpackiego**

łącznie przeanalizowano 119 złóż gazu ziemnego, w tym w Karpatach – 36 złóż oraz w zapadlisku przedkarpackim – 83 złoża. W **Tabeli 1.1.21\_4** zestawiono potencjalne struktury geologiczne przeznaczone do składowania CO<sub>2</sub> metodą otworową w szcerpanych złożach gazu ziemnego z rejonu Karpat i zapadliska przedkarpackiego.

Tabela 1.1.21\_3 Zestawienie parametrów złożowych wybranych złóż ropy naftowej i kondensatu ropnego w rejonie zapadliska przedkarpackiego i Karpat

| L. p. | Nazwa złoża          | Horyzont             | Status złoża /horyzontu/<br>e - eksploatowane<br>n.e. - nie eksploat.<br>z - zlikwidowane<br>z.w. - zatłacz. wodę | Typ złoża<br>(warstwowe,<br>masywowe)<br>(w-warstwowe<br>m-masywowe) | Stratygrafia skał<br>zbiornikowych | Litologia skał<br>zbiornikowych | Głębokość zalegania stropu | Powierzchnia złoża | Miąższość efektywna skał zbiorn. (śr) | Porowatość | Przepuszczalność | Rodzaj kopaliny<br>(gaz z., ropa n. gaz towarzyszący, kondensat) | Pierwotne zasoby geolog. | Pierwotne zasoby wydobyw. | Aktualne zasoby    | Aktualne zasoby | Pierwotne ciśnienie złożowe | Aktualne ciśnienie złożowe (pomiar w roku 2003) | Temperatura złożowa |
|-------|----------------------|----------------------|---|--|------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------|---------------------------------------|------------|------------------|--|--------------------------|---------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------|---|---------------------|
|       |                      |                      |   |  |                                    |                                 | [m]                        |                    |                                       |            |                  |  |                          |                           | [km <sup>2</sup> ] | [m]             |                             |   |                     |
| 1     | 2                    | 3                    | 4   | 5  | 6                                  | 7                               | 8                          | 9                  | 10                                    | 11         | 12               | 13   | 14                       | 15                        | 16                 | 17              | 18                          | 19  | 20                  |
| 1     | BRZEZÓWKA            | I+II                 | n.e.  | m+w  | kimeryd                            | wapienie                        | 1870-1900                  | 2,15               | 36                                    | 4,0 - 8,9  | 1,9 - 4,1        | ropa n. gaz towarzyszący   | 254 90*                  | 187,66 72,61              | 69,94 21,39        | 3,5963 3,99     | 20                          | -   | 71,8                |
| 2     | DĄBROWATAR<br>NOWSKA | DĄBROWATAR<br>NOWSKA | z   | m+w  | kimeryd                            | wapienie                        | 673-725                    | 2,81               | 20                                    | 3,04 - 5,0 | 3,1              | ropa n. gaz towarzyszący   | 602,6 63,0               | 7,2659 6,74               | 555,33 55,73       | 0 0             | 6,27 - 7,49                 | -   | 33,8                |
| 3     | GLINIK               | GLINIK               | n.e.  | w  | famen                              | piaskowce                       | 2302                       | 0,58               | 4,2                                   | 5,6        | 0 - 0,5          | ropa n. gaz towarzyszący   | 46,0 6,0                 | 9,20 1,2                  | 39,539 0,747       | 2,7441 0,7465   | 21,95                       | -   | 68,8                |
| 4     | GOMUNICE             | GOMUNICE             | z   | w  | cechsztyń-<br>dolomit<br>główny    | dolomity                        | 2642,5                     | 1,7                | 21,9                                  | 1,7        | 1,4-9,6          | ropa n. gaz towarzyszący   | 276,1                    | 41,4                      |                    | 39,850 0        | 25,48                       | -   | 83,9                |

|        |                       |                       |      |     |                                    |                            |                 |  |  |   |   |   |                                  |   |   |                                   |   |  |       |
|--------|-----------------------|-----------------------|------|-----|------------------------------------|----------------------------|-----------------|--|--|---|---|---|----------------------------------|---|---|-----------------------------------|---|--|-------|
| 5      | GROBLA                | cenoman               | n.e. | m+w | kreda-<br>cenoman                  | p-ce,<br>zlepierńce        | 740             | 4,77   | 9  | 5,5-16  | 1-1000  | ropa n.<br>gaz<br>towarzys<br>z.                      | 4700<br>340                      | 2584,6<br>7<br>188,61                   | 2192,1<br>8<br>204,98                     | 76,85<br>53,59                    | 8,84  | 1,3-1,8  | 33,8  |
| 6      | GROBLA                | jura                  | n.e. | m+w | oksford-<br>raurak                 | wapienie                   | 745             | 5,5  | 20   | 3   | 0,1-20  | ropa n.<br>gaz<br>towarzys<br>z.                      | 1270<br>60                       | 254,79<br>11,71                         | 1050,0<br>6<br>52,62                      | 34,85<br>4,33                     | 5,98  | 0,1-1,3  | 33,8  |
| 7      | JASTRZĄBKA-<br>STARA  | JASTRZĄBKA-<br>STARA  | n.e. | w   | senon+tu<br>ron                    | piaskowc<br>e<br>margliste | 1135-<br>1448   | 3,52   | 6,5  | 9,3   | 0,4-0,7   | ropa n.<br>gaz<br>towarzys<br>z.                      | 802<br>50,60                     | 40,1<br>2,58                            | 781,94<br>49,65                           | 20,05<br>1,64                     | 11,77   |  | 51,8  |
| 8      | LUBACZÓW              | LUBACZÓW              | z    | w   | astart                             | wapienie                   | 1108-<br>1151   | 8,12   | 41,8   | 2   | -   | ropa n.   | 3890                             | 116                                     | 3889,9<br>3                               | 115,93<br>20                      | -   | -  | 43,8* |
| 9      | NOSÓWKA               | NOSÓWKA               | n.e. | w+m | wizen                              | wapienie                   | 3315-<br>3645   | 2,155  | 113  | 3,32  | 25.8-27.1   | ropa n.<br>gaz<br>towarzys<br>z.                      | 1250<br>204                      | 250<br>42.38                            | 1070.0<br>7<br>178.84                     | 71.069<br>17.214                  | 35,71   | -  | 102,2 |
| 1<br>0 | PARTYNIA-<br>PODBORZE | PARTYNIA-<br>PODBORZE | z    | w   | jura-<br>malm                      | wapienie                   | 750-830         | 1,8  | 20   | 3,51  | 0,9-24,3  | ropa n.<br>gaz<br>towarzys<br>z.                      | 142,7                            | 114,2                                   | #ADR!                                     | 0,0000                            | 9,8   | -  | 38,9  |
| 1<br>1 | PŁAWOWICE             | PŁAWOWICE             | n.e. | w   | jura-<br>malm<br>kreda-<br>cenoman | piaskowc<br>e<br>wapienie  | 598,0           | 6,396  | 2,0<br>6,6   | 6,2<br>4,3  | 39,9<br>5,3   | ropa n.   |                                  | 585,44                                  |   | 21,363<br>9                       | 6,4   | -  | 26,0  |
| 1<br>2 | ŚWIDNIK               | ŚWIDNIK               | n.e. | W   | karbon<br>górnny<br>namur          | piaskowc<br>e              | 1095            | Blok I-<br>0,21<br>blok II-<br>0,309<br>blok III-<br>0,242 | Blok I:<br>7,1<br>blok II:<br>11,4<br>blok<br>III:<br>14,6 | Blok I:<br>7,7<br>blok II:<br>7,6<br>blok III:<br>9,6 | Blok I: 0-<br>0,5<br>blok II: 0,1<br>blok III:<br>0,01-2,37 | ropa<br>ciężka,<br>asfaltowa<br>gaz<br>ziemny<br>tow. | 141<br>(ropa)<br>5 (gaz<br>tow.) | 21,1<br>(ropa)<br>0,79<br>(gaz<br>tow.) | 120,28<br>(ropa)<br>4,21<br>(gaz<br>tow.) | 0,38<br>(ropa)<br>0 (gaz<br>tow.) | Blok I:<br>8,13<br>blok II:<br>9,03<br>blok<br>III:<br>8,86 | Blok I:<br>456<br>blok II:<br>5,87<br>blok<br>III:<br>4,91 | 33,6  |
| 1<br>3 | TARNÓW-47             | TARNÓW-47             | z    | w   | miocen<br>autocht.                 | piaskowc<br>e              | 1478-<br>1492,3 | 1,25   | 4,5  | 20  | -   | ropa n.<br>gaz<br>towarzys<br>z.                      | 19,8                             | 6,00                                    | #ADR!                                     | 4,1280                            | 12,25   | -  | 45,0  |
| 1<br>4 | STĘŻYCA               | I2B                   | n.e. | w   | karbon                             | piaskowc<br>e              | 2323,0          | 0,81   | 4,05   | 11,48   | 32,76   | ropa<br>n.+konde<br>nstat                             | 86,00<br>26,00                   | 28,00<br>12,00                          | 86,00<br>26,00                            | 27,896<br>6<br>11,406             | 24,07   | 20,91  | 61,4  |

|        |         |    |    |   |        |               |        |     |     |      |       |                                  |                 |                |                 |                            |       |   |      |  |
|--------|---------|----|----|---|--------|---------------|--------|-----|-----|------|-------|----------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------------------|-------|---|------|--|
|        |         |    |    |   |        |               |        |     |     |      |       | +gaz<br>towarzys<br>z.           |                 |                |                 | 3                          |       |   |      |  |
| 1<br>5 | STĘŻYCA | D2 | ne | w | karbon | piaskowc<br>e | 2670,0 | 1,2 | 3,5 | 7,83 | 10,34 | ropa n.<br>gaz<br>towarzys<br>z. | 192,00<br>32,00 | 63,00<br>11,00 | 189,32<br>30,20 | 60,152<br>2<br>10,803<br>1 | 25,68 | - | 71,3 |  |

|        |                    |                             |      |   |               |               |         |       |       |       |            |                                  |             |        |  |             |       |  |      |
|--------|--------------------|-----------------------------|------|---|---------------|---------------|---------|-------|-------|-------|------------|----------------------------------|-------------|--------|--|-------------|-------|--|------|
| 1<br>6 | GORLICE            | GORLICE                     | n.e. | W | oligocen      | piaskowc<br>e | 3186    | 0,89  | 109,5 | 5,2   | 0-0,08     | ropa<br>n.gaz<br>towarzys<br>z.  | 186,3       | 37     |  | 30,706<br>8 | 36,65 |  | 81,5 |
| 1<br>7 | OSOBNICA           | III piaskowiec<br>ciężk.    | n.e. | M | eocen         | piaskowc<br>e | 414/670 | 0,68  | 40    | 12-18 | 410        | ropa n.<br>gaz<br>towarzys<br>z. | 2085,6<br>8 | 573,66 |  |             |       |  |      |
| 1<br>8 | OSOBNICA           | górne warstwy<br>isteb.     | e.   | W | paleocen      | piaskowc<br>e | 780     | 0,82  | 60    | 13,05 | 82,52      | ropa n.<br>gaz<br>towarzys<br>z. |             |        |  |             |       |  |      |
| 1<br>9 | OSOBNICA           | dolne warstwy<br>isteb. C-1 | e.   | W | górn<br>kreda | piaskowc<br>e | 1056    | 0,09  | 20,5  | 13,4  | 9,02       | ropa n.<br>gaz<br>towarzys<br>z. | 49,6        | 7,4    |  |             | 4,8   |  | 31,5 |
| 2<br>0 | OSOBNICA           | dolne warstwy<br>isteb. C-4 | e.   | W | górn<br>kreda | piaskowc<br>e | 1602    | 0,19  | 32,5  | 11,2  | 11         | ropa n.<br>gaz<br>towarzys<br>z. | 171         | 25,6   |  |             | 9,41  |  | 40,9 |
| 2<br>1 | OSOBNICA           | dolne warstwy<br>isteb. C-5 | e.   | W | górn<br>kreda | piaskowc<br>e | 1345,5  | 0,29  | 12,3  | 7     | 1          | ropa n.<br>gaz<br>towarzys<br>z. | 47,34       | 9,47   |  |             | 11,69 |  | 40,8 |
| 2<br>2 | PODLAS N           | PODLAS N                    | n.e. | W | oligocen      | piaskowc<br>e | 460     | 0,095 | 15/20 | 14    | 1,5-69,8   | ropa n.                          |             | 35     |  | 28,103<br>6 | 4,39  |  | 21,8 |
| 2<br>3 | PODLAS S           | PODLAS S                    | n.e. | W | oligocen      | piaskowc<br>e | 510,6   | 0,05  | 5     | 14    | nie badano | ropa n.                          |             | 9      |  | 8,6200      | 4,66  |  | 26,8 |
| 2<br>4 | WOLA<br>JASIENICKA | WOLA<br>JASIENICKA          | n.e. | W | doln<br>kreda | piaskowc<br>e | 776     | 0,304 | 14,4  | 0,124 | 1,67       | ropa n.<br>gaz<br>towarzys       |             | 73,4   |  | 2,0211      | 8,71  |  | 28,8 |

|    |                    |                                |      |   |             |   |          |                     |                      |         |                            |                         |               |                                |            |                           |             |                  |              |
|----|--------------------|--------------------------------|------|---|-------------|---|----------|---------------------|----------------------|---------|----------------------------|-------------------------|---------------|--------------------------------|------------|---------------------------|-------------|------------------|--------------|
|    |                    |                                |      |   |             |   |          |                     |                      |         |                            | z.                      |               |                                |            |                           |             |                  |              |
| 25 | MRUKOWA            | MRUKOWA                        | n.e. | W | oligocen    | piaskowce   | 630      | 0,036               |                      |         |                            | ropa n.                 |               | 12,1                           |            | 0,5688                    | b.d.        |                  | b.d.         |
| 26 | WĘGLÓWKA II (nowa) | WĘGLÓWKA II (nowa)             | n.e. |   | kreda dolna | piaskowce   | 500-1100 | 0,576               | 267                  | 14      | 0,9                        | ropa n. gaz towarzyszy. |               | 1019,53                        |            | 12,0693                   | 8-11        |                  | brak danych  |
| 27 | TARNAWA-WIELOPOLE  | I                              | n.e. | W | oligocen    | piaskowce   | 430-920  | 0,85                | 240                  | 6,6     | bliska 0 (szczelinowatość) | ropa n.                 | nie obliczono | 221,75                         | -          | 0,00                      | brak danych | nie mierzone     | nie mierzone |
| 28 | JASZCZEW           | El. Męcinki 3                  | z.w. | W | oligocen    | wkłádki piaskowców w łupkach menilitowych   | 516      |                     |                      |         |                            | gaz                     |               |                                |            | 0 - gaz<br>0 - ropa       |             | b.d.             |              |
| 29 | JASZCZEW           | II p-c Cieżkowicki             | n.e. | W | pstry eocen | trzy serie łupków pstrych poprzedzielane piaskowcami ciężkowickimi (piaskowce średnio i gruboziarniste, mikowe) | 850      | b.danych            | miąższ ość złoża 100 | 10      | 0 - 115                    | ropa i gaz              |               | 1002,82 - gaz<br>50,96 - ropa  |            | 0,18 - gaz<br>0,20 - ropa | b.d.        | 0,6 (1995)       | b.d.         |
| 30 | JASZCZEW           | Jaszczew 22 II p-c ciężkowicki | e    | w |             | 968   | 0,21     | miąższ ość złoża 72 | 12                   | 12 - 27 | gaz                        |                         | 18,60 - gaz   |                                | 3,66 - gaz | b.d.                      | 1,33 (1995) | b.d.             |              |
| 31 | JASZCZEW           | Hor "A+B"                      | n.e. | W | paleocen    | górną wyistebniańskie (dwa kompleksy piaskowcowe, dwie serie  | 1080     |                     | miąższ ość złoża 120 | 11      | 0 - 34                     | ropa i gaz              |               | 1098,79 - gaz<br>118,22 - ropa |            | 9,75 - gaz<br>2,18 - ropa | b.d.        | 0,5 - 1,3 (1995) | b.d.         |



|        |          |                                       |      |   |                |  |      |   |                               |      |        |            |                                 |                                  |      |                     |      |       |      |      |
|--------|----------|---------------------------------------|------|---|----------------|--|------|---|-------------------------------|------|--------|------------|---------------------------------|----------------------------------|------|---------------------|------|-------|------|------|
| 3<br>2 | JASZCZEW | Hor. C-1 Blok<br>Moderowka 1          | e    | w | kreda<br>górna | łupków)<br><br>dolne w-<br>wy<br>istebniańs<br>kie (facja<br>piaskowc<br>owo -<br>ilasta,<br>piaskowc<br>e są b. dr.<br>ziarn. i dr.<br>ziarn.,<br>słabo<br>mikowe i<br>słabo<br>wapniste) | 1637 |   | 32                            | 8    | 7      | ropa i gaz |                                 |                                  |      |                     | 20   | b.d.  | 45,8 |      |
| 3<br>3 | JASZCZEW | Hor. C-I+ C-II<br>Blok<br>Moderówki 2 | n.e. | W |                |  | 1470 | 0,32  | miąższ<br>ość<br>złoża<br>55  | 10,7 | 0 - 50 | ropa i gaz |                                 |                                  |      |                     |      | 21,14 | b.d. | 47,8 |
| 3<br>4 | JASZCZEW | Hor. C-I+ C-II<br>Blok<br>Moderówki 4 | n.e. | w |                |  | 1431 | 0,198   | miąższ<br>ość<br>złoża<br>60  | 10,8 | 0 - 50 | ropa i gaz |                                 |                                  |      |                     |      | 24,17 | b.d. | 47,8 |
| 3<br>5 | JASZCZEW | Hor. C-I+ C-II<br>Blok<br>Moderówki 6 | z    | w |                |  | 1483 | 0,178   | miąższ<br>ość<br>złoża<br>45  | 15,8 | 0-50   | ropa i gaz |                                 |                                  |      |                     |      | 24,24 | b.d. | 41,3 |
| 3<br>6 | JASZCZEW | Hor. C-III                            | z    | W |                |  | 1816 |   |                               |      |        |            |                                 |                                  |      | 0 - gaz<br>0 - ropa | b.d. | b.d.  | b.d. |      |
| 3<br>7 | JASZCZEW | Hor. C-IV Blok<br>Moderówki 2         | z    | W |                |  | 1930 | powierz<br>chnia -<br>b.d.<br>*<br>objętość<br>- 79,8<br>tys. m3  | miąższ<br>ość<br>złoża<br>34  | 7    | 4      | ropa i gaz | 10.0-<br>gaz<br>0,70-<br>ropa   | 7,8 -<br>gaz<br>0,57 -<br>ropa   | 26,5 | b.d.                | b.d. | 66,8  |      |      |
| 3<br>8 | JASZCZEW | Hor. C-IV Blok<br>Moderówki 4         | n.e. | W |                |  | 1896 | powierz<br>chnia -<br>b.d.<br>*<br>objętość<br>- 370<br>tys. m3   | miąższ<br>ość<br>złoża<br>59  | 11   | 8      | ropa       | 5,19-<br>gaz<br>3,49-<br>ropa   | 4,57 -<br>gaz<br>2,97 -<br>ropa  | b.d. | b.d.                | b.d. |       |      |      |
| 3<br>9 | JASZCZEW | Hor. C-V                              | n.e. | W |                |  | 2040 | powierz<br>chnia -<br>b.d.<br>*<br>objętość<br>- 4,485<br>tys. m3 | miąższ<br>ość<br>złoża<br>120 | 6    | 3      | ropa i gaz | 14,00-<br>gaz<br>26,41-<br>ropa | 2,57 -<br>gaz<br>25,83 -<br>ropa | b.d. | b.d.                | 69,8 |       |      |      |
| 4      | JASZCZEW | Hor "D"                               | n.e. | W |                |  | 2210 | powierz   | miąższ                        | 8    | 4 - 5  | gaz i ropa | 212,01                          | 141,6 -                          | 27,8 | 25,2 -              | 72,6 |       |      |      |

|        |          |                                       |      |   |                        |  |   |   |   |                              |                                |                                |                                   |                                   |                                   |                                  |                                  |                |                              |
|--------|----------|---------------------------------------|------|---|------------------------|--|---|---|---|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------|------------------------------|
| 0      |          |                                       |      |   |                        |  |   | chnia -<br>b.d.*<br>objętość<br>- 1218,4<br>tys. m3               | ość<br>złoża<br>100   |                              |                                |                                |                                   | -gaz<br>6,30-<br>ropa             |                                   | gaz5,10<br>- ropa                |                                  | 27,8(1<br>995) |                              |
| 4<br>1 | JASZCZEW | Hor "E"                               | z    | W |                        |  | 2367  | powierz<br>chnia -<br>b.d.<br>*<br>objętość<br>- 220,8<br>tys. m3 | -   | 5                            | 3                              | ropa i gaz                     |                                   | 20,00-<br>gaz<br>1,66-<br>ropa    |                                   | 19,47 -<br>gaz<br>0,46 -<br>ropa | 32,25                            | 32,2<br>(1995) | 79,8                         |
| 4<br>2 | ROZTOKI  | II p-c cięż./Blok<br>Sobniowa         | n.e. | W | pstry<br>eocen         | trzy serie<br>łupków<br>pstrych<br>poprzedzi<br>elane<br>piaskowc<br>ami<br>ciężkowic<br>kimi<br>(piaskowc<br>e średnio<br>i<br>gruboziar<br>niste,<br>mikowe) | strop<br>złoża<br>1249  | 0,93  | miąższ<br>ość<br>złoża<br>51                                      | -                            | -                              | ropa i gaz<br>towarzys<br>zący |                                   | 866,46<br>- gaz<br>8,39 -<br>ropa |                                   | 14,76 -<br>gaz<br>1,53 -<br>ropa | 10,0 -<br>12,0                   | 5,4<br>(1995)  | 32,1                         |
| 4<br>3 | ROZTOKI  | II p-c cięż./Blok<br>Gliniczka        | n.e. | W |                        | strop<br>złoża<br>1238   | 0,45  | miąższ<br>ość<br>złoża<br>52                                      | -   | -                            | ropa i gaz<br>towarzys<br>zący |                                | 121,3 -<br>gaz<br>16,60 -<br>ropa |                                   | 3,85 -<br>gaz<br>0,58 -<br>ropa   | 10,0 -<br>12,0                   | -                                | 31,6           |                              |
| 4<br>4 | ROZTOKI  | II p-c cięż./Blok<br>Roztok           | n.e. | W |                        | strop<br>złoża<br>1019   | 0,77  | miąższ<br>ość<br>złoża<br>51                                      | 8.0-16  | -                            | gaz                            |                                | 823,38<br>- gaz<br>9,80 -<br>ropa |                                   | 30,07 -<br>gaz<br>0,04 -<br>ropa  | 11,1                             | 1,3<br>(1995)                    | 27,4           |                              |
| 4<br>5 | ROZTOKI  | II p-c cięż./Blok<br>Sądkowej         | n.e. | W |                        | strop<br>złoża<br>1020   | 0,33  | miąższ<br>ość<br>złoża<br>50                                      | -   | -                            | gaz                            |                                | 692,20<br>- gaz                   |                                   | 12,64 -<br>gaz                    | 12,5                             | 1,3<br>(1995)                    | 28,3           |                              |
| 4<br>6 | ROZTOKI  | p-c Isteb.Hor<br>"A"/Blok<br>Sobniowa | n.e. | W |                        | paleocen   | górne w-<br>wy<br>istebniańs<br>kie<br>(dwa<br>kompleks<br>y<br>piaskowc<br>owe,<br>dwie serie<br>łupków) | strop<br>złoża<br>1462  | powierz<br>chnia -<br>b.d.<br>*<br>objętość<br>- 19415<br>tys. m3 | miąższ<br>ość<br>złoża<br>62 | 12                             | -                              | ropa i gaz<br>towarzys<br>zący    |                                   | 208,02<br>- gaz<br>4,85 -<br>ropa |                                  | 24,27 -<br>gaz<br>0,77 -<br>ropa | 18             | 5,3 -<br>5,5<br>(1995<br>r.) |
| 4<br>7 | ROZTOKI  | p-c Isteb.Hor<br>"A"/Blok<br>Sądkowej | n.e. | W | strop<br>złoża<br>1256 |  | powierz<br>chnia -<br>b.d.<br>*<br>objętość   | miąższ<br>ość<br>złoża<br>112                                     | 18  | -                            | ropa i gaz<br>towarzys<br>zący |                                | 16,25 -<br>gaz<br>3,85 -<br>ropa  |                                   | 2,22 -<br>gaz<br>0,21 -<br>ropa   | 12,39                            | 2,5<br>(1995<br>r.)              | -              |                              |

|        |         |  |      |   |          |   |  |   |                               |    |                                |                                  |                                   |                                 |      |                |      |  |  |
|--------|---------|--|------|---|----------|---|--|---|-------------------------------|----|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------|----------------|------|--|--|
|        |         |  |      |   |          |   |  |   |                               |    |                                |                                  |                                   |                                 |      |                |      |  |  |
|        |         |  |      |   |          |   |  | - 12190<br>tys. M3  |                               |    |                                |                                  |                                   |                                 |      |                |      |  |  |
| 4<br>8 | ROZTOKI | p-c Isteb.Hor<br>"A"/Blok<br>Gliniczka   | n.e. | W |          | strop<br>złoża<br>1497  | powierz<br>chnia -<br>b.d.<br>*<br>objętość<br>- 3105<br>tys. M3 | miąższ<br>ość<br>złoża<br>70                                      | 8                             | -  | ropa i gaz<br>towarzys<br>zący | 24,96 -<br>gaz<br>3,25 -<br>ropa | 20,93 -<br>gaz<br>2,79 -<br>ropa  | 17,8                            | -    | 37,5           |      |  |  |
| 4<br>9 | ROZTOKI | p-c Isteb.Hor<br>"A"/Blok Rostok         | n.e. | W |          | strop<br>złoża1189  | -  | miąższ<br>ość<br>złoża<br>44                                      | -                             | -  | ropa i gaz<br>towarzys<br>zący | 77,04 -<br>gaz7,0<br>4 -<br>ropa | 1,85 -<br>gaz0,18<br>- ropa       | 11,77 -<br>14,4                 | -    | -              |      |  |  |
| 5<br>0 | ROZTOKI | p-c Isteb. Hor<br>"A"/ Blok<br>Rostok 36 | z    | w |          | strop<br>złoża<br>1180 -<br>2112  | -  | miąższ<br>ość<br>złoża<br>32                                      | -                             | -  | ropa i gaz<br>towarzys<br>zący |                                  | -                                 | 14,4                            | -    |                |      |  |  |
| 5<br>1 | ROZTOKI | p-c Isteb.Hor<br>"A"/Blok<br>Dobrucowej  | z    | w |          | strop<br>złoża<br>1239  | powierz<br>chnia -<br>b.d.<br>*<br>objętość<br>- 3800<br>tys. m3 | miąższ<br>ość<br>złoża<br>98                                      | 10                            | -  | ropa i gaz<br>towarzys<br>zący | 1,83 -<br>gaz<br>0,86 -<br>ropa  | 0 - gaz<br>0,3 -<br>ropa          | -                               | -    | 32,0           |      |  |  |
| 5<br>2 | ROZTOKI | Hor "B"/Blok<br>Sobniowa                 | n.e. | W | paleocen | górne w-<br>wy<br>istebniańs<br>kie<br>(dwa<br>kompleks<br>y<br>piaskowc<br>owe,<br>dwie serie<br>łupków)<br>dolne w-<br>wy<br>istebniańs<br>kie (facja<br>piaskowc | strop<br>złoża<br>1490   | powierz<br>chnia -<br>b.d.<br>*<br>objętość<br>- 14780<br>tys. m3 | miąższ<br>ość<br>złoża<br>185 | 13 | -                              | ropa i gaz<br>towarzys<br>zący   | 143,21<br>- gaz<br>6,41 -<br>ropa | 0,91 -<br>gaz<br>0,02 -<br>ropa | 18,9 | 6,35<br>(1995) | 38,0 |  |  |

|        |         |                                       |      |   |                |   |                        |   |                               |    |   |                                |                                      |                                 |                |                |      |  |
|--------|---------|---------------------------------------|------|---|----------------|---|------------------------|---|-------------------------------|----|---|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|----------------|----------------|------|--|
|        |         |                                       |      |   |                | owo -<br>ilasta)  |                        |   |                               |    |   |                                |                                      |                                 |                |                |      |  |
| 5<br>3 | ROZTOKI | Hor "A+B"/Blok<br>Sądkowej            | n.e. | W | paleocen       | górn<br>wy<br>istebniań<br>skie<br>(dwa<br>kompleks<br>y<br>piaskowc<br>owe,<br>dwie serie<br>łupków)<br>dolne w-<br>wy<br>istebniań<br>skie (facja<br>piaskowc<br>owo -<br>ilasta) | strop<br>złoża<br>1020 | powierz<br>chnia -<br>b.d.<br>*<br>objętość<br>- 23400<br>tys. m3 | miąższ<br>ość<br>złoża<br>208 | 18 | - |                                | 83,88 -<br>gaz<br>0,85 -<br>ropa     | 3,59 -<br>gaz<br>0,03 -<br>ropa | 12-<br>12,8    | 2,54<br>(1995) | 31,6 |  |
| 5<br>4 | ROZTOKI | p-c Isteb.Hor<br>"C"/Blok<br>Sobniowa | n.e. | W | kreda<br>górna | dolne w-<br>wy<br>istebniań<br>skie (facja<br>piaskowc<br>owo -   | strop<br>złoża1775     | powierz<br>chnia -<br>b.d.*<br>objętość<br>- 9215<br>tys. m3      | miąższ<br>ość<br>złoża<br>35  | 12 | - | ropa i gaz<br>towarzys<br>zący | 145,41<br>-<br>gaz5,0<br>5 -<br>ropa | 10,33 -<br>gaz0,64<br>- ropa    | 17,8 -<br>18,2 | 9,09(1<br>995) | 43,2 |  |

|        |         |   |      |   |                |  |                        |  |                               |     |           |                                |                                   |                                  |               |                |      |
|--------|---------|---|------|---|----------------|--|------------------------|--|-------------------------------|-----|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------|----------------|------|
| 5<br>5 | ROZTOKI | p-c Isteb.Hor<br>"C"/Blok<br>Sądkowej   | n.e. | W |                | ilasta,<br>piaskowc<br>e są b. dr.<br>ziarn. i dr.<br>ziarn.,<br>słabo<br>mikowe i<br>słabo<br>wapniste)                 | strop<br>złoża<br>1550 | powierz<br>chnia -<br>b.d.<br>*<br>objętość<br>- 8950<br>tys. m3       | miąższ<br>ość<br>złoża<br>27  | 18  | -         | ropa i gaz<br>towarzys<br>zący | 109,45<br>- gaz<br>2,10 -<br>ropa | 0,47 -<br>gaz<br>0,04 -<br>ropa  | 15,4-<br>15,7 | 4,87<br>(1995) | 38,4 |
| 5<br>6 | ROZTOKI | p-c Isteb.Hor<br>"CV"/Blok<br>Gliniczka | n.e. | W |                |  | strop<br>złoża<br>2121 | powierz<br>chnia -<br>b.d.<br>*<br>objętość<br>-<br>538,137<br>tys. m3 | miąższ<br>ość<br>złoża<br>39  | 8   | 4         | gaz i ropa<br>towarzys<br>ząca | 30 -<br>gaz<br>2,95 -<br>ropa     | 26,42 -<br>gaz<br>2,94 -<br>ropa | 19,97         | -              | 63,8 |
| 5<br>7 | ROZTOKI | p-c Isteb.Hor<br>"C"/Blok Rostok        | n.e. | W |                |  | strop<br>złoża<br>1512 | powierz<br>chnia -<br>b.d.<br>*<br>objętość<br>- 7150<br>tys. m3       | miąższ<br>ość<br>złoża<br>25  | -   | -         | ropa i gaz<br>towarzys<br>zący | 256,79<br>- gaz<br>5,00 -<br>ropa | 10,33 -<br>gaz<br>0,64 -<br>ropa | 18,8          | 4,5<br>(1995)  | 56,8 |
| 5<br>8 | ROZTOKI | Hor "D"/Blok<br>Gliniczka               | n.e. | W | kreda<br>górna | dolne w-<br>wy<br>istebniańs<br>kie (facja<br>piaskowc<br>owo -<br>ilasta)   | strop<br>złoża<br>2208 | powierz<br>chnia -<br>b.d.<br>*<br>objętość<br>- 5969,9<br>tys. m3     | miąższ<br>ość<br>złoża<br>131 | 7,5 | 0,1 - 0,7 | ropa i gaz<br>towarzys<br>zący | 9,00 -<br>gaz<br>26,7 -<br>ropa   | 7,25 -<br>gaz<br>11,90 -<br>ropa | 24,4          | -              | 64,8 |
| 5<br>9 | ROZTOKI | Hor "O"/Blok<br>Sądkowej                | n.e. | W | pstry<br>eocen | trzy serie<br>łupków<br>pstrych<br>poprzedzi<br>elane<br>piaskowc<br>ami<br>ciężkowic<br>kimi<br>(średnio i<br>gruboziar | strop<br>złoża<br>680  |  | miąższ<br>ość<br>złoża<br>33  | 20  | -         | gaz                            | 11,3 -<br>gaz                     | 11,3 -<br>gaz                    | 3,23          | -              | 21,3 |

|  |  |  |  |  |  |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|-------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  | niste,<br>mikowe) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|-------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

\* Zasoby oszacowane na potrzeby zleceniodawcy; \*\* Mi szo cąkowita

Tabela 1.1.21\_4 Zestawienie parametrów złożowych wybranych złóż gazu ziemnego w rejonie zapadliska przedkarpackiego i Karpat

| L. p. | Nazwa złoża         | Horyzont  | Status złoża /horyzontu/ e - eksploatowane n.e. - nie eksploat. z - zlikwidowane z.w. - zatłacz. wodę | Typ złoża (warstwowe, masywowe) (W-warstwowe M-masywowe) | Stratygrafia skał zbiornikowych | Litologia skał zbiornikowych | Głębokość zalegania stropu struktury /złoża | Powierzchnia złoża | Miażdżość efektywna skał zbiorn. (śr) | Porowatość | Przepuszczalność | Rodzaj kopaliny (gaz z., ropa n. gaz towarzyszy kondensat) | Pierwotne zasoby geolog. | Pierwotne zasoby wydobyw. | Aktualne zasoby | Aktualne zasoby | Pierwotne ciśnienie złożowe | Aktualne ciśnienie złożowe | Temperatura złożowa |
|-------|---------------------|-----------|---|--|---------------------------------|------------------------------|---|--------------------|---------------------------------------|------------|------------------|--|--------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------|
|       |                     |           |   |  |                                 |                              | [m]   |                    | [km <sup>2</sup> ]                    |            |                  |  |                          |                           | [m]             | [%]             |                             | [mD]                       |                     |
| 1     | 2                   | 3         | 4   | 5  | 6                               | 7                            | 8   | 9                  | 10                                    | 11         | 12               | 13   | 14                       | 15                        | 16              | 17              | 18                          | 19                         | 20                  |
| 1     | BLIZNA-OCIEKA       | IV        | n.e.  | W  | sarmat                          | łupki, piaskowce             | 588-610                                     | 1,40               | 3,84                                  | 26,0       | 156,0            | gaz ziemny   | 65,00                    | 52,00                     | 65,00           | 52,00           | 6,18                        | -                          | 28,8                |
| 2     | MEŁGIEW             | A         | e   | M  | dewon górny - fran              | dolomity                     | 3900-4018.5                                 | 19,79              | 28.76 - 36.48                         | 1,63       | 0,301            | gaz ziemny   | 2880,00                  | 1155,00                   | 2880,00         | 1155,00         | 41,81                       | -                          | 106,3               |
| 3     | LACHOWICE-STRYSZAWA | Lachowice | n.e.  | M  | dewon grn. + śrd.               | dolomity, wapienie           | 3952,0                                      | 0,36               | 41,00                                 | 4,0        | brak danych      | gaz ziemny   | 160,00                   | 130,00                    | 160,00          | 130,00          | 50,84                       | -                          | 101,8               |
| 4     | LIPNICA-DZIKOWIEC   | IV        | n.e.  | W  | sarmat                          | piaskowce                    | 693-700                                     | 1,12               | 6,02                                  | 22,0       | 100              | gaz ziemny   | 50,00                    | 34,00                     | 50,00           | 34,00           | 7,16                        | -                          | 30,3                |
| 5     | ŁAZY                | A         | n.e.  | W  | baden górny                     | piaskowce, mułowce, łupki    | 838   | 0,12               | 18,300                                | 16,5       | 0.01-100         | gaz ziemny   | 17,00                    | 13,50                     | 17,00           | 13,50           | 8,39                        | -                          | 34,8                |
| 6     | RUDKA               | II        | e   | W  | sarmat                          | piaskowce, łupki             | 1188-1206                                   | 0,79               | 1,260                                 | 22,0       | 24,6             | gaz ziemny   | 15,00                    | 10,00                     | 9,41            | 9,41            | 12,46                       | 10.80 (2002)               | 46,8                |
| 7     | PRZEMYŚL-MAĆKOWICE  | VII/A     | e   | W  | sarmat dln.                     | piaskowce                    | 1537  | 7,28               | 42,9                                  | 21,6       | 100              | gaz ziemny   | 5571,00                  | 5393,00                   | 1440,54         | 1262,55         | 15,25                       | 4.77 (2001)                | 55,9                |
| 8     | PRZEMYŚL-MAĆKOWICE  | XI/A      | z   | W  | baden grn.                      | piaskowce, mułowce           | 2909  | 1,04               | -                                     | 15         | 75               | gaz ziemny   | 181,00                   | 167,00                    | 58,12           | 44,11           | 30,79                       | -                          | 97,8                |
| 9     | PRZEMYŚL-PRZEMYŚL   | VIIIa'    | e   | W  | sarmat dln.                     | piaskowce                    | 2069  | 8,72               | 22,2                                  | 15         | 30               | gaz ziemny   | 1190,00                  | 1070,00                   | 923,89          | 803,89          | 21,79                       | 17.58 (2002)               | 71,8                |

|    |                       |               |      |   |                               |                           |                         |                      |                      |                        |       |            |         |         |               |               |       |                |           |
|----|-----------------------|---------------|------|---|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|-------|------------|---------|---------|---------------|---------------|-------|----------------|-----------|
| 10 | KAŃCZUGA              | III eI.E      | z    | W | sarmat+torton                 | piaskowce, mułowce, łupki | 1333-1376               | 14,10                | 43**                 | 15,45                  | -     | gaz ziemny | 394,44  | 355,00  | 148,89        | 109,45        | 13,64 | 4,54           | 32,8-44,8 |
| 11 | KIELANÓWKA-RZESZÓW    | K-1           | e    | W | baden+sarmat                  | piaskowce, mułowce        | ok. 2320                | 4,77                 | 17,0                 | 20                     | -     | gaz ziemny | 2110,00 | 1688,00 | 1247,47       | 825,48        | 22,73 | 16,34          | 70,8      |
| 12 | TARNÓW-MIOCEN         | IV            | e    | W | grabowian+opolian+bochenian   | piaskowce                 | ok. 1201                | 0,53                 | 27,5                 | 18                     | -     | gaz ziemny | 79,00   | 61,00   | 40,33         | 22,33         | 12,95 | 9,86           |           |
| 13 | TARNÓW-MIOCEN         | V D+C         | e    | W | grabowian+opolian+bochenian   | piaskowce                 | 1492                    | 3,41                 | 27,5                 | 21,7                   | -     | gaz ziemny | 2102,00 | 1830,00 | 1042,12       | 770,13        | 15,20 | 8,44           | 48,8      |
| 14 | JAROSŁAW              | A             | e    | W | miocen autochtoniczny         | piaskowce                 | 756                     | 1,76                 | 2,42                 | 15,00                  | 105,0 | gaz ziemny | 120,00  | 103,00  | 26,00         | 9,00          | 7,65  | 4,65           | 34,0      |
| 15 | JAROSŁAW              | A1            | z    | W | miocen autochtoniczny         | piaskowce                 | 794                     | 1,19                 | 1,74                 | 16,97                  | 134,5 | gaz ziemny | 50,00   | 42,00   | 36,96         | 28,96         | 7,18  | -              | 35,0      |
| 16 | JAROSŁAW              | D             | e    | W | miocen autochtoniczny         | piaskowce                 | 1013                    | 4,02                 | 5,31                 | 15,04                  | 105,0 | gaz ziemny | 790,00  | 638,00  | 259,16        | 107,17        | 10,37 | 5,18           | 42,6      |
| 17 | JAROSŁAW              | I             | e    | W | miocen autochtoniczny         | piaskowce                 | 1078                    | 5,60                 | 5,6                  | 12,30                  | 67,5  | gaz ziemny | 800,00  | 623,00  | 277,58        | 100,56        | 11,00 | 4,25           | 44,6      |
| 15 | SZCZEPANÓW            | kompl. eks I  | e    | W | miocen autochtoniczny         | piaskowce, mułowce        | strop: 929-968          | 1,65                 | 12,07                | 20,30                  | 168,0 | gaz ziemny | 235,00  | 188,00  | 115,22        | 68,22         | 10,80 | 5,55           | 38,8      |
| 16 | SZCZEPANÓW            | hor. I A      | z    | W | miocen autochtoniczny         | piaskowce                 | 942                     | 0,20                 | 4,75                 | 22,30                  | 192,7 | gaz ziemny | 16,00   | 10,00   | skreślo<br>ne | skreślo<br>ne | 10,52 | -              | 38,8      |
| 17 | SZCZEPANÓW            | kompl. eks II | e    | W | miocen autochtoniczny         | piaskowce                 | 811-855                 | 2,52                 | 7,92                 | 26,10                  | 237,0 | gaz ziemny | 304,00  | 228,00  | 228,76        | 152,76        | 9,17  | 6,36           | 33,3      |
| 19 | JUROWCE-SROGÓW        | I/J-9         | e    | W | kreda grn, w-wy istebniańskie | piaskowce                 | ok.1210                 | 0,01                 | 11                   | 9,5                    | 20,8  | gaz ziemny | 1,00    | 0,70    | 0,54          | 0,24          | 12,64 | 4.49<br>(2002) | 34,8      |
| 20 | HUSÓW-ALBIGOWA-KRASNE | III+IV+V      | z    | W | sarmat                        | piaskowce, iłowce         | 601.3<br>639.4<br>710.3 | 0.87<br>1.34<br>1.62 | 4.62<br>3.86<br>4.42 | 18.88<br>19.47<br>20.3 | 5-20  | gaz ziemny | 261,76  | 205,06  | 74,06         | 17,36         | 6,75  | 5.42<br>(1995) | 28,5      |
| 21 | HUSÓW-ALBIGOWA-KRASNE | VII+VIIa      | z.w. | W | sarmat                        | piaskowce, iłowce         | 929.2<br>948.5          | 1.94<br>0.81         | 3.76<br>4.84         | 19.79<br>27.5          | 20-80 | gaz ziemny | 669,00  | 535,20  | 232,18        | 98,38         | 9,34  | 4.90<br>(1999) | 39,1      |
| 22 | HUSÓW-ALBIGOWA-KRASNE | Va(A-12)**    | e    | W | sarmat                        | piaskowce, iłowce         | 742,7                   | 0,78                 | 2,96                 | 15,4                   | 5-20  | gaz ziemny | 81,40   | 65,12   | 35,42         | 19,14         | 8,54  | 3.47<br>(2001) | 31,5      |
| 23 | HUSÓW-ALBIGOWA-KRASNE | Vb            | z    | W | sarmat                        | piaskowce, iłowce         | 835,0                   | 0,38                 | 0,71                 | 16,1                   | 5-15  | gaz ziemny | 36,01   | 28,81   | 14,97         | 7,77          | 8,59  | 3.08<br>(1994) | 35,0      |
| 24 | HUSÓW-ALBIGOWA-       | VI            | e    | W | sarmat                        | piaskowce, iłowce         | 884,0                   | 0,88                 | 4,96                 | 17,3                   | 5-25  | gaz ziemny | 88,03   | 70,42   | 37,88         | 20,27         | 8,24  | 5.31<br>(2001) | 37,3      |



|    |                       |                 |       |   |                              |                          |   |                      |                        |                      |                         |            |         |         |         |         |                       |                     |                      |  |
|----|-----------------------|-----------------|-------|---|------------------------------|--------------------------|---|----------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|------------|---------|---------|---------|---------|-----------------------|---------------------|----------------------|--|
|    | KRASNE                |                 |       |   |                              |                          |   |                      |                        |                      |                         |            |         |         |         |         |                       |                     |                      |  |
| 25 | HUSÓW-ALBIGOWA-KRASNE | VIII+IX+IXa     | e     | W | sarmat                       | piaskowce, itowce        | 1073,0                                    | 1.97<br>0.87<br>0.84 | 7.53<br>10.92<br>10.92 | 16.4<br>17.5<br>14.9 | 15-30<br>15-40<br>20-80 | gaz ziemny | 964,00  | 867,60  | 105,68  | 9,28    | 10,72                 | 5.95<br>(2001)      | 35,6                 |  |
| 26 | HUSÓW-ALBIGOWA-KRASNE | X+XI            | e     | W | sarmat                       | piaskowce, itowce        | 1240,0                                    | 1.81<br>0.97         | 17.28<br>8.10          | 15.0<br>17.0         | 50-100<br>30-80         | gaz ziemny | 1570,00 | 1334,00 | 454,35  | 218,35  | 11,52                 | 8.92<br>(2002)      | 38,8                 |  |
| 27 | HUSÓW-ALBIGOWA-KRASNE | XIIa            | e     | W | sarmat                       | piaskowce, itowce        | 1345,0                                    | 1,27                 | 12,39                  | 15,8                 | 10-150                  | gaz ziemny | 525,70  | 473,13  | 103,23  | 50,66   | 12,10                 | 7.53<br>(2001)      | 45,8                 |  |
| 28 | HUSÓW-ALBIGOWA-KRASNE | PMG<br>Hor XII  | n.e.  | W | sarmat                       | piaskowce, itowce        | 1277,0                                    | 2,94                 | 20,1                   | 21,3                 | 369.2                   | gaz ziemny | 2062,00 | 2000,00 | 434,88  | 372,88  | 12,11                 | 7.34<br>(1986)      | 42,2                 |  |
| 29 | JODŁÓWKA              | VII             | e     | W | sarmat                       | piaskowce, itowce, łupki | 2030-2095                                 | 1,41                 | 35                     | 15,3                 | 14,9                    | gaz ziemny | 283,00  | 226,00  | 211,10  | 154,10  | 19,84                 | 16.55<br>(2001)     | 61,8                 |  |
| 30 | KĄTYRAKSZAWSKIE       | II              | e     | W | sarmat dolny                 | piaskowce, itowce        | 543,5                                     | 0,92                 | 2,10                   | 28,0                 | brak danych             | gaz ziemny | 22,00   | 15,00   | 19,98   | 12,98   | 5,19                  | 3,98                | 32,8                 |  |
| 31 | MIROCIN               | Ia              | e     | W | miocen autoch (baden+sarmat) | piaskowce                | 496.2-591.1                               | 2,74                 | 9,32                   | 23,8                 | 100-120                 | gaz ziemny | 829,00  | 663,00  | 300,78  | 134,79  | 7,28                  | 6.00<br>(2001)      | 33,0                 |  |
| 32 | MIROCIN               | III+IV+V        | e     | W | miocen autoch (baden+sarmat) | piaskowce                | 642.2-728.1<br>774.1-816.2<br>803.8-892.2 | 5.10<br>3.70<br>4.03 | 7.3<br>8.42<br>3.78    | 23.7<br>22.8<br>20.9 | 60-80<br>60-80<br>40-50 | gaz ziemny | 3360,00 | 2520,00 | 1058,40 | 218,40  | 9,72                  | 4.2-5.81<br>(2001)  | 37,9<br>41,2<br>43,4 |  |
| 33 | PILZNOPOŁUDNIE        | IV+V+VI         | e     | W | miocen (baden+sarmat)        | piaskowce                | 1672-1927<br>1698-1962<br>1732-1925       | 2.25<br>0.77<br>0.78 | 15.6<br>16<br>19.5     | 22.3<br>22.5<br>23   | brak                    | gaz ziemny | 2116,00 | 1752,00 | 1690,08 | 1996,37 | 17.6<br>17.6<br>17.62 | 12,48               | 68,3<br>65,8<br>66,8 |  |
| 34 | ŻOŁYŃNIA-LEŻAJSK      | I+II el. centr. | e     | W | sarmat dolny                 | piaskowce, łupki         | 460-519                                   | 52.79<br>23.41       | 8.4<br>2               | 21.2<br>21.9         | 56.47-108.55            | gaz ziemny | 3400,00 | 2960,66 | 2252,27 | 1812,93 | 4.54<br>5.02          | 1.18-3.91<br>(2001) | 23,3                 |  |
| 35 | ŻUKOWICE              | Ż-44 - hor.I    | ne +z | W | miocen-baden gr              | piaskowce                | 1454                                      | 0,64                 | 12                     | 10,5                 | 11                      | gaz ziemny | 40,00   | 28,00   | 39,72   | 0,00    | 14,92                 | 14.92<br>pierwotne  | 51,0                 |  |
| 36 | ŻUKOWICE              | Ż-44 - hor.II   | ne +z | W | miocen-baden gr              | piaskowce                | 1480                                      | 0,85                 | 6,8                    | 10,8                 | 9                       | gaz ziemny | 76,00   | 53,00   | 76,00   | 0,00    | 15,02                 | 15.02<br>pierwot    | 54,8                 |  |

|    |                    |                   |      |   |                                     |                                |                   |                      |                 |          |                |            |        |        |        |        |       |       |       |    |  |
|----|--------------------|-------------------|------|---|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|-----------------|----------|----------------|------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|----|--|
|    |                    |                   |      |   |                                     |                                |                   |                      |                 |          |                |            |        |        |        |        |       |       |       | ne |  |
| 37 | BOREK              | II (B-7)          | e    | W | miocen autocht.-baden               | piaskowce, mułowce             | -216,8            | 1,60                 | 10,6            | 20,30    | 0-98,5         | gaz ziemny | 85,90  | 63,67  | 41,27  | 19,04  | 4,51  | 0     | 21,9  |    |  |
| 38 | BRZEWOWIEC-CENOMAN | cenoman           | z    | W | kreda - cenoman                     | piaskowce                      | 1346,5            | 1,42                 | 3,7             | do 10    | do 384         | gaz ziemny | 56,00  | 39,83  | 16,17  | 0,00   | 14,10 | 3,80  | 60,8  |    |  |
| 39 | BRZEWOWIEC-MIOCEN  | I                 | e    | W | miocen autocht.-torton gr.          | piaskowce, mułowce             | 838               | 0,19                 | 23              | 22,00    | 1-5,5          | gaz ziemny | 90,00  | 50,00  | 89,59  | 49,59  | 9,00  | 6,28  | 47,8  |    |  |
| 40 | BRZEWOWIEC-MIOCEN  | II                | e    | W | miocen autocht.-torton gr.          | piaskowce, mułowce             | 555               | 0,63                 | 20              | 18,00    | 1-5,5          | gaz ziemny | 167,00 | 80,00  | 152,53 | 65,53  | 6,70  | 2,92  | 42,3  |    |  |
| 41 | BRZEŹNICA          | PMG II            | e    | W | miocen autocht.-sarmat              | piaskowce, mułowce             | 382               | 2,72                 | 7,63            | 24,00    | ok..220        | gaz ziemny | 203,00 | 182,70 | 59,52  | 45,59  | 4,21  | 1,70  | 25,8  |    |  |
| 42 | BUSZKOWICZKI       | VIIIc/W           | e    | W | miocen autocht.-sarmat+baden górny. | piaskowce, mułowce             | 2007              | 1,58                 | 16              | 30,00    | 0-15           | gaz ziemny | 120,00 | 90,00  | 101,27 | 71,27  | 24,48 | 19,81 | 70,8  |    |  |
| 43 | CETYNIA            | C-1               | z    | W | baden dolny, baden środkowy         | piaskowce, anhydryty, wapienie | 979,5             | 0,70                 | 14,5            | 37940,00 | 0-3402         | gaz ziemny | 89,00  | 53,00  | 35,86  | 0,00   | 9,73  | 9,03  | 40,3  |    |  |
| 44 | CIECIERZYN         | Pole Ciecierzyn 1 | e    | M | dewon górny (fran)                  | dolomity, wapienie             | 3740              | 2,36                 | 80              | 1,30     | poniżej 0,1 mD | gaz ziemny | 480,00 | 336,00 | 452,68 | 308,68 | 42,19 | 39,4  | 100,8 |    |  |
| 45 | CIECIERZYN         | Pole Ciecierzyn 2 | n.e. | M | dewon górny (fran)                  | dolomity, wapienie             | 3736              | 2,36                 | 47              | 1,60     | poniżej 0,1 mD | gaz ziemny | 350,00 | 243,00 | 350,00 | 243,00 | 41,34 | 40,76 | 100,8 |    |  |
| 46 | CIECIERZYN         | Pole Ciecierzyn 3 | n.e. | M | dewon górny (fran)                  | dolomity, wapienie             | 3792              | 1,89                 | 33              | 1,00     | poniżej 0,1 mD | gaz ziemny | 120,00 | 85,00  | 120,00 | 85,00  | 40,18 | 39,58 | 100,8 |    |  |
| 47 | CZARNASĘDZISZOWSKA | IIIa              | z    | W | miocen autocht.-sarmat              | piaskowce                      | 631               | 0,25                 | 3               | 25,00    | 115-140        | gaz ziemny | 30,00  | 21,00  | 13,99  | 5,00   | 5,36  | 4,29  | 25,8  |    |  |
| 48 | CZARNASĘDZISZOWSKA | IVabc             | z    | W | miocen autocht.-sarmat              | piaskowce                      | 678<br>693<br>704 | 0.51<br>0.34<br>0.27 | 3.7<br>1.6<br>4 | 24,00    | 115-140        | gaz ziemny | 65,00  | 45,50  | 26,76  | 7,26   | 6,10  | 5,76  | 29,8  |    |  |
| 49 | CZARNASĘDZISZOWSKA | VIa               | z    | W | miocen autocht.-sarmat              | piaskowce                      | 930               | 1,62                 | 6,2             | 21,00    | 115-140        | gaz ziemny | 605,00 | 423,50 | 217,59 | 36,10  | 8,91  | 7,06  | 39,8  |    |  |
| 50 | CZARNASĘDZISZOWSKA | VIb               | z    | W | miocen autocht.-sarmat              | piaskowce                      | 940               | 0,68                 | 4               | 26,50    | 115-140        | gaz ziemny | 80,00  | 56,00  | 27,56  | 3,57   | 8,40  | 5,76  | 40,8  |    |  |
| 51 | CZARNASĘDZISZOWSKA | VII               | z    | W | miocen autocht.-sarmat              | piaskowce                      | 985               | 3,82                 | 2,81            | 22,00    | 115            | gaz ziemny | 189,00 | 140,30 | 48,73  | 0,00   | 9,79  | 9,52  | 29,8  |    |  |

|    |                                  |                   |   |   |                                   |                       |   |   |   |                                     |                    |               |                      |            |        |        |   |      |                                       |
|----|----------------------------------|-------------------|---|---|-----------------------------------|-----------------------|---|---|---|-------------------------------------|--------------------|---------------|----------------------|------------|--------|--------|---|------|---------------------------------------|
| 52 | DĄBRÓWKA                         | I + Ia            | e | W | miocen autocht.-<br>baden górny.  | piaskowce,<br>mułowce | hor. I -<br>802<br>hor. Ia -<br>763     | hor. I -<br>0,42<br>hor. Ia -<br>0,41       | hor. I -<br>1,6<br>hor. Ia -<br>- 2,52    | hor. I -<br>22<br>hor. Ia -<br>- 18 | 0,5-<br>3879<br>mD | gaz<br>ziemny | 42,46                | 38,61      | 7,45   | 3,60   | hor. I<br>- 8,84<br>hor. Ia<br>- 8,43     |      | hor. I -<br>41,8<br>hor. Ia -<br>40,8 |
| 53 | DĄBRÓWKA                         | II                | e | W | miocen autocht.-<br>baden górny.  | piaskowce,<br>mułowce | 741                                     | 0,81  | 5,39                                      | 25,00                               | 383-<br>1444<br>mD | gaz<br>ziemny | 146,4<br>7           | 142,7<br>9 | 17,88  | 14,20  | 8,18                                      | 6,97 | 41,8                                  |
| 54 | DĄBRÓWKA                         | Ila               | e | W | miocen autocht.-<br>baden górny.  | piaskowce,<br>mułowce | 684                                     | 0,61  | 6,26                                      | 17,40                               | 0-2238<br>mD       | gaz<br>ziemny | 70,79                | 61,31      | 13,96  | 4,49   | 7,60                                      | 3,45 | 35,8                                  |
| 55 | DĄBRÓWKA                         | III +<br>IIla     | e | W | miocen autocht.-<br>baden górny.  | piaskowce,<br>mułowce | hor. III -<br>635<br>hor. IIIa -<br>620 | hor. III -<br>0,92<br>hor. IIIa -<br>- 0,98 | hor. III<br>- 13,1<br>hor. IIIa -<br>2,51 | 23,40                               | śred.<br>280 mD    | gaz<br>ziemny | 175,1<br>1           | 152,5<br>1 | 49,53  | 26,93  | hor. III<br>- 7,05<br>hor. IIIa -<br>6,38 | 4,88 | 34,8                                  |
| 56 | DĄBRÓWKA                         | IV                | e | W | miocen autocht.-<br>baden górny.  | piaskowce,<br>mułowce | 581                                     | 0,53  | 8,35                                      | 26,20                               | śred.<br>313 mD    | gaz<br>ziemny | 48,43                | 42,56      | 16,77  | 10,90  | 6,29                                      | 5,70 | 31,8                                  |
| 57 | DĄBRÓWKATUC<br>HOWSKA-<br>BURZYN | B, I<br>p.ist.    | e | M | kreda grn - p-ce<br>istebniańskie | piaskowce             | 615                                     | 0,82  | 0 -<br>52,92                              | 4,57                                | .58-<br>26,21      | gaz<br>ziemny | 102,0<br>0           | 95,00      | 56,10  | 48,87  | 7,15                                      | 0,84 | 29,6                                  |
| 58 | DĄBRÓWKATUC<br>HOWSKA-<br>BURZYN | DT, II<br>p.cież. | e | M | eocen - p-c<br>ciężkowickie       | piaskowce             | 287                                     | 0,18  | 0-<br>36,65                               | 14,85                               | 41-276             | gaz<br>ziemny | 27,00                | 21,00      | 14,30  | 8,30   | 1,59                                      | 4,72 | 11,0                                  |
| 59 | GRABINA-<br>NIEZANOWICE          | II                | e | W | miocen autocht.-<br>torton        | piaskowce,<br>mułowce | 378                                     | 3,12  | 11  | 9,15-<br>18,1                       | 2,1-<br>1402<br>mD | gaz<br>ziemny | nie<br>określ<br>ono | 151,1<br>0 |        | 55,94  | 4,47                                      | 2,16 | 14,8                                  |
| 60 | GRABINA-<br>NIEZANOWICE          | IIIab             | e | W | miocen autocht.-<br>torton        | piaskowce,<br>mułowce | 593<br>517                              | 1,53<br>2,1                                 | 2,7<br>4,8                                | 6,41-<br>20,49<br>4,21-<br>16,13    | 197 mD<br>231 mD   | gaz<br>ziemny | nie<br>określ<br>ono | 58,40      |        | 51,40  | 6,00                                      | 5,30 | 18,8                                  |
| 61 | GRĄDY<br>BOCHEŃSKIE              | I                 | e | W | miocen autocht.-<br>baden         | piaskowce,<br>mułowce | 660                                     | 0,18  | 4,5                                       | 25,00                               | b.danyc<br>h       | gaz<br>ziemny | 6,46                 | 6,46       | 0,00   | 0,00   | 7,12                                      | 4,57 | 34,8                                  |
| 62 | GRĄDYBOCHEŃ<br>SKIE              | II                | z | W | miocen autocht.-<br>baden         | piaskowce,<br>mułowce | 633                                     | 0,65  | 6   | 25,50                               | b.danyc<br>h       | gaz<br>ziemny | 20,00                | 14,00      | 9,23   | 3,23   | 6,85                                      | 4,65 | 33,8                                  |
| 63 | GRĄDYBOCHEŃ<br>SKIE'W'           | I                 | e | W | miocen autocht.-<br>baden         | piaskowce,<br>mułowce | 582                                     | 2,50  | 8   | 27,50                               | 0 - 27,5           | gaz<br>ziemny | 272,0<br>0           | 215,0<br>0 | 231,79 | 174,79 | 6,16                                      | 4,46 | 29,4                                  |
| 64 | GRĄDYBOCHEŃ<br>SKIE'W'           | II                | e | W | miocen autocht.-<br>baden         | piaskowce,<br>mułowce | 550                                     | 2,80  | 13  | 18,30                               | 0 - 27,5           | gaz<br>ziemny | 308,0<br>0           | 242,0<br>0 | 250,54 | 184,54 | 5,74                                      | 3,81 | 27,6                                  |
| 65 | GRĄDYBOCHEŃ<br>SKIE'W'           | Ila               | e | W | miocen autocht.-<br>baden         | piaskowce,<br>mułowce | 500                                     | 0,50  | 18  | 21,00                               | 0 - 27,5           | gaz<br>ziemny | 64,00                | 49,00      | 55,40  | 40,40  | 5,21                                      | 4,77 | 27,8                                  |

|    |                       |           |   |       |  |                                |      |       |       |          |           |                          |         |         |         |        |       |           |      |
|----|-----------------------|-----------|---|-------|--|--------------------------------|------|-------|-------|----------|-----------|--------------------------|---------|---------|---------|--------|-------|-----------|------|
| 66 | GUBERNIA              | I         | z | W     | miocen autocht.-sarmat                 | piaskowce, mułowce             | 2174 | 3,78  | 2,318 | 17,00    | .02 - .56 | gaz ziemny               | 15,00   | 6,52    | 8,48    | 0,00   | 23,58 | 8,20      | 58,2 |
| 67 | JAŚNINY               | 9K - III  | e | W     | miocen autocht.-baden górny.           | piaskowce, mułowce             | 1185 | 0,25  | 19    | 22,30    | b.d       | gaz ziemny               | 36,00   | 31,00   | 27,58   | 22,58  | 12,40 | 10,38     | 46,8 |
| 68 | JAŚNINY               | Jaśniny N | e | W     | miocen autocht.-grabowian              | piaskowce, mułowce             | 825  | 3,38  | 23,5  | 12-16    | 1,3-456   | gaz ziemny               | 246,90  | 229,50  | 109,00  | 91,63  | 8,26  | 3,25      | 38,8 |
| 69 | JEŻOWE                | II        | z | W     | miocen autocht.-sarmat dolny           | piaskowce, mułowce             | 435  | 1,48  | 6,5   | 29,00    | 200       | gaz ziemny               | 79,00   | 47,40   | 32,06   | 0,00   | 4,62  | 3,71      | 27,8 |
| 70 | JEŻOWE                | III       | z | W     | miocen autocht.-sarmat dolny           | piaskowce, mułowce             | 656  | 0,39  | 6,5   | 26,00    | 140       | gaz ziemny               | 15,00   | 9,00    | 8,32    | 0,00   | 6,88  | 4,08      | 33,8 |
| 71 | KORZENIÓW             | el. K - 1 | z | M     | malm                                   | wapienie                       | 1346 | 0,55  | 21    | 5,00     | 5         | gaz ziemny               | 40,00   | 32,00   | 35,30   | 27,30  | 14,14 |           | 44,0 |
| 72 | KORZENIÓW             | el. K - 2 | z | M     | malm                                   | wapienie                       | 1315 | 0,44  | 40    | 2,00     | 2         | gaz ziemny               | 67,50   | 60,00   | 59,87   | 52,37  | 13,90 | 7,72      | 45,5 |
| 73 | LUBACZÓW              | IV        | e | W     | miocen autocht.-sarmat                 | piaskowce, łupki, mułowce      | 445  | 7,82  | 2,8   | 28,30    |           | gaz ziemny               | 140,00  | 70,00   | 131,25  | 61,25  | 2,98  | 2,10      | 20,8 |
| 74 | LUBACZÓW              | Jura      | z | M + W | jura górna, w-y baranowskie, anhydryty | wapienie, piaskowce, anhydryty | 990  | 13,37 | 22,5  | 3,00     | 2,5       | gaz ziemny               | 2872,00 | 1887,00 | 1065,09 | 60,09  | 10,60 | 7,40      | 47,8 |
| 75 | LUBACZÓW              | L11       | e | W     | miocen autocht.-sarmat                 | piaskowce, łupki, mułowce      | 1030 | 0,20  | 6,5   | 15,00    | 90        | gaz ziemny               | 120,00  | 113,00  | 21,97   | 14,97  | 7,99  | 3,77      | 41,8 |
| 76 | LUBACZÓW              | V         | e | W     | miocen autocht.-baden, sarmat          | piaskowce, łupki, mułowce      | 1015 | 49,60 | 44,7  | 15,00    | 90        | gaz ziemny               | 6600,00 | 6144,00 | 968,28  | 512,28 | 7,41  | 2,80      | 41,8 |
| 77 | ŁĄKTA                 | cen-malm  | e | M     | cenoman+malm                           | piaskowce dolomity, wapienie   | 2290 | 2,19  | 59,9  | 3,5-21,1 | 3,8-1717  | gaz ziemny z kondensatem | 1332,00 | 940,00  | 502,70  | 110,93 | 23,58 | 22,10     | 65,5 |
| 78 | ŁĄKTA                 | I i II    | e | W     | miocen autocht.-baden                  | piaskowce, łupki, mułowce      | 1900 | 0,35  | 13,63 | 10,72    | 0-40      | gaz ziemny               | 88,00   | 65,00   | 54,36   | 31,69  | 15,64 | 2.02-9.66 | 56,8 |
| 79 | ŁĄKTA                 | II        | e | W     | miocen autocht.-baden                  | piaskowce, łupki, mułowce      | 2220 | 0,31  | 13,76 | 12,50    | 0-40      | gaz ziemny               | 60,00   | 37,00   | 51,00   | 28,06  | 15,77 | 9,00      | 63,1 |
| 80 | ŁĄKTA                 | III       | e | W     | miocen autocht.-baden                  | piaskowce, łupki, mułowce      | 2260 | 0,66  | 13,65 | 11,23    | 0-40      | gaz ziemny               | 148,00  | 108,00  | 117,40  | 77,44  | 19,70 | 2.6-13.5  | 64,5 |
| 81 | ŁĘTOWICE-BOGUMIŁOWICE | I         | e | W     | miocen autocht.-baden                  | piaskowce, mułowce             | 889  | 0,30  | 34,7  | 22,30    |           | gaz ziemny               | 192,00  | 155,00  | 173,67  | 136,67 | 9,98  |           | 37,8 |

|    |                       |                   |      |       |                            |                           |       |      |       |       |        |                   |         |         |         |        |       |      |      |
|----|-----------------------|-------------------|------|-------|----------------------------|---------------------------|-------|------|-------|-------|--------|-------------------|---------|---------|---------|--------|-------|------|------|
| 82 | ŁĘTOWICE-BOGUMIŁOWICE | II                | e    | W     | miocen autocht.-baden      | piaskowce, mułowce        | 357   | 1,36 | 7,85  | 19,00 |        | gaz ziemny        | 75,00   | 56,00   | 46,06   | 27,06  | 4,50  | 2,95 | 23,8 |
| 83 | ŁĘTOWICE-BOGUMIŁOWICE | IV                | e    | W     | miocen autocht.-baden      | piaskowce, mułowce        | 470   | 0,59 | 21,1  | 22,30 |        | gaz ziemny        | 131,00  | 101,00  | 130,77  | 100,77 | 5,76  | 5,76 | 24,3 |
| 84 | ŁĘTOWICE-BOGUMIŁOWICE | V                 | n.e. | W     | miocen autocht.-baden      | piaskowce, mułowce        | 574   | 0,42 | 13,9  | 25,00 |        | gaz ziemny        | 79,00   | 62,80   | 79,00   | 62,80  | 6,61  |      | 26,3 |
| 85 | PRUCHNIK-PANTALOWICE  | IX                | e    | W     | miocen autocht.-sarmat     | piaskowce, łupki          | 855,0 | 1,32 | 16,80 | 22,00 | b.d.   | gaz ziemny        | 320,00  | 256,00  | 247,88  | 183,88 | 8,59  | -    | 36,9 |
| 86 | PRUCHNIK-PANTALOWICE  | V                 | n.e. | W     | miocen autocht.-sarmat     | piaskowce, łupki          | 650,0 | 1,41 | 15,90 | 23,50 | b.d.   | gaz ziemny        | 275,00  | 220,00  | 275,00  | 220,00 | 6,85  | -    | 30,8 |
| 87 | RACIBORSKO            | I                 | e    | W     | miocen autochtoniczny      | piaskowce, mułowce        | 526,0 | 0,90 | 11,0  | 13,00 | 20-100 | gaz ziemny        |         | 30,00   | -11,82  | 11,82  | 4,47  | 1,14 | 61,8 |
| 88 | RACIBORSKO            | II                | e    | W     | miocen autochtoniczny      | piaskowce, mułowce        | 542,5 | 5,00 | 7,3   | 13,00 | 20-100 | gaz ziemny        |         | 150,01  | -144,03 | 144,03 | 5,14  | 2,56 | 18,8 |
| 89 | RACIBORSKO            | IV R-7            | n.e. | W     | miocen autochtoniczny      | piaskowce, mułowce        | 691,5 | 4,70 | 14,0  | 13,00 | 20-100 | gaz ziemny        |         | 280,00  | -280,00 | 280,00 | 5,89  | -    | 40,8 |
| 90 | RĄCZYNA               | V                 | e    | W     | miocen autocht.-torton     | piaskowce                 | 1802  | 1,22 | 5,75  | 14,00 | -      | gaz ziemny        | 220,00  | 180,00  | -       | 180,00 | -     |      | 62,8 |
| 91 | RĄCZYNA               | VI                | e    | W     | miocen autocht.-torton     | piaskowce                 | 1802  | 1,22 | 5,75  | 14,00 | -      | gaz ziemny        | 340,00  | 234,70  | -       | 241,12 | 16,52 |      |      |
| 92 | RYSIE                 | miocen            | e    | W     | miocen autochtoniczny      | piaskowce, mułowce        | 561   | 1,18 | 28,6  | 13,20 | 46,4   | gaz ziemny        | 130,00  | 92,00   | 60,96   | 31,04  | 6,36  |      | 22,8 |
| 93 | SANOK-ZABŁOTCE        | GAZ ZIEMNY        | e    | W     | kreda górna                | piaskowce                 | 580,0 | 0,34 | 54,2  | 11,05 | 18,2   | g. z. zaazotowane | 1127,30 | 1056,90 | 269,21  | 198,85 | 10,11 | 4,12 | 35,8 |
| 94 | SARZYNA               | I                 | zw   | W     | miocen autocht.-sarmat dln | piaskowce drobnoziarniste | 420,0 | 0,67 | 3,0   | 28,00 | 22,0   | gaz ziemny        | 150,00  | 120,00  | 41,30   | 11,30  | 2,97  | -    | 19,8 |
| 95 | SARZYNA               | IIIb              | e    | W     | miocen autocht.-sarmat dln | piaskowce drobnoziarniste | 663,0 | 1,40 | 6,0   | 26,00 | 17,0   | gaz ziemny        | 125,00  | 100,00  | 70,16   | 45,17  | 6,95  | -    | 28,8 |
| 96 | SMEGORZÓW             | jurajski VI seria | z    | M + W | jura - kimeryd             | wapienie                  | 479,0 | 3,00 | 5,9   | 3,60  | 0,4    | gaz ziemny        | 9,89    | 7,90    | 0,00    | 0,00   | 5,39  | -    | 20,8 |
| 97 | SMEGORZÓW             | jurajski IV seria | z    | M + W | jura - kimeryd             | wapienie                  | 462,5 | 3,00 | 7,3   | 6,13  | 1,08   | gaz ziemny        | 24,22   | 19,38   | 0,00    | 0,00   | 5,55  | -    | 20,8 |

|     |                           |      |      |       |                        |                          |        |       |       |       |        |                      |         |         |         |        |       |       |      |
|-----|---------------------------|------|------|-------|------------------------|--------------------------|--------|-------|-------|-------|--------|----------------------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|------|
| 98  | SMOLARZYNY                | I    | e    | W     | miocen autocht.-sarmat | piaskowce,mułowce,iłowce | 340,0  | 11,68 | 4,0   | 24,50 | b.d.   | gaz ziemny           | 350,00  | 200,00  | -       | 194,82 | 4,38  | n.d.  | 21,6 |
| 99  | STRACHOCINA               | I    | e    | W     | kreda górna            | piaskowce                | 840,0  | 2,15  | 44,9  | 11,90 | 13,74  | gaz ziemny           | 2896,80 | 2765,10 | 208,61  | 76,90  | 5,60  | -     | 34,8 |
| 100 | STRACHOCINA               | II   | e    | W     | kreda górna            | piaskowce                | 950,0  | 1,27  | 63,1  | 10,10 | 24,83  | gaz ziemny           | 1356,10 | 1290,30 | 109,53  | 43,70  | 8,01  | -     | 38,8 |
| 101 | STĘŻYCA                   | I2A  | e    | W     | górný karbon (namur)   | piaskowce                | 2218,0 | 3,68  | 15,09 | 12,17 | 39,71  | gaz kondensatowy     | 830,00  | 622,00  | 798,75  | 590,75 | 23,94 | 21,45 | 60,6 |
| 102 | STĘŻYCA                   | L2A  | n.e. | W     | górný karbon (namur)   | piaskowce                | 1748,0 | 0,21  | 12,10 | 16,35 | 12,23  | gaz kondensatowy     | 40,00   | 30,00   | 40,00   | 30,00  | 19,16 | b.d.  | 50,1 |
| 103 | STĘŻYCA                   | L2B  | n.e. | W     | górný karbon (namur)   | piaskowce                | 1776,0 | 0,88  | 4,10  | 16,79 | 11,33  | gaz kondensatowy     | 48,00   | 36,00   | 48,00   | 36,00  | 18,90 |       | 49,3 |
| 104 | STĘŻYCA                   | L2C  | n.e. | W     | górný karbon (namur)   | piaskowce                | 1810,0 | 2,74  | 4,60  | 13,87 | 11,96  | gaz kondensatowy     | 130,00  | 98,00   | 130,00  | 98,00  | 19,57 |       | 49,9 |
| 105 | SWARZÓW                   | jura | e    | M     | kreda-cenoman          | piaskowce                | 650,0  | 0,38  | 5,2   | 27,00 | 1198,5 | g.z. niskogazolinowy |         | 262,95  | -28,80  | 28,80  | 7,65  | -     | 27,8 |
| 106 | TARNOGRÓD-WOLARÓŻANIEC KA | I    | n.e. | W     | miocen autochtoniczny  | piaskowce,mułowce,łupki  | 938,0  | 4,50  | 3,04  | 14,20 | n.w.   | gaz ziemny           | 112,00  | 64,00   | 110,10  | 62,10  | 9,14  | b.d.  | 35,8 |
| 107 | TARNOGRÓD-WOLARÓŻANIEC KA | II   | e    | W     | miocen autochtoniczny  | piaskowce,mułowce,łupki  | 975,0  | 5,50  | 1,56  | 16,40 | n.w.   | gaz ziemny           | 79,00   | 45,00   | 75,96   | 41,96  | 9,25  | b.d.  | 37,3 |
| 108 | TARNOGRÓD-WOLARÓŻANIEC KA | III  | e    | W     | miocen autochtoniczny  | piaskowce,mułowce,łupki  | 1058,0 | 4,90  | 3,01  | 16,40 | n.w.   | gaz ziemny           | 150,00  | 85,00   | 148,07  | 84,07  | 10,08 | b.d.  | 40,8 |
| 109 | TARNOGRÓD-WOLARÓŻANIEC KA | IV   | e    | W     | miocen autochtoniczny  | piaskowce,mułowce,łupki  | 1088,0 | 3,10  | 6,76  | 12,30 | n.w.   | gaz ziemny           | 123,00  | 70,00   | 122,96  | 69,96  | 9,25  | b.d.  | 41,8 |
| 110 | TARNÓW-JURA               | jura | e    | M + W | jura górna             | dolomity, wapień         | 1685,0 | 9,53  | 38,2  | 8,41  | 0-1716 | gaz gazolinowy       | 4410,00 | 3370,00 | 1208,71 | 168,71 | 18,39 | 16,35 | 60,8 |
| 111 | TARNÓW-MIOCEN             | IV   | e    | W     | miocen autochtoniczny  | piaskowce, iłowce, łupki | 1003,0 | 0,53  | 7,0   | 16,70 | -      | gaz ziemny           | 79,00   | 61,00   | 40,33   | 22,33  | 12,86 | -     | 39,8 |

|             |                         |               |    |       |                                |                             |                             |                  |                      |                  |                      |               |             |             |             |        |       |       |      |
|-------------|-------------------------|---------------|----|-------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|--------|-------|-------|------|
| 1<br>1<br>2 | TARNÓW-<br>MIOCEN       | V A           | e  | W     | miocen<br>autochtoniczny       | piaskowce,<br>iłowce, łupki | 1367,0                      | 1,89             | 34,0                 | 17,6             | -                    | gaz<br>ziemny | 620,0<br>0  | 540,0<br>0  | 571,55      | 491,55 | 16,91 | 15,09 | 55,6 |
| 1<br>1<br>3 | TARNÓW-<br>MIOCEN       | V B           | e  | W     | miocen<br>autochtoniczny       | piaskowce,<br>iłowce, łupki | 1262,0                      | 1,35             | 18,0                 | 20,3             | -                    | gaz<br>ziemny | 335,0<br>0  | 292,0<br>0  | 251,36      | 208,35 | 15,25 | -     | 49,8 |
| 1<br>1<br>4 | TARNÓW-<br>MIOCEN       | V D+C         | e  | W     | miocen<br>autochtoniczny       | piaskowce,<br>iłowce, łupki | D -<br>1194,0; C<br>-1233,0 | D-3,41<br>C-1,80 | D-33,0<br>C-20,0     | D-21,9<br>C-21,5 | -                    | gaz<br>ziemny | 2102,<br>00 | 1830,<br>00 | 1042,1<br>2 | 770,13 | 15,11 | 7,04  | 48,0 |
| 1<br>1<br>5 | TARNÓW-<br>MIOCEN       | V E           | e  | W     | miocen<br>autochtoniczny       | piaskowce,<br>iłowce, łupki | 973,0                       | 1,01             | 68,0                 | 17,9             | -                    | gaz<br>ziemny | 260,0<br>0  | 210,0<br>0  | 223,73      | 173,73 | 12,92 | 10,88 | 45,1 |
| 1<br>1<br>6 | UJEZNA                  | IIa           | z  | W     | miocen autocht.-<br>sarmat dIn | piaskowce                   | 1243,0                      | 0,35             | 12,0                 | 22,00            | n.o.                 | gaz<br>ziemny | 9,00        | 6,88        | 9,00        | 0,00   | 12,63 | n.d.  | 41,8 |
| 1<br>1<br>7 | UJEZNA                  | III           | z  | W     | miocen autocht.-<br>sarmat dIn | piaskowce                   | 1336,0                      | 0,20             | 21,0                 | 22,00            | n.o.                 | gaz<br>ziemny | 22,00       | 14,83       | 22,00       | 0,00   | 13,93 | n.d.  | 46,8 |
| 1<br>1<br>8 | USZKOWCE                | jura          | e  | M + W | jura środkowa                  | piaskowce                   | 1095,0                      | 0,38             | jura -<br>58,0       | jura -<br>13,5   | 0-450                | gaz<br>ziemny | 184,0<br>0  | 1130,<br>66 | -<br>839,24 | 107,42 | 10,91 | b.p   | 39,8 |
| 1<br>1<br>9 | USZKOWCE                | mioc<br>en    | zl | M + W | miocen autocht.-<br>sarmat     | piaskowce,<br>iłowce, łupki | 900,0                       |                  | mioc<br>en -<br>10,0 | miocen<br>-17,9  | 5-280                | gaz<br>ziemny |             |             |             |        |       | -     |      |
| 1<br>2<br>0 | WYGODA                  | I             | z  | W     | miocen autocht.                | piaskowce,<br>iłowce, łupki | 779                         | 0,39             | 5,90                 | 19,7-<br>23,7    | 100-150              | gaz<br>ziemny |             | 9,78        | -9,78       | 0,00   | 0,85  | -     | 32,8 |
| 1<br>2<br>1 | WYGODA                  | I b<br>El.W-5 | e  | W     | miocen autocht.                | piaskowce,<br>iłowce, łupki | 925                         | 0,47             | 3,46                 | 19,50            | 100-200              | gaz<br>ziemny |             | 13,70       | -13,27      | 0,43   | 0,91  | 0,56  | 53,8 |
| 1<br>2<br>2 | WYGODA                  | Ia            | z  | W     | miocen autocht.                | piaskowce,<br>iłowce, łupki | 697                         | 0,29             | 10,50                | 18,2-<br>25,0    | 100-150              | gaz<br>ziemny |             | 17,21       | -17,21      | 0,00   | 8,29  | -     | 42,8 |
| 1<br>2<br>3 | WYGODA                  | III           | z  | W     | miocen autocht.                | piaskowce,<br>iłowce, łupki | 1097                        | 0,85             | 6,92                 | 18,60            | 50-150               | gaz<br>ziemny |             | 66,31       | -66,31      | 0,00   | 11,65 | -     | 64,8 |
| 1<br>2<br>4 | ZAGORZYCE-<br>SĘDZISZÓW | I             | z  | W     | miocen autocht.                | mułowce,<br>piaskowce       | 694,0                       | 0,39             | 12                   | 20,00            | nie<br>określo<br>no | gaz<br>ziemny |             | 50,00       | -2,66       | 47,34  | 6,30  |       | -    |
| 1           | ZAGORZYCE-              | Ia            | e  | W     | miocen autocht.                | mułowce,                    | 885,0                       | 0,81             | 7,85                 | 30,00            | nie                  | gaz           | 73,00       | 55,00       | 67,86       | 49,86  | 8,22  |       | 39,8 |

|   |   |                     |      |      |   |                        |                           |         |      |       |           |               |            |        |        |        |        |       |               |      |
|---|---|---------------------|------|------|---|------------------------|---------------------------|---------|------|-------|-----------|---------------|------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------------|------|
| 2 | 5 | SĘDZISZÓW           |      |      |   | piaskowce              |                           |         |      |       | określono | ziemny        |            |        |        |        |        |       |               |      |
| 1 | 2 | ZAGORZYCE-SĘDZISZÓW | II   | z    | W | miocen autocht.        | mułowce, piaskowce        | 1375,0  | 2,25 | 1,8   | 15,00     | nie określono | gaz ziemny | 50,00  | -32,07 | 17,93  | 8,90   |       | -             |      |
| 1 | 2 | ZAGORZYCE-SĘDZISZÓW | III  | z    | W | miocen autocht.        | mułowce, piaskowce        | 1555,0  | 1,23 | 4,1   | 16,00     | nie określono | gaz ziemny | 83,00  | 64,00  | 82,90  | 63,90  | 14,91 | 59,8          |      |
| 1 | 2 | ZAGORZYCE-SĘDZISZÓW | VII  | z    | W | miocen autocht.        | mułowce, piaskowce        | 2081,0  | 1,06 | 1,80  | 13,00     | nie określono | gaz ziemny | 237*   | 142,20 | 127,20 | 32,37  | 21,47 | 75,8          |      |
| 1 | 2 | WOLA OBSZAŃSKA      | III  | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce        | 491-492 | 1,44 | 2,44  | 17.0-24.2 | 57.6-245.1    | gaz ziemny | 10,00  | 7,00   | 10,00  | 7,00   | 4,81  | nie określono | 25,8 |
| 1 | 3 | WOLA OBSZAŃSKA      | IV   | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce                 | 501-508 | 1,25 | 4,44  | 18.9-22.6 | 95.5-306.9    | gaz ziemny | 10,00  | 10,00  | 10,00  | 10,00  | 4,87  | nie określono | 25,8 |
| 1 | 3 | WOLA OBSZAŃSKA      | IX   | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 622-625 | 4,56 | 12,13 | 11.1-11.7 | 19.4-33.1     | gaz ziemny | 50,00  | 31,00  | 50,00  | 31,00  | 5,98  | nie określono | 30,8 |
| 3 | 2 | WOLA OBSZAŃSKA      | VI   | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 568-579 | 3,06 | 4,00  | 11.2-18.5 | 13.1-152.9    | gaz ziemny | 20,00  | 10,00  | 20,00  | 10,00  | 5,69  | nie określono | 28,8 |
| 1 | 3 | WOLA OBSZAŃSKA      | VII  | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 581-584 | 2,01 | 7,75  | 17.0-21.4 | 99.7-235.8    | gaz ziemny | 20,00  | 14,00  | 20,00  | 14,00  | 5,63  | nie określono | 27,8 |
| 1 | 3 | WOLA OBSZAŃSKA      | VIII | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 594-598 | 2,11 | 12,13 | 9.8-14.0  | 14.3-65.4     | gaz ziemny | 60,00  | 40,00  | 60,00  | 40,00  | 5,98  | nie określono | 28,8 |
| 1 | 3 | WOLA OBSZAŃSKA      | X    | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowcowo-mułowcowy     | 665-670 | 2,08 | 14,20 | 12.9-20.5 | 37.3-161.6    | gaz ziemny | 180,00 | 139,00 | 180,00 | 139,00 | 6,51  | nie określono | 31,8 |
| 1 | 3 | WOLA OBSZAŃSKA      | XI   | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 692-696 | 0,71 | 8,75  | 13.8-20.0 | 50.0-227.9    | gaz ziemny | 60,00  | 44,00  | 60,00  | 44,00  | 6,86  | nie określono | 32,4 |
| 1 | 3 | WOLA OBSZAŃSKA      | XII  | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 719-723 | 3,49 | 12,45 | 10.5-12.3 | 11.0-28.3     | gaz ziemny | 130,00 | 86,00  | 130,00 | 86,00  | 7,09  | nie określono | 33,7 |
| 1 | 3 | WOLA OBSZAŃSKA      | XIII | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 748-773 | 3,73 | 12,40 | 12.2-15.2 | 38.1-79.2     | gaz ziemny | 230,00 | 175,00 | 230,00 | 175,00 | 7,45  | nie określono | 34,8 |



|     |                 |            |      |       |                                     |   |             |                 |                 |                |             |            |        |        |        |        |                     |               |                   |
|-----|-----------------|------------|------|-------|-------------------------------------|---|-------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------|------------|--------|--------|--------|--------|---------------------|---------------|-------------------|
| 8   |                 |            |      |       |                                     |   |             |                 |                 |                |             |            |        |        |        |        |                     |               | no                |
| 139 | WOLA OBSZAŃSKA  | XIV        | n.e. | W     | miocen autocht.-sarmat              | piaskowce, mułowce, łupki                   | 775-781     | 1,94            | 14,69           | 11.9-18.7      | 15.9-74.9   | gaz ziemny | 190,00 | 139,00 | 190,00 | 139,00 | 7,80                | nie określono | 35,5              |
| 140 | WOLA OBSZAŃSKA  | XVI        | n.e. | W     | miocen autocht.-sarmat              | piaskowce, mułowce, łupki                   | 824-829     | 2,27            | 6,38            | 12.0-17.8      | 26.8-59.0   | gaz ziemny | 50,00  | 37,00  | 50,00  | 37,00  | 8,25                | nie określono | 36,8              |
| 141 | RAJSKO          | cenoman    | n.e. | M + W | Kreda-cenoman                       | piaskowce                                   | 885.5-900.5 | 0,94            | 12,50           | 15.1-32.8      | 337-9000    | gaz ziemny | 180,00 | 163,00 | 180,00 | 163,00 | 9,83                | nie określono | 39,0              |
| 142 | RYLOWA          | cenoman    | n.e. | M + W | Kreda-cenoman                       | piaskowce                                   | 1035-1056   | 1,40            | 18,70           | 8.3-30.5       | 70-3138     | gaz        | 630,00 | 545,00 | 626,79 | 544,68 | 11,41               | nie określono | 38,8              |
| 143 | WIERZCHOSŁAWICE | jura+kreda | n.e. | M + W | I-jura-malm+turon<br>II-kreda-turon | I-wapienie, dolomity<br>II-wapienie, margle | 1457-1460   | I-0.3<br>II-0.5 | I-1.5<br>II-7.5 | I-15<br>II-7.5 | brak danych | gaz ziemny | 140,00 | 120,00 | 137,35 | 119,74 | I-14.84<br>II-14.95 | nie określono | I-54,8<br>II-50,8 |
| 144 | BISZCZA         | hor.I      | n.e. | W     | miocen autocht.-sarmat              | piaskowce, mułowce, łupki                   | 508-510     | 1,05            | 1,5             | 17             | 80          | gaz ziemny | 10,00  | 4,00   | 10,00  | 4,00   | 5,08                | -             | 25,8              |
| 145 | BISZCZA         | hor.III    | n.e. | W     | miocen autocht.-sarmat              | piaskowce, mułowce, łupki                   | 741-744     | 0,64            | 2,1             | 13             | 15          | gaz ziemny | 10,00  | 4,00   | 10,00  | 4,00   | 7,39                | -             | 32,8              |
| 146 | BISZCZA         | hor.VI     | n.e. | W     | miocen autocht.-sarmat              | piaskowce, mułowce                          | 794-808     | 1,08            | 8,5             | 10             | 30          | gaz ziemny | 50,00  | 23,00  | 50,00  | 23,00  | 8,05                | -             | 34,8              |
| 147 | BISZCZA         | hor.VII    | n.e. | W     | miocen autocht.-sarmat              | piaskowce, mułowce, łupki                   | 825-833     | 3,40            | 7,5             | 10             | 15          | gaz ziemny | 60,00  | 42,00  | 60,00  | 42,00  | 8,21                | -             | 35,8              |
| 148 | BISZCZA         | hor.VII I  | n.e. | W     | miocen autocht.-sarmat              | piaskowce, mułowce, łupki                   | 834-863     | 1,93            | 16,0            | 13             | 45          | gaz ziemny | 200,00 | 132,00 | 200,00 | 132,00 | 8,60                | -             | 35,4              |
| 149 | BISZCZA         | hor.IX     | n.e. | W     | miocen autocht.-sarmat              | piaskowce, mułowce, łupki                   | 866-878     | 2,06            | 8,0             | 15             | 35          | gaz ziemny | 80,00  | 54,00  | 80,00  | 54,00  | 8,81                | -             | 37,5              |
| 150 | KSIĘŻPOL        | hor.I      | n.e. | W     | miocen autocht.-sarmat              | piaskowce                                   | 741-748     | 2,79            | 0,50-1,75       | 20-30          | 700         | gaz ziemny | 30,00  | 21,00  | 30,00  | 21,00  | 7,26                | -             | 36,8              |

|             |           |           |      |   |                        |                           |           |      |             |           |           |            |        |       |        |       |       |   |           |
|-------------|-----------|-----------|------|---|------------------------|---------------------------|-----------|------|-------------|-----------|-----------|------------|--------|-------|--------|-------|-------|---|-----------|
| 1<br>5<br>1 | KSIĘŻPOL  | hor.II    | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce                 | 769       | 1,83 | 0,25-3,88   | 26-32     | 700       | gaz ziemny | 50,00  | 35,00 | 50,00  | 35,00 | 7,46  | - | 34,8      |
| 1<br>5<br>2 | KSIĘŻPOL  | hor.III   | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, łupki          | 782       | 2,17 | 0,75-7,75   | 17-27     | 500       | gaz ziemny | 130,00 | 91,00 | 130,00 | 91,00 | 7,63  | - | 34,8      |
| 1<br>5<br>3 | KSIĘŻPOL  | hor.V     | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 828-835   | 1,30 | 1,13-2,75   | 8-13      | 150       | gaz ziemny | 10,00  | 7,00  | 10,00  | 7,00  | 8,16  | - | 35,8      |
| 1<br>5<br>4 | KSIĘŻPOL  | hor.VI    | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 834-841   | 2,20 | 1,00-4,00   | 13-17     | 200       | gaz ziemny | 60,00  | 39,00 | 60,00  | 39,00 | 8,24  | - | 35,8      |
| 1<br>5<br>5 | KSIĘŻPOL  | hor.VII   | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 842-849   | 2,14 | 1,00-9,13   | 14-18     | 100       | gaz ziemny | 110,00 | 72,00 | 110,00 | 72,00 | 8,62  | - | 36,8      |
| 1<br>5<br>6 | TERLICZKA | hor.II    | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 709       | 0,78 | 2,88-3,00   | 14,0-15,0 | 80        | gaz ziemny | 40,00  | 32,00 | 40,00  | 32,00 | 6,99  | - | 31,6      |
| 1<br>5<br>7 | TERLICZKA | hor.III   | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce                 | 724-730   | 1,09 | 4,50-8,25   | 11,0-21,0 | 5-80      | gaz ziemny | 70,00  | 60,00 | 70,00  | 60,00 | 7,14  | - | 33,0      |
| 1<br>5<br>8 | TERLICZKA | hor.VI    | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce                 | 939       | 0,42 | 14,50-14,60 | 15,0      | 150       | gaz ziemny | 70,00  | 60,00 | 70,00  | 60,00 | 9,30  | - | 41,3      |
| 1<br>5<br>9 | TERLICZKA | hor.VII   | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, łupki          | 976       | 0,45 | 11,63-11,88 | 10,0-11,0 | 50-60     | gaz ziemny | 40,00  | 34,00 | 40,00  | 34,00 | 9,97  | - | 43,3      |
| 1<br>6<br>0 | TERLICZKA | hor.VII I | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce                 | 999-1000  | 0,85 | 6,00-6,25   | 13,0-15,0 | 80        | gaz ziemny | 60,00  | 51,00 | 60,00  | 51,00 | 9,97  | - | 43,3      |
| 1<br>6<br>1 | TERLICZKA | hor.IX    | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce                 | 1025-1026 | 0,71 | 2,50-2,63   | 14,0      | 80        | gaz ziemny | 30,00  | 26,00 | 30,00  | 26,00 | 10,23 | - | 42,3      |
| 1<br>6<br>2 | JASIONKA  | hor.I     | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | łupki, piaskowce          | 805-810   | 1,78 | 2,25-8,63   | 6,0-20,0  | 0,5-235,0 | gaz ziemny | 60,00  | 48,00 | 60,00  | 48,00 | 8,06  | - | 35,8      |
| 1<br>6<br>3 | JASIONKA  | hor.II    | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | łupki, piaskowce          | 868-882   | 2,49 | 0,75-5,50   | 5,0-13,0  | 0,4-41,7  | gaz ziemny | 40,00  | 32,00 | 40,00  | 32,00 | 8,72  | - | 36,8-46,4 |
| 1           | JASIONKA  | hor.III   | n.e. | W | miocen autocht.-       | piaskowce, łupki          | 922-933   | 3,08 | 0,25-       | 9,0-      | 1,3-      | gaz        | 70,00  | 60,00 | 70,00  | 60,00 | 9,24  | - | 40,7      |

|             |          |                 |      |   |                        |                           |           |      |            |           |            |            |        |        |        |        |             |   |           |
|-------------|----------|-----------------|------|---|------------------------|---------------------------|-----------|------|------------|-----------|------------|------------|--------|--------|--------|--------|-------------|---|-----------|
| 6<br>4      |          |                 |      |   | sarmat                 |                           |           | 5,63 | 20,0       | 178,6     | ziemny     |            |        |        |        |        |             |   |           |
| 1<br>6<br>5 | JASIONKA | hor.IV          | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 991-997   | 4,67 | 3,00-14,00 | 15,0-20,0 | 10,7-271,4 | gaz ziemny | 460,00 | 391,00 | 460,00 | 391,00 | 10,42       | - | 42,3      |
| 1<br>6<br>6 | JASIONKA | hor.V           | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | łupki, piaskowce          | 1078-1086 | 5,07 | 1,632-5,75 | 9,0-14,0  | 1,1-65,0   | gaz ziemny | 160,00 | 136,00 | 160,00 | 136,00 | 11,47       | - | 48,4      |
| 1<br>6<br>7 | JASIONKA | hor.Va          | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | łupki, piaskowce          | 1107-1119 | 3,13 | 0,25-3,75  | 13,0-21,0 | 7,8-192,5  | gaz ziemny | 110,00 | 94,00  | 110,00 | 94,00  | 11,47       | - | 48,4      |
| 1<br>6<br>8 | JASIONKA | hor.Vb          | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, łupki          | 1120-1135 | 4,00 | 0,75-4,75  | 9,5-16,75 | 1,8-85,0   | gaz ziemny | 40,00  | 34,00  | 40,00  | 34,00  | 11,32-11,47 | - | 45,9-48,4 |
| 1<br>6<br>9 | JASIONKA | hor.VI          | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, łupki          | 1163-1168 | 5,13 | 9,50-16,75 | 11,0-13,0 | 0,6-262,5  | gaz ziemny | 530,00 | 451,00 | 530,00 | 451,00 | 11,93-12,42 | - | 47,8-49,8 |
| 1<br>7<br>0 | JASIONKA | hor.VII el.A    | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce                 | 1259-1265 | 0,75 | 1,50-7,38  | 13,0-16,0 | 2,9-130,0  | gaz ziemny | 30,00  | 26,00  | 30,00  | 26,00  | -           | - |           |
| 1<br>7<br>1 | JASIONKA | hor.VII el.B    | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, łupki          | 1250-1260 | 1,42 | 4,13-9,50  | 14,0      |            | gaz ziemny | 80,00  | 68,00  | 80,00  | 68,00  | 12,99       | - |           |
| 1<br>7<br>2 | JASIONKA | hor.VII I       | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 1273-1290 | 3,68 | 1,00-7,25  | 8,0-13,0  | 2,4-115,0  | gaz ziemny | 90,00  | 72,00  | 90,00  | 72,00  | 13,04-13,13 | - | 49,7-53,8 |
| 1<br>7<br>3 | JASIONKA | hor.VII la el.A | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, łupki          | 1303-1306 | 0,40 | 1,75-3,25  | 15,0-16,0 | 2,1-82,0   | gaz ziemny | 20,00  | 16,00  | 20,00  | 16,00  | -           | - |           |
| 1<br>7<br>4 | JASIONKA | hor.VII la el.B | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, łupki          | 1293-1301 | 1,75 | 5,25-6,63  | 11,0-14,0 |            | gaz ziemny | 80,00  | 64,00  | 80,00  | 64,00  | 13,12-13,16 | - |           |
| 1<br>7<br>5 | JASIONKA | hor.VII lb el.B | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, łupki          | 1309-1317 | 0,57 | 2,38-5,00  | 12,0-21,0 | 44,5-270,0 | gaz ziemny | 30,00  | 24,00  | 30,00  | 24,00  | 13,16       | - | 53,8      |
| 1<br>7<br>6 | JASIONKA | hor.IX el.A     | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 1339-1345 | 0,76 | 1,13-4,38  | 11,0-13,0 | 0,1-200,0  | gaz ziemny | 30,00  | 24,00  | 30,00  | 24,00  | 13,70-14,11 | - | 53,1-56,6 |
| 1<br>7<br>7 | JASIONKA | hor.IX el.B     | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | łupki, piaskowce          | 1321-1334 | 2,16 | 3,50-6,50  | 8,0-12,0  |            | gaz ziemny | 70,00  | 56,00  | 70,00  | 56,00  | 13,41-13,66 | - | 54,0      |

|     |           |                |      |   |                        |                           |             |      |           |           |           |            |        |       |        |       |             |             |           |
|-----|-----------|----------------|------|---|------------------------|---------------------------|-------------|------|-----------|-----------|-----------|------------|--------|-------|--------|-------|-------------|-------------|-----------|
| 7   |           |                |      |   |                        |                           |             |      |           |           |           |            |        |       |        |       |             |             |           |
| 178 | JASIONKA  | hor.X el.A     | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | łupki, piaskowce          | 1357-1361   | 0,74 | 0,50-6,00 | 8,0-15,0  | 1,0-80,0  | gaz ziemny | 30,00  | 24,00 | 30,00  | 24,00 | 13,79-14,11 | -           | 53,1-56,6 |
| 179 | JASIONKA  | hor.X el.B     | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | łupki, piaskowce          | 1339-1348   | 1,01 | 1,88-3,88 | 10,0-14,0 | 0,1-100,0 | gaz ziemny | 30,00  | 24,00 | 30,00  | 24,00 | 13,41-13,66 | -           | 54,0      |
| 180 | JASIONKA  | hor.XI el.A    | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 1425-1436   | 0,85 | 1,75-7,38 | 5,0-13,0  | 1,0-200,0 | gaz ziemny | 40,00  | 32,00 | 40,00  | 32,00 | 14,30-14,48 | -           | 55,7-56,8 |
| 181 | JASIONKA  | hor.XI el.B    | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 1408-1418   | 1,52 | 3,50-7,63 | 9,0-13,0  | 0,2-80,0  | gaz ziemny | 80,00  | 64,00 | 80,00  | 64,00 | 14,47-14,75 | -           | 57,1      |
| 182 | JASIONKA  | hor.XII el.A   | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 1452-1457   | 0,59 | 0,50-2,25 | 4,0-12,0  | 0,1-10,0  | gaz ziemny | 10,00  | 8,00  | 10,00  | 8,00  | 14,99       | -           | 59,6      |
| 183 | JASIONKA  | hor.XII I el.A | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | łupki, piaskowce          | 1526-1530   | 0,38 | 1,25      | 9,0-13,0  | 8,0-40,0  | gaz ziemny | 10,00  | 8,00  | 10,00  | 8,00  | 15,55       | -           | 76,3      |
| 184 | STOBIERNA | hor. III       | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce, łupki | 1171-1174   | 0,78 | 6,75-8,35 | 13,1-14,3 | 0,1-150   | gaz ziemny | 80,00  | 64,00 | 80,00  | 64,00 | 12,20       | -           | 48,2      |
| 185 | STOBIERNA | hor.IV         | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce, mułowce        | 1235        | 0,68 | 3,5       | 14,7      | 0,1-100   | gaz ziemny | 40,00  | 32,00 | 40,00  | 32,00 | 12,20       | -           | 48,2      |
| 186 | STOBIERNA | hor.V          | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | piaskowce                 | 1291-1292   | 1,22 | 6,7-7,125 | 10-11     | 0,1-80    | gaz ziemny | 110,00 | 88,00 | 110,00 | 88,00 | 13,00-13,20 | -           | 47,9-50,1 |
| 187 | STOBIERNA | hor.VI         | n.e. | W | miocen autocht.-sarmat | mułowce                   | 1317-1319   | 1,59 | 3,0-7,625 | 10,0-10,2 | 0,1-80    | gaz ziemny | 110,00 | 88,00 | 110,00 | 88,00 | 13,38-13,43 | -           | 46,3-52,0 |
| 188 | DZIKÓW    | I              | n.e. | W | sarmat                 | piaskowce, mułowce        | 421 - 429.2 | 6,80 | 2,63      | 0,177     | 106,3     | gaz ziemny | 10,00  | 7,00  | 10,00  | 7,00  | 4,13        | brak danych | 23,8      |
| 189 | DZIKÓW    | II             | n.e. | W | sarmat                 | piaskowce, mułowce        | 459 - 464.4 | 2,30 | 2,54      | 0,225     | 219,6     | gaz ziemny | 30,00  | 24,00 | 30,00  | 24,00 | 4,44        | brak danych | 24,8      |
| 190 | DZIKÓW    | III            | n.e. | W | sarmat                 | piaskowce, mułowce        | 472 - 476.4 | 2,10 | 2,46      | 0,240     | 314,6     | gaz ziemny | 30,00  | 25,00 | 30,00  | 25,00 | 4,57        | brak danych | 24,8      |

|             |         |      |      |   |           |                       |                |       |       |       |       |               |             |            |             |        |       |                          |      |
|-------------|---------|------|------|---|-----------|-----------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------------|------------|-------------|--------|-------|--------------------------|------|
| 1<br>9<br>1 | DZIKÓW  | V    | n.e. | W | sarmat    | piaskowce,<br>mułowce | 550 -<br>560.2 | 5,20  | 4,00  | 0,232 | 312,7 | gaz<br>ziemny | 170,0<br>0  | 125,0<br>0 | 170,00      | 125,00 | 5,45  | brak<br>danych           | 29,3 |
| 1<br>9<br>2 | DZIKÓW  | VI   | n.e. | W | sarmat    | piaskowce,<br>mułowce | 593 -<br>604.4 | 5,00  | 4,56  | 0,190 | 132,5 | gaz<br>ziemny | 80,00       | 61,00      | 80,00       | 61,00  | 5,83  | brak<br>danych           | 28,8 |
| 1<br>9<br>3 | DZIKÓW  | VII  | n.e. | W | sarmat    | piaskowce,<br>mułowce | 629 -<br>640.1 | 4,60  | 10,68 | 0,187 | 129,5 | gaz<br>ziemny | 350,0<br>0  | 227,0<br>0 | 350,00      | 227,00 | 6,33  | brak<br>danych           | 29,8 |
| 1<br>9<br>4 | DZIKÓW  | VIII | n.e. | W | sarmat    | piaskowce,<br>mułowce | 668 -<br>676.4 | 2,60  | 4,93  | 0,204 | 157,2 | gaz<br>ziemny | 130,0<br>0  | 92,00      | 130,00      | 92,00  | 6,59  | brak<br>danych           | 30,8 |
| 1<br>9<br>5 | DZIKÓW  | IXa  | n.e. | W | sarmat    | piaskowce,<br>mułowce | 696 -<br>708.5 | 4,40  | 2,00  | 0,158 | 119,7 | gaz<br>ziemny | 80,00       | 62,00      | 80,00       | 62,00  | 7,00  | brak<br>danych           | 32,0 |
| 1<br>9<br>6 | DZIKÓW  | IXb  | n.e. | W | sarmat    | piaskowce,<br>mułowce | 702 -<br>709.4 | 2,30  | 6,81  | 0,171 | 82,4  | gaz<br>ziemny | 40,00       | 28,00      | 40,00       | 28,00  | 7,00  | brak<br>danych           | 31,8 |
| 1<br>9<br>7 | DZIKÓW  | X    | n.e. | W | sarmat    | piaskowce,<br>mułowce | 724 -<br>744.4 | 10,20 | 6,03  | 0,203 | 217,9 | gaz<br>ziemny | 430,0<br>0  | 341,0<br>0 | 355,28      | 266,28 | 7,13  | 6,58                     | 36,4 |
| 1<br>9<br>8 | DZIKÓW  | XI   | n.e. | W | sarmat    | piaskowce,<br>mułowce | 756 -<br>768.4 | 3,60  | 10,00 | 0,168 | 93,5  | gaz<br>ziemny | 90,00       | 61,00      | 90,00       | 61,00  | 7,69  | brak<br>danych           | 34,2 |
| 1<br>9<br>9 | DZIKÓW  | XIV  | n.e. | W | sarmat    | piaskowce,<br>mułowce | 904 - 911      | 0,29  | 1,10  | 0,190 | 46,0  | gaz<br>ziemny | 0.916<br>3* | 0,55       | 0.3665<br>* | 0,00   | 7,78  | 6.38<br>(07.11.<br>2002) | 24,8 |
| 2<br>0<br>0 | DZIKÓW  | XVa  | n.e. | W | sarmat    | piaskowce,<br>mułowce | 909 -<br>917.4 | 3,98  | 5,38  | 0,223 | 297,5 | gaz<br>ziemny | 240,0<br>0  | 193,0<br>0 | 240,00      | 193,00 | 8,82  | brak<br>danych           | 39,1 |
| 2<br>0<br>1 | DZIKÓW  | XVI  | n.e. | W | sarmat    | piaskowce,<br>mułowce | 946 -<br>951.4 | 2,20  | 2,00  | 0,255 | 439,7 | gaz<br>ziemny | 50,00       | 44,00      | 50,00       | 44,00  | 9,12  | brak<br>danych           | 44,7 |
| 2<br>0<br>2 | NOSÓWKA | 0    | n.e. | W | baden grn | piaskowce,<br>mułowce | 1690,0         | 0,39  | 2,00  | 10    | 10    | gaz<br>ziemny | 10,00       | 6,00       | 10,00       | 6,00   | 16,34 | 17,00                    | 52,5 |
| 2<br>0<br>3 | NOSÓWKA | Ila  | n.e. | W | baden grn | piaskowce,<br>mułowce | 2040,0         | 0,63  | 3,64  | 12    | 15    | gaz<br>ziemny | 30,00       | 20,00      | 30,00       | 20,00  | 20,26 | 20,26                    | 70,8 |

|     |           |      |      |   |           |                    |        |      |       |    |     |            |        |        |        |        |       |       |      |
|-----|-----------|------|------|---|-----------|--------------------|--------|------|-------|----|-----|------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|------|
| 204 | NOSÓWKA   | IIIa | n.e. | W | baden grn | piaskowce, mułowce | 2160,0 | 1,05 | 8,45  | 13 | 10  | gaz ziemny | 90,00  | 60,00  | 90,00  | 60,00  | 20,74 | 20,74 | 73,8 |
| 205 | NOSÓWKA   | IIIb | n.e. | W | baden grn | piaskowce, mułowce | 2189,0 | 0,24 | 4,56  | 18 | 70  | gaz ziemny | 30,00  | 19,00  | 30,00  | 19,00  | 20,92 | -     | 74,8 |
| 206 | NOSÓWKA   | IIIc | n.e. | W | baden grn | piaskowce, mułowce | 2207,0 | 0,40 | 9,36  | 20 | 40  | gaz ziemny | 110,00 | 74,00  | 110,00 | 74,00  | 21,26 | -     | 75,8 |
| 207 | NOSÓWKA   | IV   | n.e. | W | baden grn | piaskowce, mułowce | 2246,0 | 0,32 | 8,14  | 17 | 10  | gaz ziemny | 60,00  | 46,00  | 60,00  | 46,00  | 21,72 | 21,73 | 76,8 |
| 208 | NOSÓWKA   | V+VI | n.e. | W | baden grn | piaskowce, mułowce | 2300,0 | 0,60 | 4,08  | 15 | 30  | gaz ziemny | 40,00  | 25,00  | 40,00  | 25,00  | 22,02 | 22,03 | 74,8 |
| 209 | NOSÓWKA   | VI   | n.e. | W | baden grn | piaskowce, mułowce | 2265,0 | 2,10 | 9,66  | 17 | 50  | gaz ziemny | 340,00 | 238,00 | 340,00 | 238,00 | 21,96 | 21,96 | 76,8 |
| 210 | NOSÓWKA   | VII  | n.e. | W | baden grn | piaskowce, mułowce | 2357,0 | 1,00 | 2,96  | 17 | 20  | gaz ziemny | 20,00  | 16,00  | 20,00  | 16,00  | 21,32 | -     | 79,8 |
| 211 | NOSÓWKA   | VIII | n.e. | W | baden grn | piaskowce, mułowce | 2500,0 | 0,75 | 4,40  | 10 | 10  | gaz ziemny | 40,00  | 28,00  | 40,00  | 28,00  | 23,25 | -     | 83,8 |
| 212 | KURYŁÓWKA | IV   | n.e. | W | sarmat    | piaskowce, mułowce | 503,0  | 4,50 | 3,36  | 20 | 80  | gaz ziemny | 110,00 | 87,00  | 110,00 | 87,00  | 5,13  | 5,07  | 25,8 |
| 213 | KURYŁÓWKA | IX   | e    | W | sarmat    | piaskowce, mułowce | 841,0  | 0,50 | 1,60  | 27 | 90  | gaz ziemny | 10,00  | 8,00   | 4,26   | 2,27   | 8,79  | 8,23  | 45,8 |
| 214 | KURYŁÓWKA | IX a | n.e. | W | sarmat    | piaskowce, mułowce | 864,0  | 0,60 | 12,80 | 21 | 70  | gaz ziemny | 110,00 | 91,00  | 110,00 | 87,00  | 9,11  | 9,14  | 37,5 |
| 215 | KURYŁÓWKA | VI   | e    | W | sarmat    | piaskowce, mułowce | 675,0  | 4,70 | 3,32  | 27 | 150 | gaz ziemny | 280,00 | 210,00 | 183,06 | 110,06 | 7,09  | 6,44  | 38,4 |
| 216 | KURYŁÓWKA | VII  | n.e. | W | sarmat    | piaskowce, mułowce | 752,0  | 1,40 | 1,54  | 24 | 110 | gaz ziemny | 30,00  | 22,00  | 30,00  | 22,00  | 7,91  | -     | 44,8 |

|             |           |               |   |   |           |                       |        |      |      |    |    |               |            |       |        |       |       |      |      |
|-------------|-----------|---------------|---|---|-----------|-----------------------|--------|------|------|----|----|---------------|------------|-------|--------|-------|-------|------|------|
| 2<br>1<br>7 | KURYŁÓWKA | VIIa+V<br>IIb | e | W | sarmat    | piaskowce,<br>mułowce | 777,0  | 1,20 | 2,28 | 25 | 90 | gaz<br>ziemny | 40,00      | 25,00 | 31,00  | 37,00 | 8,23  | 8,10 | 44,3 |
| 2<br>1<br>8 | KURYŁÓWKA | XI            | e | W | sarmat    | piaskowce,<br>mułowce | 914,0  | 1,30 | 4,32 | 25 | 80 | gaz<br>ziemny | 120,0<br>0 | 73,00 | 120,00 | 69,00 | 9,50  | -    | 40,5 |
| 2<br>1<br>9 | KURYŁÓWKA | XII<br>el.A   | e | W | baden dln | piaskowce             | 1000,0 | 0,96 | 1,80 | 20 | 55 | gaz<br>ziemny | 30,00      | 18,00 | 24,95  | 9,96  | 10,45 | 7,17 | 54,8 |
| 2<br>2<br>0 | KURYŁÓWKA | XII el.B      | e | W | baden dln | piaskowce             | 963,0  | 0,32 | 4,20 | 22 | 75 | gaz<br>ziemny | 10,00      | 7,00  | 6,41   | 2,40  | 10,14 | -    | 51,8 |

## **Wstępne rozpoznanie kartograficzne Zapadliska przedkarpackiego i jego podłoża**

### ***Wiertnicze rozpoznanie Zapadliska przedkarpackiego i jego podłoża***

Na podstawie danych PGNiG S.A. dokonano analizy rozmieszczenia otworów wiertniczych w strefie Zapadliska przedkarpackiego, uwzględniając otwory o głębokości poniżej 600m (**Fig. 1.1.21\_13**). Sumaryczna liczba analizowanych otworów w strefie Zapadliska przedkarpackiego o głębokości poniżej 600 m wyniosła **3253**. Biorąc pod uwagę głębokości końcowe otwory przyporządkowano interwałom głębokościowym (500m), co pozwala ocenić stan rozpoznania wiertniczego w profilu pionowym Zapadliska przedkarpackiego i w jego podłożu.

Sumaryczna liczba otworów w przedziale głębokościowym 600 – 1000m – **1176**

Sumaryczna liczba otworów w przedziale głębokościowym 1000 – 1500m – **1110**

Sumaryczna liczba otworów w przedziale głębokościowym 1500 – 2000m - **568**

Sumaryczna liczba otworów w przedziale głębokościowym 2000 – 2500m - **217**

Sumaryczna liczba otworów w przedziale głębokościowym 2500 – 3000m - **112**

Sumaryczna liczba otworów w przedziale głębokościowym 3000 – 3500m - **48**

Sumaryczna liczba otworów w przedziale głębokościowym 3500 – 4000m - **19**

Sumaryczna liczba otworów w przedziale głębokościowym 4000 – 4500m - **2**

Sumaryczna liczba otworów < 4500m – **1**

### ***Kartograficzne rozpoznanie Zapadliska przedkarpackiego i jego podłoża***

#### ***Mapy strukturalne***

Na podstawie danych KSE została skonstruowana mapa podkładowa w układzie 1942 zawierająca szkic tektoniczny Karpat oraz Zapadliska przedkarpackiego. Posłużyła ona do przedstawienia powierzchni strukturalnych uzyskanych z PGNiG S.A. Przedstawiono następujące mapy strukturalne:

Mapa strukturalna spągu dewonu (**Fig. 1.1.21\_14**)

Mapa strukturalna spągu jury (**Fig. 1.1.21\_15**)

Mapa strukturalna stropu jury (**Fig. 1.1.21\_16**)

Mapa strukturalna spągu oxfordu (**Fig. 1.1.21\_17**)



Mapa strukturalna stropu oxfordu (**Fig. 1.1.21\_18**)

Mapa strukturalna spągu jury górnej (**Fig. 1.1.21\_19**)

Mapa strukturalna stropu jury górnej (**Fig. 1.1.21\_20**)

Mapa strukturalna spągu fliszu (**Fig. 1.1.21\_21**)

Mapa strukturalna spągu miocenu (**Fig. 1.1.21\_22**)

Mapa strukturalna stropu horyzontu M1 (**Fig. 1.1.21\_23**).

#### *Mapy miąższościowe*

Mapy miąższości zostały przedstawione na przykładzie regionalnych trendów zmian tego parametru dla osadów mezozoiku w południowej części niecki miechowskiej:

Mapa trendu miąższości utworów triasu górnego (**Fig. 1.1.21\_24**)

Mapa trendu miąższości utworów cenomanu (**Fig. 1.1.21\_25**)

#### *Mapy parametrów zbiornikowych*

Mapy parametrów zbiornikowych, analogicznie jak mapy miąższości, zostały przedstawione na przykładzie regionalnych trendów zmian tych parametrów w osadach mezozoiku w południowej części niecki miechowskiej:

Mapa trendu logarytmowanych przepuszczalności utworów klastycznych triasu dolnego (**Fig. 1.1.21\_26**)

Mapa trendu uśrednionych porowatości utworów klastycznych jury środkowej (**Fig. 1.1.21\_27**).

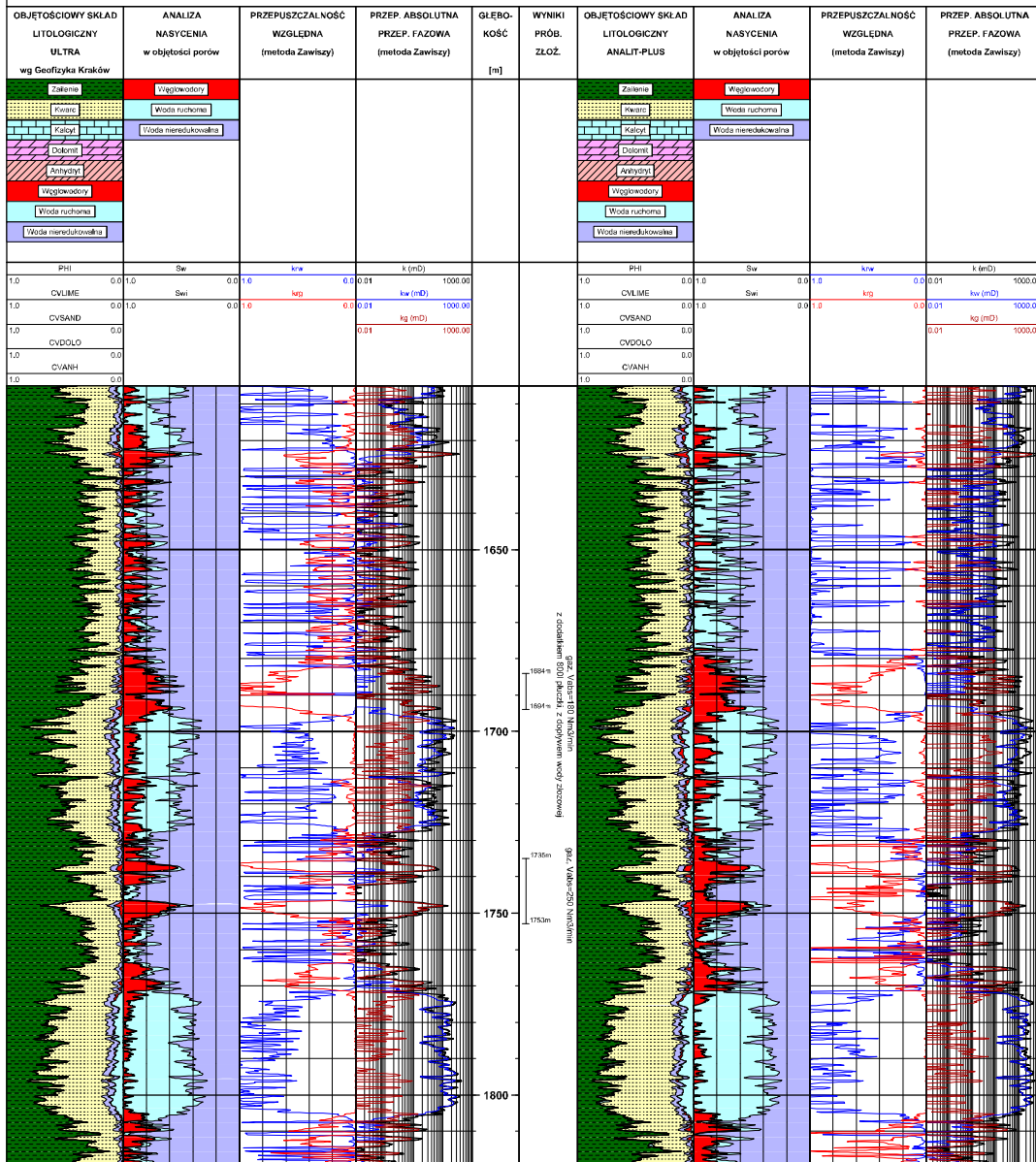
**ANALIZA PRZEPUSZCZALNOŚCI  
I OKREŚLENIE ZAWARTOŚCI WODY NIEREDUKOWALNEJ METODĄ ZAWISZY  
W UTWORACH MIOCENU I JURY GÓRNEJ  
ORAZ WYNIKI OBLICZEŃ SKŁADU LITOLOGICZNEGO, POROWATOŚCI I NASYCENIA**

w odwiercie: **GÓRA ROPCZYCKA-1**

interwał: 1650 - 1820 m

skala głęb.: 1:1000

opracowanie: Józef Nowak  
Ludwik Zawisza



**Fig. 1.1.21\_7** Analiza przepuszczalności i określenie zawartości wody nieredukowalnej metodą Zawiszy w utworach miocenu i jury górnej oraz wyniki obliczeń składu litologicznego, porowatości i nasycenia w odwiercie Góra Ropczycka-1k. Interwał: 1605-3171 m, skala głębokościowa: 1:1000.

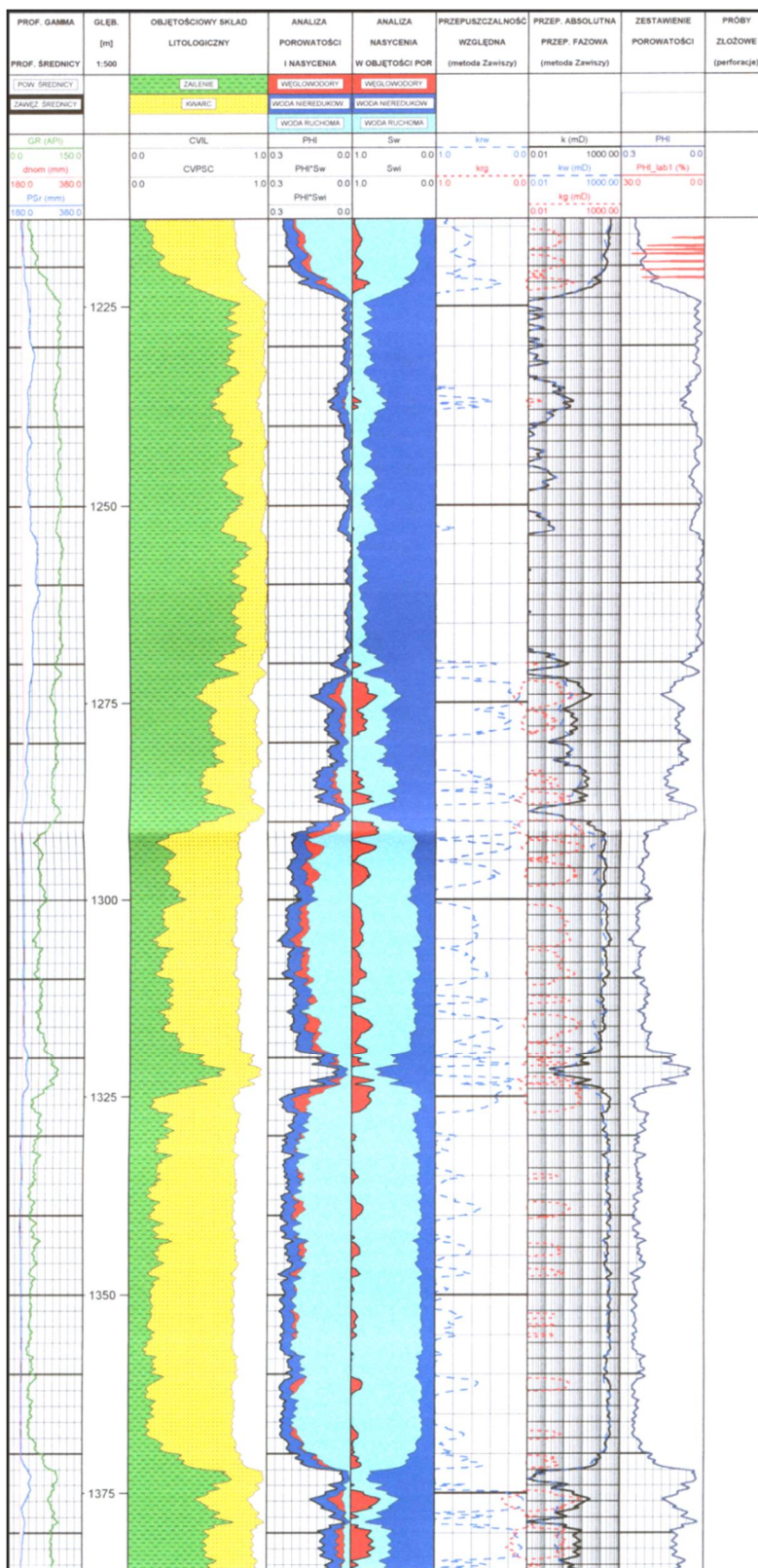
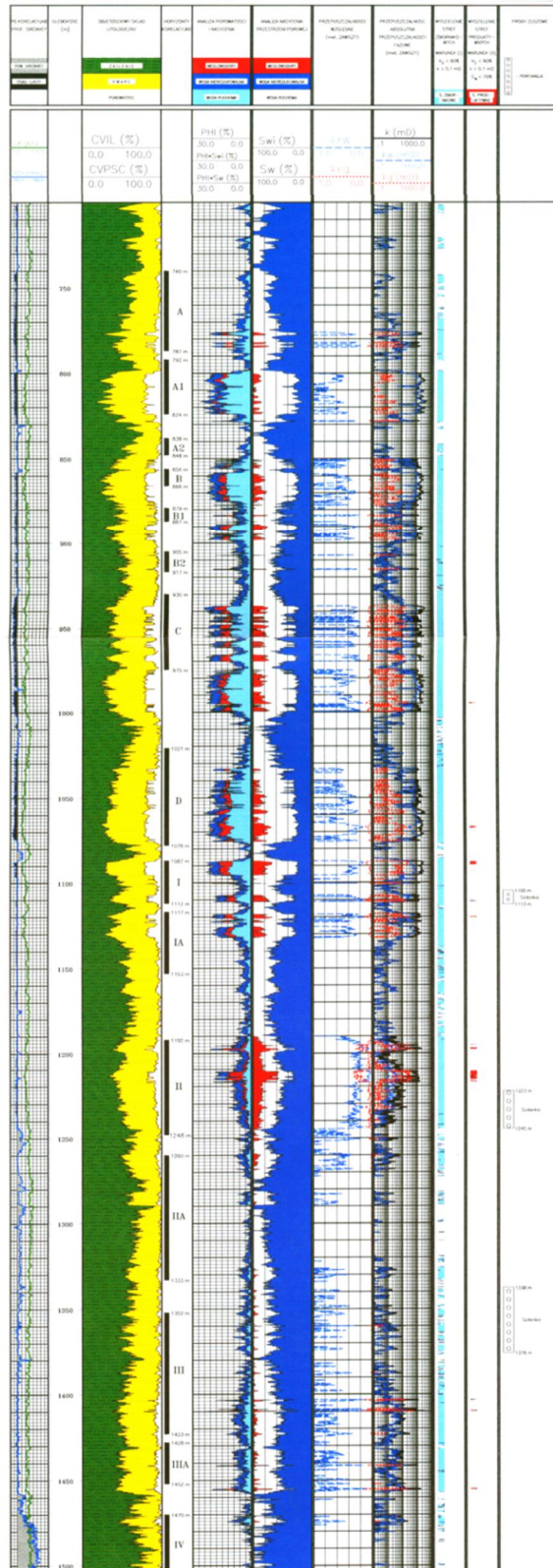
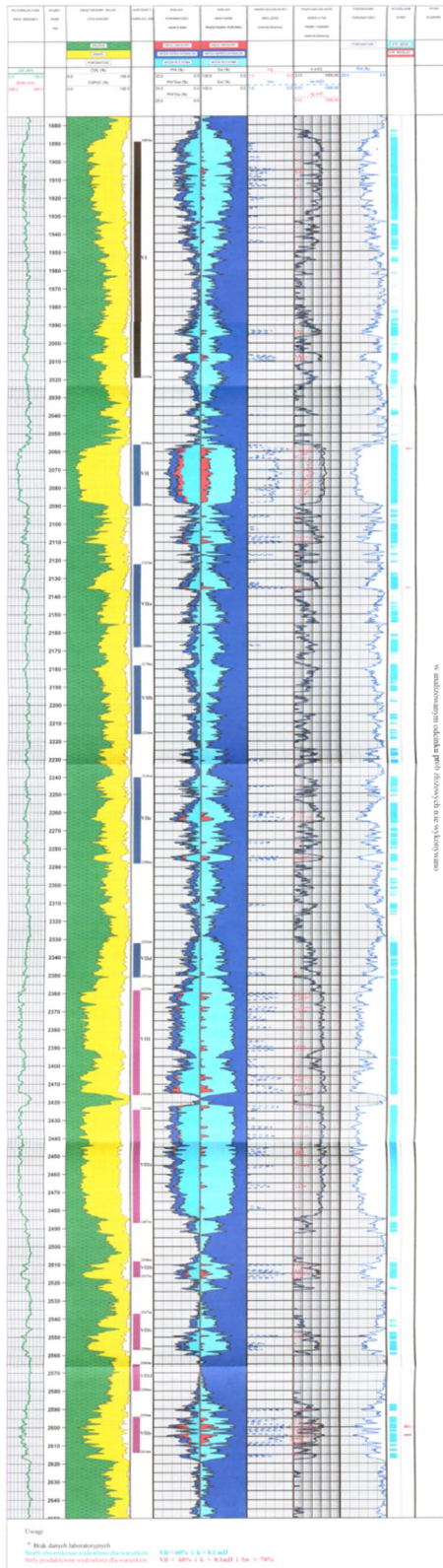


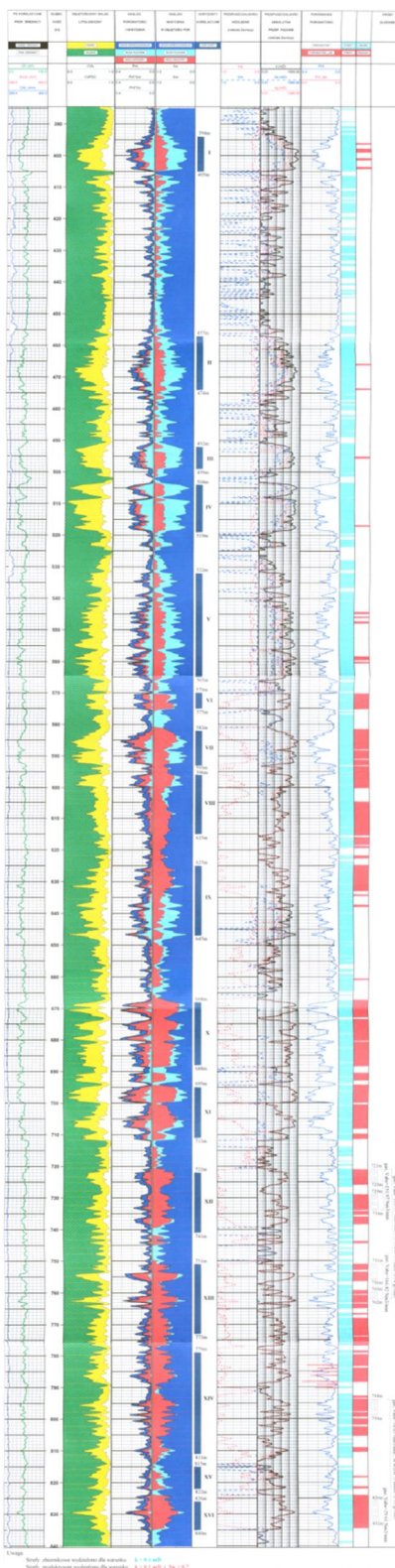
Fig. 1.1.21\_8 Wyniki kompleksowej analizy litologii i własności zbiornikowych programem ANAL NC/n w otworze: Husów-54



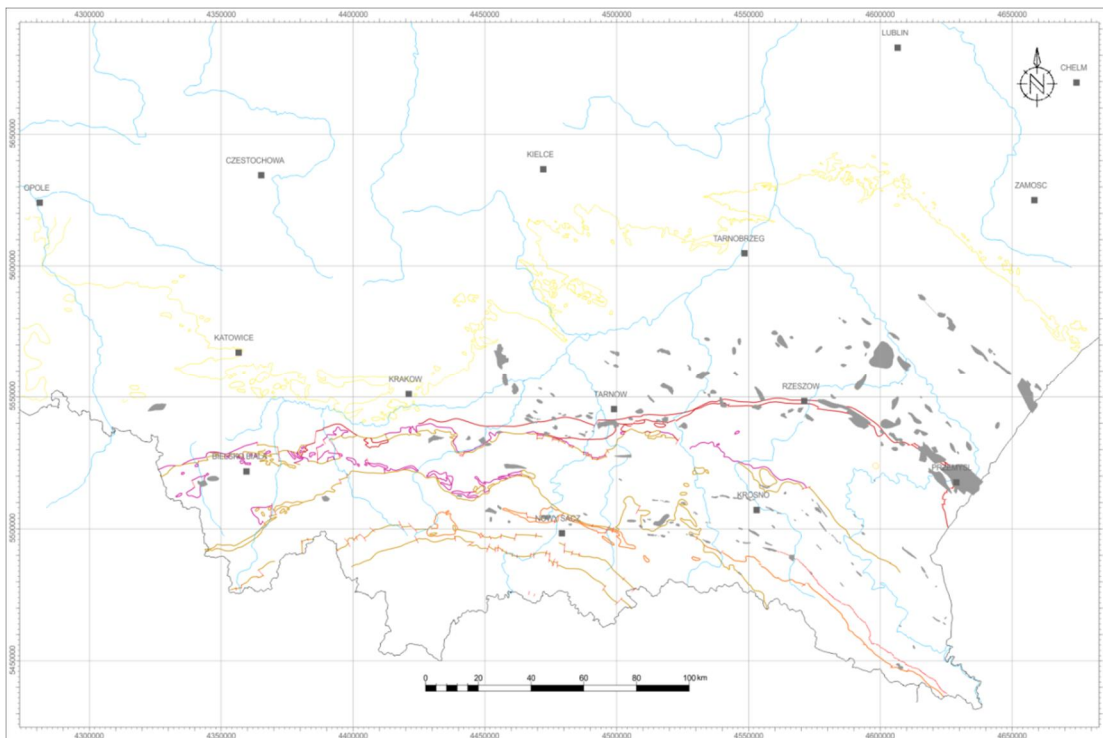
**Fig. 1.1.21\_9** Wyniki obliczeń składu litologicznego, porowatości i nasycenia programem Analit oraz analiza przepuszczalności i określenie zawartości wody nieredukowalnej metodą Zawiszy w odwiercie: Jarosław-7



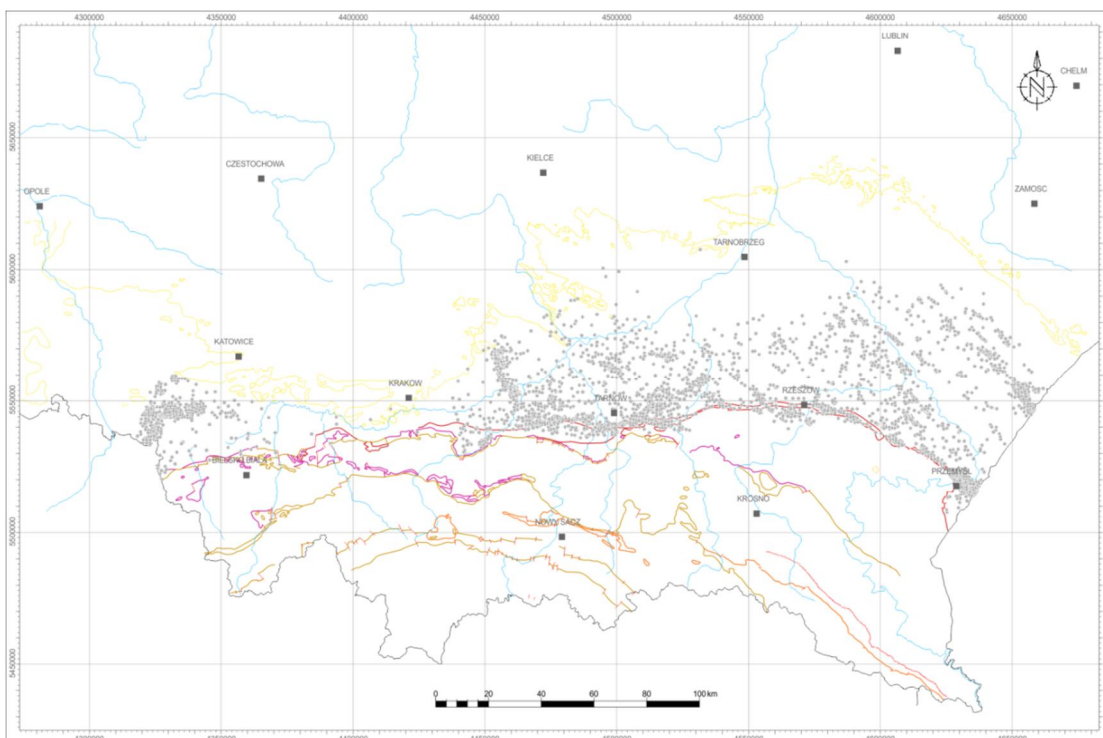
**Fig. 1.1.21\_10** Wyniki obliczeń składu litologicznego, porowatości i nasycenia oraz analiza przepuszczalności i określenie zawartości wody nieredukowalnej metodą Zawiszy w odwiercie: Jodłówka-3



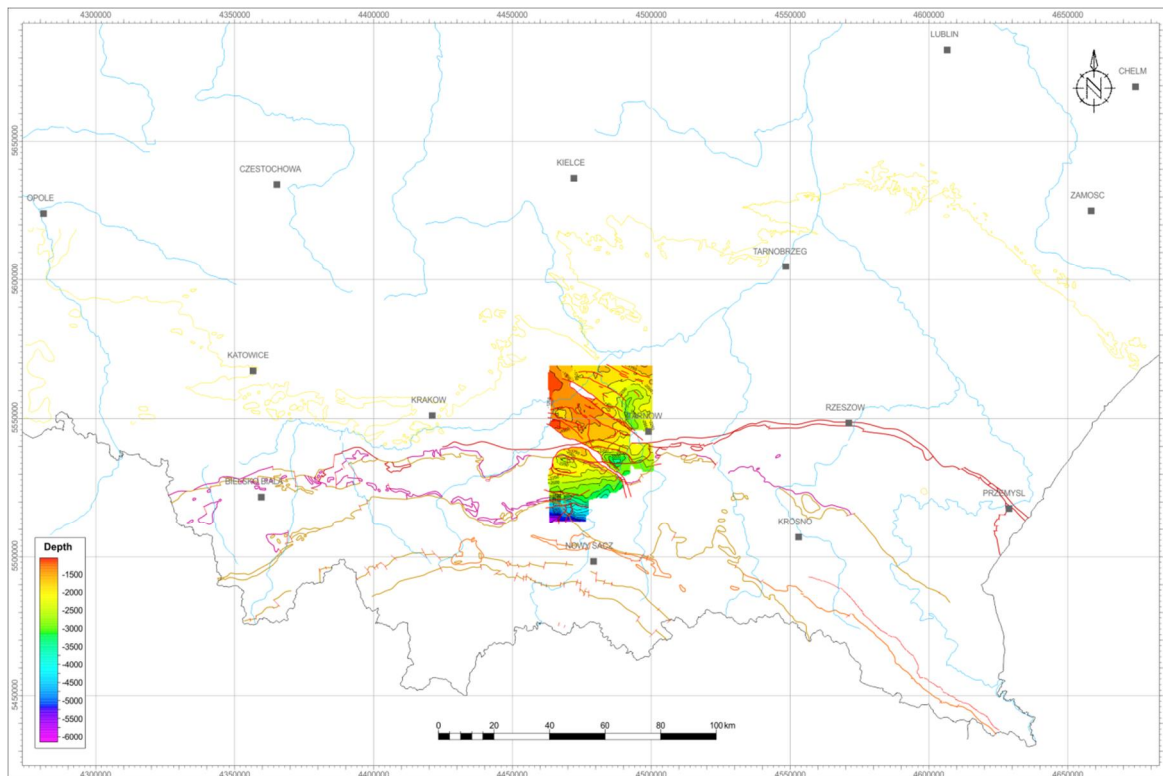
**Fig. 1.1.21\_11** Wyniki obliczeń składu litologicznego, porowatości i nasyceń oraz analiza przepuszczalności i określenie zawartości wody nieredukowalnej metodą Zawisy w odwiercie: Wola Obszańska-13



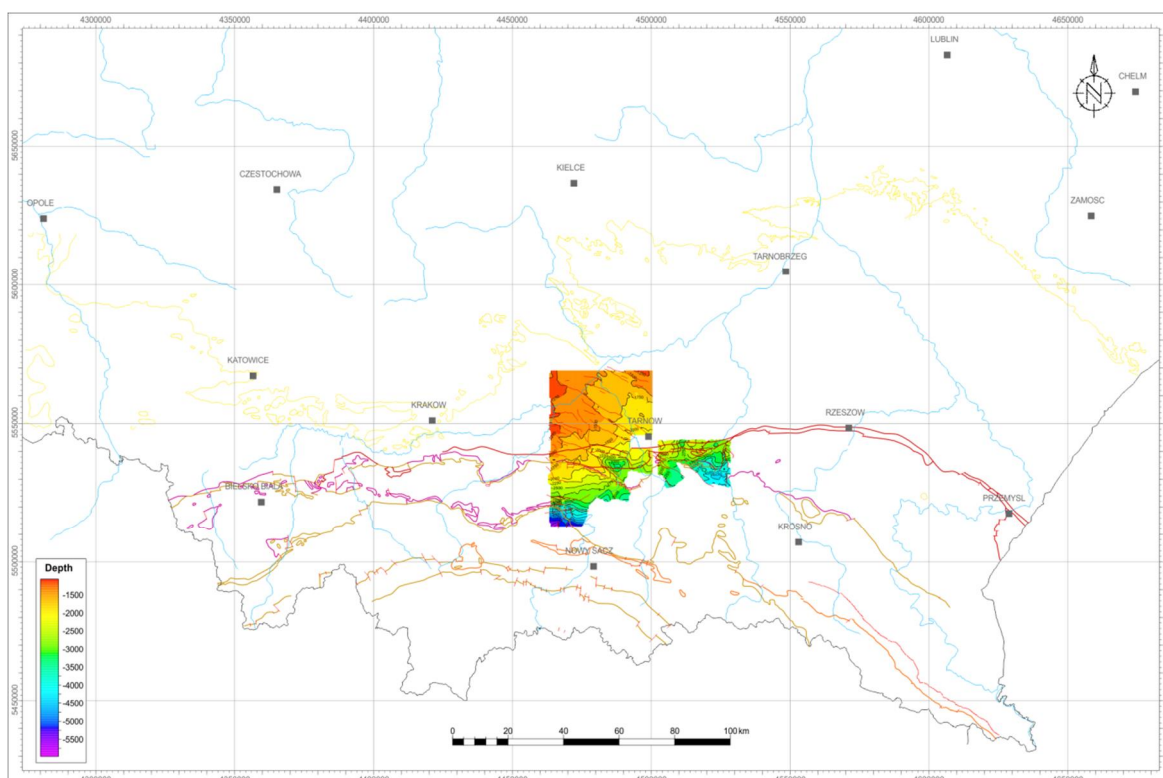
**Fig. 1.1.21\_12** Mapa rozmieszczenia złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w Karpatach i Zapadlisku przedkarpackim



**Fig. 1.1.21\_13** Mapa rozmieszczenia otworów wiertniczych o głębokościach poniżej 600m w Zapadlisku przedkarpackim



**Fig. 1.1.21\_14** Mapa strukturalna spągu dewonu



**Fig. 1.1.21\_15** Mapa strukturalna spągu jury



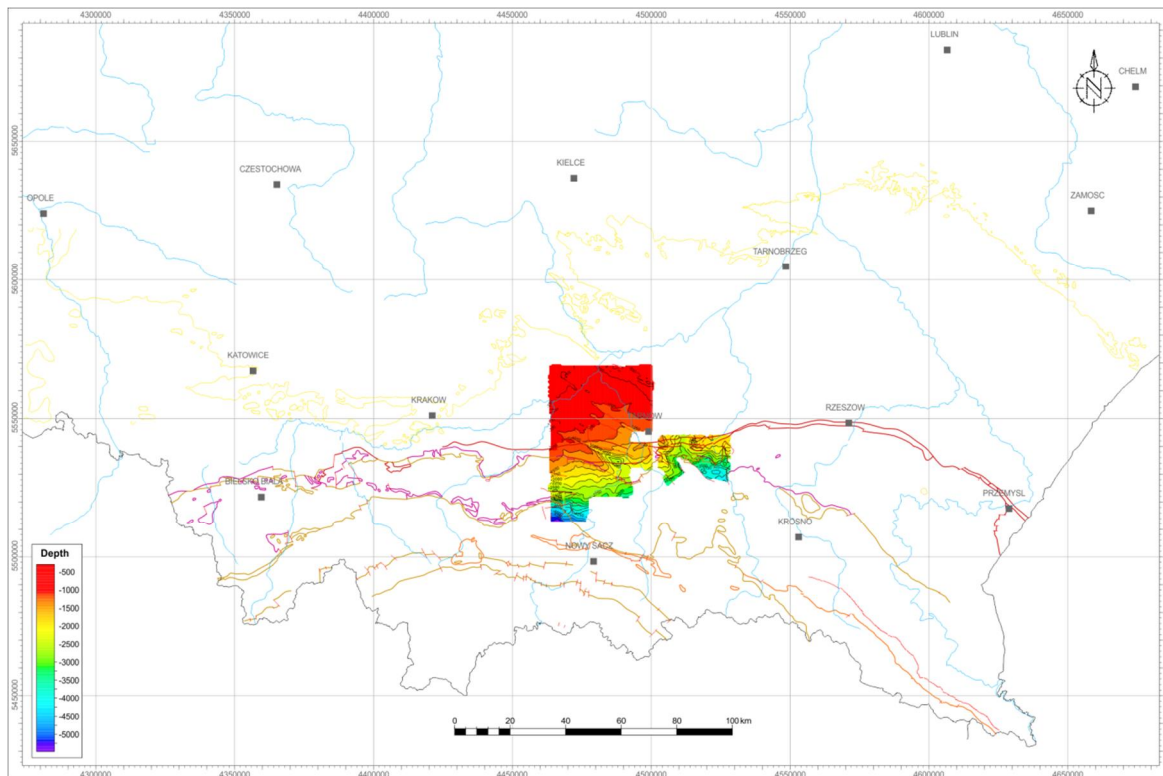


Fig. 1.1.21\_16 Mapa strukturalna stropu jury

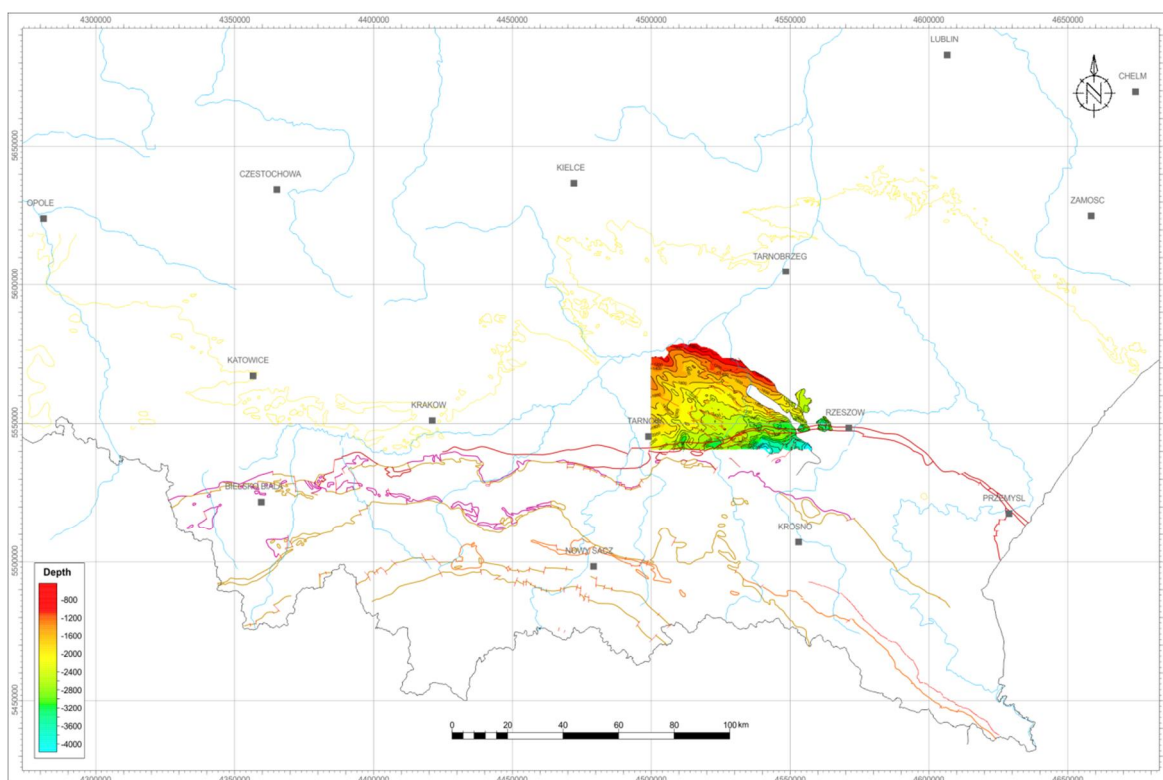


Fig. 1.1.21\_17 Mapa strukturalna spągu oxfordu

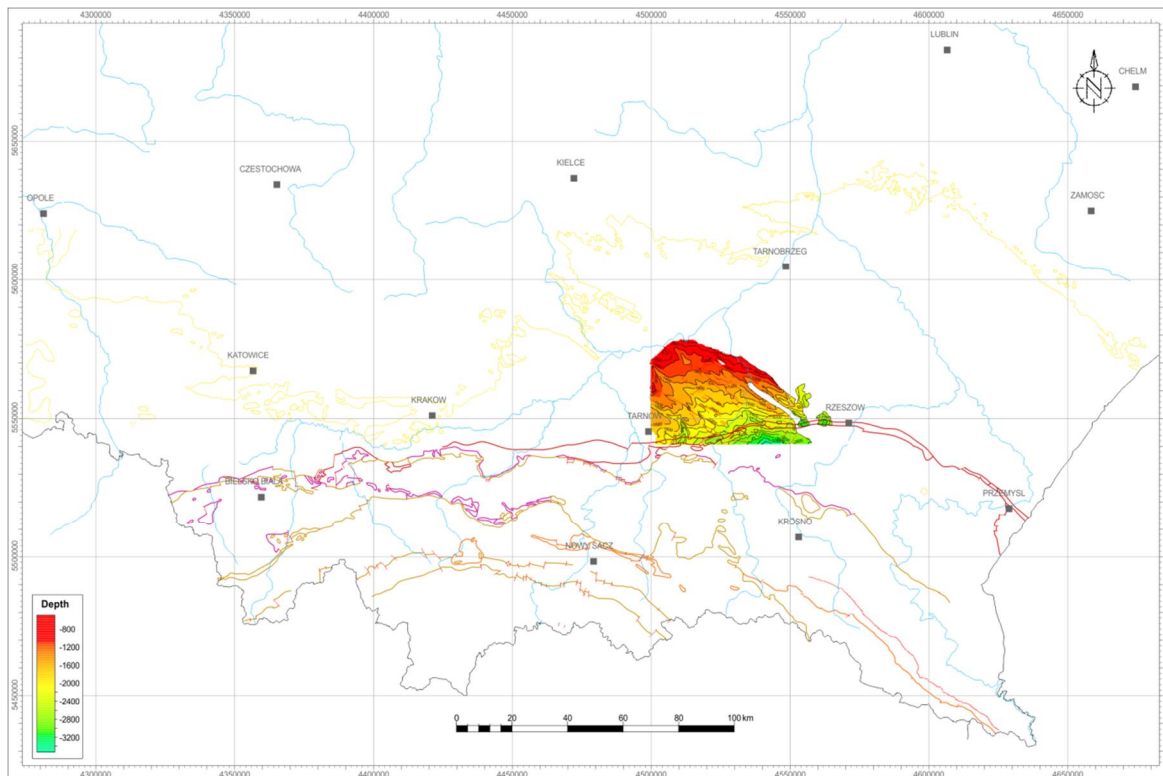


Fig. 1.1.21\_18 Mapa strukturalna stropu oxfordu

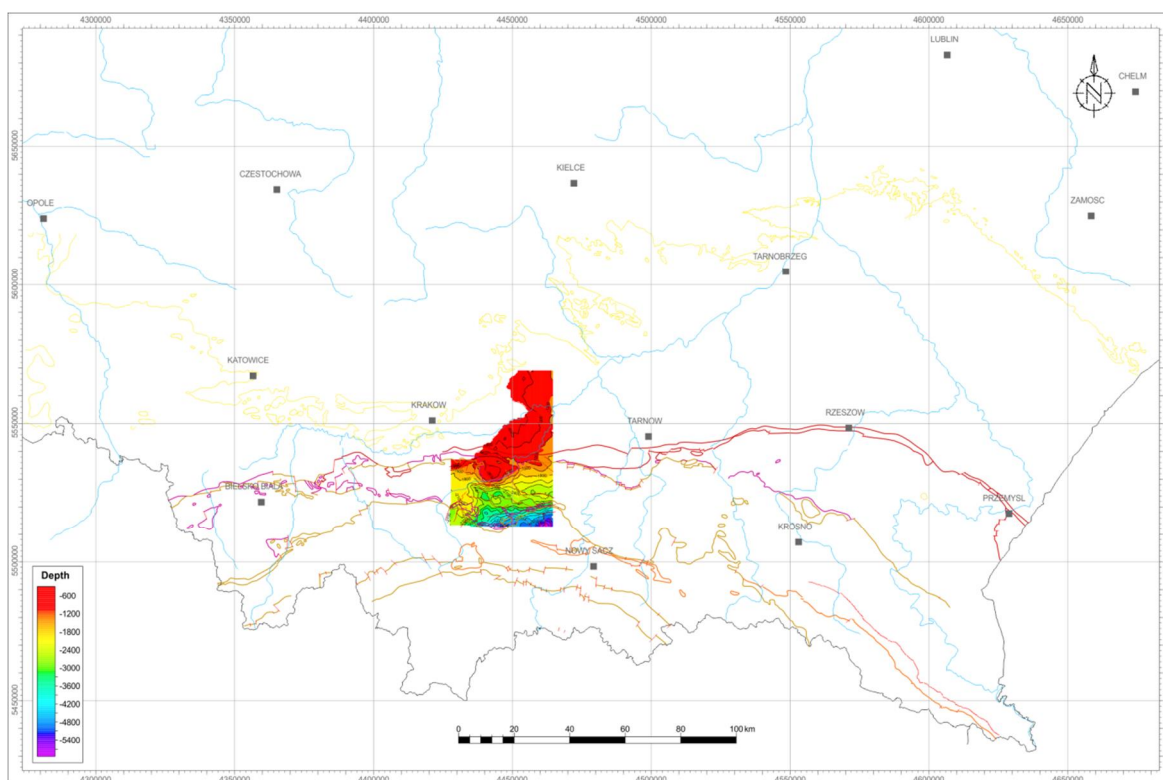


Fig. 1.1.21\_19 Mapa strukturalna spągu jury górnej

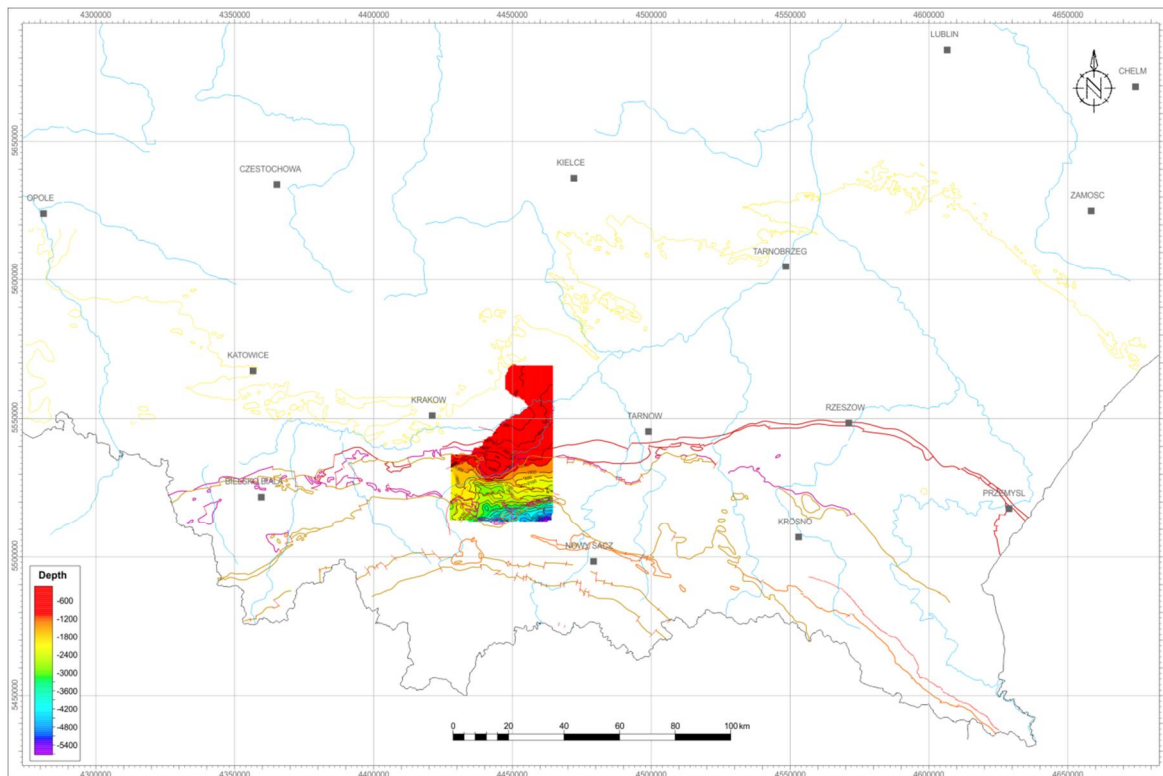


Fig. 1.1.21\_20 Mapa strukturalna stropu jury górnej

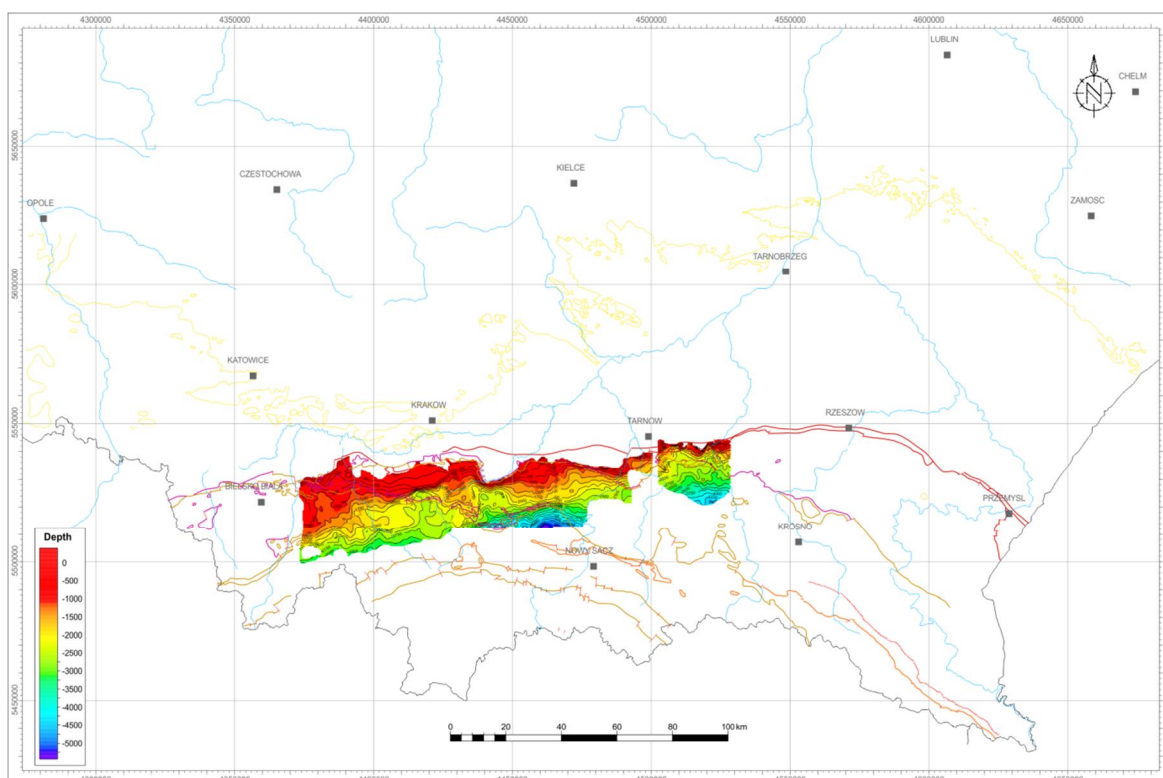


Fig. 1.1.21\_21 Mapa strukturalna spągu fliszu

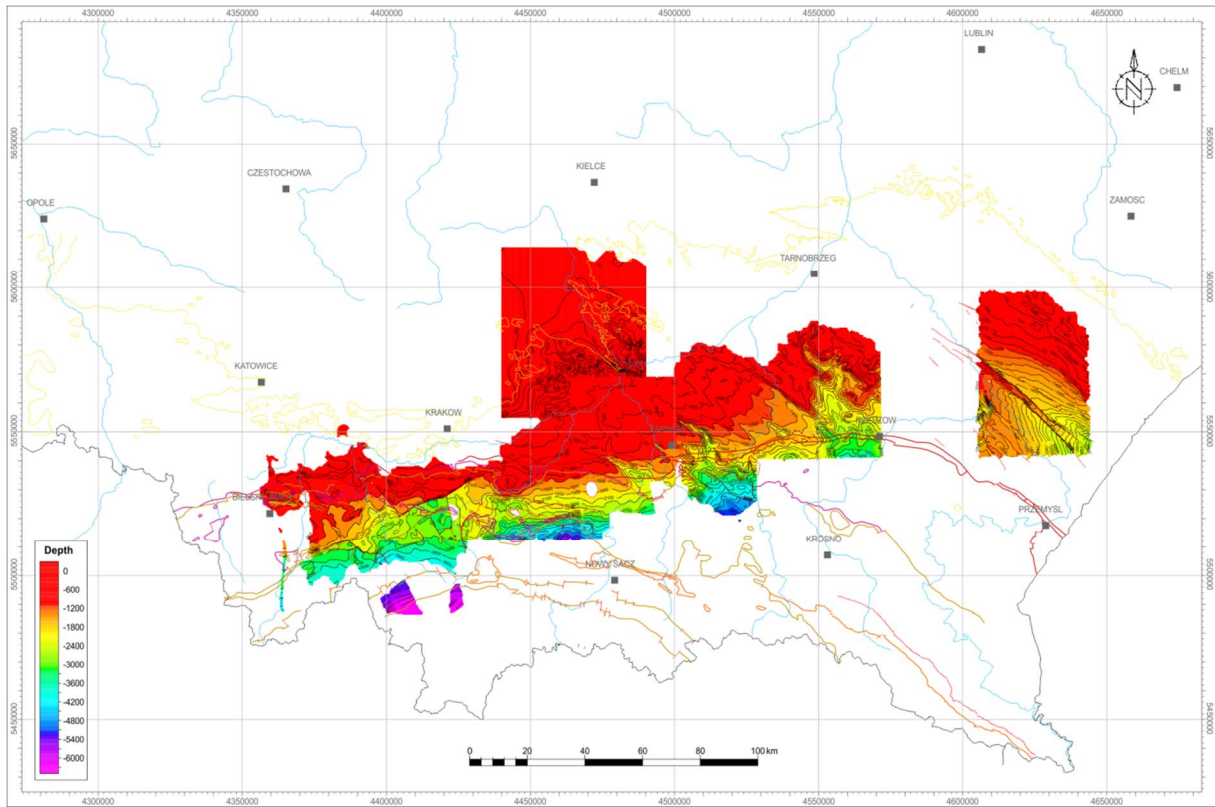


Fig. 1.1.21\_22 Mapa strukturalna spągu miocenu

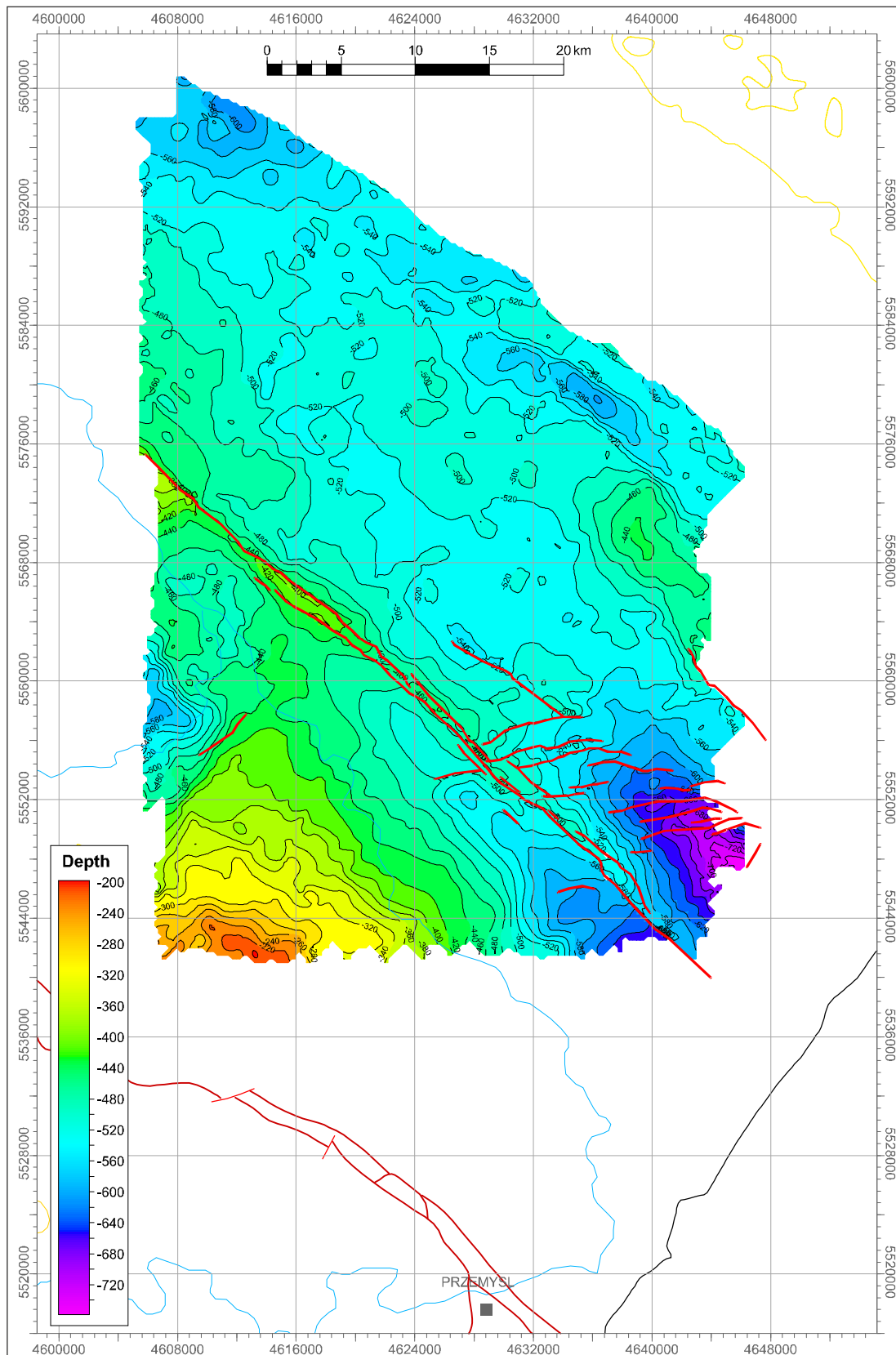


Fig. 1.1.21\_23 Mapa strukturalna stropu horizontu M1

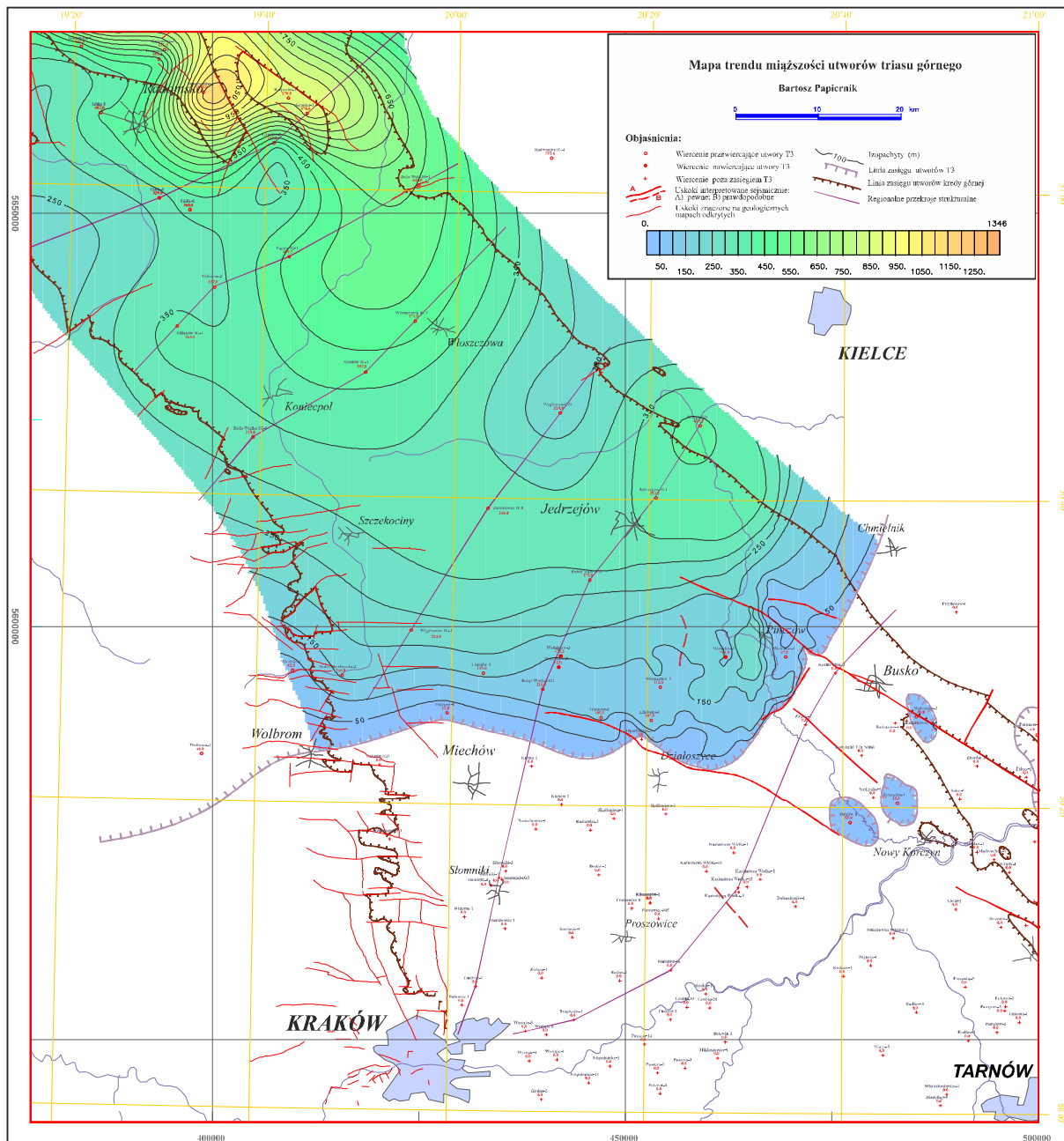


Fig. 1.1.21\_24 Mapa trendu miąższości utworów triasu górnego

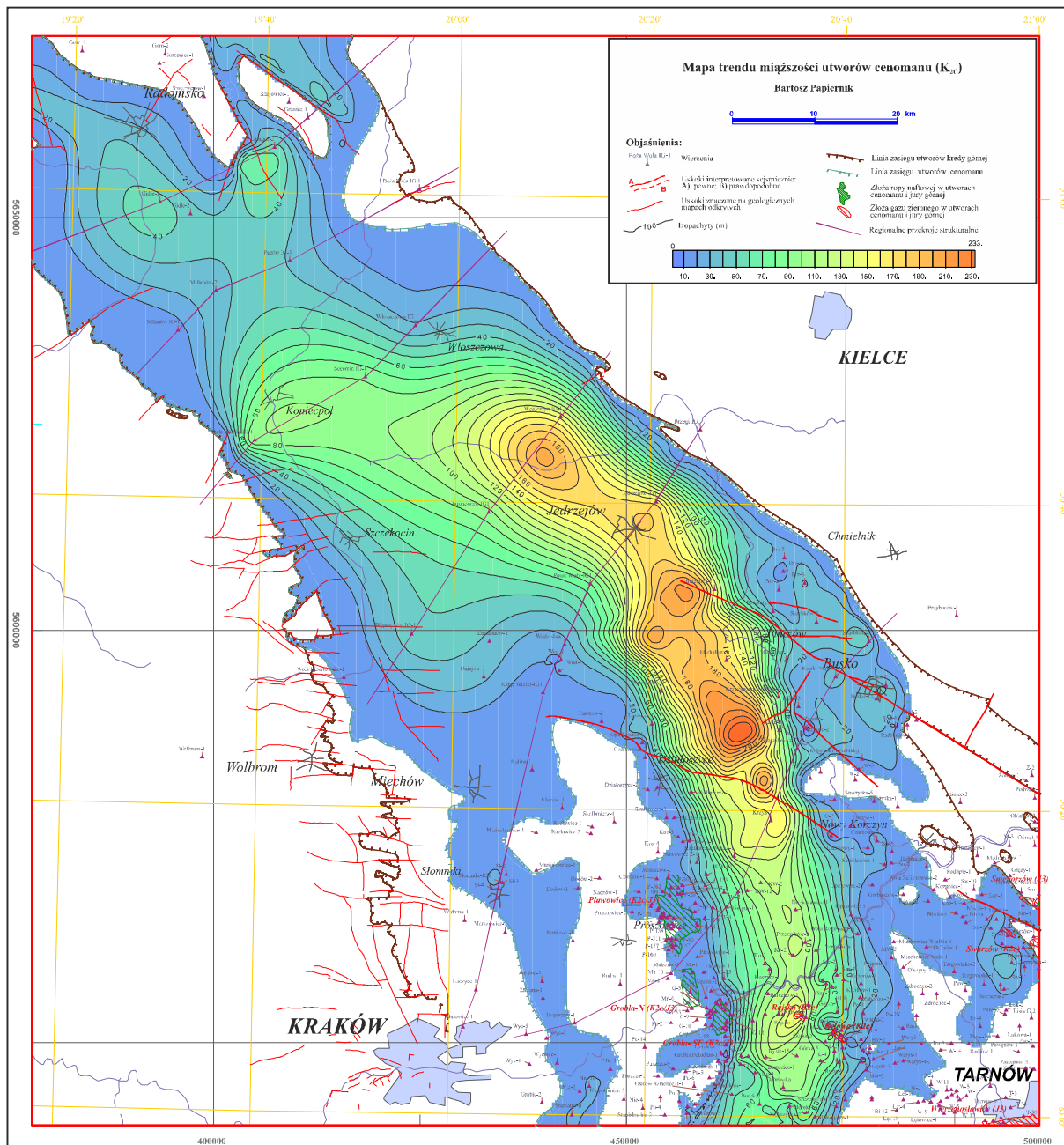


Fig. 1.1.21\_25 Mapa trendu miąższości utworów cenomanu

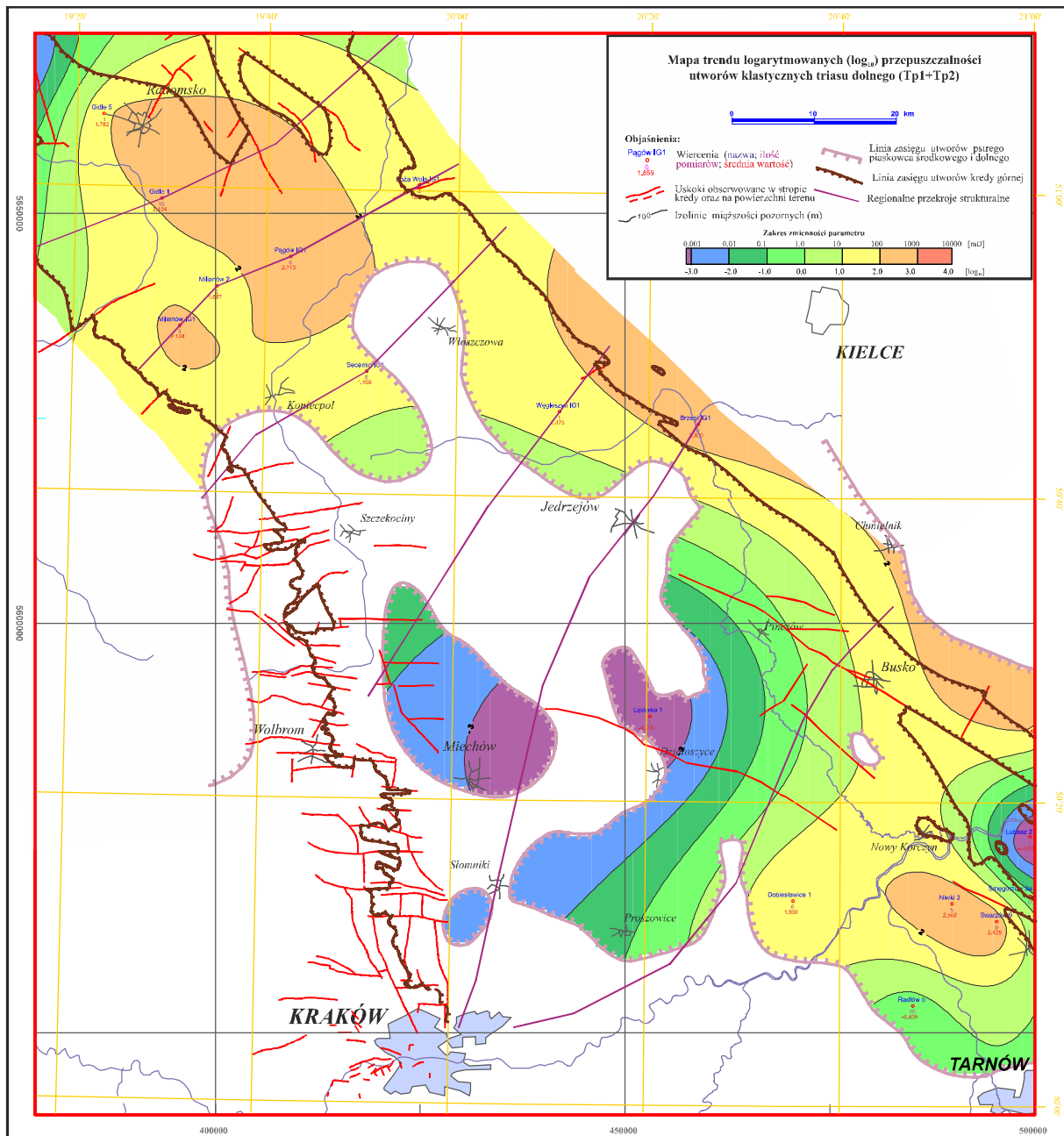


Fig. 1.1.21\_26 Mapa trendu logarytmowanych przepuszczalności utworów klastycznych triasu dolnego



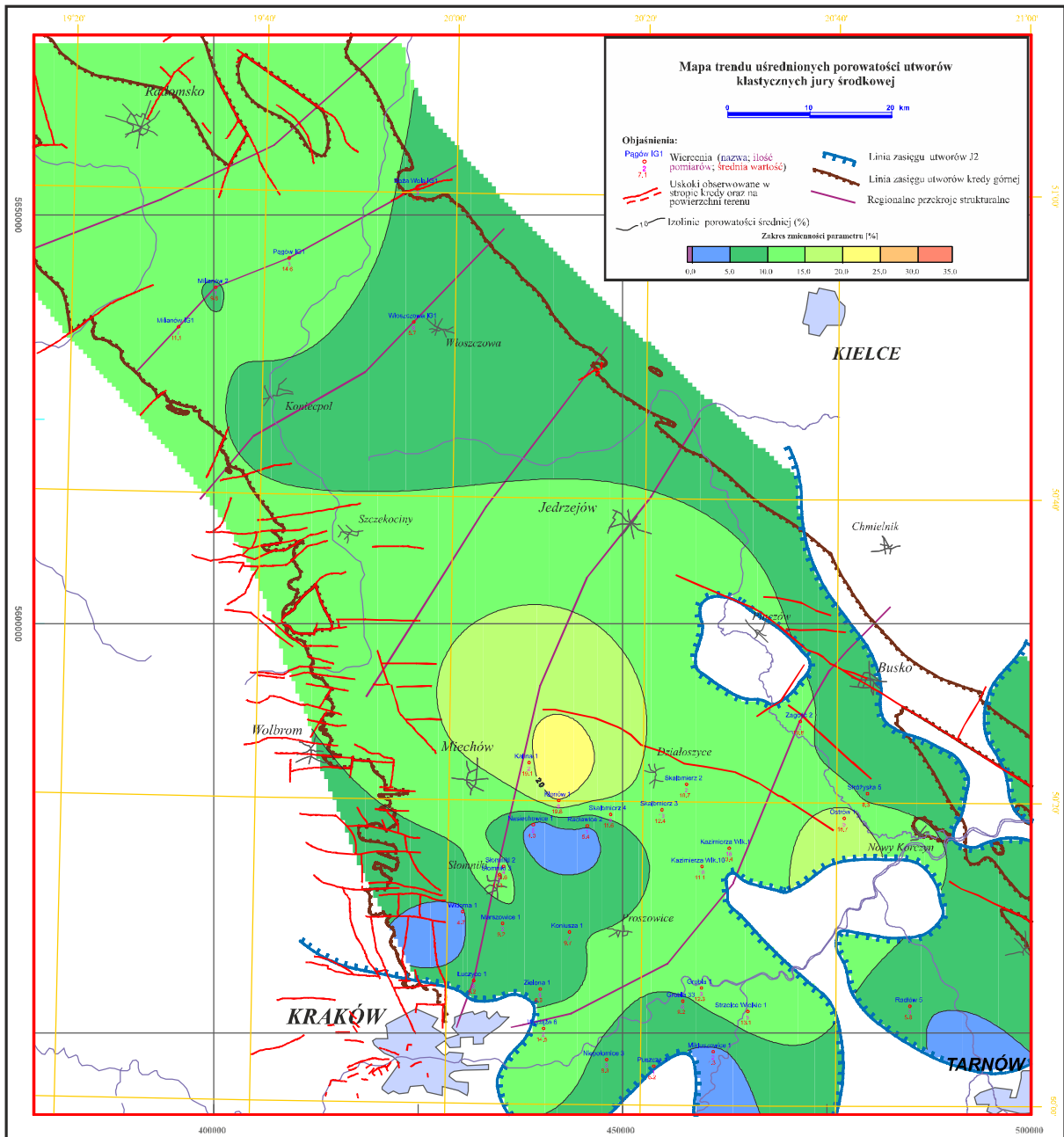


Fig. 1.1.21\_27 Mapa trendu uśrednionych porowatości utworów klastycznych jury środkowej

## Rejon Lubelszczyzny

(Wojciech Górecki, Ludwik Zawisza, Bartosz Papiernik, Aurelia Zając, Marzena Garncarz, Wojciech Machowski)

### Zarys budowy geologicznej rowu lubelskiego

#### *Zarys historii geologicznej rowu lubelskiego*

Rów lubelski jest wąskim zapadliskiem brzeżnym platformy prekambryjskiej o szerokości od około 20 km na południowym wschodzie do około 60 km na północnym zachodzie.

Granicami geologicznymi rowu mazowiecko-lubelskiego są (Kaczyński 2005): od północnego wschodu - uskok brzeżny biegnący wzdłuż linii Czersk – Żelechów – Kock - Wasylów, od południowego zachodu - uskok brzeżny biegnący wzdłuż linii Grójec – Ursynów – Kazimierz Dolny – Izbica – Zamość – Ugniew, od północnego zachodu – uskok Grójca oraz od południowego wschodu – południowo-zachodnie przedłużenie uskoku Włodzimierza Wołyńskiego na terytorium Ukrainy.

Cechami charakterystycznymi rowu lubelskiego są platformowy rozwój pokrywy kaledońskiej, duża miąższość i duża zmienność facjalna osadów dewonu i karbonu oraz luka sedimentacyjna od permu do doggeru w środkowej i południowo-wschodniej części obszaru. Ponadto cechą charakterystyczną rowu lubelskiego jest rozwój struktur dewońskich i karbońskich wzdłuż dyslokacji o kierunku NW-SE ukształtowanych w fazie asturyjskiej (Kaczyński 1976, 1987, 2005).

W obszarze Lubelszczyzny dewon spoczywa na rzędnych od 200 do ponad 3800 m p.p.t. Najpłycej utwory te zalegają w brzeżnych partiach zbiornika we wschodniej i południowo-zachodniej jego części. W centrum i w części północno zachodniej strop utworów dewonu zalega na rzędnych powyżej 2000 m p.p.t. W przeważającej części obszaru dewon pograżony jest na głębokościach poniżej 1400 – 1200 m p.p.t (Fig. 1.1.21\_28).

Karbon zalega na głębokościach w granicach 200 – 4000 m p.p.t. Najgłębiej utwory karbonu spoczywają w północno-zachodniej części zbiornika powyżej 1500 m p.p.t., natomiast najpłytszym występowaniem utworów charakteryzują się brzeżną, wschodnie i południowo-zachodnie partie zbiornika, poniżej 500 m p.p.t. W centralnych obszarach utwory karbonu zalegają na głębokościach około 1000 m p.p.t (Fig. 1.1.21\_29).

Na całym obszarze rowu lubelskiego morskie, ilaste osady dolnego dewonu – żedynu zalegają zgodnie na utworach syluru. W zigenie osadzają się piaskowce i mułowce z wkładkami węglanów, należące do cyklu regresywnego będącego wynikiem działania orogenezy kaledońskiej. W górnym zigenie i w emsie morze całkowicie wycofuje się z obszaru rowu lubelskiego. W zbiornikach śródlądowych osadzają się pstre osady typu old-redu, złożone z piaskowców, mułowców i iłowców.

Nowy cykl transgresywny sedymentacji morskiej rozpoczyna się na przełomie emsu i eiflu i trwa do końca famenu. Na początku cyku, tj. w eiflu, osadzają się kolejno (idąc od dołu): żwirowce, utwory ilasto-mułowcowo-piaszczyste, dolomity, margle, anhydryty i iłowce. W żywocie dominują osady węglanowe, tj. dolomity i wapienie przewarstwiane anhydrytami i iłowcami.

We franie następuje znaczne ujednoczenie facji – na całym obszarze rowu lubelskiego osadza się gruba seria węglanowa, złożona w dolnej części profilu franu z dolomitów z wkładkami anhydrytów i margli, natomiast w górnej części profilu franu z wapieni organodetrytycznych z przewarstwieniami wapieni marglistych, margli i anhydrytów.

Na przełomie franu i famenu zaznacza się znaczne zróżnicowanie facjalne. W centrum obszaru, gdzie zbiornik był najgłębszy, w dolnym famenie osadziły się margle z soczewkami wapieni (tzw. wapienie pasiaste). W południowo-wschodniej części obszaru famen dolny reprezentowany jest przez wapienie gruzłowe. W górnym famenie również można wyróżnić dwie prowincje facjalne. W centrum i na zachodzie osadzały się margle z fauną morską (warstwy niedrzwickie), natomiast na wschodzie pstry osady dolomityczno-piaszczysto-mułowcowe (warstwy hulczańskie). Warstwy hulczańskie wyznaczają początek regresji morza dewońskiego, związanej z działalnością fazy bretońskiej.

W czasie przerwy sedymentacyjnej, obejmującej turnej i wizen dolny, na obszarze rowu lubelskiego ma miejsce intensywna działalność tektoniczna. Powstają liczne uskoki o przebiegu NW – SE. Utwory dewonu podlegają silnej erozji, która ścierała miejscami dewon górny, środkowy a nawet znaczną część dewonu dolnego (Kock, Małochwiej, Trawniki).

W początkowej fazie transgresji górnowizeńskiej na obszarze rowu lubelskiego i sąsiedniego obniżenia podlaskiego miały miejsce procesy wulkaniczne. Tworzyły się pokrywy diabazów i tufów oraz dajki diabazowe. Transgresywne utwory wizenu górnego rozpoczynają się serią osadów piroklastycznych, piaskowców, mułowców, tufitów oraz zlepieńców z poziomami skał wylewnych i żyłowych. Powyżej osadził się kompleks skał węglanowych z przewarstwieniami mułowców i iłowców.

W namurze dominują osady piaszczysto-ilasto-mułowcowe pochodzenia morskiego i lądowego. W westfalu natomiast przeważają osady rzeczne (grubo – i średnioziarniste piaskowce), jeziorzyskowe (drobnoziarniste piaskowce, mułowce i iłowce) oraz bagienne (gleby stygmariowe, łupki węgliste i węgle).

Sedymentację karbońską przerwała działalność fazy asturyjskiej. Przerwa sedymentacyjna zapoczątkowana w górnym westfalu najdłużej utrzymała się w części środkowej i południowo-wschodniej obszaru, gdzie trwała aż do batonu. W części północno zachodniej rowu lubelskiego występują szczątkowe osady triasu, a jeszcze dalej w kierunku północnym osady cechsztynu.

Strop utworów karbonu obszaru lubelskiego

W batonie transgresja objęła cały obszar rowu lubelskiego. W jurze górnej i w kredzie dolnej na całym obszarze dominowała sedymentacja węglanowa.

W kredzie górnej cały obszar rowu został wydzwignięty i stał się lądem aż do czasów współczesnych.

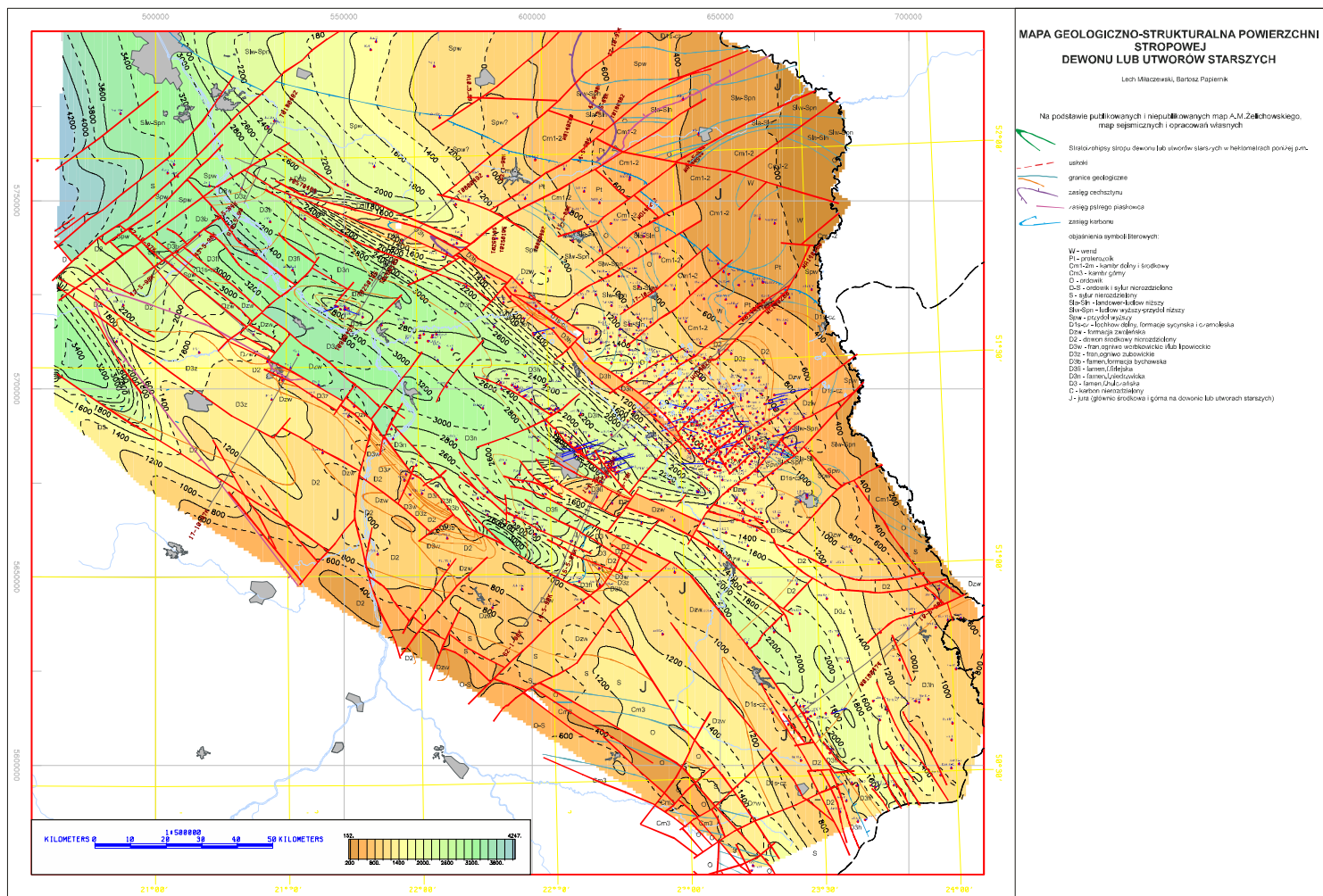
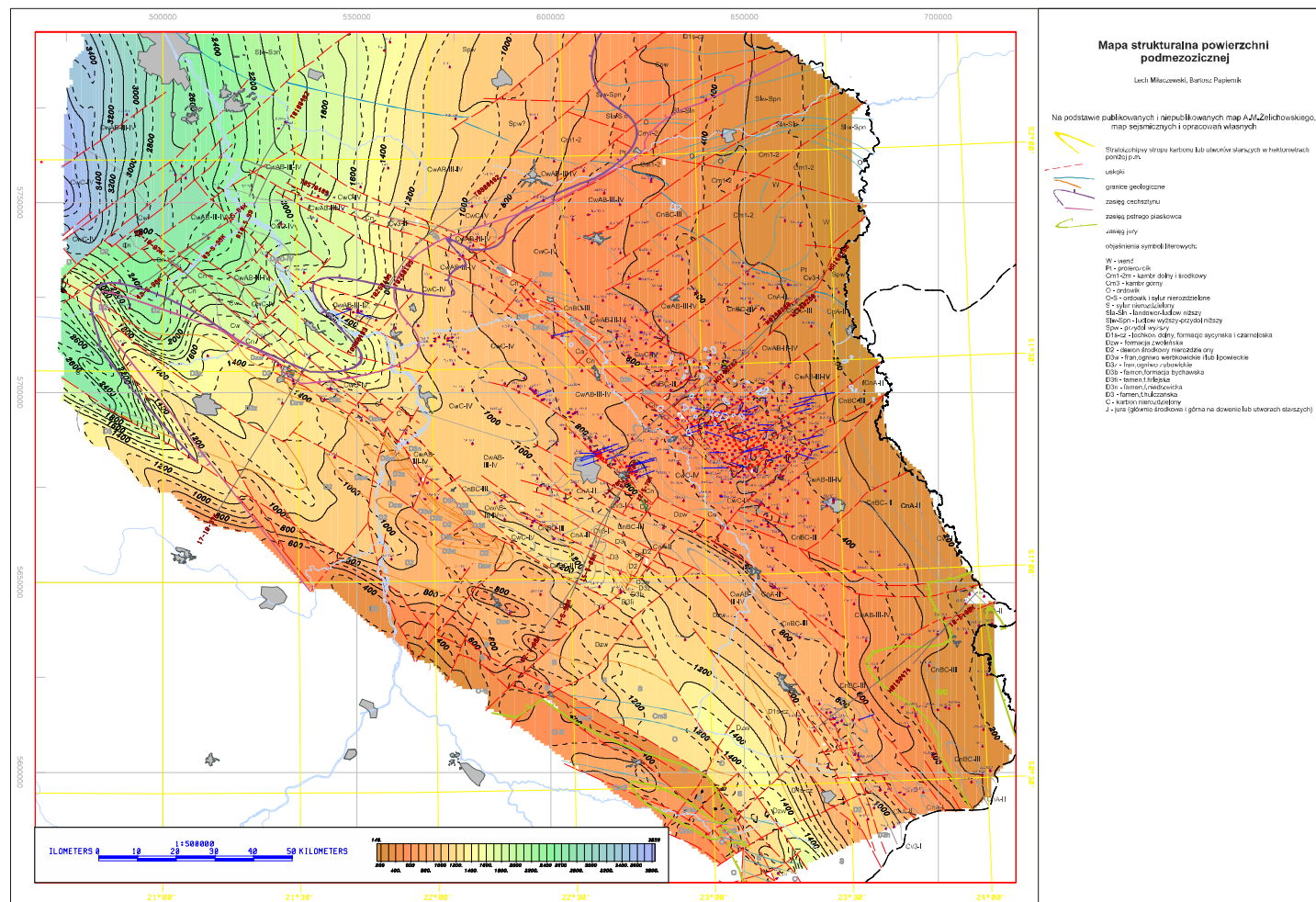


Fig. 1.1.21\_28 Mapa geologiczno-strukturalna powierzchni stropowej dewonu lub utworów starszych (Miłaczewski, Papiernik, 2004)



**Fig. 1.1.21\_29** Mapa strukturalna powierzchni podmezozoicznej (Miłaczewski, Papiernik, 2004)

### **Skąły zbiornikowe i uszczelniające w profilu dewonu i karbonu**

Skąły zbiornikowe w profilu dewonu i karbonu rowu lubelskiego wykazują dużą zmienność miąższości, zasięgu przestrzennego oraz własności filtracyjnych. Dla celów prospekcji naftowej została opracowana szczegółowa korelacja warstw, oparta na ciągłej rejestracji ich cech litologicznych i fizycznych na podstawie pomocy pomiarów geofizyki wiertniczej (Kaczyński 1976, 2005). Korelacja ta umożliwia selektywną klasyfikację poszczególnych odcinków profilu dewonu i karbonu i określenie głębokościowych granic ich występowania w każdym otworze wiertniczym. System korelacji oparty jest na określeniu i zdefiniowaniu charakterystycznych rytmów geofizycznych, które obrazują następstwo litologiczne warstw z równoczesnym uwzględnieniem poziomów przewodnych, wykazujących horyzontalną stabilność cech geofizycznych. Podział ten tylko ogólnie nawiązuje do podziału biostratygraficznego.

Kaczyński (1976, 2005) podzielił dewon na 10 głównych kompleksów, idąc od spągu ku stropowi, oznaczonych dużymi literami alfabetu: **A, B, C, D, E, F, G, H, I, J**. Niektóre kompleksy podzielone zostały na mniejsze poziomy, które oznaczono cyframi arabskimi, a mianowicie: w kompleksie **C** - C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>; w kompleksie **D** - D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>; w kompleksie **E** - E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>; w kompleksie **F** - F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>; w kompleksie **H** - H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>; I - I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>. Zdaniem J. Kaczyńskiego kompleksy **A, B, C** odpowiadają ogólnie biorąc dewonowi dolnemu, kompleks **D** dewonowi środkowemu, kompleks **E** franowi, natomiast kompleksy **F, G, H, I, J** famenowi.

W wyniku prac korelacyjnych w karbonie wydzielono (Kaczyński 1976, 2005) 12 głównych kompleksów, idąc od spągu ku stropowi: **A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L** oraz następujące poziomy: w kompleksie **B** - B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>; w kompleksie **D** - D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>; w kompleksie **E** - E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>; w kompleksie **G** - G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>2</sub>; w kompleksie **H** - H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>; w kompleksie **I** - I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>; oraz w kompleksie **L** - L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub>. Kompleksy **A, B, C, D** odpowiadają wizenowi górnemu (karbon dolny), kompleksy **E, F, G, H, I** namurowi, a kompleksy **J, K, L** westfalowi.

Z uwagi na niezwykle bogactwo litofacjalne oraz dużą zmienność poziomą i pionową sekwencji litologicznych dewonu i karbonu wydzielono trzy grupy kompleksów i poziomów, które w potencjalnych pułapkach złożowych mogą być:

1. uszczelnieniem stropowym lub bocznym w skali regionalnej;
2. zbiornikiem w skali regionalnej;
3. w zależności od regionalnego rozwoju, zbiornikiem lub uszczelnieniem.

Do grupy pierwszej zaliczone zostały kompleks **A** oraz poziomy **C<sub>3</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>, I<sub>1</sub>** w dewonie oraz kompleksy **C, F, J** i poziomy **B<sub>2</sub>, E<sub>2</sub>, G<sub>2</sub>, H<sub>1</sub>** w karbonie. Kompleksy i poziomy uszczelniające zbudowane są głównie ze skał nieprzepuszczalnych: iłowców, mułowców, margli oraz zailonych wapieni i dolomitów.

Do drugiej grupy zaliczono kompleksy i poziomy **C<sub>2</sub>, C<sub>4</sub>, D<sub>1</sub>, E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>** w dewonie oraz **G<sub>1</sub>, I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, K** w karbonie. Skąły zbiornikowe występujące w tych poziomach (głównie wapień, dolomity i piaskowce) występują na dużych obszarach, a ich sumaryczna miąższość przekracza połowę miąższości kompleksu. Skąły uszczelniające występują w postaci wkładek i pakietów o różnej miąższości, mogących stanowić lokalne uszczelnienie złóż.

Grupę trzecią stanowią kompleksy i poziomy **B, C<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>, F<sub>1</sub>, G, H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>, J** w dewonie oraz **A, B<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, E<sub>1</sub>, G<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub>** w karbonie. W grupie tej zarówno skały zbiornikowe jak i uszczelniające rozwinięte są lokalnie. Cechują się one dużą zmiennością litologiczną, facjalną i miąższościową. Zmiany facjalne sprzyjają tworzeniu się złóż typu litologicznego.

Prace poszukiwawcze w basenie lubelskim prowadzone są od 1956 r. W wyniku prowadzonych prac odkryto w utworach dewonu i karbonu kilka złóż ropy naftowej (Świdnik, Glinnik, Stężycza) i gazu ziemnego (Minkowice, Ciecierzyn, Mełgiew B Mełgiew A, Stężycza, Komarów, Wilga) (Helcel-Weil, Dziegielewski 2003; Zawisza, Nagy 2006). Zdaniem autora, basen lubelski kryje jeszcze w sobie pewne perspektywy poszukiwawcze.

### ***Wyniki modelowania hydrodynamicznego***

W obszernym opracowaniu prowadzonym przez M. Narkiewicza i M. Kotarbę (Narkiewicz, Kotarba i in. 2005) L. Zawisza wykonał modelowanie hydrodynamiczne basenu lubelskiego obejmujące kompleks E w dewonie oraz kompleks I w karbonie, a K. Słupczyński przeprowadził analizę hydrochemiczną. Do badań hydrodynamicznych wytypowano kompleks E w dewonie oraz kompleks I w karbonie, ponieważ dla tych poziomów litostratygraficznych zebrano największe ilości danych hydrodynamicznych, a ponadto w poziomach tych występuje większość złóż węglowodorów.

Wnioski wynikające z badań hydrodynamicznych dotyczące kompleksu E można uogólnić na utwory całego dewonu, ponieważ stanowi on prawdopodobnie jeden system hydrauliczny. Podobnie, wnioski wynikające z badań hydrodynamicznych dotyczące kompleksu I można uogólnić na cały karbon.

W programie badań hydrodynamicznych dla utworów dewonu i karbonu wykonano następujące mapy: mapy strukturalne stropów wydzielonych kompleksów stratygraficznych, mapy przepuszczalności, mapy mineralizacji, mapy hydrochemiczne, mapy potencjometryczne, mapy gradientów hydraulicznych oraz mapy równych prędkości filtracji.

### **Basen dewoński**

Mapę mineralizacji wód złożowych w utworach dewonu wykonano (Słupczyński 2005) na podstawie badań laboratoryjnych (**Fig. 1.1.21\_30**). Mineralizacja wód wgłębnych w utworach dewonu basenu lubelskiego mieści się w granicach od około 20 do około 200 g/dm<sup>3</sup>. Spadek mineralizacji następuje w kierunku wschodni utworów dewonu, tj. w kierunku południowo-zachodnim i północno-wschodnim.

Charakterystykę składu chemicznego wód podziemnych powszechnie uważa się za jeden z pośrednich wskaźników prognoz ropo-gazoności (Zawisza 1986a, 1986b, 1988, 1992a, 1992b, 2004, 2005, 2006a, 2006b). Dla scharakteryzowania wód złożowych w utworach dewonu basenu lubelskiego opracowano (Słupczyński 2005) mapę wskaźnika  $rNa/rCl$  (**Fig. 1.1.21\_32**).

Wartość wskaźnika  $rNa/rCl$  pozwala na ocenę wskaźnika wymiany jonu sodowego przez jony wapniowe i określa stopień metamorfizmu wód. Wody złożowe o wartości ilorazu  $rNa/rCl$  poniżej 0,75 wskazują na strefę perspektywiczną, a przy  $rNa/rCl < 0,50$  bardzo perspektywiczną (Bojarski 1976, Zawisza 1986a, 1986b, 1988, 1992a, 1992b, 2004, 2005, 2006a, 2006b).

Minimalne wartości współczynnika  $rNa/rCl$  (**Fig. 1.1.21\_32**) poniżej 0,5 występują w centralnej, najbardziej pogrążonej części obszaru (Słupczyński 2005).

Na **Fig. 1.1.21\_34** przedstawiono wykres ciśnień złożowych w funkcji głębokości, w kompleksie E w dewonie. Z analizy wykresu wynika, że ciśnienia złożowe w utworach dewonu są wyższe od hydrostatycznych.

Mapę potencjometryczną wód złożowych dla utworów dewonu (kompleks E) przedstawiono na **Fig. 1.1.21\_36**. Mapa ta przedstawia rozkład pola hydrodynamicznego, kierunki przepływu płynów złożowych oraz położenie obszarów zasilania i drenażu. Z obrazu przedstawionego na tej mapie wynika, że kierunki przepływów wód złożowych w utworach dewonu są odśrodkowe.

Na **Fig. 1.1.21\_38** przedstawiono mapę gradientów hydraulicznych wód złożowych w dewonie. Wartości gradientów hydraulicznych zmieniają się w przedziale od 0,002 do 0,1. Strefy perspektywiczne dla występowania węglowodorów w dewonie wyznaczone są przez obszary o podwyższonych wartościach gradientów hydraulicznych, tj.  $> 0,01$ .

Sumując wyniki rozważań hydrodynamicznych w utworach dewonu basenu lubelskiego można stwierdzić, że:

- wody złożowe posiadają zmienną mineralizację w granicach od 20 do około 200 g/dm<sup>3</sup> (**Fig. 1.1.21\_30**);
- ciśnienia złożowe w poszczególnych kompleksach różnią się od siebie i są znacznie wyższe od ciśnień hydrostatycznych (**Fig. 1.1.21\_34, 36**);
- kierunki przepływu wód wgłębnych w poszczególnych kompleksach wodonośnych są odśrodkowe (**Fig. 1.1.21\_36, 38**);
- gradienty hydrauliczne są bardzo wysokie i wynoszą od 0,002 do 0,1 (**Fig. 1.1.21\_38**);
- prędkości przepływu wód wgłębnych są stosunkowo wysokie i wynoszą od 2 do 40 cm/rok;
- nielicznym akumulacjom złożowym towarzyszą wody o względnie wysokiej mineralizacji (powyżej 100 g/dm<sup>3</sup>), niskich wartościach współczynnika  $rNa/rCl$  (poniżej 0,5), podwyższonych wartościach gradientów hydraulicznych (powyżej 0,01) oraz lokalnie podwyższonej prędkości przepływu wód.

Zarówno na tle klasyfikacji hydrodynamicznej Coustau i in. (1975), jak i klasyfikacji przedstawionej przez Dahlberga (1995) basen dewoński rowu lubelskiego jest basenem odśrodkowym (młodym). Z punktu widzenia hydrodynamiki jest on basenem perspektywicznym dla poszukiwań węglowodorów. Potencjalne



pułapki złożowe powinny być związane ze strefami o podwyższonych wartościach gradientów hydraulicznych, o podwyższonej prędkości filtracji wód złożowych, a także podwyższonej ich mineralizacji. Prawidłowości te potwierdzają dotychczas odkryte akumulacje złożowe (złoże gazu Komarów, złożo gazu Mełgiew oraz złożo gazu Ciecierzyn).

### Basen karboński

Mapę mineralizacji wód złożowych w utworach karbonu wykonano (Słupczyński 2005) również na podstawie badań laboratoryjnych (**Fig. 1.1.21\_31**). Mineralizacja wód wgłębnych w utworach karbonu basenu lubelskiego mieści się w granicach od kilku do około 210 g/dm<sup>3</sup>. Maksymalne wartości mineralizacji występują w północno-wschodniej części analizowanego obszaru oraz w rejonie Komarowa.

Mapę wskaźnika  $rNa/rCl$  przedstawiono na **Fig. 1.1.21\_33**. Minimalne wartości współczynnika  $rNa/rCl$  (**Fig. 1.1.21\_33**) poniżej 0,5 występują północno-zachodniej oraz w centralnej, części obszaru (Słupczyński 2005).

Na **Fig. 1.1.21\_35** przedstawiono wykres ciśnień złożowych w funkcji głębokości, w kompleksie I w karbonie. Z analizy wykresu wynika, że ciśnienia złożowe w utworach karbonu są ciśnieniami hydrostatycznymi.

Mapę potencjometryczną wód złożowych dla utworów karbonu (kompleks I) przedstawiono na **Fig. 1.1.21\_36**. Z obrazu przedstawionego na tej mapie wynika, że kierunki przepływów wód złożowych w utworach karbonu są dośrodkowe.

Na rysunku **Fig. 1.1.21\_38** przedstawiono mapę gradientów hydraulicznych wód złożowych w karbonie. Wartości gradientów hydraulicznych zmieniają się w przedziale od 0,001 do 0,012. Strefy perspektywiczne dla występowania węglowodorów w karbonie wyznaczone są przez obszary o obniżonych wartościach naporów hydraulicznych, tj.  $I < 0,0033$ .

Sumując wyniki rozważań hydrodynamicznych w utworach karbonu basenu lubelskiego można stwierdzić, że:

- wody złożowe posiadają zmienną mineralizację w granicach od kilku do ponad 200 g/dm<sup>3</sup> (**Fig. 1.1.21\_31**);
- ciśnienia złożowe w poszczególnych kompleksach różnią się nieznacznie od siebie, ale generalnie są ciśnieniami hydrostatycznymi (**Fig. 1.1.21\_35, 37**);
- kierunki przepływu wód wgłębnych w poszczególnych kompleksach wodonośnych są dośrodkowe (**Fig. 1.1.21\_37, 39**);
- gradienty hydrauliczne są niższe jak w dewonie i wynoszą od 0,001 do 0,012 (**Fig. 1.1.21\_39**);
- prędkości przepływu wód złożowych są stosunkowo niskie i wynoszą od 0,1 do 5 cm/rok;

- nielicznym akumulacjom złożowym towarzyszą wody o względnie wysokiej mineralizacji (powyżej 100 g/dm<sup>3</sup>), niskich wartościach współczynnika  $rNa/rCl$  (poniżej 0,5), obniżonych wartościach gradientów hydraulicznych (poniżej 0,0033) oraz lokalnie obniżonej prędkości przepływu wód.

Z przeprowadzonych badań modelowych wynika, że basen karboński rowu lubelskiego jest w trakcie średnio zaawansowanej inwazji wód infiltracyjnych. Wg klasyfikacji hydrodynamicznej Coustau i in. (1975) jest on basenem dośrodkowym typu B i należy do basenów mało-perspektywicznych. Potencjalne pułapki złożowe powinny być związane ze strefami o obniżonych wartościach gradientów hydraulicznych, o obniżonej prędkości filtracji wód wgłębnych, a także podwyższonej ich mineralizacji. Prawidłowości te potwierdzają dotychczas odkryte akumulacje złożowe (złożo ropy naftowej Świdnik, złożo ropy naftowej i gazu ziemnego Stężycza oraz złożo gazu ziemnego Minkowice). Na tle klasyfikacji przedstawionej przez Dahlberga (1995) basen karboński rowu lubelskiego jest basenem asymetrycznym.

#### Rozkład parametrów hydrodynamicznych w przestrzeni fizycznej skał zbiornikowych dewonu i karbonu

Analizę pola hydrodynamicznego w obrębie kompleksów dewonu i karbonu lubelskiego uszczegółowiono modelowaniem 2-D prowadzonym wzdłuż wybranych regionalnych przekrojów geologicznych odwzorowujących wgłębną architekturę utworów karbonu i dewonu wzdłuż tzw. linii stężyckiej (przekrój I-I') oraz linii lubelskiej (przekrój II-II').

Na przekrojach tych, na tle budowy geologicznej przedstawiono rozkłady naporów hydraulicznych oraz kierunki przepływu wód podziemnych, odpowiednio w utworach kompleksu E w dewonie i w kompleksie I w karbonie, a ponadto przedstawiono rozkład ciśnień złożowych w funkcji głębokości.

Na przekroju I-I' poprowadzonym wzdłuż linii stężyckiej (**Fig. 1.1.21\_40**) wartości naporów hydraulicznych w utworach karbonu zmieniają się od 160 do około 300 m słupa wody słodkiej nad poziom morza. Przepływy wód złożowych w utworach karbonu skierowane są z południowego zachodu na północny zachód. Wartości naporów hydraulicznych w utworach dewonu zmieniają się natomiast od 300 do 550 m słupa wody słodkiej nad poziom morza. Przepływy wód złożowych w utworach dewonu skierowane są od centrum basenu w kierunku jego skrzydeł, tzn. w kierunku południowo-zachodnim i północno-wschodnim.

Na przekroju geologicznym II-II' poprowadzonym wzdłuż linii lubelskiej (**Fig. 1.1.21\_41**) wartości naporów hydraulicznych w utworach karbonu zmieniają się od 150 do 280 m słupa wody słodkiej nad poziom morza. Przepływy wód złożowych w utworach karbonu skierowane są z południowego zachodu na północny zachód. Wartości naporów hydraulicznych w utworach dewonu zmieniają się od 300 do 600 m słupa wody słodkiej nad poziom morza. Przepływy wód złożowych w utworach dewonu skierowane są od centralnej części basenu (rejon złoża Mełgiew) w kierunku jego skrzydeł, tzn. w kierunku południowo-zachodnim i północno-wschodnim.

## Podsumowanie i wnioski

1. Na podstawie wyników modelowania przeprowadzonego dla utworów dewonu można stwierdzić, że basen dewoński rowu lubelskiego jest basenem odśrodkowym. Pod względem hydrodynamicznym jest on basenem perspektywnym dla poszukiwań węglowodorów. Potencjalne pułapki złożowe powinny być związane ze strefami o podwyższonych wartościach gradientów hydraulicznych, o podwyższonej prędkości filtracji wód wgłębnych, a także podwyższonej ich mineralizacji. Prawidłowości te potwierdzają dotychczas odkryte akumulacje złożowe (złoża gazu Komarów, Mełgiew i Ciecierzyn).
2. Modelowanie hydrodynamiczne wykazało, że basen dewoński jest basenem odśrodkowym (młodym) i od początku powstania nie podlegał przebudowie hydrodynamicznej.
3. Z przeprowadzonych badań modelowych dla utworów karbonu wynika, że basen karboński rowu lubelskiego jest w trakcie średnio zaawansowanej inwazji wód infiltracyjnych. Wg klasyfikacji hydrodynamicznej Coustau i in. (1975) jest on basenem dośrodkowym typu B i należy do basenów małoperspektywnych. Potencjalne pułapki złożowe powinny być związane ze strefami o obniżonych wartościach gradientów hydraulicznych, o obniżonej prędkości filtracji wód wgłębnych, a także podwyższonej ich mineralizacji. Prawidłowości te potwierdzają również dotychczas odkryte akumulacje złożowe (złoża ropy naftowej Świdnik i Stężyca oraz złożo gazu ziemnego Minkowice).
4. Basen karboński w swoim rozwoju hydrodynamicznym podlegał znacznym zmianom. Pierwotnie był on basenem młodym (odśrodkowym), następnie osiągnął stadium basenu przejściowego (dośrodkowego). Przejście ze stadium basenu odśrodkowego do stadium basenu dośrodkowego miało miejsce po przebudowie geo-strukturalnej karbońskiego basenu sedymentacyjnego. W trakcie tej przebudowy wychodnie utworów karbońskich zostały ścięte erozyjne i w konsekwencji tego nastąpiło zasilanie karbonu wodami infiltracyjnymi. Prawdopodobnie miało to miejsce w okresie przedjurajskim.

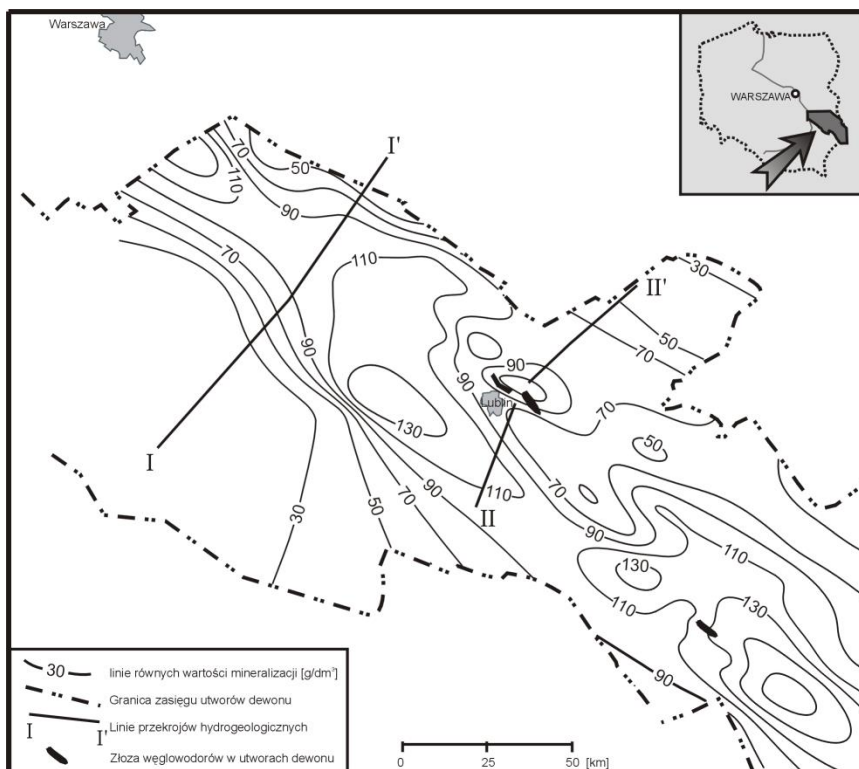


Fig. 1.1.21\_30 Mapa mineralizacji wód złożowych w utworach dewonu (Słupczyński 2005)

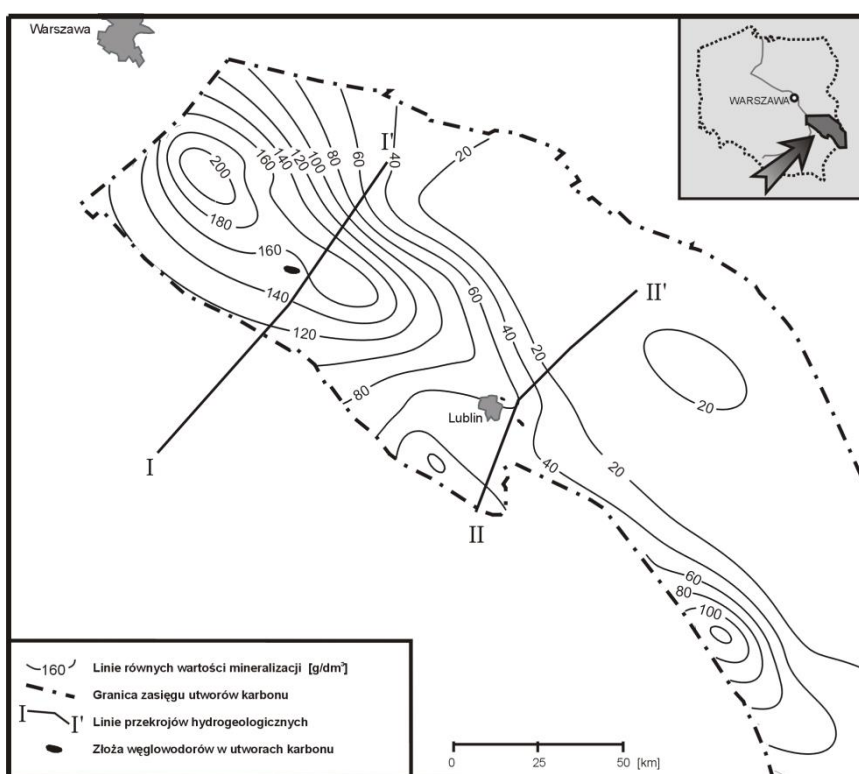


Fig. 1.1.21\_31 Mapa mineralizacji wód złożowych w utworach karbonu (Słupczyński 2005)

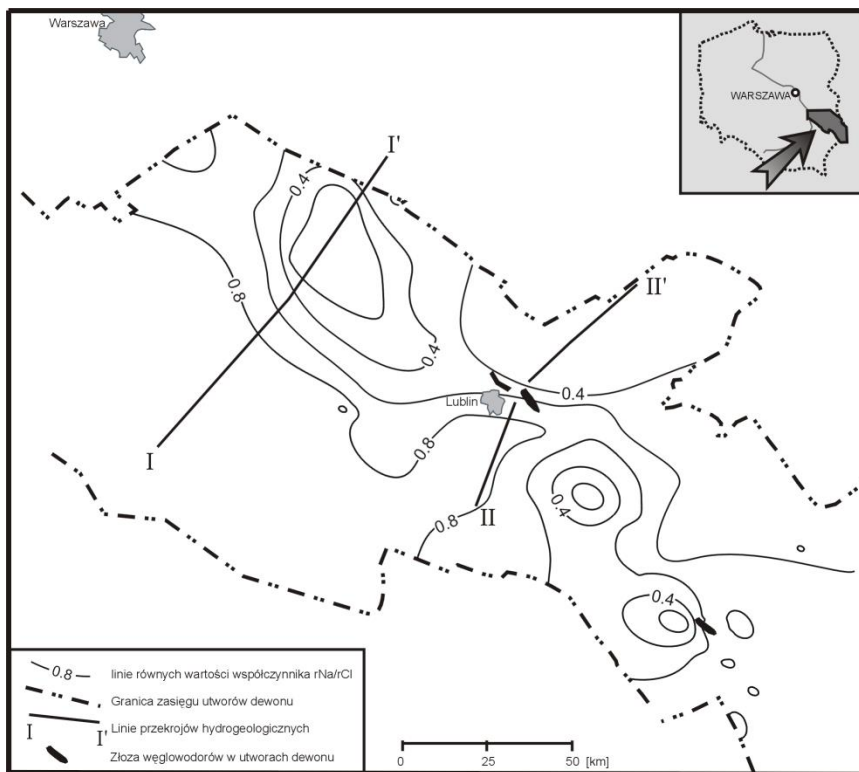


Fig. 1.1.21\_32 Mapa zmienności wskaźnika  $rNa/rCl$  w wodach dewonu (Słupczyński 2005)

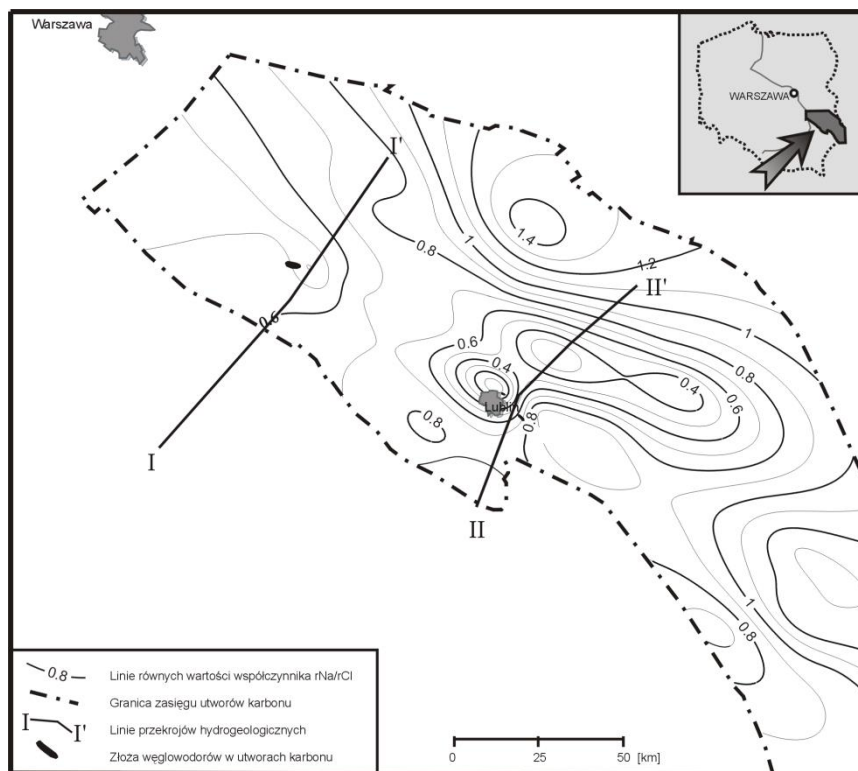


Fig. 1.1.21\_33 Mapa zmienności wskaźnika  $rNa/rCl$  w wodach złóżowych karbonu (Słupczyński 2005)

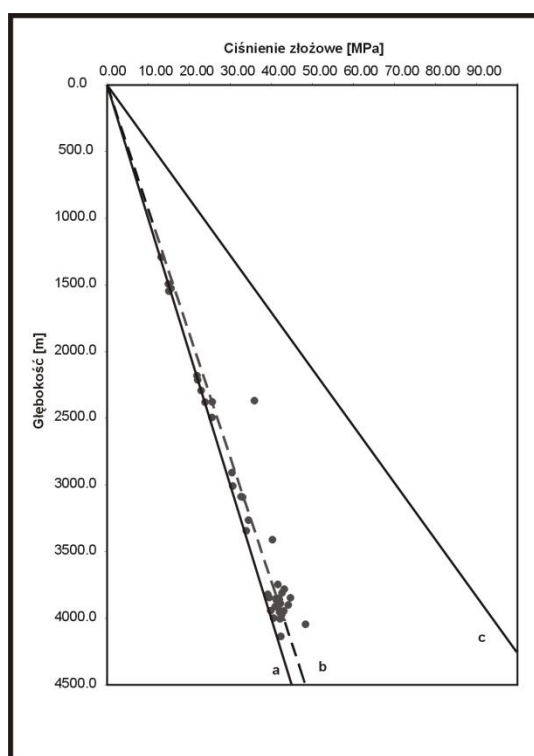
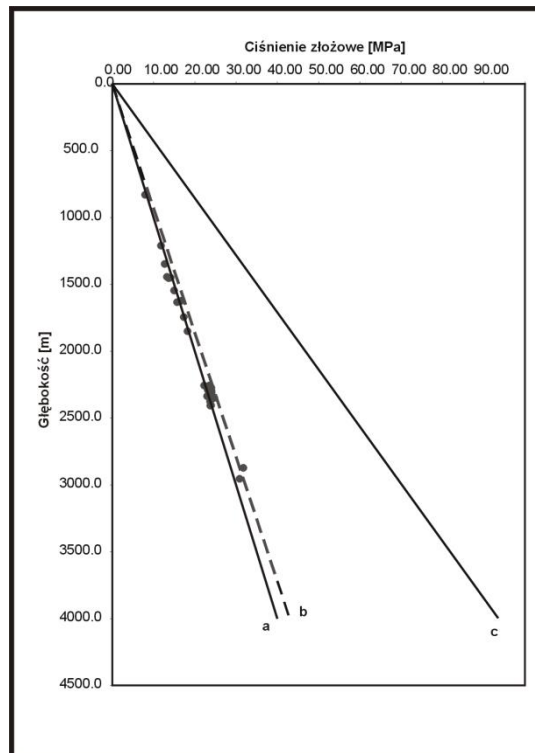


Fig. 1.1.21\_34 Wykres ciśnień złóżowych w kompleksie E w dewonie (Zawisza 2005)

- – ciśnienie złożowe w kompleksie E w dewonie; a – gradient ciśnienia hydrostatycznego dla wody słodkiej; b – gradient ciśnienia hydrostatycznego dla średniej solanki dewońskiej; c – gradient ciśnienia geostatycznego



**Fig. 1.1.21\_35** Wykres ciśnień złożowych w kompleksie I w karbonie (Zawisza 2005)

- – ciśnienie złożowe w kompleksie I w karbonie; a – gradient ciśnienia hydrostatycznego dla wody słodkiej; b – gradient ciśnienia hydrostatycznego dla średniej solanki karbońskiej; c – gradient ciśnienia geostatycznego

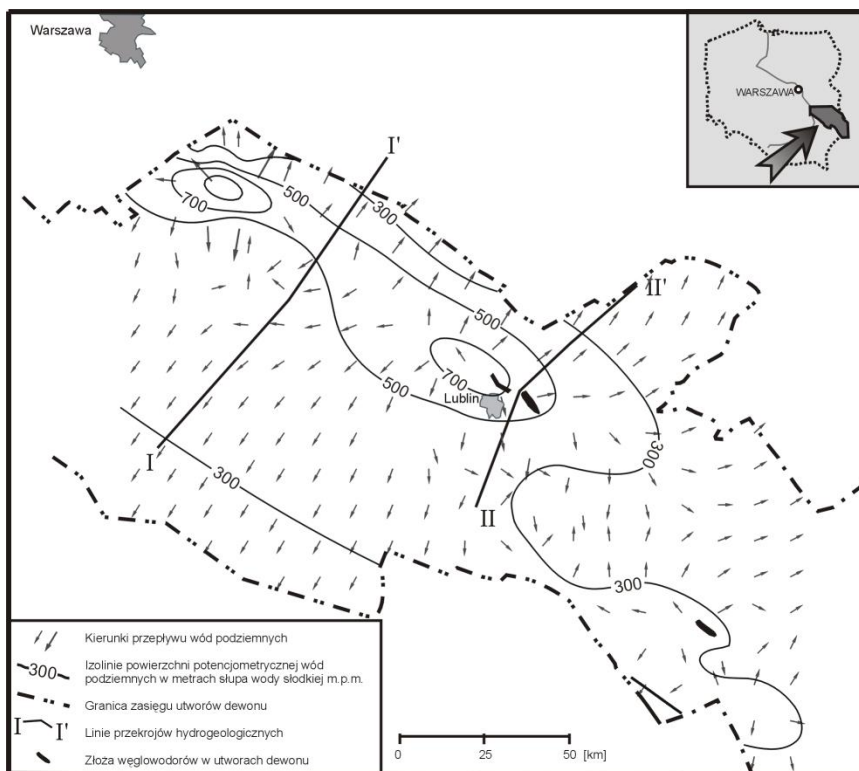


Fig. 1.1.21\_36 Mapa potencjometryczna wód złożowych w kompleksie E w dewonie (Zawisza 2005)

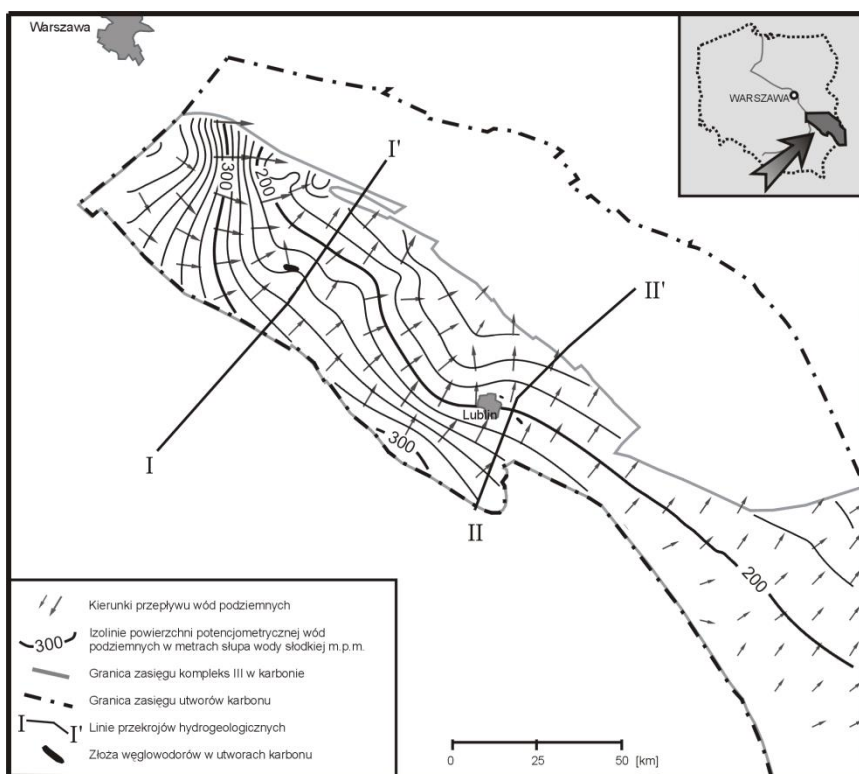
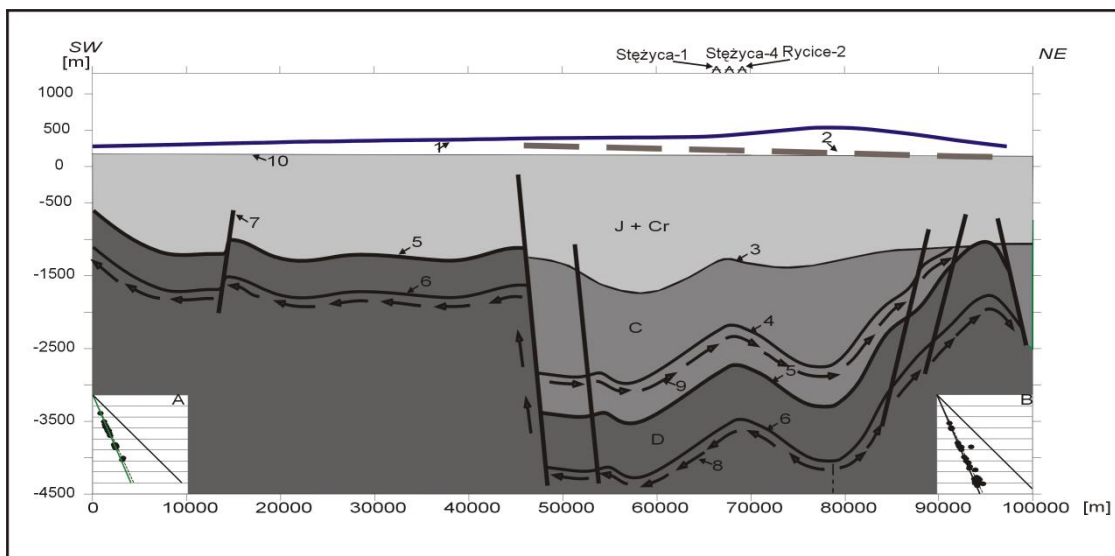


Fig. 1.1.21\_37 Mapa potencjometryczna wód złożowych w kompleksie I w karbonie (Zawisza 2005)

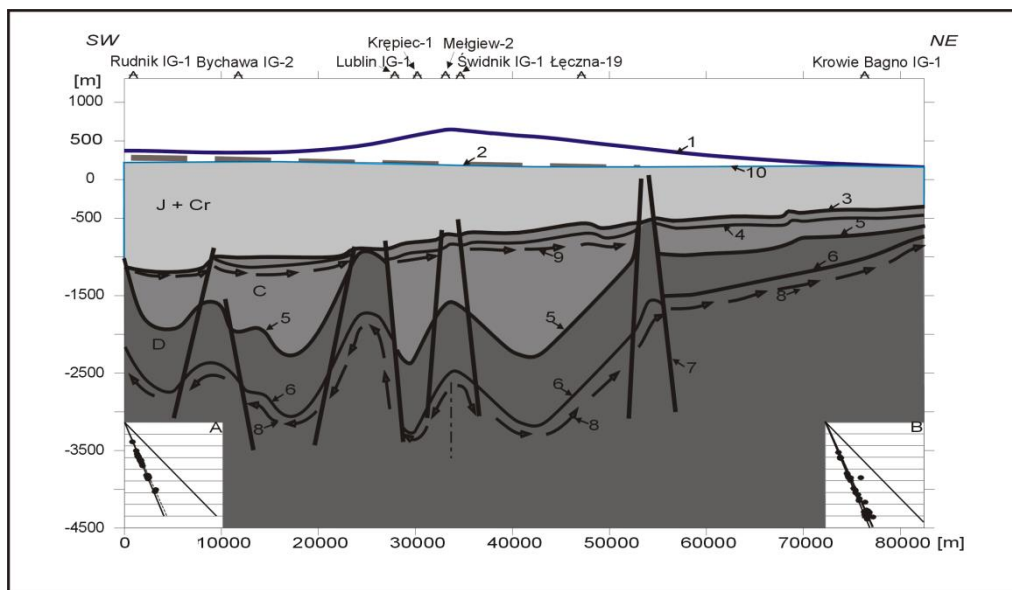






**Fig. 1.1.21\_40** Przekrój hydrogeologiczny I-I' przez rów lubelski (Zawisza 2006a)

1 – powierzchnia potencjometryczna wód złożowych w utworach dewonu; 2 – powierzchnia potencjometryczna wód złożowych w utworach karbonu; 3 – powierzchnia stropu karbonu; 4 – powierzchnia stropu kompleksu I; 5 – powierzchnia stropu dewonu; 6 – powierzchnia stropu kompleksu E; 7 – uskoki; 8 – kierunki przepływu wód złożowych w utworach dewonu; 9 – kierunki przepływu wód złożowych w utworach karbonu; 10 – powierzchnia terenu; A – wykres ciśnień złożowych w utworach karbonu; B – wykres ciśnień złożowych w utworach dewonu



**Fig. 1.1.21\_41** Przekrój hydrogeologiczny II-II' przez rów lubelski (Zawisza 2006a)

1 – powierzchnia potencjometryczna wód złożowych w utworach dewonu; 2 – powierzchnia potencjometryczna wód złożowych w utworach karbonu; 3 – powierzchnia stropu karbonu; 4 – powierzchnia stropu kompleksu I; 5 – powierzchnia stropu dewonu; 6 – powierzchnia stropu kompleksu E; 7 – uskoki; 8 – kierunki przepływu wód złożowych w utworach dewonu; 9 – kierunki przepływu wód złożowych w utworach karbonu; 10 – powierzchnia terenu; A – wykres ciśnień złożowych w utworach karbonu; B – wykres ciśnień złożowych w utworach dewonu.

## **Charakterystyka parametrów zbiornikowych skał karbonu lubelskiego na podstawie danych geofizyki otworowej**

### ***Wprowadzenie***

Ocena właściwości zbiornikowych skał dla celów naftowych polega zwykle na określaniu takich parametrów jak: porowatość, przepuszczalność absolutna, nasycenie skał, a ponadto przepuszczalności względne oraz przepuszczalności fazowe dla wody, ropy i gazu. Znajomość tych parametrów jest konieczna dla obliczania wielofazowych przepływów płynów złożowych przez ośrodek porowaty.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono ocenę porowatości, nasycenia skał wodą resztkową i ruchomą oraz węglowodorami, a ponadto przepuszczalności absolutnej, przepuszczalności względnych i przepuszczalności fazowych dla wody ropy i gazu dla otworu Stężycza-3k w oparciu o metodykę opracowaną przez L. Zawiszę. Metodyka ta obejmuje kilkanaście modeli fizykalnych, wymagających jedynie kalibracji dla danego typu skał, umożliwiającą ciągłą, cyfrową prognozę praktycznie wszystkich parametrów zbiornikowych skał w oparciu o pomiary geofizyki wiertniczej.

Kalibracji modeli prognostycznych dla utworów karbonu dokonano w oparciu o badania laboratoryjne prób pobranych z otworu Stężycza-3k oraz wyniki testów produkcyjnych wykonanych w tym otworze.

### ***Dane laboratoryjne i eksploatacyjne***

**Pomiary laboratoryjne zostały wykonane w Instytucie Górnictwa Naftowego i Gazownictwa w Krakowie przez Zespół Pracowników pod kierunkiem dr Piotra Sucha. Badania dotyczyły prób pobranych z otworu Stężycza-3k. Przebadano kilkadziesiąt próbek, dla których wykonano oznaczenia porowatości, gęstości, przepuszczalności dla gazu oraz oznaczenia porozymetryczne, ponadto dla wybranych rdzeni wyznaczono krzywe przepuszczalności względnych dla układu woda-ropa, woda-gaz i ropa-gaz.**

Testy produkcyjne zostały zinterpretowane i opracowane w Oddziale Krośnieński Zakład Górnictwa Nafty i Gazu przez mgr inż. Jacka Pelczara.

### **Zestawienie wyników testów produkcyjnych wykonanych w otworze Stężycza-3k:**

1. W wyniku opróbowania poziomu 2378,00 - 2382,00 m (horyzont I<sub>2</sub>) otrzymano przyływ ropy naftowej w ilości 2,5 m<sup>3</sup>/dobę. Ponadto określono wielkość współczynnika  $kh$ , a mianowicie:

$$kh = 15,6 \text{ mD m}$$

2. W wyniku opróbowania poziomu 2356,00 - 2366,00 m (horyzont I<sub>2</sub>) określono wielkość współczynnika  $kh$ , a mianowicie:

$$kh = 400,0 \text{ mD m}$$

3. W wyniku opróbowania poziomu 2500,00 - 2519,00 m (horyzont H<sub>2</sub>) otrzymano przyływ ropy

zgazowanej w ilości 1,5 tony/dobę, przy wykładniku gazowym równym:

$$WG = 450 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

współczynnik  $k h$  równy jest:

$$k h = 5,8 \text{ mD m}$$

## **Metodyka ilościowej oceny litologii i właściwości zbiornikowych skał**

### Kalibracja modeli służących do określania własności zbiornikowych skał karbonu dla otworu Stężycza-3k

Obliczenia nasycenia resztkowego skał wodą oraz przepuszczalności dokonano w oparciu o metodykę opracowaną przez L. Zawiszę (L. Zawisza 1989; L. Zawisza 1993; L. Zawisza et al., 1993; L. Zawisza et al., 1994). Metoda ta polega na wykorzystaniu kilkunastu modeli fizykalnych wymagających jedynie kalibracji dla danego rejonu badań i dla danego typu skał i umożliwia ciągłą cyfrową prognozę porowatości, nasycenia skał wodą resztkową i ruchomą, przepuszczalności absolutnej, przepuszczalności względnych oraz przepuszczalności fazowych dla wody, ropy i gazu w oparciu o pomiary geofizyki wiertniczej.

Kalibracji modeli prognostycznych dla utworów karbonu dokonano w oparciu o badania laboratoryjne. Badania laboratoryjne dotyczyły kilkudziesięciu rdzeni pobranych z otworu Stężycza-3k, dla których oznaczono: ciężar właściwy, porowatość efektywną metodą nasycenia oraz metodą porozymetryczną, przepuszczalność absolutną, przepuszczalności względne dla wody, ropy i gazu, nasycenie resztkowe, rozkład wielkości por, powierzchnię właściwą i ciśnienie kapilarne w funkcji nasycenia fazą zwilżającą.

#### *A. Wyznaczanie współczynnika nasycenia resztkowego skał wodą $S_{wi}$*

Współczynnik nasycenia resztkowego skał wodą, może być określony w miarę dokładnie jedynie przy pomocy metod laboratoryjnych. Resztkowe nasycenie skał wodą  $S_{wi}$  jest funkcją ciśnienia kapilarnego i zwilżalności skał. Woda resztkowa (związana) zawiera wodę kapilarną i tzw. "film wodny", który przylega do skał hydrofilnych dzięki istnieniu sił molekularnych. Nasycenie resztkowe skały wodą zależęć będzie zatem przede wszystkim od wielkości porowatości, od konfiguracji porów, od stopnia cementacji (zwięzłości), od rodzaju skały, a więc od zwilżalności oraz, w przypadku skał piaszczysto-ilastych, od wielkości zailenia. Woda resztkowa nie może być wyparta przez ropę lub gaz pod ciśnieniem panującym w złożach węglowodorów i dlatego też nasycenie wodą nie osiąga prawie nigdy wartości zerowej. Dla większości skał zbiornikowych  $S_{wi}$  wynosi od 10% do ponad 30%.

Współczynnik nasycenia resztkowego skały wodą może być określony w oparciu o profilowanie magnetyzmu jądrowego (NML). W przypadku, kiedy nie dysponuje się pomiarami NML, współczynnik nasycenia resztkowego skały wodą  $S_{wi}$  można określić na podstawie współczynników porowatości i zailenia.

Ogólna postać równania dla określania współczynnika nasycenia resztkowego skały wodą  $S_{wi}$  przedstawia się następująco (L. Zawisza, 1993):

$$S_{wi} = V_{if}^{\beta} (1 - \Phi)^{\gamma} \quad (1)$$

gdzie  $V_{if}$  jest to zailenie wyrażone w ułamku jednośc;  $\Phi$  oznacza porowatośc, w ułamku jednośc;  $S_{wi}$  jest to nasycenie resztkowe skały wodą, w ułamku jednośc; natomiast  $\beta$  i  $\gamma$  są to stałe, zależne od litologii skał.

Dla utworów karbonu zależnośc ta określona w oparciu o zbiór danych liczący kilkadziesiąt oznaczeń takich cech, jak  $\Phi$ ,  $V_{if}$ ,  $S_{wi}$ , przedstawia się następująco:

$$S_{wi} = V_{if}^{0.065} (1 - \Phi)^{0.88} \quad (2)$$

Uwzględniając w rozważaniach frakcję mułowcową, można otrzymać następujące równanie:

$$S_{wi} = (0.7 * V_{if} + 0.3 * V_{mut})^{0.15} (1 - \Phi)^{7.24} \quad (3)$$

gdzie  $V_{mut}$  jest to zawartośc frakcji mułowcowej w skale wyrażona w ułamku jednośc.

Równanie (3) pozwala na nieco dokładniejszą prognozę nasycenia wodą resztkową w stosunku do równania (2) i w związku z tym zostało ono wzięte do dalszych rozważań.

#### *B. Wyznaczanie współczynnika przepuszczalności absolutnej skał k*

W ciągu ostatnich 50-ciu lat opracowano szereg zależnośc dla określania przepuszczalności absolutnej skał. W większości przypadków równania te zostały ustalone w sposób empiryczny, w oparciu o dane odnoszące się do określonych formacji geologicznych. Wobec tego równania te nie powinny być stosowane bez uprzedniej krytycznej analizy w dowolnym rejonie geologicznym.

W wyniku badań przeprowadzonych m.in. dla piaskowcowo - ilastych utworów miocenu zapadliska przedkarpackiego oraz piaszczystych utworów karbonu i saksonu (górnny czerwony spągowiec) monokliny przedsudeckiej (L. Zawisza, 1989; L. Zawisza, 1993; L. Zawisza et al., 1993) można stwierdzić, że wszystkie opisane w literaturze metody określania współczynnika przepuszczalności absolutnej dają rozbieżne wyniki, na dodatek bardzo różnią się od wyników pomiarów laboratoryjnych, a ponadto nie opisują one najczęściej w sposób prawidłowy rozkładu współczynnika przepuszczalności absolutnej w funkcji współczynników  $\Phi$  i  $S_{wi}$ .

W związku z tym, skonstruowany został model fizyczny (L. Zawisza, 1993; L. Zawisza et al., 1993), który opisuje w sposób bardziej prawidłowy i ścisły zjawisko rozkładu przepuszczalności w funkcji porowatości i nasycenia skały wodą resztkową.

Ogólna postać równania dla określania przepuszczalności absolutnej przedstawia się następująco (L. Zawisza, 1993; L. Zawisza et al., 1993):

$$k = C \Phi^{m+1} (1 - S_{wi})^2 \quad (4)$$

gdzie  $k$  jest to współczynnik przepuszczalności absolutnej,  $m^2$  lub  $mD$ ;  $m$  jest to współczynnik zależny od stopnia cementacji spoiwa, bezwymiarowy; a  $C$  stała zależna głównie od porowatości,  $m^2$  lub  $mD$ . Wartość współczynnika cementacji  $m$  zmienia się w przedziale 1 do 3 (L. Zawisza, 1993).

Według Humble'a dla dowolnego typu skał okruchowych, tj. piasków i piaskowców,  $m = 2,15$ . Przyjmując zatem  $m = 2,15$  i podstawiając tą wartość do równania (4) otrzymamy wzór dla wyznaczania przepuszczalności skał klastycznych w postaci:

$$k = C \Phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (5)$$

gdzie stała  $C$  może być wyznaczona poprzez prostą kalibrację empiryczną.

Dla piaskowcowo-mułowcowo-ilastych utworów karbonu model pozwalający na prognozę współczynnika przepuszczalności absolutnej, wyznaczony w oparciu o wszystkie badania laboratoryjne - wykonane w otworze Stężyca-3k, ma następująca postać:

$$k = 50\,000 \Phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (6)$$

Dla prób pobranych z horyzontu  $I_2$ , tj. z interwału 2109,00 - 2385,60 m otrzymano model w postaci:

$$k = 60\,000 \Phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (7)$$

a dla prób pobranych z horyzontu  $H_2$  i głębszych, tj. z interwału: 2500,00 - 2745,10 m:

$$k = 5\,800 \Phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (8)$$

Natomiast model skalibrowany w oparciu o wyniki testów produkcyjnych wykonanych w Oddziale Krośnieński Zakład Górnictwa Nafty i Gazu przez mgr inż. Jacka Pelczara przedstawia się następująco:

a) horyzont: 2356,00 - 2366,00 m:

$$k = 52\,000 \Phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (9)$$

b) horyzont: 2378,00 - 2382,00 m:

$$k = 5\,055 \Phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (10)$$

c) horyzont: 2500,00 - 2519,00 m:

$$k = 4\,855 \Phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (11)$$

W związku z niejednoznacznością wyników testów produkcyjnych **do dalszych rozważań wzięto zatem modele skalibrowane w oparciu o badania laboratoryjne (równania (7), (8)), a mianowicie dla interwału głębokościowego od 2345 m do 2435 m (formacja dęblińska) przyjęto model:**

$$k = 60\,000 \Phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (7)$$

**natomiast dla interwału od 2435 m do 2775 m (formacja terebińska) przyjęto model:**

$$k = 6\,000 \Phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (8a)$$



### C. Wyznaczanie współczynników przepuszczalności fazowych dla wody $k_w$ i węglowodorów $k_h$

Przepuszczalność względna jest parametrem, którego rozkład konieczny jest do obliczania przepływu mieszanin wielofazowych przez ośrodek porowaty. W wyniku przeprowadzonych badań (L. Zawisza et al., 1993) zbudowano modele fizyczne (należące do klasy modeli kapilarnych) opisujące przepływ płynów przez ośrodek porowaty, które wymagają jedynie kalibracji dla danego typu skał. Modele te opisane są równaniami (2.12), (2.13):

$$k_{rw} = (S_w^*)^2 (S_w^*)^{(1+2\alpha_1)} = (S_w^*)^{(3+2\alpha_1)} \quad (12)$$

$$k_{rh} = (1-S_w^*)^2 [1- (S_w^*)^{(1+2\alpha_2)}] \quad (13)$$

gdzie  $k_{rw}$  jest to współczynnik przepuszczalności względnej dla wody, bezwymiarowy;  $k_{rh}$  jest to współczynnik przepuszczalności względnej dla węglowodorów, bezwymiarowy;  $\alpha_1, \alpha_2$  są to współczynniki zależne od litologii skał, natomiast

$$S_w^* = \frac{S_w - S_{wi}}{1 - S_{wi}}$$

W wyniku przeprowadzonych badań kalibracyjnych otrzymano następujące równania dla określania współczynników przepuszczalności względnych dla wody, ropy i gazu:

$$k_{rw} = \left[ \frac{S_w - S_{wi}}{1 - S_{wi}} \right]^4 \quad (14)$$

$$k_{rr} = \frac{S_r^3}{(1 - S_{wi})^3} \quad (15)$$

$$k_{rg} = \frac{S_g^3}{(1 - S_{wi})^3} \quad (16)$$

W celu obliczenia przepuszczalności fazowych dla wody, ropy i gazu, tj.  $k_w$ ,  $k_r$  i  $k_g$  należy odpowiednie współczynniki przepuszczalności względnych  $k_{rw}$ ,  $k_{rr}$  i  $k_{rg}$  pomnożyć przez współczynnik przepuszczalności absolutnej  $k$ :

$$k_w = k_{rw} k \quad (17)$$

$$k_r = k_{rr} k \quad (18)$$

$$k_g = k_{rg} k \quad (2.19)$$

W powyższych wzorach (12 - 19)  $k_w$ ,  $k_r$  i  $k_g$  są to współczynniki przepuszczalności fazowej odpowiednio dla wody ropy i gazu, mD;  $k_{rw}$  jest to współczynnik przepuszczalności względnej dla wody w ułamku jedności;  $k_{rr}$  jest to współczynnik przepuszczalności względnej dla ropy, w ułamku jedności;  $k_{rg}$  jest to współczynnik przepuszczalności względnej dla gazu, w ułamku jedności;  $S_w$  oznacza współczynnik nasycenia skały wodą, w ułamku jedności,  $S_r$  jest współczynnikiem nasycenia skały ropą, w ułamku jedności;  $S_g$  oznacza współczynnik nasycenia skały gazem, w ułamku jedności.

#### Ilościowa ocena składu litologicznego i własności zbiornikowych piaszczysto-ilastych osadów karbonu na podstawie danych geofizyki wiertniczej

##### *A. Charakterystyka pomiarów geofizyki wiertniczej*

Pomiary geofizyki wiertniczej w analizowanym interwale, wykonane przez BGW Toruń zestawem DDL-D firmy Halliburton, obejmujące między innymi: spektrometryczne profilowanie gamma, kompensacyjne pomiary gęstości, porowatości neutronowej i akustycznego czasu interwałowego oraz kompletny zestaw profilowań elektrometrycznych (podwójna sonda laterologowa, podwójna sonda indukcyjna oraz sonda mikrosferyczna), przedstawiają relatywnie dobrą - biorąc pod uwagę stan techniczny otworu - jakość, rokującą możliwość otrzymania wiarygodnych wyników interpretacji. W tych warunkach można było

przystąpić od razu do procedur przetwarzania programem interpretacyjnym bez jakichkolwiek korekt w rodzaju *Environmental Corrections* lub *Depth Matching*.

#### *B. Budowa modelu objętościowego i wykonanie wstępnych obliczeń składu litologicznego porowatości i nasycenia*

Przedstawione w tytule zadanie miało na celu dostarczenie wiarygodnych danych do kalibracji modeli fizykalnych określających związki między parametrami wyznaczonymi z danych geofizyki wiertniczej a zawartością wody związanej i przepuszczalnością.

Zadanie to rozwiązano z pomocą programu **ULTRA**. Po wykonaniu wstępnych procedur **DATAREDACTION**, **LOGQUAL** i **CORINV** przystąpiono do processingu danych koncentrując się na uzyskaniu rozwiązania charakteryzującego się minimalną wartością błędu obliczeń i zgodnością wyników z danymi laboratoryjnymi.

W wyniku wielu testów ustalono, że najlepsze rozwiązanie uzyskuje się przy zastosowaniu modelu litologicznego zawierającego następujące składniki: ZAILENIE, KWARC I MUŁOWIEC. Pod pojęciem *mułowiec* rozumie się składnik litologiczny, którego zasadniczą część stanowi drobnoziarnista frakcja materiału nie ilastego, o parametrach dobranych w wyniku optymalizacji tak, by uzyskać minimalną wartość błędu rozwiązania.

Próby wprowadzenia do rozwiązania innych składników (np. WĘGIEL) prowadziły do obniżenia stabilności modelu i wzrostu średniego błędu kwadratowego. Wobec nieznaczonej zawartości tych składników i braku związku z analizowanymi parametrami postanowiono ograniczyć model litologiczny do trzech, wymienionych na wstępie składników: ZAILENIE, KWARC, MUŁOWIEC.

Obliczenia wykonano w interwale 2345 - 2775 m, obejmującym odcinki pobrania próbek do badań laboratoryjnych. Uzyskane wyniki (skład litologiczny, porowatość, nasycenie) posłużyły do kalibracji fizykalnych modeli Zawiszy, opisujących zależności między tymi parametrami, a zawartością wody związanej i przepuszczalnością.

#### *C. Wykonanie kompletnych obliczeń składu litologicznego, porowatości, zawartości wody związanej oraz przepuszczalności i prezentacja wyników*

W oparciu o dane uzyskane z kalibracji modeli Zawiszy, wykonano obliczenia tytułowych parametrów przy pomocy specjalnych procedur systemu *Desktop-Petrophysics* i programu *ULTRA*. Obliczenia wykonano dla dwóch opcji modelu zawartości wody związanej; pierwszej, uwzględniającej zailenie i porowatość oraz drugiej, uwzględniającej również zawartość mułowców.

Przy zastosowaniu kroku próbkowania 0.15m uzyskano średnią wartość błędu nieprzekraczającą 2% (sporadycznie, w odcinkach występowania kawern, ok. 5%), co w danych warunkach (silne odchylenie osi otworu od pionu) należy uznać za wynik zadowalający.

Wyniki obliczeń przedstawiono w formie graficznej (**Fig. 1.1.21\_42 i 42a**) oraz w formie cyfrowej, w postaci plików LAS.

Załączniki graficzne sporządzono w skali głębokościowej 1:500. Na poszczególnych ścieżkach zamieszczono:

1. profilowanie korelacyjne PG i profilowanie średnicy,
2. zestawienie znormalizowanych profili porowatości,
3. analizę objętościową składu litologicznego i porowatości,
4. analizę nasycenia,
5. analizę nasycenia w odniesieniu do objętości por,
6. przepuszczalności względne,
7. przepuszczalności fazowe i przepuszczalność absolutną,
8. porównanie porowatości wyliczonej z wynikami analiz laboratoryjnych.

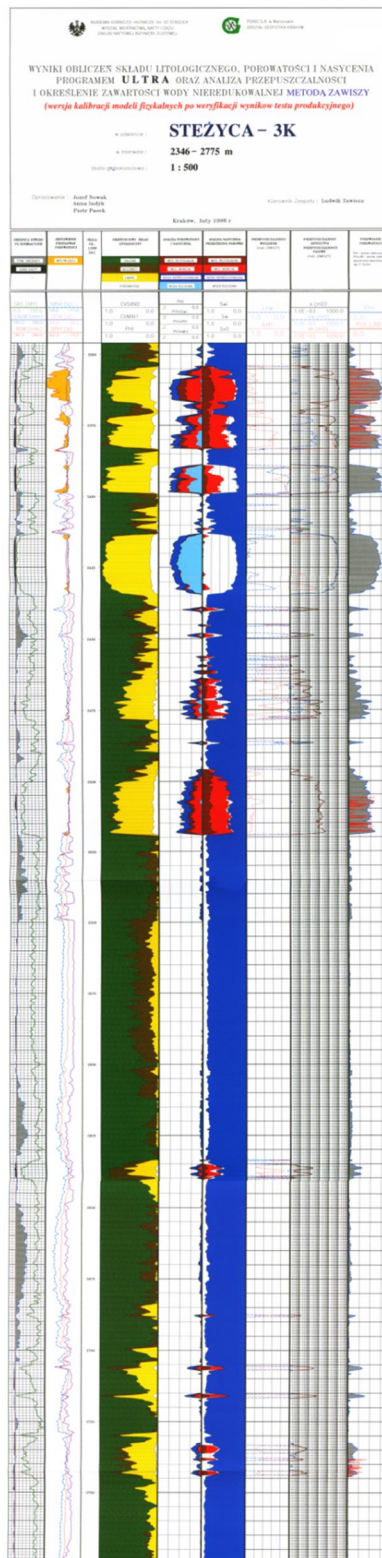
#### *D. Omówienie uzyskanych wyników*

Jak widać na załączniku graficznym, w stropowej części analizowanego odcinka (2355 - 2520 m) występuje seria piaskowców o porowatościach 10-15%, z których kilka jest nasyconych węglowodorami. W szczególności seria trzech kolejnych piaskowców opisanych w dokumentacji otworu jako subkompleks I<sub>2</sub> poziomu korelacyjnego I wykazuje nasycenie węglowodorami, stopniowo rosnące od 20-40% w dolnym piaskowcu do ok.70% w piaskowcu stropowym.

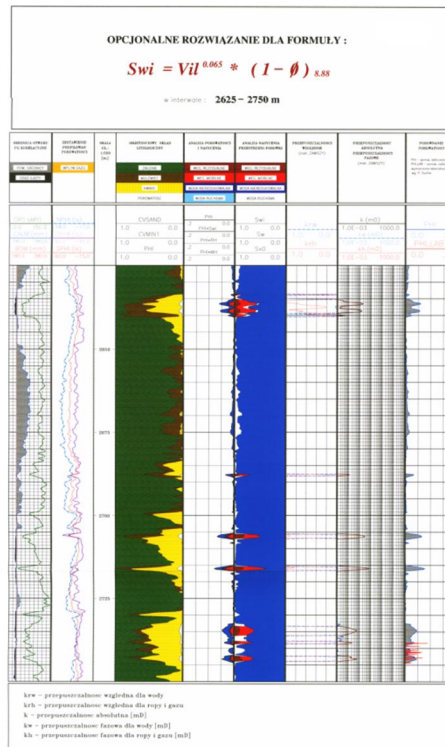
Po uwzględnieniu zawartości wody związanej otrzymujemy pełne nasycenie węglowodorami w piaskowcu stropowym. W piaskowcu środkowym występuje pewna ilość wody mobilnej (do 10%), jednak przepuszczalność fazowa dla wody jest rzędu ułamków mD, podczas gdy przepuszczalność fazowa dla węglowodorów jest bliska przepuszczalności absolutnej, co uzasadnia otrzymanie przyływu węglowodorów bez dopływu wody, przy zachowaniu określonego reżimu eksploatacji. Piaskowiec dolny, nasycony częściowo węglowodorami, będzie produkował przede wszystkim wodę, na co wskazuje przewaga przepuszczalności fazowej dla wody nad przepuszczalnością fazową dla węglowodorów. Z uzyskanych danych nie wynika bezpośrednio informacja odnośnie rodzaju węglowodorów; głównym medium nasycającym jest ropa, możliwe jest też występowanie fazy gazowej zwłaszcza w strefach wydzielonych przez znormalizowane profilowania porowatości, opisanych jako "wpływ gazu".

Piaskowiec zalegający w głębokości 2496 - 2519 m, należący do subkompleksu H<sub>2</sub>, przy porowatości śr. 10 jest nasycony węglowodorami w około 55%. Po uwzględnieniu zawartości wody związanej okazuje się, że odkryta porowatość jest niemal całkowicie wypełniona węglowodorami.

W omówionym dotychczas odcinku otworu uzyskano dużą zgodność porowatości wyliczonej z danymi laboratoryjnymi (zestawienie na załączniku graficznym wykonano po niewielkiej korekcie głębokościowej). W dolnej części odcinka, w obrębie horyzontu korelacyjnego D, uzyskane wartości porowatości są nieco niższe od danych laboratoryjnych. Może to być wynikiem bardziej skomplikowanego niż założono, składu litologicznego.



**Fig. 1.1.21\_42** Wyniki obliczeń składu litologicznego, porowatości i nasycenia programem ULTRA oraz analiza przepuszczalności i określenie zawartości wody nieredukowalnej metodą ZAWISZY w odwiercie STĘŻYCA-3K, w interwale 2 346-2 775 m  
1-422



**Fig. 1.1.21\_42a** Opcjonalne rozwiązanie dla formuły określonej równaniem (2) w interwale 2 625-2 750 m

## Charakterystyka parametrów zbiornikowych skał dewonu i karbonu lubelskiego na podstawie danych laboratoryjnych

### *Parametry zbiornikowe utworów dewonu*

Spośród trzech ogniw dewonu tylko dewon dolny charakteryzuje się klastycznym wykształceniem, dewon środkowy i górny wykształcone są w postaci węglanów. Do analiz zestawiono 459 próbek z 15 otworów, z czego 118 to próbki z formacji czarnoleskiej, 47 próbek z formacji sycyńskiej i 294 próbki z formacji zwoleńskiej.

Dla wszystkich wydzielanych formacji dewonu dolnego wykonano zestawy analiz statystycznych mających na celu określenie zmienności parametrów zbiornikowych. Na wiarygodność uzyskanych statystyk wpływa przede wszystkim liczebność pomiarów i ich jakość. Z tych względów w prezentowanym opracowaniu zamieszczono wyłącznie wybrane najbardziej reprezentatywne formacje dla dobrze opróbowanych wydziałów dolnodewońskich, tj. formację czarnoleską i formację zwoleńską. W dalszych analizach statystycznych ze względu na małą liczebność (reprezentatywność) danych nie brano pod uwagę formacji sycyńskiej, dlatego też wykresy sporządzone zostały jedynie dla w/w formacji.

### **Porowatość efektywna klastycznych utworów dewonu**

Statystyczny opis porowatości efektywnej formacji dolnodewońskich ma bardzo zróżnicowaną jakość, co związane jest w głównej mierze z liczebnością prób. Dla formacji czarnoleskiej ilość prób wynosi 122, dla formacji sycyńskiej 48 i najwięcej dla formacji zwoleńskiej 296 (**Tabela 1.1.21\_5**). Średnie porowatości klastycznych utworów dewonu przekraczają 3% (**Tabela 1.1.21\_6, Fig. 1.1.21\_43 A, B**), jednakże w grupie tej do potencjalnie zbiornikowych można zaliczyć wyłącznie utwory formacji czarnoleskiej, gdzie dominująca część analizowanej populacji wykazuje porowatość zmieniającą się w zakresie od ok. 5 do 12% przy wartości średniej 7,27% (**Tabela 1.1.21\_6, Fig. 1.1.21\_43 A**). W odróżnieniu od pozostałych formacji dolnodewońskich, subpopulacja formacji czarnoleskiej zawiera znaczną, ok. 15% reprezentację klas porowatości wyższych niż 10%.

### **Przepuszczalność efektywna osadów dewonu**

Ze względu na mniejszą ilość prób przepuszczalności efektywnej w stosunku do porowatości efektywnej wyniki analiz są mniej wiarygodne. Dla formacji czarnoleskiej ilość prób wynosi 98, dla formacji sycyńskiej 32 i dla formacji zwoleńskiej 224 (**Tabela 1.1.21\_5**). Najlepsze przepuszczalności obserwowane są w formacji sycyńskiej (średnia arytmetyczna 15,55 mD) (**Tabela 1.1.21\_5**), jednak wynik ten jest mało wiarygodny ze względu na duży rozrzut danych i małą liczebność populacji. Potwierdzeniem tego może być także niska średnia geometryczna (0,56 mD). W formacji czarnoleskiej średnia przepuszczalność wynosi 7,89 mD (**Tabela 1.1.21\_5, Fig. 1.1.21\_44**), najwyższa jest także średnia geometryczna (jest to zaledwie 0,73 mD) i najmniejsze odchylenie standardowe. Otwory formacji zwoleńskiej cechują się wysoką przepuszczalnością



(11,35 mD) (Tabela 1.1.21\_5, Fig. 1.1.21\_43) jednak jest ona wywołana bardzo wysokim pomiarem maksymalnej przepuszczalności i eliminująca jego wpływ średnia geometryczna jest już znacznie niższa (0,05 mD) niż w omówionych wcześniej formacjach.

### **Podsumowanie**

W odniesieniu do zbiorników klastycznych dewonu, przedstawione wyżej analizy potwierdzają stosunkowo dobre własności zbiornikowe formacji czarnoleskiej. Wszystkie przeanalizowane populacje wykazują logarytmiczne formy rozkładów z wyraźną dominacją porowatości zbliżonych do 0. Na tym tle wyróżnia się formacja czarnoleska, w której oznaczenia porowatości przyjmują rozkład polimodalny bez wyraźnie zaznaczonej klasy dominującej. Biorąc pod uwagę postać rozkładu, zakres zmienności i średnie porowatości, jednostkę tą należy uznać za obiecującą skałę zbiornikową.

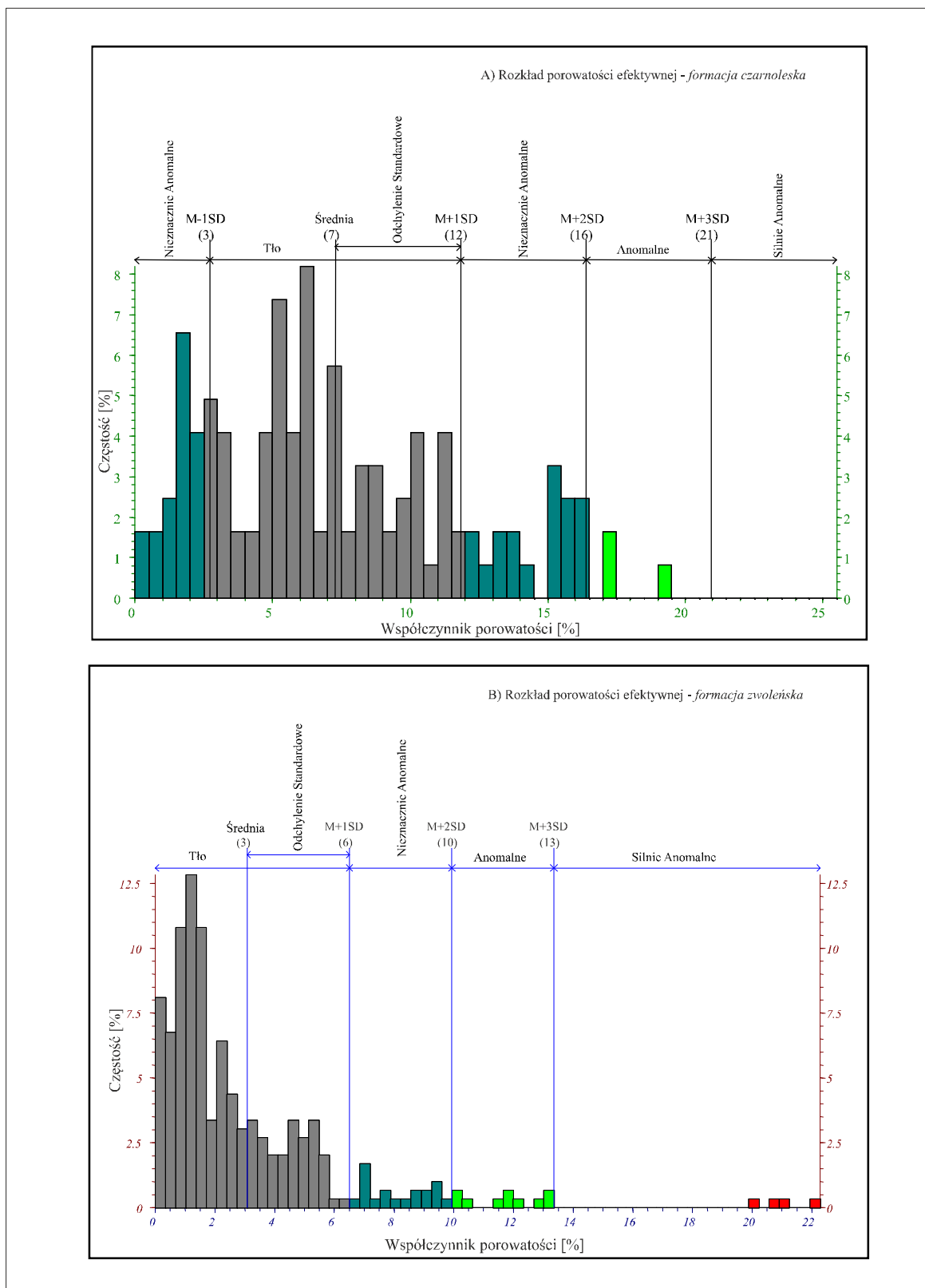


Fig. 1.1.21\_43 Rozkład porowatości efektywnej wybranych klastycznych formacji dewonu dolnego (A - formacja czarnoleska, B – formacja zwoleńska)

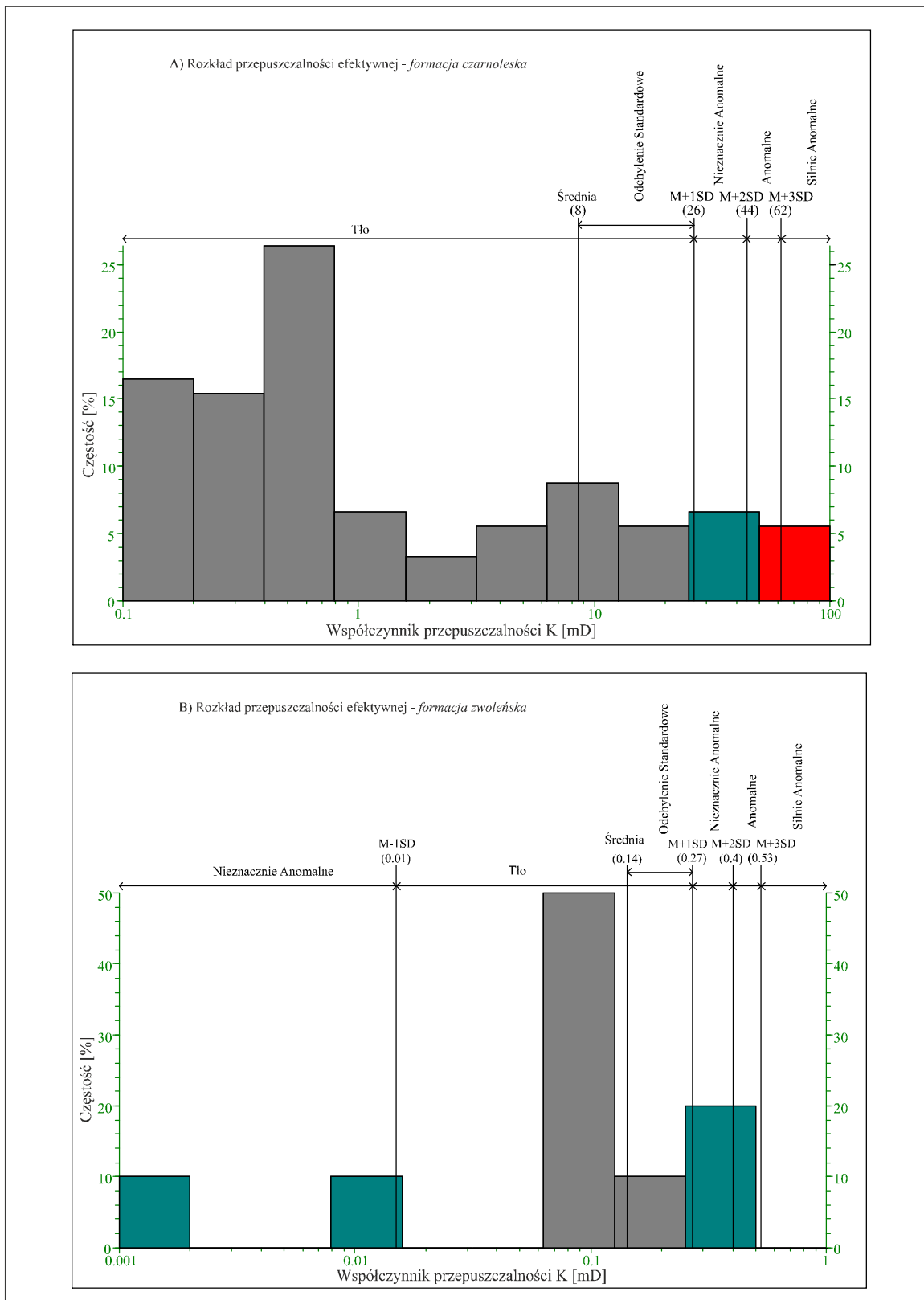


Fig. 1.1.21\_44Rozkład przepuszczalności efektywnej wybranych klastycznych formacji dewonu dolnego (A - formacja czarnoleska, B – formacja zwoleńska)

## Parametry zbiornikowe utworów karbonu

Statystyczny opis parametrów zbiornikowych utworów karbonu obszaru rowu lubelskiego wykonano na podstawie analiz laboratoryjnych biorąc pod uwagę jedynie próbki piaszczyste. Materiał faktograficzny pochodził z dokumentacji wynikowych wierceń, z archiwum PGNiG oraz prac archiwalnych (Kotarba i in., 2002-2007).

Zebrane i uporządkowane dane laboratoryjne zostały podzielone na dwie subpopulacje – karbonu dolnego i górnego.

Dla wydzielonych zbiorów danych wykonano standardowe statystyki opisowe obejmujące podstawowe miary położenia (średnia, mediana) i miary zmienności (minimum, maksimum, odchylenie standardowe) (Słomka, Krawczyk, 1986; Mucha 1991). Dla parametru przepuszczalności policzono dodatkowo średnią geometryczną, gdyż odzwierciedla ona uśrednioną przepuszczalność znacznie lepiej niż średnia arytmetyczna, czy też harmoniczna (Warren, Price, 1961; Achmed, 2001) eliminując nadmierny wpływ pojedynczych pomiarów (Cosentino, 2001). Wartości statystyk wydzielonych subpopulacji, pokazano na rysunkach, na których każdy z opisywanych zbiorów przedstawiono również w formie histogramów obrazujących postać rozkładu parametru. Konstruując histogramy w celu ułatwienia porównania form rozkładu danych zachowano stałą szerokość klas dla każdej analizowanej subpopulacji.

Histogramy przepuszczalności przedstawiono na wykresach pół logarytmicznych (logarytmicznie skalowano oś X). Jest to standardowa procedura wizualizacji danych wykazujących w stanie „nieprzetworzonym” rozkłady zbliżone do logarytmicznych – tzn. populacji zdominowanych przez przypadki o niskich wartościach.

Na podstawie uśrednionych w obrębie otworów wartości porowatości oraz przepuszczalności pionowej i poziomej wykonano mapy trendu. W przypadku map przedstawiających rozkład przepuszczalności wartości zostały logarytmowane.

### Porowatość efektywna utworów karbonu dolnego

Analizowane laboratoryjne oznaczenia porowatości efektywnej skał piaszczystych karbonu dolnego pochodziły z 76 wierceń. Zgromadzone dane objęły 697 pomiarów porowatości efektywnej, które zostały zestawione w **Tabeli 1.1.21\_6**.

Histogram obrazujący postać rozkładu parametru porowatości efektywnej przedstawiono na **Fig. 1.1.21\_45**, wraz z wartościami podstawowych statystyk. Porowatość zmienia się w zakresie od 0.07 do 24% przy wartości średniej 4.54%.

Uśrednienie oznaczeń wykonanych dla poszczególnych profili otworów wiertniczych, wyłącznie w skałach określonych jako piaskowce, pozwoliło na wykonanie map obrazujących trendy zmienności parametrów zbiornikowych. W przypadku rozkładu średniej porowatości wykorzystano dane z 55 odwiertów, przy czym

część danych wejściowych została odrzucona ze względu na niereprezentatywną liczbę pomiarów (Tabela 1.1.21\_6).

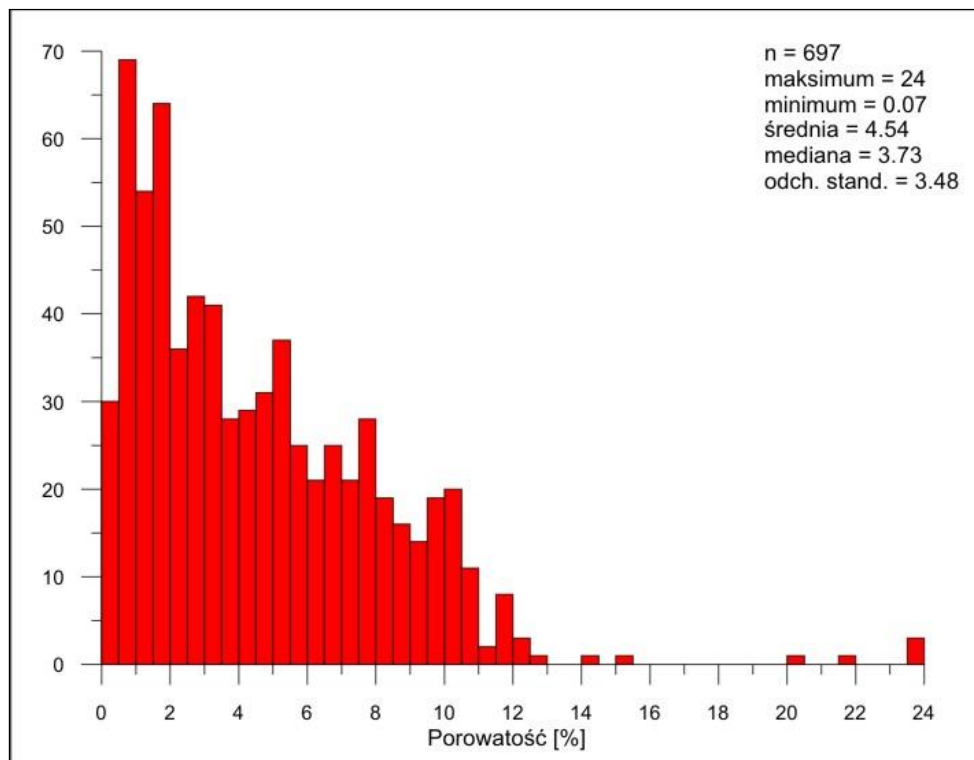
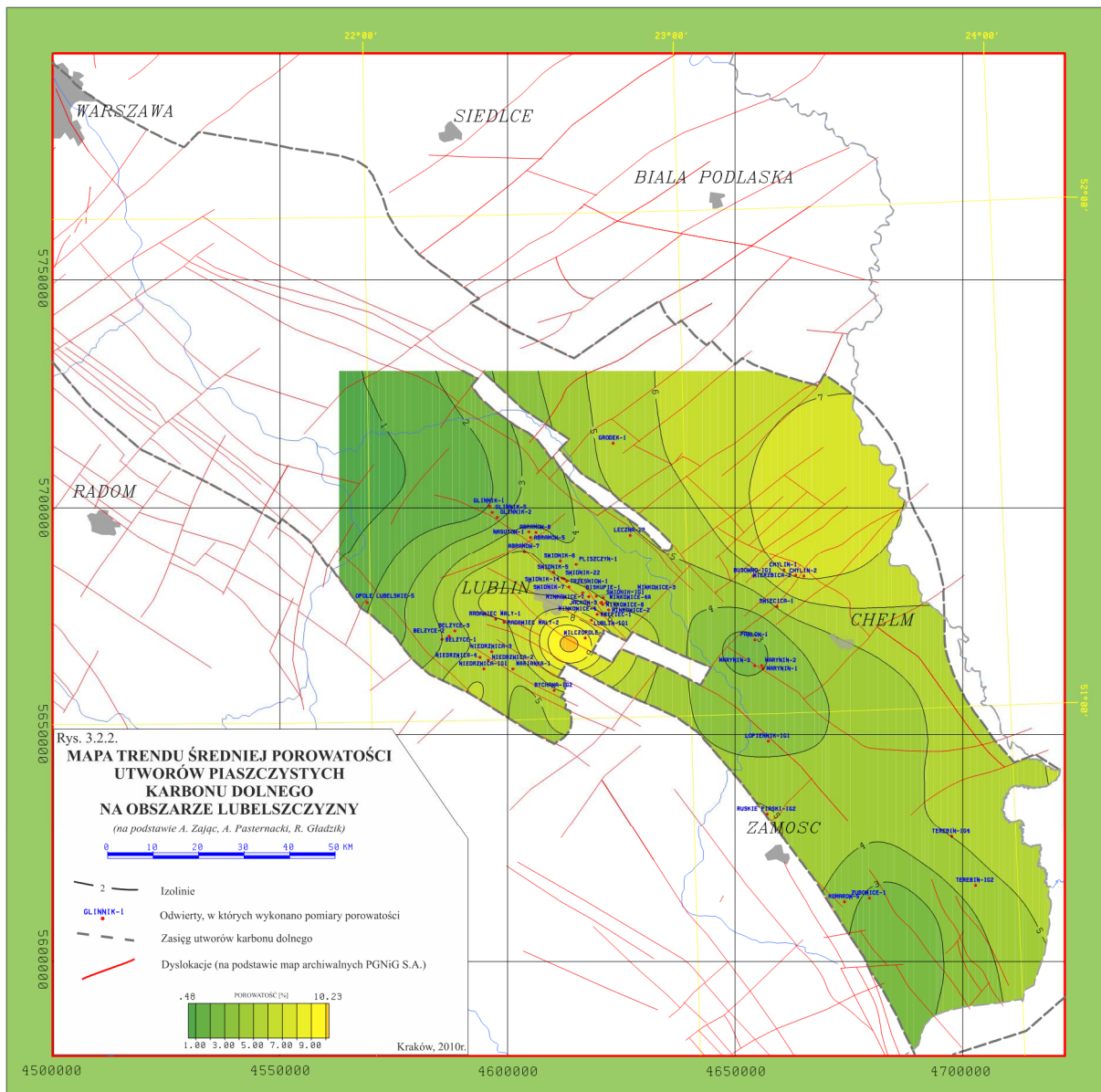


Fig. 1.1.21\_45 Rozkład porowatości efektywnej utworów piaszczystych karbonu dolnego

Uzyskana mapa ma charakter trendu ze względu na nierównomierne pokrycie obszaru wierceniami, w których wykonano uśrednienie porowatości (Fig. 1.1.21\_46). Lokalne maksimum, obserwowane na mapie w sąsiedztwie otworu Wilczopole-2 jest prawdopodobnie „strukturą numeryczną” ekstrapolowaną na obszar nie kontrolowany danymi w wyniku występowania bardzo dużego gradientu kartowanego parametru w sąsiadujących ze sobą wierceniach Wilczopole-2, Lublin-IG1 oraz Krępiec-1.

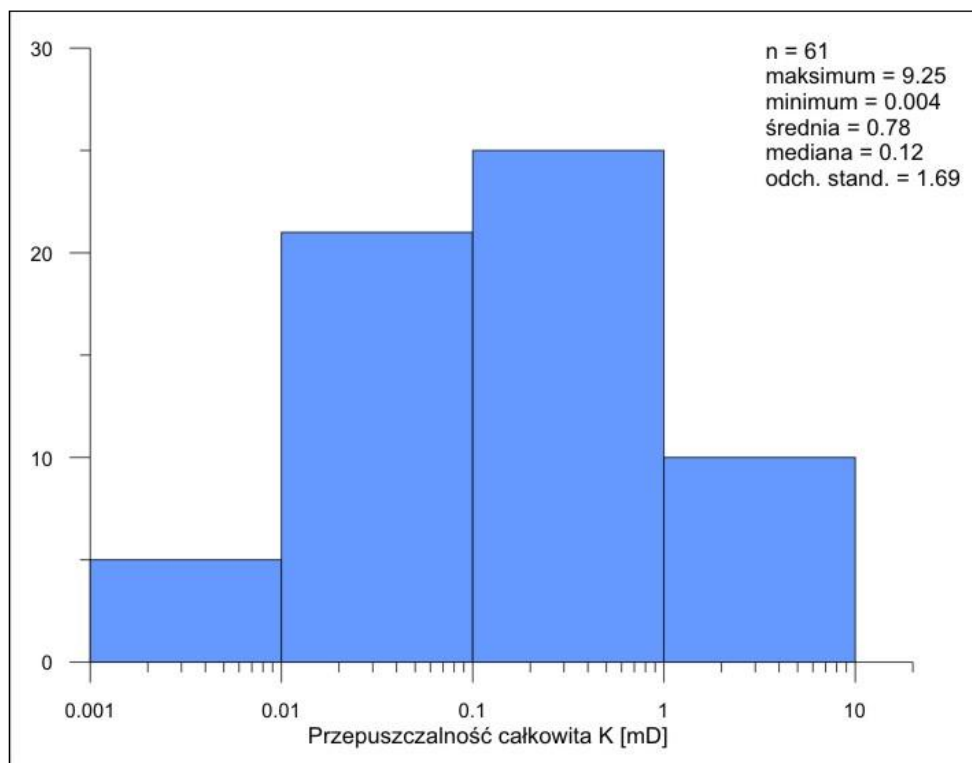


**Fig. 1.1.21\_46** Mapa trendu średniej porowatości utworów piaszczystych karbonu dolnego na obszarze Lubelszczyzny

### Przepuszczalność utworów karbonu dolnego

Statystyczny opis przepuszczalności piaszczystych osadów dolnokarbońskich oparto na 61 oznaczeniach laboratoryjnych przepuszczalności całkowitej oraz pomiarach przepuszczalności kierunkowej: 84 w kierunku KX, 77 – KY i 68 – KZ. Źródłowe dane zestawiono w **Tabeli 1.1.21\_7**.

Na **Fig. 1.1.21\_47** przedstawiono histogram obrazujący postać rozkładu parametru przepuszczalności całkowitej wraz z wartościami podstawowych statystyk. Średnia wartość przepuszczalności całkowitej wynosi 0.78 mD, natomiast średnia geometryczna wartość przepuszczalności wnosi 0.19 mD.



**Fig. 1.1.21\_47** Rozkład przepuszczalności całkowitej utworów piaszczystych karbonu dolnego

Niedostateczna liczba danych pozwoliła na obliczenie średniej geometrycznej z pomiarów przepuszczalności jedynie w 9 otworach wiertniczych (**Tabela 1.1.21\_7**). Podobnie, jak w przypadku uśredniania parametru porowatości, część danych wejściowych została odrzucona ze względu na niereprezentatywną liczbę pomiarów. Na tej podstawie wykonano mapy trendu średniej przepuszczalności pionowej (**Fig. 1.1.21\_48**) oraz średniej przepuszczalności poziomej, która została obliczona jako średnia arytmetyczna z KX i KY (**Fig. 1.1.21\_49**). Przybliżone wykonane mapami przestrzenne rozkłady parametrów zbiornikowych są wyłącznie trendami ze względu na stosunkowo niedużą ilość punktów kontrolnych (wierceń), w których wykonano uśrednienie, jak również ich nierównomierny rozkład, co uniemożliwiło opracowanie wiarygodnych map przepuszczalności.

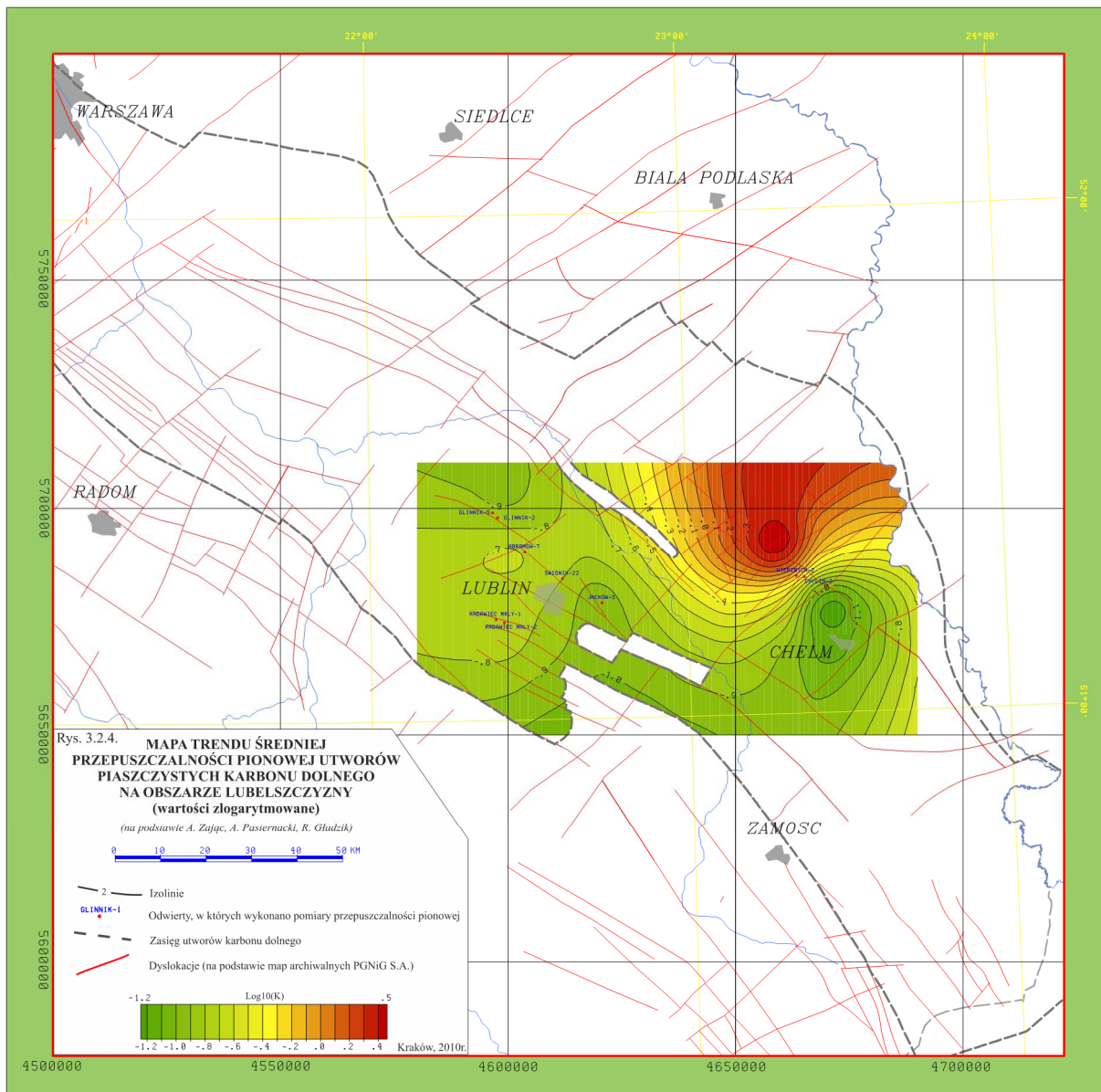
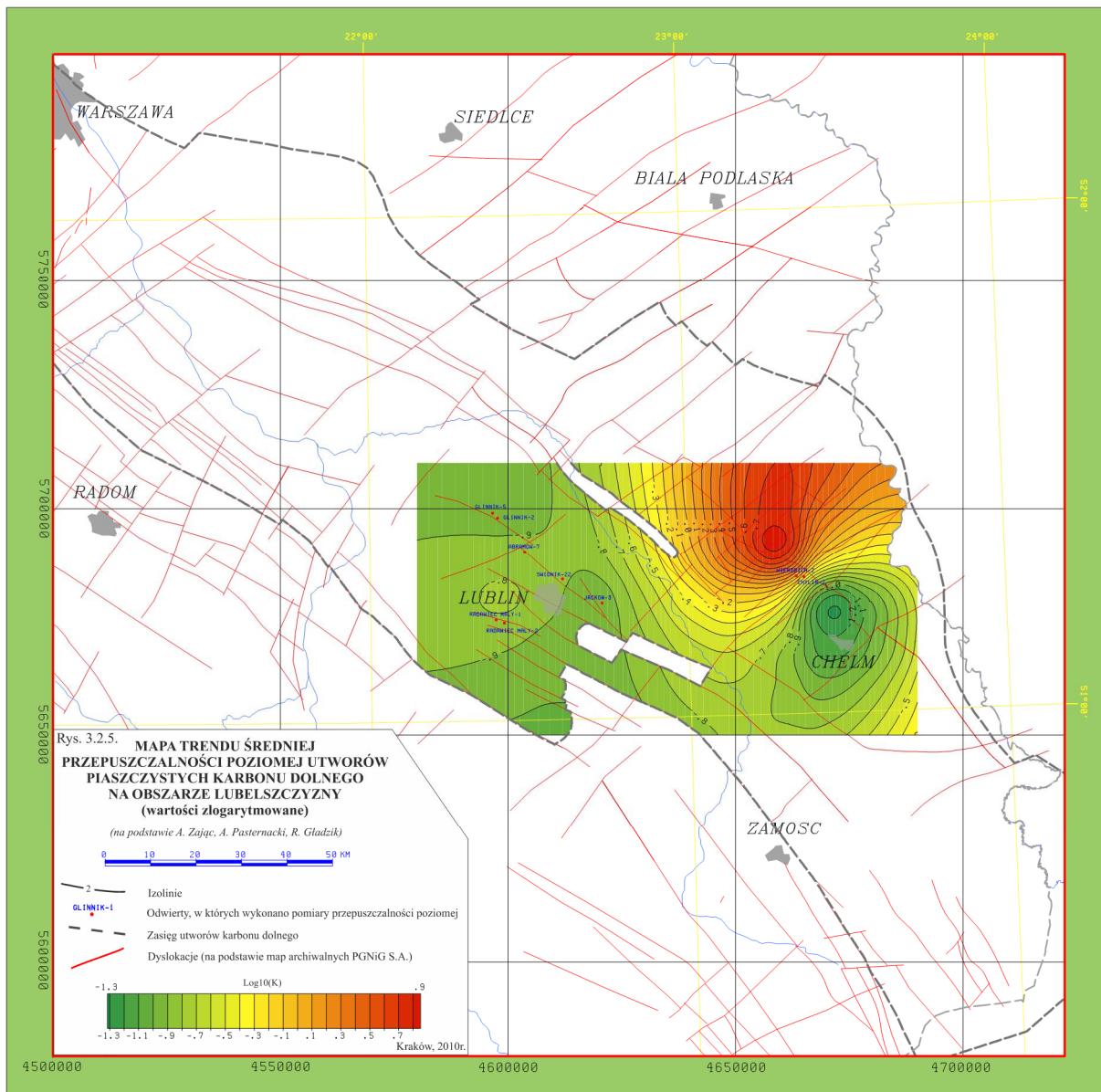


Fig. 1.1.21\_48 Mapa trendu średniej przepuszczalności pionowej utworów piaszczystych karbonu dolnego na obszarze Lubelszczyzny (wartości zlogarytmowane)



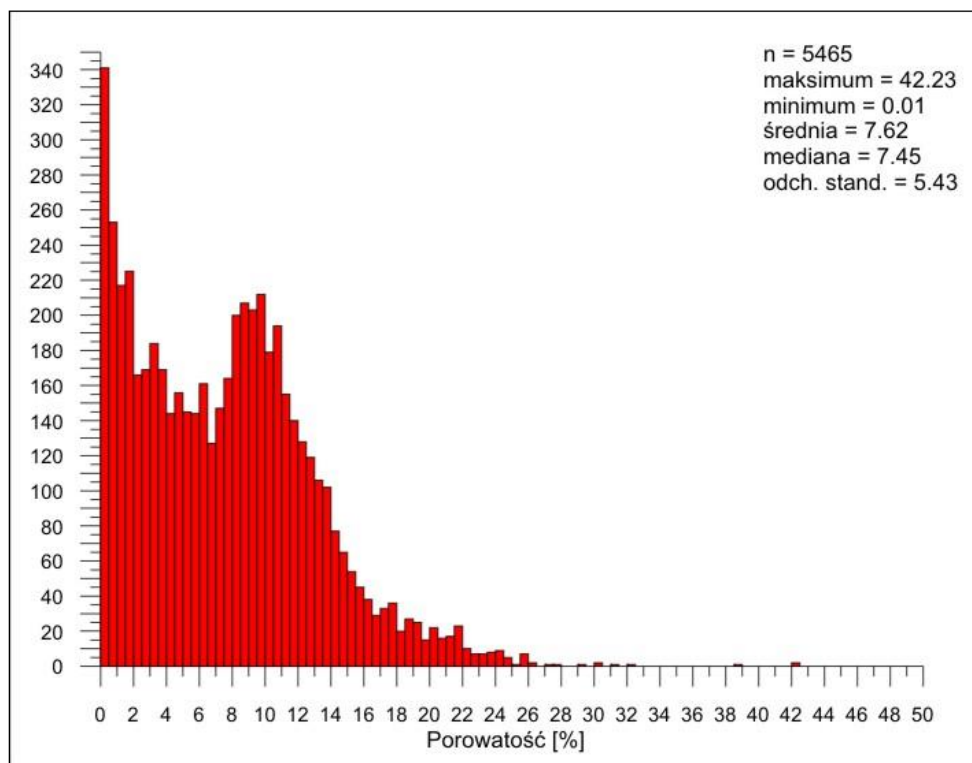


**Fig. 1.1.21\_49** Mapa trendu średniej przepuszczalności poziomej utworów piaszczystych karbonu dolnego na obszarze Lubelszczyzny (wartości zlogarytmowane)

Porowatość efektywna utworów karbonu górnego

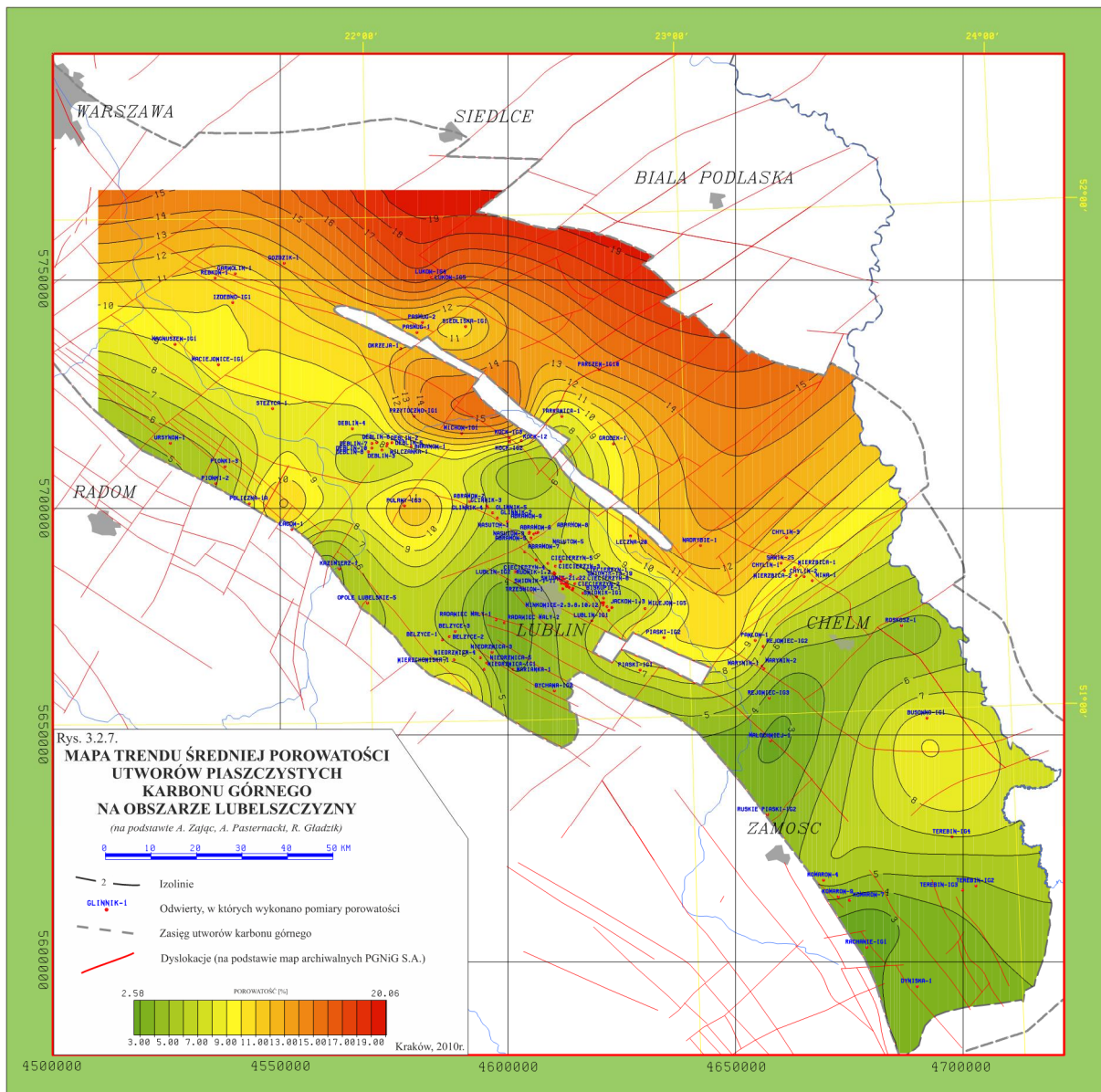
Zmienność parametrów zbiornikowych piaszczystych utworów karbonu górnego przeanalizowano na podstawie danych ze 147 profili otworów wiertniczych, z których uzyskano 5465 oznaczeń porowatości efektywnej zestawionych w **Tabeli 1.1.21\_8**.

Opisywany zbiór danych przedstawiono w formie histogramu obrazującego postać rozkładu parametru porowatości efektywnej (**Fig. 1.1.21\_50**). Na rysunki naniesiono również wartości podstawowych statystyk. Porowatość zmienia się w zakresie od 0.01 do 42% przy wartości średniej 7.6%.



**Fig. 1.1.21\_50** Rozkład porowatości efektywnej utworów piaszczystych karbonu górnego

Na podstawie wartości średnich wyliczonych z próbek ze 132 profili otworów wiertniczych (**Tabela 1.1.21\_8**) została wykonana mapa obrazująca trend zmienności średniej porowatości piaszczystych osadów górnokarbońskich (**Fig. 1.1.21\_51**). Część danych wejściowych została odrzucona ze względu na niereprezentatywną liczbę pomiarów. Zaznacza się na niej ogólny wzrost porowatości efektywnej od kilku procent w południowo-wschodniej części obszaru do kilkunastu w kierunku północnym i północno-wschodnim. Dość równomierne rozprzestrzenienie danych na całym analizowanym terenie sprawia, że przedstawioną mapę można uznać za stosunkowo wiarygodną.

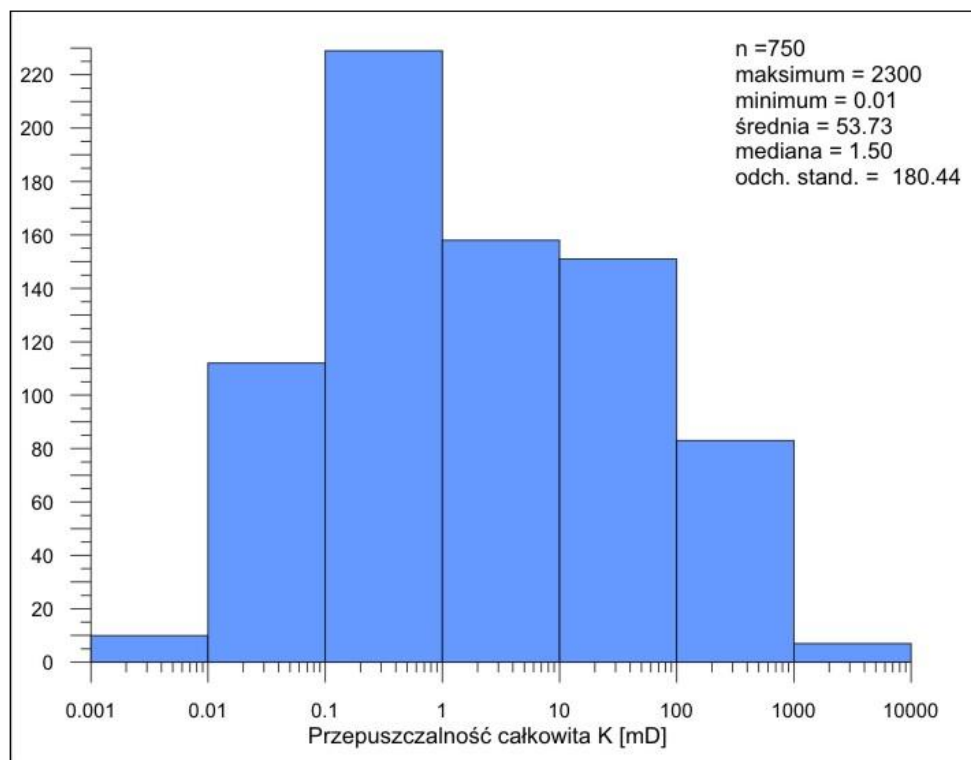


**Fig. 1.1.21\_51** Mapa trendu średniej porowatości utworów piaszczystych karbonu górnego na obszarze Lubelszczyzny

### Przepuszczalność utworów karbonu górnego

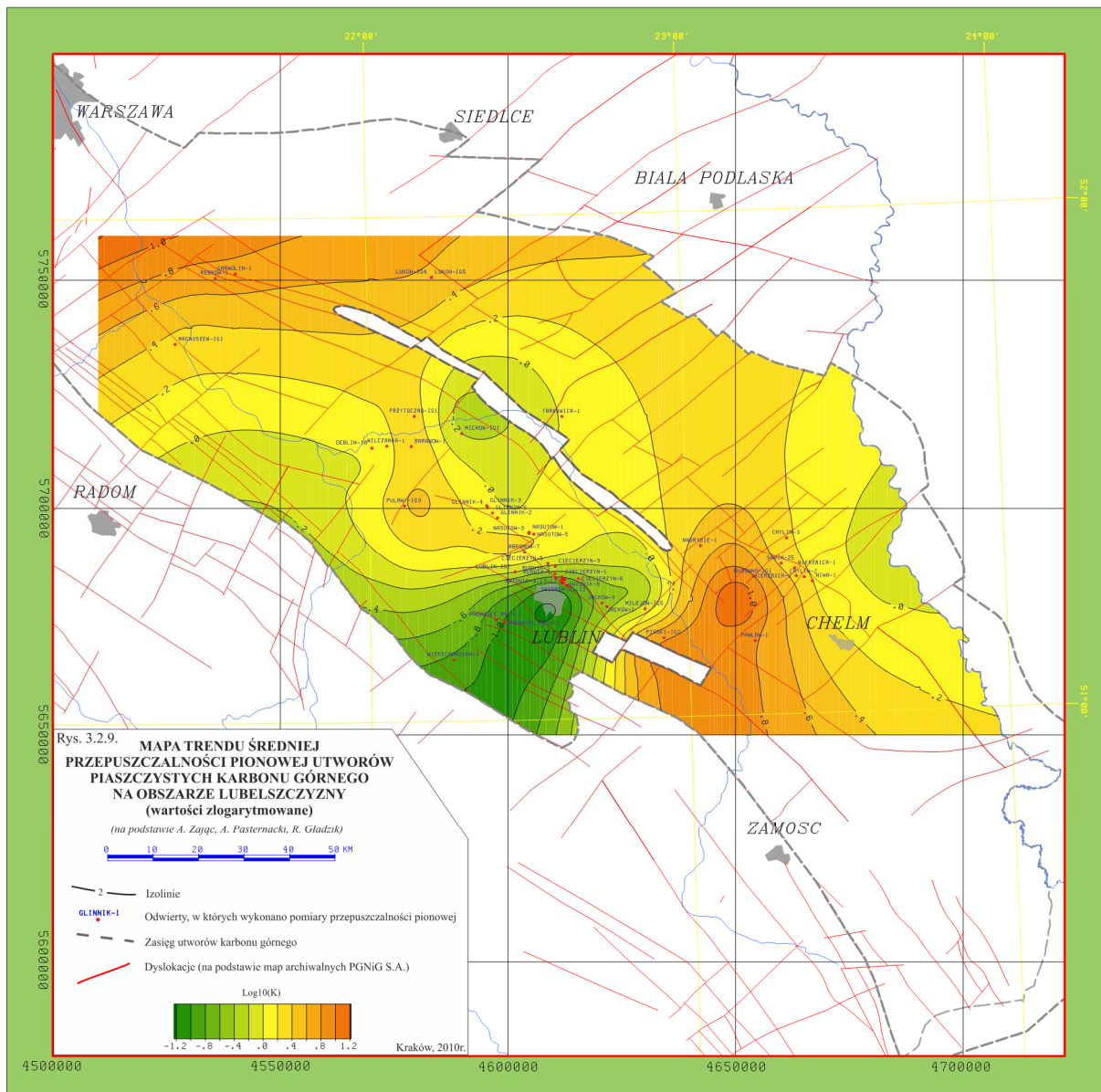
Statystyczny opis przepuszczalności piaszczystych osadów górnego karbonu oparto na analizie 754 pomiarów przepuszczalności całkowitej, pomiarów przepuszczalności kierunkowej: 1639 w kierunku KX, 1595 – KY, 1679 – KZ, oraz 395 przepuszczalności równoległej i 379 prostopadłej. Źródłowe dane zostały zestawione w **Tabeli 1.1.21\_9**.

Na **Fig. 1.1.21\_52** przedstawiono histogram obrazujący postać rozkładu parametru przepuszczalności całkowitej wraz z wartościami podstawowych statystyk. Średnia wartość przepuszczalności wynosi 58.75 mD, średnia geometryczna wartość jest znacznie niższa i wynosi 2.26 mD.

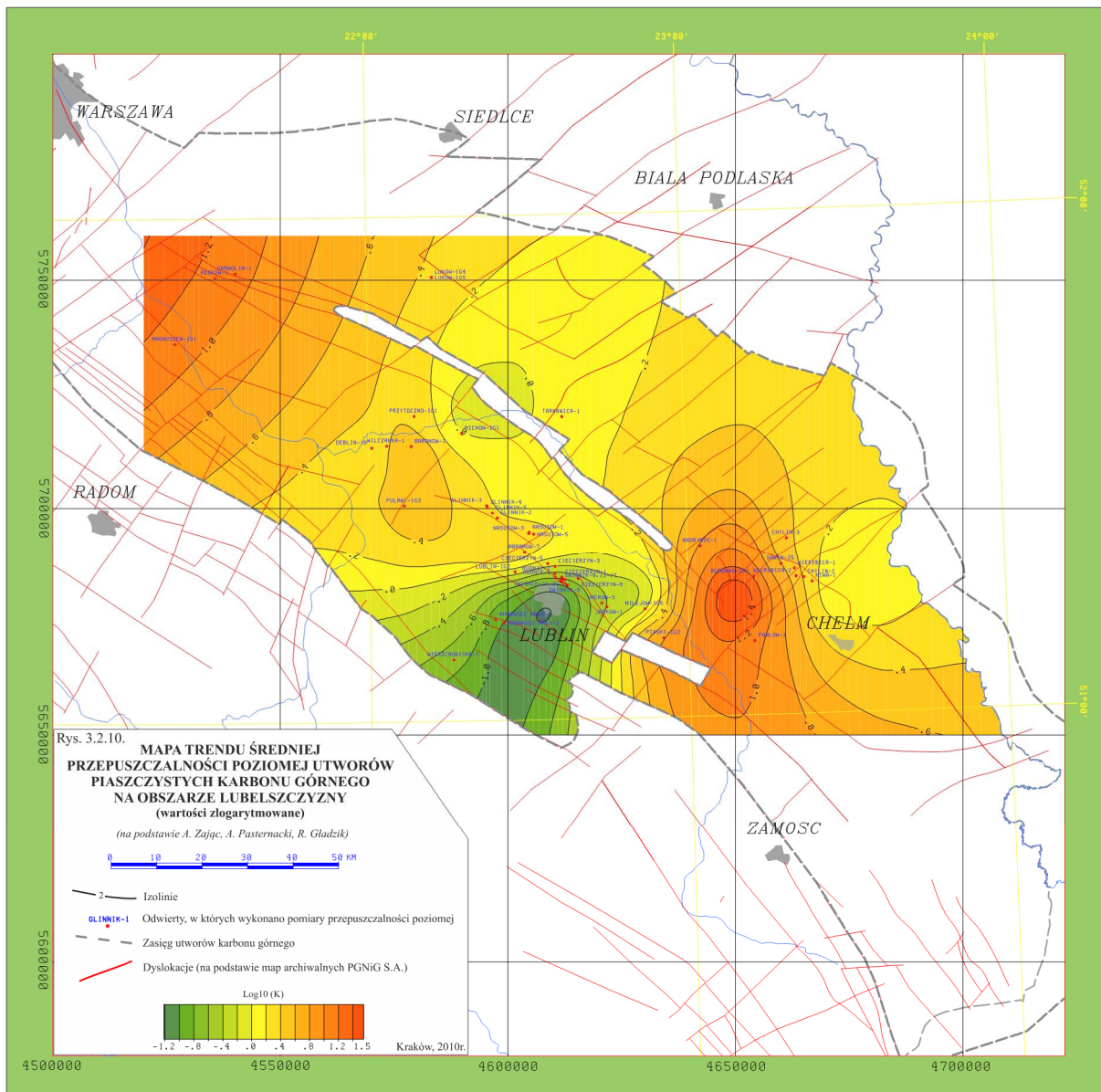


**Fig. 1.1.21\_52** Rozkład przepuszczalności całkowitej utworów piaszczystych karbonu górnego

Po geometrycznym uśrednieniu danych z 51 profili otworów wiertniczych (**Tabela 1.1.21\_12**) oraz odrzuceniu części prób ze względu na niereprezentatywną liczbę pomiarów wykonano mapy obrazujące średnią przepuszczalność pionową (**Fig. 1.1.21\_53**) oraz średnią przepuszczalność poziomą, która, w przypadku dysponowania pomiarami kierunkowymi KX, KY, KZ, została, dla danego otworu, obliczona jako średnia arytmetyczna z KX i KY (**Fig. 1.1.21\_54**). Na obu mapach zaznacza się ujemna anomalia w okolicy Lublina oraz wzrost przepuszczalności w rejonie Busówna-IG1, Pawłowa-1 i Wierzbicy-2.



**Fig. 1.1.21\_53** Mapa trendu średniej przepuszczalności pionowej utworów piaszczystych karbonu górnego na obszarze Lubelszczyzny (wartości zlogarytmowane)



**Fig. 1.1.21\_54** Mapa trendu średniej przepuszczalności poziomej utworów piaszczystych karbonu górnego na obszarze Lubelszczyzny (wartości zlogarytmowane)

### Modele alternatywne

Dla porównania otrzymanych wyników do opracowania załączono alternatywne rozwiązanie, wykonane na potrzeby realizowanego wcześniej tematu (Kotarba i in., 2002-2007).

Analizy statystyczne i wykonane z ich pomocą mapy uśrednionych porowatości efektywnych osadów piaszczystych zostały tu zrealizowane dla serii karbońskiej podzielonej na cztery kompleksy, zgodne z ideą stratygrafii sekwencji (Waksmundzka, 2004)

IV – górnowerfalski kompleks terygeniczny (westfal B, C, D?),

III – środkowonamurski-dolnowestfalski kompleks paraliczny (wyższy namur B – namur C – westfal A),

II – wczesnonamurski kompleks paraliczny (namur A – niższy namur B),

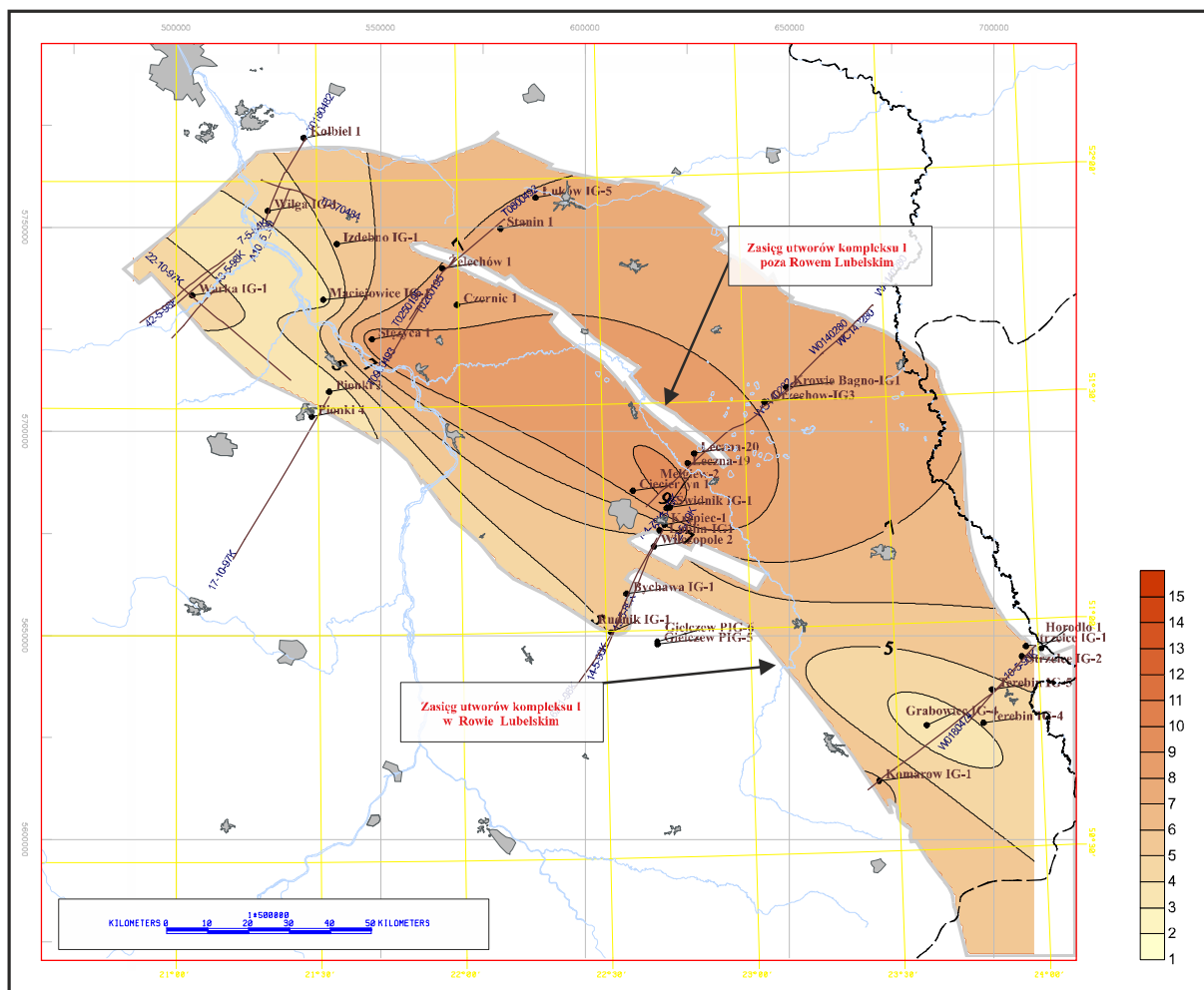
I – górnowerfalski kompleks morsko-paraliczny (górnym wizen).

Zestawione w tabelach podstawowe miary statystyczne (**Tabela 1.1.21\_10**) ukazują swoistą dwudzielność profilu karbonu pod względem własności zbiornikowych. Skały należące do kompleksów I i II charakteryzują się mniejszymi porowatościami średnimi (odpowiednio 5.4% i 6.3%), natomiast młodsze utwory wykazują średnią porowatość aż 11.2% w kompleksie III i 12.9% w kompleksie IV. Starsze utwory zaliczone do kompleksu I i II wykazują również zdecydowanie słabsze średnie przepuszczalności niż utwory zaliczone do kompleksów III i IV (odpowiednio 4.0, 6.1, 48.1 i 286.8 mD, **Tabela 1.1.21\_10**).

Na podstawie przeprowadzonej podstawowej analizy statystycznej wykonano mapy obrazujące trendy zmienności cech filtracyjnych osadów piaszczystych w trzech kompleksach karbońskich (II-IV). Słabe i nierównomierne opróbowanie utworów kompleksu I, obejmującego piaszczyste osady karbonu dolnego, uniemożliwiło stworzenie wiarygodnej mapy.

Mapa rozkładu porowatości frakcji piaskowcowej kompleksu II wykazuje, że centrum podwyższonych wartości 8 - 9 % występuje na osi Ciecierzyn – Stężycza i przechodzi do wartości minimalnych 4 – 5 % w północno-wschodniej części obszaru (**Fig. 1.1.21\_55**).

W przypadku mapy rozkładu porowatości utworów piaszczystych kompleksu III zaznacza się bardzo regularny trend przyrostu porowatości od ok. 4 % w południowo-zachodniej części badań (w rejonie wiercenia Komarów-IG1), do ok. 18 % w jego północno-wschodniej części, w rejonie wiercenia Łuków-IG5 (**Fig. 1.1.21\_56**). Podobnie, mapa rozkładu porowatości osadów piaszczystych kompleksu IV wykazuje, również przyrost porowatości od 6 – 7 % w strefie południowo-zachodniej, do 21 % w strefie północno – wschodniej. Regularny rozkład porowatości zaburza lokalne minimum w rejonie Izdebno IG 1 – Czernic-1, gdzie następuje spadek porowatości do 9-11% (**Fig. 1.1.21\_57**)



**Fig. 1.1.21\_55** Mapa trendu uśrednionej porowatości efektywnej utworów piaszczystych karbońskiego kompleksu II (na podstawie B. Papiernik, R. Semyrka, G. Przysaś, 2005)



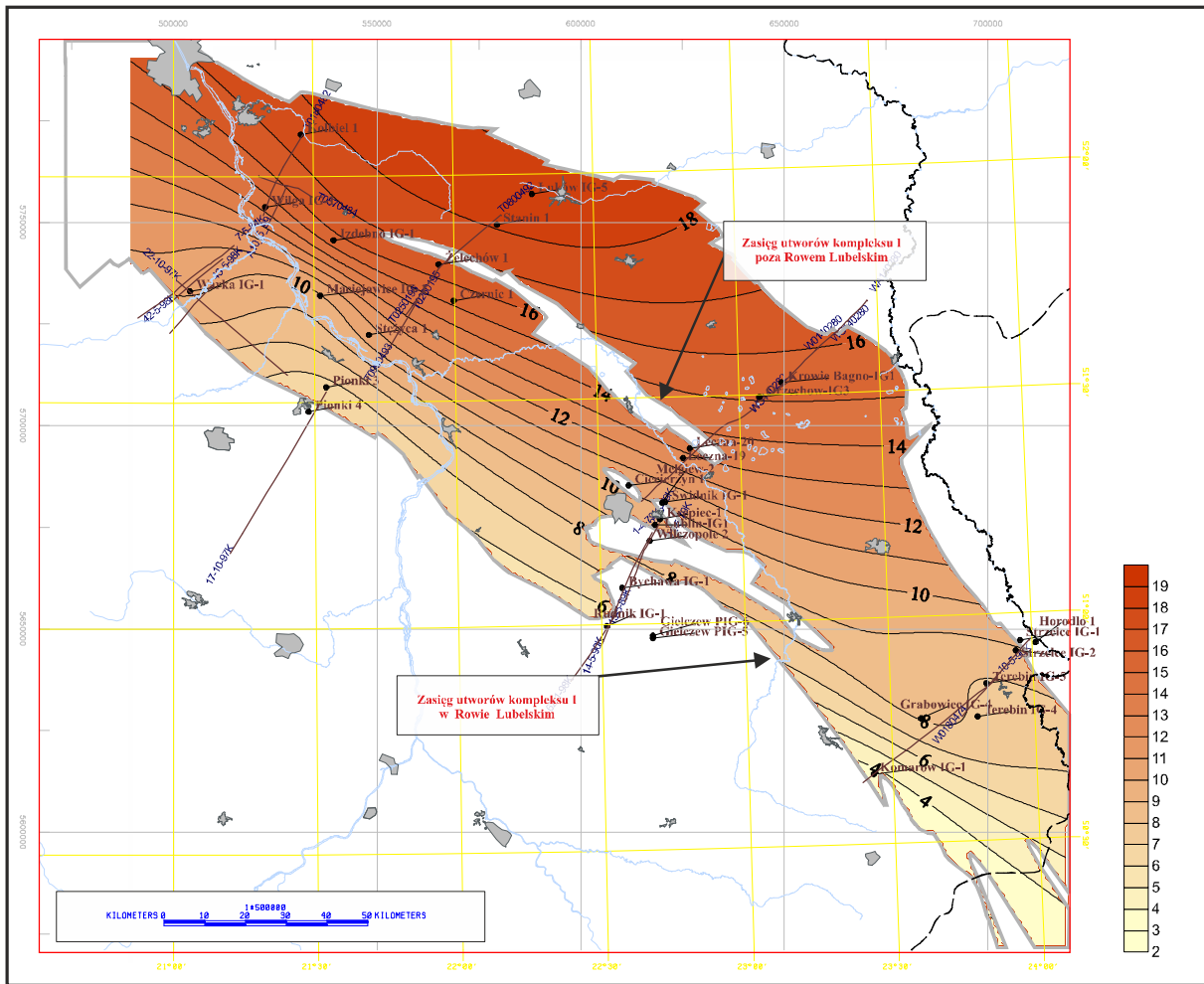
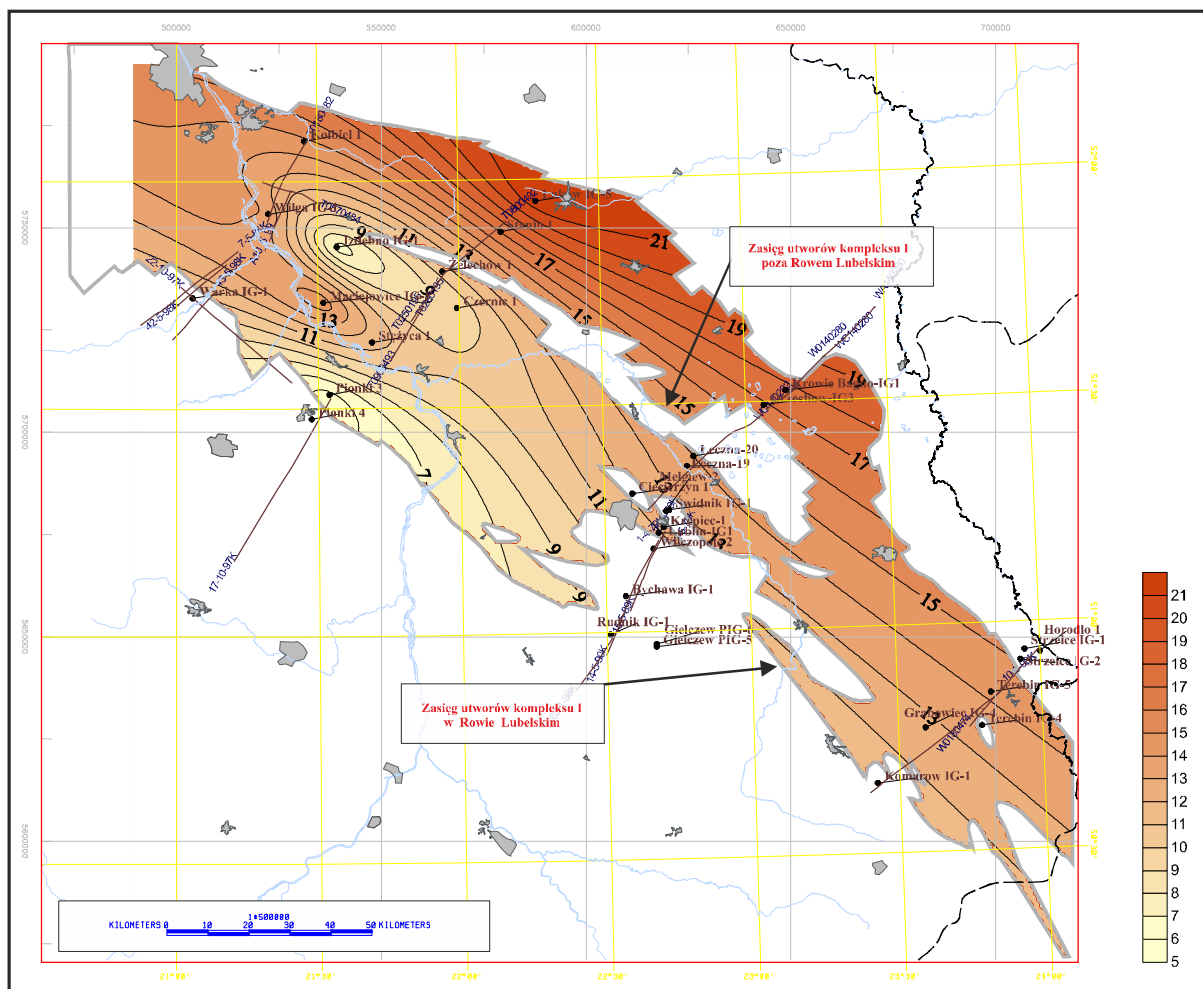


Fig. 1.1.21\_56 Mapa trendu uśrednionej porowatości efektywnej utworów piaszczystych karbońskiego kompleksu III



**Fig. 1.1.21\_57** Mapa trendu uśrednionej porowatości efektywnej utworów piaszczystych karbońskiego kompleksu IV

### Podsumowanie

Zestawienia tabelaryczne parametrów petrofizycznych piaszczystych utworów karbonu dolnego i górnego, ich analiza statystyczna oraz wykonane mapy trendu zmienności porowatości i przepuszczalności wskazują na zróżnicowanie własności zbiornikowych profilu karbonu. Skąły należące do karbonu dolnego charakteryzują się niską porowatością średnią (4.5%), natomiast młodsze utwory wykazują wyższą średnią porowatość 7.6%, równocześnie znaczna część populacji wykazuje porowatości wyższe od 8%. Porównanie otrzymanych wyników z archiwalnymi modelami potwierdza zróżnicowanie własności zbiornikowych w profilu pionowym karbonu. Wyróżnienie trzech kompleksów stratygraficznych w obrębie karbonu górnego pozwala stwierdzić, że najlepsze przeciętne porowatości, mierzone średnią i medianą, wykazują najmłodsze osady karbonu, zaliczone do kompleksu IV.

Analizy przepuszczalności potwierdzają dwudzielność profilu karbonu. Starsze utwory wykazują zdecydowanie słabsze średnie przepuszczalności, zarówno arytmetyczne, jak i geometryczne, niż utwory zaliczone do karbonu górnego.

Zestawione wartości, zwłaszcza mniej miarodajne średnie arytmetyczne pokazują, że utwory karbonu są obiecującą skałą zbiornikową, jednak już stosunkowo niskie średnie geometryczne wskazują na pokaźny udział skał o bardzo słabej przepuszczalności.

Czynnikiem wpływającym na statystyczną istotność przedstawionych analiz jest liczebność wyróżnionych subpopulacji – zarówno mała, czy wręcz niereprezentatywna liczba pomiarów powodująca często konieczność pominięcia danych, jak i różnica w dostępnej ilości danych dla poszczególnych subpopulacji. Szczególnie mocno niewielka liczebność zaznacza się w przypadku oznaczeń przepuszczalności, co w zasadniczy sposób zmniejsza wiarygodność analiz. Opróbowanie tego parametru było wielokrotnie niższe niż porowatości, co więcej również wielokrotnie mniejsza liczba pomiarów była dostępna dla utworów dolnego karbonu w porównaniu z danymi dotyczącymi młodszych osadów. Na dokładność analiz przepuszczalności negatywnie wpływa także niska dokładność wielu oznaczeń tego parametru (np. wynik pomiaru jest opisany jako przepuszczalność mniejsza niż 1 mD).

**Tabela 1.1.21\_5** Podstawowe statystyki opisowe porowatości efektywnej i przepuszczalności efektywnej w klastycznych utworach dewonu dolnego Lubelszczyzny

| <b>porowatość</b> |                               |                               |                            |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
|                   | <b>"niższy" lochkov dolny</b> | <b>"wyższy" lochkov dolny</b> | <b>lochkov górny - ems</b> |
|                   | formacja sycyńska             | formacja czarnoleska          | formacja zwoleńska         |
| Liczebność        | 48                            | 122                           | 296                        |
| Średnia           | 3,07                          | 7,27                          | 3,07                       |
| Maksimum          | 18,90                         | 19,00                         | 22,20                      |
| Minimum           | 0,00                          | 0,18                          | 0,00                       |
| Odch.stand.       | 3,42                          | 4,56                          | 3,43                       |
| Mediana           | 2,18                          | 6,35                          | 1,87                       |

| <b>przepuszczalność</b> |                               |                               |                            |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
|                         | <b>"niższy" lochkov dolny</b> | <b>"wyższy" lochkov dolny</b> | <b>lochkov górny - ems</b> |
|                         | formacja sycyńska             | formacja czarnoleska          | formacja zwoleńska         |
| Liczebność              | 32                            | 98                            | 224                        |
| Średnia                 | 15,55                         | 7,89                          | 11,35                      |
| Maksimum                | 260,00                        | 78,00                         | 1340,00                    |
| Minimum                 | 0,00                          | 0,00                          | 0,00                       |
| Odch.stand.             | 59,10                         | 17,31                         | 98,35                      |
| Mediana                 | 0,500                         | 0,500                         | 0,100                      |
| Średnia geom.           | 0,55                          | 0,73                          | 0,05                       |

**Tabela 1.1.21\_6** Uśrednione w otworach wartości porowatości utworów piaszczystych karbonu dolnego

| Lp. | Nazwa otworu | Stratygrafia | Porowatość efektywna [%] |
|-----|--------------|--------------|--------------------------|
| 1   | ABRAMÓW-5    | C1           | 6,15                     |
| 2   | ABRAMÓW-6    | C1           | 6,62                     |
| 3   | ABRAMÓW-7    | C1           | 6,34                     |
| 4   | BEŁZYCE-1    | C1           | 3,09                     |

|    |                   |    |      |
|----|-------------------|----|------|
| 5  | BEŁZYCE-2         | C1 | 4,17 |
| 6  | BEŁZYCE-3         | C1 | 3,48 |
| 7  | BISKUPIE-1        | C1 | 4,40 |
| 8  | BUSÓWNO-IG1       | C1 | 5,54 |
| 9  | BYCHAWA-IG2       | C1 | 4,87 |
| 10 | CHYLIN-1          | C1 | 4,72 |
| 11 | CHYLIN-2          | C1 | 3,88 |
| 12 | GLINNIK-1         | C1 | 1,89 |
| 13 | GLINNIK-2         | C1 | 1,17 |
| 14 | GLINNIK-5         | C1 | 1,42 |
| 15 | GRÓDEK-1          | C1 | 5,59 |
| 16 | JACKÓW-3          | C1 | 9,01 |
| 17 | KOMARÓW-5         | C1 | 3,83 |
| 18 | KRĘPIEC-1         | C1 | 3,93 |
| 19 | LUBLIN-IG1        | C1 | 6,66 |
| 20 | ŁĘCZNA-20         | C1 | 5,28 |
| 21 | ŁOPIENNIK-IG1     | C1 | 3,48 |
| 22 | MARIANKA-1        | C1 | 4,42 |
| 23 | MARYNIN-1         | C1 | 3,25 |
| 24 | MARYNIN-2         | C1 | 0,87 |
| 25 | MARYNIN-3         | C1 | 3,61 |
| 26 | MINKOWICE-2       | C1 | 3,93 |
| 27 | MINKOWICE-3       | C1 | 4,86 |
| 28 | MINKOWICE-4       | C1 | 0,63 |
| 29 | MINKOWICE-4A      | C1 | 3,74 |
| 30 | MINKOWICE-7       | C1 | 0,95 |
| 31 | MINKOWICE-8       | C1 | 4,41 |
| 32 | NASUTÓW-1         | C1 | 2,19 |
| 33 | NIEDRZWICA-2      | C1 | 5,18 |
| 34 | NIEDRZWICA-3      | C1 | 4,54 |
| 35 | NIEDRZWICA-4      | C1 | 5,06 |
| 36 | NIEDRZWICA-IG1    | C1 | 6,99 |
| 37 | OPOLE LUBELSKIE-5 | C1 | 1,88 |
| 38 | PAWŁÓW-1          | C1 | 0,96 |
| 39 | PLISZCZYN-1       | C1 | 1,53 |
| 40 | RADAWIEC MAŁY-1   | C1 | 7,00 |
| 41 | RADAWIEC MAŁY-2   | C1 | 4,96 |
| 42 | RUSKIE PIASKI-IG2 | C1 | 5,49 |
| 43 | ŚWIDNIK-14        | C1 | 5,58 |
| 44 | ŚWIDNIK-22        | C1 | 8,00 |
| 45 | ŚWIDNIK-5         | C1 | 5,41 |
| 46 | ŚWIDNIK-6         | C1 | 4,47 |
| 47 | ŚWIDNIK-7         | C1 | 3,82 |
| 48 | ŚWIDNIK-IG1       | C1 | 2,12 |
| 49 | ŚWIĘCICA-1        | C1 | 8,83 |

|    |              |    |       |
|----|--------------|----|-------|
| 50 | TEREBIN-IG2  | C1 | 4,67  |
| 51 | TEREBIN-IG4  | C1 | 5,21  |
| 52 | TRZEŚNIÓW-1  | C1 | 2,28  |
| 53 | WIERZBICA-2  | C1 | 10,84 |
| 54 | WILCZOPOLE-2 | C1 | 13,42 |
| 55 | ZUBOWICE-1   | C1 | 1,98  |

**Tabela 1.1.21\_7** Geometryczna średnia wartość przepuszczalności w otworach, w utworach piaszczystych karbonu dolnego

| Lp. | Nazwa otworu    | Stratygrafia | K równoległa [mD] | K prostopadła [mD] |
|-----|-----------------|--------------|-------------------|--------------------|
| 1   | ABRAMÓW-7       | C1           | 0,134             | 0,244              |
| 2   | CHYLIN-2        | C1           | 0,143             | 0,156              |
| 3   | GLINNIK-2       | C1           | 0,119             | 0,129              |
| 4   | GLINNIK-5       | C1           | 0,100             | 0,100              |
| 5   | JACKÓW-3        | C1           | 0,090             | 0,788              |
| 6   | RADAWIEC MAŁY-1 | C1           | 0,176             | 0,160              |
| 7   | RADAWIEC MAŁY-2 | C1           | 0,139             | 0,192              |
| 8   | ŚWIDNIK-22      | C1           | 0,137             | 0,172              |
| 9   | WIERZBICA-2     | C1           | 3,811             | 1,765              |

**Tabela 1.1.21\_8** Uśrednione w otworach wartości porowatości utworów piaszczystych karbonu górnego

| Lp. | Nazwa otworu | Stratygrafia | Porowatość efektywna [%] |
|-----|--------------|--------------|--------------------------|
| 1   | ABRAMÓW-2    | C3           | 7,28                     |
| 2   | ABRAMÓW-5    | C3           | 5,39                     |
| 3   | ABRAMÓW-6    | C3           | 8,84                     |
| 4   | ABRAMÓW-7    | C3           | 7,15                     |
| 5   | ABRAMÓW-8    | C3           | 6,65                     |
| 6   | ABRAMÓW-9    | C3           | 5,20                     |
| 7   | BARANÓW-1    | C3           | 5,98                     |
| 8   | BEŁZYCE-1    | C3           | 4,48                     |
| 9   | BEŁZYCE-2    | C3           | 9,67                     |
| 10  | BEŁZYCE-3    | C3           | 3,34                     |
| 11  | BISKUPIE-1   | C3           | 3,33                     |

|    |                   |    |       |
|----|-------------------|----|-------|
| 12 | BUSÓWNO-IG1       | C3 | 9,25  |
| 13 | BYCHAWA-IG2       | C3 | 5,34  |
| 14 | CHYLIN-1          | C3 | 3,19  |
| 15 | CHYLIN-2          | C3 | 10,11 |
| 16 | CHYLIN-3          | C3 | 12,14 |
| 17 | CIECIERZYN-1      | C3 | 8,25  |
| 18 | CIECIERZYN-2      | C3 | 4,33  |
| 19 | CIECIERZYN-3      | C3 | 9,47  |
| 20 | CIECIERZYN-4      | C3 | 5,73  |
| 21 | CIECIERZYN-5      | C3 | 7,44  |
| 22 | CIECIERZYN-6      | C3 | 5,82  |
| 23 | DĘBLIN-10         | C3 | 7,56  |
| 24 | DĘBLIN-2          | C3 | 8,12  |
| 25 | DĘBLIN-3          | C3 | 6,68  |
| 26 | DĘBLIN-4          | C3 | 7,25  |
| 27 | DĘBLIN-5          | C3 | 6,28  |
| 28 | DĘBLIN-6          | C3 | 6,25  |
| 29 | DĘBLIN-7          | C3 | 8,61  |
| 30 | DĘBLIN-8          | C3 | 4,02  |
| 31 | DYNISKA-1         | C3 | 3,45  |
| 32 | GARWOLIN-1        | C3 | 8,66  |
| 33 | GLINNIK-2         | C3 | 7,13  |
| 34 | GLINNIK-3         | C3 | 8,94  |
| 35 | GLINNIK-4         | C3 | 9,17  |
| 36 | GLINNIK-5         | C3 | 6,00  |
| 37 | GOŹDZIK-1         | C3 | 11,98 |
| 38 | GRÓDEK-1          | C3 | 9,80  |
| 39 | IZDEBNO-IG1       | C3 | 6,82  |
| 40 | JACKÓW-1          | C3 | 7,39  |
| 41 | JACKÓW-3          | C3 | 6,38  |
| 42 | KAZIMIERZ-1       | C3 | 3,17  |
| 43 | KOCK-12           | C3 | 3,56  |
| 44 | KOCK-IG2          | C3 | 8,59  |
| 45 | KOCK-IG3          | C3 | 15,20 |
| 46 | KOMARÓW-4         | C3 | 6,58  |
| 47 | KOMARÓW-7         | C3 | 2,84  |
| 48 | KOMARÓW-9         | C3 | 3,60  |
| 49 | LUBLIN-IG1        | C3 | 6,59  |
| 50 | LUBLIN-IG2        | C3 | 5,95  |
| 51 | ŁAGÓW-1 (N/WISŁA) | C3 | 12,02 |
| 52 | ŁĘCZNA-20         | C3 | 11,81 |
| 53 | ŁUKÓW IG-4        | C3 | 20,44 |
| 54 | ŁUKÓW IG-5        | C3 | 15,66 |
| 55 | MACIEJOWICE-IG1   | C3 | 10,18 |
| 56 | MAGNUSZEW-IG1     | C3 | 9,21  |

|     |                      |    |       |
|-----|----------------------|----|-------|
| 57  | MAŁOCHWIEJ-1         | C3 | 2,32  |
| 58  | MARIANKA-1           | C3 | 2,85  |
| 59  | MARYNIN-1            | C3 | 1,58  |
| 60  | MARYNIN-2            | C3 | 1,90  |
| 61  | MICHÓW-IG1           | C3 | 14,52 |
| 62  | MILEJÓW-IG5          | C3 | 4,42  |
| 63  | MINKOWICE-10         | C3 | 8,04  |
| 64  | MINKOWICE-12         | C3 | 3,26  |
| 65  | MINKOWICE-2          | C3 | 6,32  |
| 66  | MINKOWICE-3          | C3 | 3,88  |
| 67  | MINKOWICE-8          | C3 | 1,13  |
| 68  | NADRYBIE-1           | C3 | 13,05 |
| 69  | NASUTÓW-1            | C3 | 4,94  |
| 70  | NASUTÓW-3            | C3 | 4,69  |
| 71  | NASUTÓW-5            | C3 | 6,03  |
| 72  | NIEDRZWICA-3         | C3 | 4,46  |
| 73  | NIEDRZWICA-4         | C3 | 3,58  |
| 74  | NIEDRZWICA-5         | C3 | 2,36  |
| 75  | NIEDRZWICA-IG1       | C3 | 8,14  |
| 76  | NIWA-1               | C3 | 7,16  |
| 77  | OKRZEJA-1            | C3 | 13,22 |
| 78  | OPOLE LUBELSKIE-5    | C3 | 5,67  |
| 79  | PARCZEW-IG10         | C3 | 14,65 |
| 80  | PASMUG-1             | C3 | 13,54 |
| 81  | PASMUG-2             | C3 | 6,19  |
| 82  | PAWŁÓW-1             | C3 | 10,23 |
| 83  | PIASKI-IG1           | C3 | 6,04  |
| 84  | PIASKI-IG2           | C3 | 11,99 |
| 85  | PIONKI-2             | C3 | 5,98  |
| 86  | PIONKI-3             | C3 | 4,58  |
| 87  | POLICZNA-1A          | C3 | 7,75  |
| 88  | PRZYTOCZNO-IG1       | C3 | 15,00 |
| 89  | PUŁAWY-IG3           | C3 | 14,91 |
| 90  | RACHANIE-IG1         | C3 | 3,10  |
| 91  | RADAWIEC MAŁY-1      | C3 | 2,47  |
| 92  | RADAWIEC MAŁY-2      | C3 | 3,85  |
| 93  | REJOWIEC-IG2         | C3 | 9,18  |
| 94  | REJOWIEC-IG3         | C3 | 6,22  |
| 95  | RĘBKÓW-1             | C3 | 13,52 |
| 96  | ROSKOSZ-1            | C3 | 4,31  |
| 97  | RUDNIK-1 (K/LUBLINA) | C3 | 2,63  |
| 98  | RUDNIK-2 (K/LUBLINA) | C3 | 4,14  |
| 99  | RUSKIE PIASKI-IG2    | C3 | 3,34  |
| 100 | SAWIN-25             | C3 | 13,82 |
| 101 | SIEDLIKA-IG1         | C3 | 8,42  |



|     |                 |    |       |
|-----|-----------------|----|-------|
| 102 | STĘŻYCA-1       | C3 | 8,69  |
| 103 | ŚWIDNIK-10      | C3 | 5,12  |
| 104 | ŚWIDNIK-11      | C3 | 3,75  |
| 105 | ŚWIDNIK-13      | C3 | 8,79  |
| 106 | ŚWIDNIK-14      | C3 | 8,59  |
| 107 | ŚWIDNIK-15      | C3 | 7,71  |
| 108 | ŚWIDNIK-16      | C3 | 10,24 |
| 109 | ŚWIDNIK-17      | C3 | 7,53  |
| 110 | ŚWIDNIK-18      | C3 | 2,32  |
| 111 | ŚWIDNIK-19      | C3 | 4,96  |
| 112 | ŚWIDNIK-2       | C3 | 7,21  |
| 113 | ŚWIDNIK-21      | C3 | 7,18  |
| 114 | ŚWIDNIK-22      | C3 | 9,30  |
| 115 | ŚWIDNIK-3       | C3 | 3,84  |
| 116 | ŚWIDNIK-4       | C3 | 6,91  |
| 117 | ŚWIDNIK-5       | C3 | 5,81  |
| 118 | ŚWIDNIK-6       | C3 | 10,11 |
| 119 | ŚWIDNIK-7       | C3 | 5,03  |
| 120 | ŚWIDNIK-8       | C3 | 5,50  |
| 121 | ŚWIDNIK-9       | C3 | 6,90  |
| 122 | ŚWIDNIK-IG1     | C3 | 8,78  |
| 123 | TARKAWICA-1     | C3 | 6,00  |
| 124 | TEREBIN-IG2     | C3 | 5,17  |
| 125 | TEREBIN-IG3     | C3 | 3,41  |
| 126 | TEREBIN-IG4     | C3 | 7,40  |
| 127 | TRZEŚNIÓW-1     | C3 | 6,99  |
| 128 | URSYNÓW-1       | C3 | 5,32  |
| 129 | WIERZBICA-1     | C3 | 10,71 |
| 130 | WIERZBICA-2     | C3 | 11,45 |
| 131 | WIERZCHOWISKA-1 | C3 | 4,67  |
| 132 | WILCZANKA-1     | C3 | 7,80  |

**Tabela 1.1.21\_9** Geometryczna średnia wartość przepuszczalności w otworach, w utworach piaszczystych karbonu górnego

| Lp. | Nazwa otworu | Stratygrafia | K równoległa [mD] | K prostopadła [mD] |
|-----|--------------|--------------|-------------------|--------------------|
| 1   | ABRAMÓW-7    | C3           | 1,645             | 1,518              |
| 2   | BARANÓW-1    | C3           | 4,085             | 2,302              |

|    |                      |    |        |        |
|----|----------------------|----|--------|--------|
| 3  | BUSÓWNO-IG1          | C3 | 39,248 | 13,637 |
| 4  | CHYLIN-2             | C3 | 3,800  | 2,300  |
| 5  | CHYLIN-3             | C3 | 1,859  | 0,828  |
| 6  | CIECIERZYN-1         | C3 | 0,033  | 0,027  |
| 7  | CIECIERZYN-3         | C3 | 34,455 | 25,683 |
| 8  | CIECIERZYN-5         | C3 | 0,090  | 0,090  |
| 9  | CIECIERZYN-6         | C3 | 0,090  | 0,090  |
| 10 | DĘBLIN-10            | C3 | 0,829  | 0,073  |
| 11 | GARWOLIN-1           | C3 | 4,609  | 2,384  |
| 12 | GLINNIK-2            | C3 | 0,319  | 0,283  |
| 13 | GLINNIK-3            | C3 | 4,463  | 2,467  |
| 14 | GLINNIK-4            | C3 | 5,026  | 2,491  |
| 15 | GLINNIK-5            | C3 | 0,259  | 0,198  |
| 16 | GRÓDEK-1             | C3 | 91,300 | 0,631  |
| 17 | JACKÓW-1             | C3 | 0,919  | 0,798  |
| 18 | JACKÓW-3             | C3 | 0,300  | 0,090  |
| 19 | LUBLIN-IG2           | C3 | 1,130  | 2,421  |
| 20 | ŁUKÓW IG-4           | C3 | 2,145  | 6,042  |
| 21 | ŁUKÓW IG-5           | C3 | 2,447  | 2,047  |
| 22 | MICHÓW-IG1           | C3 | 0,716  | 0,375  |
| 23 | MILEJÓW-IG5          | C3 | 0,332  | 0,260  |
| 24 | NADRYBIE-1           | C3 | 6,997  | 3,189  |
| 25 | NASUTÓW-1            | C3 | 14,191 | 9,990  |
| 26 | NASUTÓW-3            | C3 | 18,311 | 9,225  |
| 27 | NASUTÓW-5            | C3 | 0,418  | 0,376  |
| 28 | NIWA-1               | C3 | 0,715  | 0,716  |
| 29 | PAWŁÓW-1             | C3 | 10,049 | 5,324  |
| 30 | PIASKI-IG2           | C3 | 11,318 | 12,780 |
| 31 | PRZYTOCZNO-IG1       | C3 | 2,659  | 2,508  |
| 32 | PUŁAWY-IG3           | C3 | 3,856  | 3,283  |
| 33 | RADAWIEC MAŁY-1      | C3 | 0,090  | 0,090  |
| 34 | RADAWIEC MAŁY-2      | C3 | 0,090  | 0,090  |
| 35 | RĘBKÓW-1             | C3 | 36,304 | 12,550 |
| 36 | RUDNIK-1 (K/LUBLINA) | C3 | 0,064  | 0,049  |
| 37 | RUDNIK-2 (K/LUBLINA) | C3 | 6,290  | 13,693 |
| 38 | SAWIN-25             | C3 | 10,721 | 6,074  |
| 39 | ŚWIDNIK-13           | C3 | 0,098  | 0,067  |
| 40 | ŚWIDNIK-14           | C3 | 0,041  | 0,032  |
| 41 | ŚWIDNIK-15           | C3 | 0,041  | 0,030  |
| 42 | ŚWIDNIK-16           | C3 | 0,172  | 0,092  |
| 43 | ŚWIDNIK-17           | C3 | 0,138  | 0,224  |
| 44 | ŚWIDNIK-21           | C3 | 0,122  | 0,115  |
| 45 | ŚWIDNIK-22           | C3 | 0,097  | 0,097  |
| 46 | ŚWIDNIK-9            | C3 | 0,035  | 0,026  |
| 47 | TARKAWICA-1          | C3 | 1,225  | 1,075  |

|    |                 |    |       |       |
|----|-----------------|----|-------|-------|
| 48 | WIERZBICA-1     | C3 | 0,454 | 0,321 |
| 49 | WIERZBICA-2     | C3 | 4,576 | 3,984 |
| 50 | WIERZCHOWISKA-1 | C3 | 0,234 | 0,167 |
| 51 | WILCZANKA-1     | C3 | 3,729 | 1,424 |

**Tabela 1.1.21\_10** Podstawowe statystyki opisowe parametrów zbiornikowych piaskowców wchodzących w skład kompleksów stratygraficznych karbonu Lubelszczyzny

| <b>POROWATOŚĆ EFEKTYWNA [%]</b> |            |             |              |             |
|---------------------------------|------------|-------------|--------------|-------------|
|                                 | Kompleks I | Kompleks II | Kompleks III | Kompleks IV |
| Liczebność                      | 25         | 109         | 252          | 100         |
| Średnia                         | 5.38       | 6.32        | 11.18        | 12.89       |
| Maksimum                        | 23.61      | 15.40       | 23.56        | 25.00       |
| Minimum                         | 0.00       | 0.00        | 0.93         | 1.20        |
| Odch.stand.                     | 7.83       | 3.49        | 4.23         | 6.76        |
| Mediana                         | 0.80       | 5.80        | 11.70        | 13.75       |
| <b>PRZEPUSZCZALNOŚĆ [mD]</b>    |            |             |              |             |
|                                 | Kompleks I | Kompleks II | Kompleks III | Kompleks IV |
| Liczebność                      | 5          | 52          | 168          | 76          |
| Średnia                         | 3.97       | 6.15        | 48.08        | 286.83      |
| Maksimum                        | 10.10      | 109.30      | 450.00       | 6750.00     |
| Minimum                         | 0.00       | 0.00        | 0.00         | 0.00        |
| Odch.stand.                     | 4.25       | 19.47       | 82.82        | 846.46      |
| Mediana                         | 4.00       | 0.10        | 12.95        | 15.60       |
| Średnia geom.                   | 0.19       | 0.23        | 7.75         | 7.24        |

### **Budowa geologiczna kambryjskiego basenu naftowego**

Basen bałtycki występuje na południowo-zachodnim skłonie kratonu wschodnioeuropejskiego, między tarczą bałtycką na północnym zachodzie a tarczą ukraińską na południowym wschodzie. Synekliza bałtycka występuje między tarczą bałtycką na północnym zachodzie a anteklizą mazursko-białoruską na południowym wschodzie (**Fig. 1.1.21\_58, 59, 60**). Od południowego zachodu basen bałtycki (synekliza bałtycka) jest zamknięty strefą tektoniczną Teisseyre'a-Tornquista (*Teisseyre-Tornquist Zone* - TTZ), która w Polsce uważana jest za południowo-zachodnią krawędź prekambryjskiego kratonu wschodnioeuropejskiego i pokrywa się z północno-wschodnią granicą kolizyjnego szwu transeuropejskiego (*Trans-European Suture Zone* - TESZ). TESZ jako walna europejska granica geologiczna ciągnie się od Morza Północnego do Morza Czarnego na długości ponad 2000 km i rozdziela „ruchliwe” terrany fanerozoiczne od prekambryjskiego kratonu wschodnioeuropejskiego (Jaworowski K., 2000b).

Formowanie basenu bałtyckiego rozpoczęło się w późnym neoproterozoiku, a główny etap jego rozwoju przypadł na starszy paleozoik. Ramy neoproterozoiczno-dolnopaleozoicznego bałtyckiego basenu sedimentacyjnego na północy i południu są dobrze udokumentowane przez płytkowodne litofacje znane z rejonu Tallina i Wilna (Poprawa P., Narkiewicz M., Sliupa S., Stephenson R. A., Lazauskiene J., 1997; Poprawa P., Sliupa S., Stephenson R. A., Lazauskiene J., 1999; Karnkowski P. H., 2003).

Geograficznie synekliza bałtycka rozciąga się w obszarach południowego i środkowego Bałtyku, oraz lądowego północnej i północno-wschodniej Polski, rosyjskiego regionu kaliningradzkiego, zachodniej Litwy i Łotwy, aż po zatokę ryską i zachodnią Estonię na północy (**Fig. 1.1.21\_58**). Całkowita powierzchnia syneklizy wynosi 190 tys. km<sup>2</sup>. Ponad 50% powierzchni leży w akwenie Bałtyku pomiędzy estońskimi wyspami Hiiumaa i Saaremaa na północy, szwedzką Gotlandią i duńskim Bornholmem na południowym zachodzie, polskim wybrzeżem pomiędzy Słupskiem-Gdynią-Gdańskiem i strefą Malbork-Lidzbark Warmiński-Kętrzyn-Gołdap na obszarze północno-wschodniej Polski, oraz wybrzeżem kaliningradzko-litewsko-łotewskim na wschodzie. Powierzchnia lądowej części syneklizy bałtyckiej wynosi około 56 tys. km<sup>2</sup>, w tym 9 tys. km<sup>2</sup> przypada na Łotwę, 31 tys. km<sup>2</sup> na Litwę i 16 tys. km<sup>2</sup> na region kaliningradzki (Górecki W., Lapinskas P., Laskova L., Laskov E., Reicher B., Sakalauskas K., Strzetelski W., 1992).



Fig. 1.1.21\_58 Lokalizacja syneklizy bałtyckiej (Brangulis A.P. i inni, 1992)

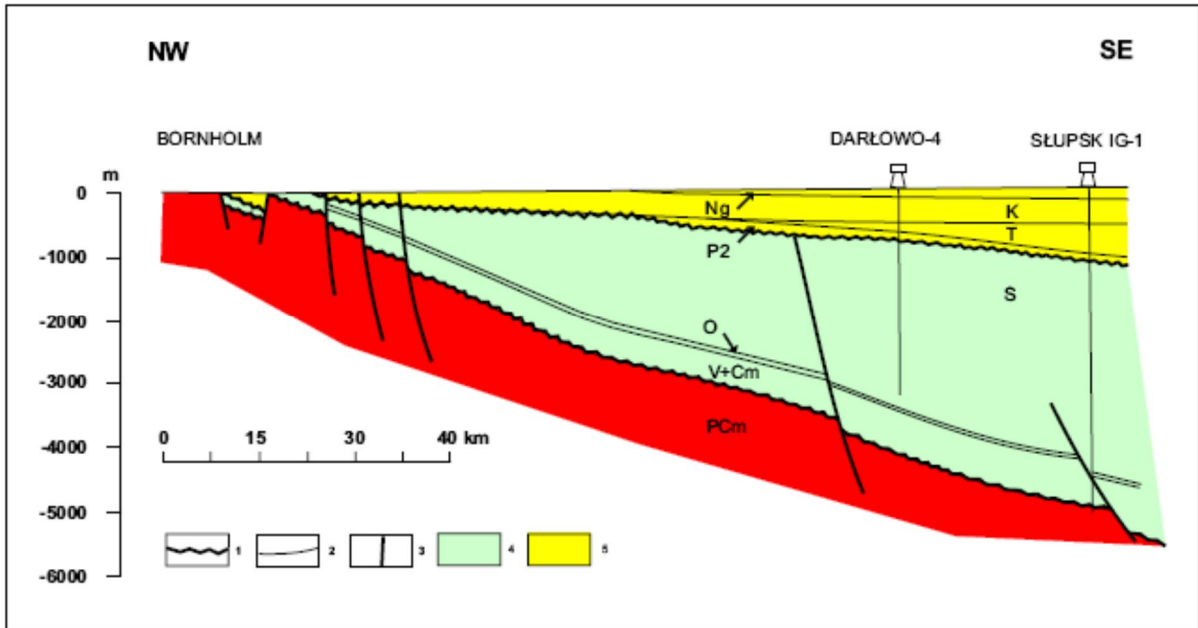


Fig. 1.1.21\_59 Przekrój geologiczno-złożowy A-A (Witkowski A., 1989a)

1-granice kompleksów strukturalnych, 2-granice stratygraficzne, 3-nieciągłości tektoniczne, 4-kaledoński kompleks strukturalny, 5-alpejski kompleks strukturalny, Ng-neogen, K-kreda, T-trias, P2-cechsztyń, S-sylur, O-ordowik, V+Cm-ediakar i kambr, PCm-prekambr.

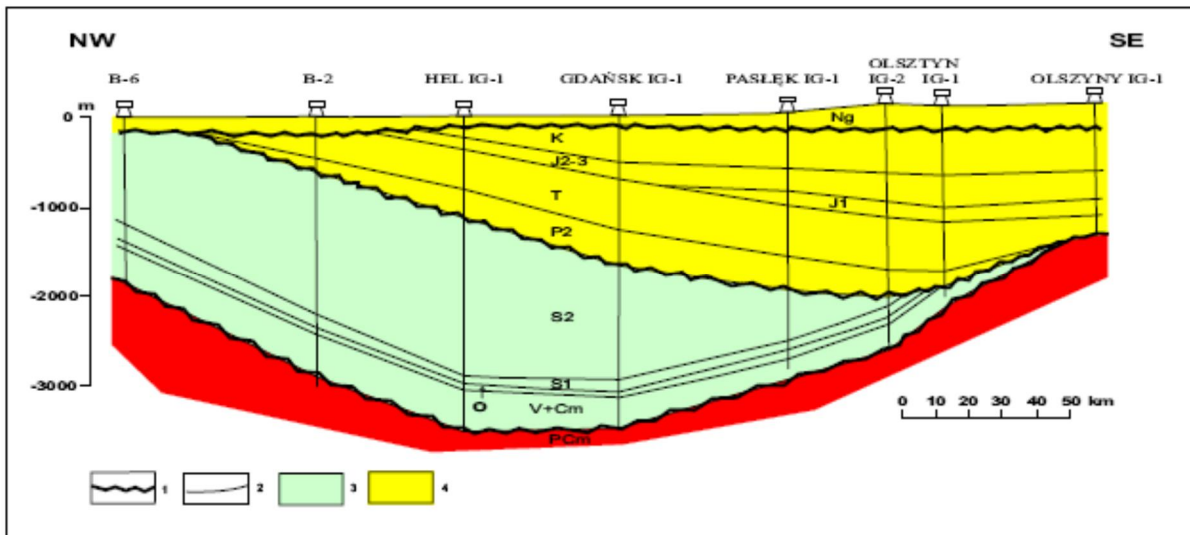


Fig. 1.1.21\_60 Przekrój geologiczno złożowy B-B (Pożaryski W., Witkowski A., 1990)

1-granice kompleksów strukturalnych, 2-granice stratygraficzne, 3-nieciągłości tektoniczne, 4-kaledoński kompleks strukturalny, 5-alpejski kompleks strukturalny, Ng-neogen, K-kreda, T-trias, P2-cechsztyń, S2-sylur górny, S1-sylur dolny, O-ordowik, V+Cm-ediakar i kambr, PCm-prekambr.

### **Podłoże krystaliczne**

Podłoże krystaliczne basenu bałtyckiego zbudowane jest ze skał magmowych, metamorficznych oraz intruzywnych proterozoiku należących do terranów zachodnioliteńskiego i wschodnioliteńskiego. Oznaczenia wiekowe cyrkonów i monacytów metodą U-Pb, hornblendy metodą  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , oraz całej skały metodą Sm-Nd (Claesson S., Bogdanova S. V., Bibikova E. V., Gorbatshev R., 2001; Bibikova E. V., Bogdanova S. V., Gorbatshev R., Claesson S., Kirnozova T. I., 1995) wykonane dla terranów zachodnio- i wschodnioliteńskiego wskazują, że podłoże krystaliczne jest paleoproterozoiczne, a nie archaiczne, jak powszechnie dotychczas zakładano. Środkowoliteńska strefa szwu kolizyjnego pomiędzy tymi terranami o szerokości około 30-50 km przebiega w kierunku prawie południkowym i zapada ku zachodowi (Claesson S., Bogdanova S. V., Bibikova E. V., Gorbatshev R., 2001; Skridlaite G., Motuza G., 2001).

W brzeżnej, północnej części basenu bałtyckiego podłoże krystaliczne należy do terranu wschodnioliteńskiego i tworzy bałtycko-białoruskie pasmo granulitowe (BBG) występujące od Estonii po strefę szwu transeuropejskiego TESZ, które charakteryzuje się bardzo intensywnymi linijnymi wyżami grawimetrycznymi i magnetycznymi o kierunku NNE-SSW (Claesson S., Bogdanova S. V., Bibikova E. V., Gorbatshev R., 2001; Taran L. N., Bogdanova S. V., 2001). Na pozostałym obszarze basenu są to utwory należące do terranu zachodnioliteńskiego z granulitowym pasmem zachodnioliteńskim (WLG), plutonicznym masywem Rygi (R) i kompleksem mazurskim (M) oraz masywami granitoidowymi pomorskim (P) i dobrzyńskim (D). Terran zachodnioliteński charakteryzują wyże grawimetryczne i magnetyczne przebiegające przeważnie w kierunku równoleżnikowym lub NW-SE. Obraz geofizyczny jest dowodem na zakładany przebieg prawie równoleżnikowych uskoków i stref ścinania w podłożu krystalicznym (Cymerman Z., 2004).

Podłoże krystaliczne basenu bałtyckiego pogrąża się z północnego wschodu na południowy zachód, po południowej stronie krawędzi kratonu wschodnio-europejskiego podłoże krystaliczne zrzucone jest na głębokość około 10 000 m (Witkowski A., 1989a). Na krawędzi kratonu strop podłoża krystalicznego, według danych z badań refrakcyjnych, występuje na głębokości około 8 000 m (Dadlez R., 1990).

W kierunku północno-wschodnim, wzdłuż osi podłużnej basenu, podłoże krystaliczne podnosi się do głębokości około -5000 m w strefie Słupsk-Kościerzyna, -3500 m w strefie Smołdzino-Gdańsk, około -2500 m na zachód od Kłajpedy i do około -1300 m w rejonie Liepaji (Witkowski A., 1989a). Dalej podnosi się w kierunku zatoki ryskiej i Tallina i w strefach brzeżnych basenu występuje na głębokościach od -300 m do -700 m. W osiowej strefie basenu podłoże krystaliczne zostało stwierdzone w wielu profilach otworów wiertniczych: w Polsce - Słupsk IG-1 (-5036 m), Kościerzyna IG-1 (-4999 m), Gdańsk IG-1 (-3485 m), Hel IG-1 (-3483 m), Łeba-8 (-3327 m), (Witkowski A., 1989a); w okręgu kaliningradzkim: D1-1/84 (-2597 m), Ładuszki-1 (-2830 m), Jagodnoje-1 (-2903 m); Putiłowsk-1 (-3002 m), C8-1/82 (-3027 m); na Litwie: E6-

1/84 (-1056 m), E7-1/82 (-1601 m), Žemite-1 (-1898 m); Žalgiriai-1 (-2208 m); Kłajpeda-1 (-2278 m), Vabalaj-1 (-2301 m); na Łotwie: Viergale-46 (-1367 m), Biernaty R-8 (-1489 m), P6-1 (-1557 m), Pape P-18 (-1682 m), Nida P-48 (-1881 m), (Grigelis A. A., 1991).

Współczesna morfologia powierzchni skał fundamentu krystalicznego kratonu wschodnioeuropejskiego, która najbardziej kontrastowo odzwierciedla wszelkie naruszenia tektoniczne przenikające w większym lub mniejszym stopniu do pokrywy osadowej, pozwala wyznaczyć struktury tektoniczne różnego rzędu. Synekliza bałtycka jest jedną z większych struktur tektonicznych południowo-zachodniej części kratonu wschodnioeuropejskiego (**Fig. 1.1.21\_58**). Na obszarze syneklizy bałtyckiej wydzielono struktury regionalne niższego rzędu, takie jak: zapadlisko polsko-litewskie, zapadlisko środkowobałtyckie, monoklinę łotewsko-estońską w jej północno-wschodniej części (Suveizdis P. i in., 1979). Obniżenie polsko-litewskie jest jednostką strukturalno-tektoniczną syneklizy bałtyckiej o długości około 400 km i szerokości do 250 km. Rozciąga się na obszarze lądowym wschodniej syneklizy i od północy graniczy ze strefą rozłamów Liepaja-Ryga, od wschodu z siodłem łotewskim, a od południa z wyniesieniem mazurskim anteklizy mazursko-białoruskiej. Od zachodu to obniżenie ogranicza wyniesienie fundamentu krystalicznego wychodzące w akwen Bałtyku od wyniesienia Liepaja-Saldus. Na obszarze tej struktury w podłożu krystalicznym zaznacza się szereg wyniesień i obniżeń o charakterze bloków tektonicznych ograniczonych dyslokacjami o przebiegu mniej więcej równoleżnikowym. W osiowej części syneklizy występuje obniżenie środkowobałtyckie rozciągające się od najbardziej pograżonej części na południowym zachodzie przez obniżenie gdańskie i dalej w akwenu Bałtyku w kierunku wschodnim do południowego skłonu liepajsko-salduskiej strefy podniesień. Większość elementów strukturalnych ograniczają rozłamy tektoniczne o różnych długościach. Do najdłuższych należy strefa rozłamów Liepaja-Ryga (ograniczająca wyniesienie Liepaja-Saldus położone na północy) rozciągająca się na lądzie na długości około 500 km i 125 km w obszarze morskim. Strefa ta przecina prawie całą syneklizę bałtycką z NE na SW. Złożona jest z kulisowych dyslokacji i uskoków bocznych o wielkościach zrzutu osiagających 500-650 m i przenikających do kaledońskiego, rzadziej waryscyjskiego piętra pokrywy osadowej (Brangulis A. P., Kanev S. V., Margulis A. S., Haselton T. M., 1992). Tektonika nieciągła kaledońskiego kompleksu strukturalnego jest częściowo uwarunkowana starymi założeniami w fundamencie krystalicznym, a dotyczy to zwłaszcza uskoków regionalnych i lineamentów (Witkowski A., 1990a). Dla lineamentów dominujące są kierunki zbliżone do NW-SE i NNW-SSE. Wiek powstania uskoków w syneklizie bałtyckiej jest przypisywany do kierunków ich przebiegu i odmiennie interpretowany przez różnych autorów. Pogląd, że uskoki południkowe są starsze, a równoleżnikowe młodsze, wyrażony przez Witkowskiego A. (1989b, 1990a) jest słuszny tylko dla wyniesienia Łeby i przyległego bloku w akwenu Bałtyku. Dla obszaru lądowego wschodniej syneklizy bałtyckiej w rejonie Kłajpedy-Liepaj Suveizdis P. i in. (1979) uważają, że rozłamy wgłębne i uskoki o kierunkach równoleżnikowych i subrównoleżnikowych mają starsze założenia strukturalne i powstały już w kambrze a najbardziej aktywne były w okresie sylur-dolny dewon. Większość dyslokacji nieciągłych powstała w końcu kaledońskiego i w waryscyjskim cyklu tektonicznym. Część z nich zapewne wykorzystwała stare założenia strukturalne. W alpejskim cyklu tektonicznym uskoki te były regenerowane i rozwijały się nowe dyslokacje. Dyslokacje nieciągłe tworzą mozaikowy system uskoków subrównoleżnikowych, subpołudnikowych oraz diagonalnych, szczególnie licznych w pobliżu strefy T-T, w rejonie Bornholmu (Witkowski A., 1989a, 1989b, 1990a).



### **Strukturalne kompleksy pokrywowe**

Na skałach fundamentu krystalicznego zalegają strukturalne kompleksy pokrywowe rozdzielone nieciągłościami erozyjnymi o zasięgu regionalnym. Stratygrafia i miąższość osadów budujących poszczególne kompleksy strukturalne zależy od specyfiki lokalnego rozwoju geologicznego. Na obszarze syneklizy bałtyckiej wydziela się następujące kompleksy strukturalne: bajkalski, kaledoński, waryscyjski, oraz alpejski (Fig. 1.1.21\_59, 60).

Bajkalski kompleks strukturalny o miąższości około 30 m, reprezentowany przez osady od ediakaru do najniższego dolnego kambru (piętro baltic w krajach nadbałtyckich) występuje we wschodniej części basenu na obszarze Litwy i Łotwy (Witkowski A., 1989a; Grigelis A.A., 1991). W tym rejonie nadległy kompleks kaledoński leży niezgodnie na kompleksie bajkalskim (Suveizdis P. i in., 1979; Brangulis A. P., 1985). Na pozostałym obszarze utwory ediakaru występują w ciągłości sedymentacyjnej z osadami dolnego kambru, tworząc na obszarze północnej Polski kaledoński kompleks strukturalny (Pożaryski W., Witkowski A., 1990; Jaworowski K., 1979, 2002). Odmienny pogląd wyrazili Areń B. i Tomczyk H. (1976), którzy utwory ediakaru i kambru na obszarze północnej Polski zaliczyli do kompleksu bajkalskiego.

Kaledoński kompleks strukturalny o miąższości ponad 4500 m tworzą utwory od dolnego kambru do najniższego dolnego dewonu (lochkow) – grupa gargzdajska (D<sub>1gr</sub>), która występuje na obszarze środkowego Bałtyku (Grigelis A. A., 1991). W kompleksie tym w krajach nadbałtyckich na podstawie analizy formacyjnej wyróżniono dolnokambryjsko-górnokambryjskie piętro strukturalne i piętro ordowicko-dolnodewońskie z wydzielonymi podpiętrami ordowickim i sylursko-dolnodewońskim. W Polsce północnej i przyległym akwenie Bałtyku wyróżniono następujące piętra strukturalne, odpowiadające głównym cyklom sedymentacyjnym (Witkowski A., 1989a; Pożaryski W., Witkowski A., 1990):

- ediakarsko-środkowokambryjskie,
- środkowo-górnokambryjsko-tremadockie,
- arenidzko-żedyńskie.

Szczegółowa analiza utworów dolnego paleozoiku zapisana w profilach otwiertów zlokalizowanych w lądowej części północnej Polski pozwoliła wydzielić pomiędzy subaeralnymi powierzchniami nieciągłości erozyjnych o zasięgu regionalnym sekwencje depozycyjne, które korespondują z wymienionymi piętrami strukturalnymi (Jaworowski K., 2002). Ediakarsko-środkowokambryjskie piętro strukturalne obejmuje osady od ediakaru po środkową część kambru środkowego o miąższości około 1000 m, natomiast środkowo-górnokambryjsko-tremadockie reprezentują osady od najwyższego kambru środkowego do dolnego tremadoku o miąższości ponad 20 m. Arenidzko-żedyńskie piętro strukturalne, w świetle wydzielonych przez Jaworowskiego K. (2002) sekwencji depozycyjnych, można podzielić na podpiętra: ordowickie, na które składają się osady od arenigu po aszgil (bez części najwyższej) o sumarycznej miąższości dochodzącej do 140 m, oraz podpiętro sylurskie reprezentowane przez osady od landoweru (bez części najniższej), aż po pridol (bez części najwyższej) o szczególnie dużej miąższości wynoszącej ponad 3700 m. Kaledoński

kompleks strukturalny w ujęciu Arenia B. i Tomczyka H. (1976) reprezentują osady ordowiku (od arenigu) i syluru.

Waryscyjski kompleks strukturalny reprezentowany przez utwory od środkowej części dewonu dolnego (prag) – grupa kemerska (D<sub>1</sub>km) do dolnego permu zalega z ostrą niezgodnością na różnych poziomach kompleksu kaledońskiego w północno-wschodniej i środkowej części syneklizy bałtyckiej (Grigelis A. A., 1991). We wczesnym dewonie nastąpiła znaczna przebudowa strukturalna obszaru, której towarzyszyło ogólne wypiętrzenie całego regionu, intensywne blokowe ruchy tektoniczne i formowanie struktur. Większość obszaru została zdenudowana, a sedymentacja trwała tylko w reliktowych izolowanych basenach, w których gromadziły się osady terygeniczne, węglanowo-terygeniczne i miejscami siarczany (Brangulis A. P., Kanev S. V., Margulis A. S., Haselton T. M., 1992). W polskiej strefie Bałtyku dewon dolny, środkowy i górny występuje na blokach Rozewia i kurlandzkim, a obecny jego zasięg jest wtórny, uwarunkowany deformacjami synwaryscyjskimi (Dadlez R., 1995). W profilu dewonu o łącznej miąższości 600-650 m wyróżnia się dolno-środkowodewońską serię klastyczną, miąższości blisko 500 m, pochodzenia głównie śródlądowego. Wyżej leży kompleks klastyczno-węglanowy o miąższości 150 m, należący do wyższego franu i famenu (Dadlez R., 1995). W otworze wiertniczym B5-1/01 na Bałtyku, zlokalizowanym w północno-wschodniej części polskiej strefy ekonomicznej, stwierdzono w profilu utwory dewonu o miąższości 494 m, wykształcone jako dolomity z przewarstwieniami iłowców przechodzące ku spągowi w iłowce i mułowce i nielicznymi przewarstwieniami piaskowców (Domżański J., Pokorski J., Mazurek A., Anolik P., Wagner R., 2002).

W kierunku wschodnim miąższość kompleksu waryscyjskiego wzrasta do ponad 800 m, a w profilu obok utworów dewonu występują utwory najniższego karbonu.

Alpejski kompleks strukturalny leży niezgodnie na zerodowanych powierzchniach kompleksów waryscyjskiego i kaledońskiego i osiąga miąższości do 1800 m. Znaczna część syneklizy bałtyckiej pozbawiona jest utworów permu-mezozoiku i kenozoiku. Wydziela się w tym kompleksie podpiętro dolnoalpejskie obejmujące utwory od górnego permu do kredy, oraz górnoalpejskie reprezentowane przez utwory paleogenu i neogenu, które występują w przykrawędziowej strefie syneklizy i w południowo-wschodniej części okręgu kaliningradzkiego (Aren B., Tomczyk H., 1976; Grigelis A. A., 1991; Brangulis A. P., Kanev S. V., Margulis A. S., Haselton T. M., 1992). Utwory tego kompleksu występują również w rejonie zatoki Hanö i Bornholmu. W południowej, polskiej części syneklizy redukcje profilu stratygraficznego wynikają zarówno z pierwotnego zasięgu kolejnych basenów sedymentacyjnych, jak i z rozległych oraz długotrwałych procesów denudacyjnych w najwyższym cechszynie, górnym triasie, dolnej jurze i dolnej kredzie (Dadlez R. i in., 1976).

Niezależne kompleksy strukturalne korespondują z każdym stadium formowania pokrywy osadowej. Stadium kaledońskie było odpowiedzialne za uformowanie syneklizy bałtyckiej i większości lokalnych wyniesień będących głównymi obiektami poszukiwań naftowych. Struktury kaledońskie są przeważnie nieobecne, lub bardzo słabo wyrażone w kompleksach waryscyjskim i alpejskim (Brangulis A. P., Kanev S. V., Margulis A. S., Haselton T. M., 1992).

### ***Kaledoński etap ewolucji tektonicznej***

W dotychczasowym ujęciu synekliza bałtycka uformowana została przez perykratoniczną subsyduję platformy wschodnioeuropejskiej w epoce kaledońskiej (Brangulis A. P., Kanev S. V., Margulis A. S., Haselton T. M., 1992), a według Pożaryskiego W. i Witkowskiego A. (1990) w wyniku synorogenicznych ruchów kaledońskich, jednak ostateczną formę strukturalną uzyskała w waryscyjskiej epoce tektonicznej. Na temat wieku powstania ram strukturalnych syneklizy bałtyckiej istnieje wiele różniących się między sobą poglądów. Część autorów określa wiek założeń strukturalnych, umożliwiających rozwój pokrywy osadowej, jako: przeddolnokambryjskie (Znosko J., 1966), czy też kambryjskie (Depowski S., Tyski S., 1968; Stolarczyk F., 1979). Do poglądu o wczesnokaledońskim wyodrębnieniu syneklizy przychyliła się również Suveizdis P. i in. (1979), modyfikując wcześniejszą opinię o jej wieku wenlockim (Witkowski A., 1990a). Odmienne poglądy prezentuje Kotański Z. (1977) uważając, że synekliza nie istniała w ediakarze i kambrze, lecz powstała dopiero w wyniku subsyducji sylurskiej i została ukształtowana w dewonie-karbonie i permie podczas formowania wyniesienia mazurskiego. Na sylurski wiek tych założeń wskazują Motyl-Rakowska J. (1976) określając go na wenlok-ludlow i Pożaryski W. (1977) na ludlow. Według Góreckiego W., Neya R. i Strzetelskiego W. (1979) zasadniczy etap kształtowania paleostrukturalnego syneklizy nastąpił w związku z przebudową zigeńską związaną z zakończeniem w fazie eryjskiej kaledońskiego cyklu tektonicznego, podkreślając znaczenie etapu waryscyjskiego, a Stolarczyk F. (1979) prezentuje pogląd o ukształtowaniu syneklizy bałtyckiej na etapie waryscyjskim.

Traktując wczesnopaleozoiczną syneklizę bałtycką jako basen strukturalny należy zgodzić się z opiniami tych autorów, którzy określają wiek uformowania tej jednostki strukturalno-tektonicznej na schyłek kaledońskiego i waryscyjski cykl tektoniczny. Rozpatrując jednak tektoniczne uwarunkowania stref sedimentacyjnych w tej części kratonu wschodnioeuropejskiego, jako ramy neoproterozoiczno-dolnopaleozoicznego bałtyckiego basenu sedimentacyjnego, należy zgodzić się z opinią tych autorów, którzy wskazują na przeddolnokambryjski, a nawet przedplatformowy etap założeń (Znosko J., 1966; Witkowski A., 1990a).

### ***Rozprzestrzenienie utworów kambru***

Kambryjski basen bałtycki, szczególnie we wczesnym kambrze, był wyciągnięty w kierunku prawie południkowym, a jego oś największych miąższości przebiegała od Koszalina w kierunku północno-wschodnim do wyspy Saaremaa (Grigelis A. A., 1991).

W profilu kambru basenu bałtyckiego wydzieliła się wszystkie 3 oddziały, lecz podziały stratygraficzne w poszczególnych jego częściach są różne. Na całym obszarze rozprzestrzenienia są to terygeniczne osady morskie reprezentowane przez piaskowce, łowce i mułowce zalegające transgresywnie na różnowiekowym podłożu proterozoicznym. Miąższość całkowita kambru na południowym zachodzie może osiągać 600 m, w południowej części morza Bałtyckiego wynosi 180-450 m, a w kierunku północnym redukuje się do 80-120 m (wyspa Chiiumaa) i 30-40 m na południu zalewu Botnickiego (Grigelis A. A., 1991). Strop utworów kambru od dodatnich wartości na północy pogrąża się do -2500 m na południowym wschodzie i od -3000 do -4000 m i więcej na południowym zachodzie basenu.

W zachodniej części zalewu fińskiego, w północnym Bałtyku i przylegającym lądzie zachodniej Estonii, profil stratygraficzny ma przejściowy charakter od klasycznego dolnego kambru północnej Estonii do najbardziej pełnego i miąższego profilu dolnego i środkowego kambru zachodniej Łotwy. Miąższość utworów kambryjskich zwiększa się w kierunku zachodnim od 90 m w okolicach Tallina do 120 m na wyspie Chiumaa. W akwenu Bałtyku miąższość kambru zmienia się od 87 do 136 m (Grigelis A. A., 1991). Utwory kambru dolnego ukazują się na powierzchni w północnej, lądowej części Estonii. W kierunku zachodnim wychodnie utworów kambryjskich śledzone są w akwenu zalewu fińskiego i dalej na dnie Bałtyku środkowego do wschodniego wybrzeża południowej Szwecji. Na północ i północny zachód od wyspy Chiumaa w obniżeniach powierzchni dna morza odkrywają się utwory dolnego kambru (Grigelis A. A., 1991). Według danych z wiercenia na wyspie Gotska Sandön kambr dolny reprezentują zlepierce i piaskowce o miąższości do 72,5 m. Dalej w kierunku południowo-zachodnim obok utworów dolnokambryjskich pojawiają się utwory środkowego kambru i furonga, na co wskazują wiercenia na Gotlandii i wychodnie na wyspie Olandia. W rejonie środkowego Bałtyku w kambrze dolnym wydziela się 4 kompleksy sejsmostratygraficzne (Floden T., 1980). Utwory kambru środkowego i furonga, wychodzące na powierzchnię w zachodniej części wyspy Olandia, reprezentowane są przez czarne łupki ałunowe z wkładkami wapieni, zalegające na piaskowcach dolnego kambru z ostrą granicą litologiczną i przerwą stratygraficzną (Grigelis A. A., 1991). Luka stratygraficzna zwiększa się w kierunku południowo-zachodnim w stronę Skanii (południowa Szwecja) i Bornholmu. Według danych wiertniczych miąższość kambru środkowego w południowej części wyspy Olandia dochodzi do 10 m, natomiast furonga do 13 m. Utwory te rozprzestrzeniają się również w akwenu morza na południowym zachodzie wyspy Olandii i odnoszą się do kompleksu sejsmostratygraficznego Cm5-01 (Floden T., 1980). Miąższość kambru środkowego na Gotlandii wynosi 20-80 m, a furonga około 2 m. Są one rozdzielone według lokalnych podziałów stratygraficznych. W środkowym Bałtyku i przyległym lądzie strop utworów kambru powtarza relief fundamentu krystalicznego, pogrążając się w kierunku południowo-zachodnim i południowym od -650 m w zatoce ryskiej do -1800 m w zapadlisku liepajskim.

W południowej części basenu bałtyckiego wśród terygeniczných utworów kambru występują ropogazonośne piaskowce środkowokambryjskie. W południowym Bałtyku utwory kambru reprezentują piaskowce i iłowce o miąższości 213-280 m. W kierunku zachodnim miąższość tych utworów zwiększa się do 380 m. Najstarsze utwory dolnego kambru - poziomy rowenski i lontowaski - odnoszą się do górnej części formacji żarnowieckiej. Wyżej w profilu kambru dolnego wydziela się poziomy talsinskij, oraz wiergalski i rauswerski, składające się z piaskowców kwarcowych przewarstwionych iłowcami. Kambr środkowy reprezentuje warstwa przewarstwiających się iłowców i mułowców z piaskowcami kwarcowymi poziomu kibartajskiego i średnioziarnistymi, kwarcowymi piaskowcami z rzadkimi wkładkami mułowców nadpoziomu dejmenaskiego. Na południowym zachodzie regionu kaliningradzkiego utwory furonga reprezentuje formacja ładuszkińska. Są to jasnoszare wapienie, soczewkowato przeławicające się z szarymi i ciemnoszarymi mułowcami, piaskowcami i iłowcami. Miąższość formacji wynosi od 0,1 do 1,6 m. Głębokość zalegania stropu utworów kambru zmienia się od -900 m na północnym zachodzie polskiego sektora południowego Bałtyku do około -2900 m w sektorze kaliningradzkim.

W południowo-zachodnim Bałtyku i na wyspie Bornholm różne stratygraficznie poziomy kambru dolnego, środkowego i furonga wychodzą na dzisiejszą powierzchnię w blokach tektonicznych w południowo-

zachodniej części wyspy, bezpośrednio w strefie lineamentu Teisseyre'a-Tornquista. Od północno-wschodu otoczone są proterozoikiem, ku południowi i południowemu wschodowi graniczą z utworami ordowiku, syluru, jury lub kredy. Pod pokrywą tych ostatnich utwory kambru rozprzestrzeniają się na obszarze Bornholmu i w zalewie Hanö. Na wyspie Bornholm system kambryjski reprezentują 3 oddziały. Szczegółowe dane biostratygraficzne wskazują na istnienie w utworach kambru licznych przerw sedimentacyjnych. Kambr dolny reprezentują czerwone piaskowce Nexö o miąższości do 100 m i występujące wyżej kwarcowe piaskowce glaukonitowe Balka o miąższości 60 m. Obydwa te stratony odpowiadają piaskowcom Hardeberga w Skanii wieku wczesnoholmiowego (*Holmia A*). Piaskowce Balka przykrywa regresywna formacja Lesö złożona z mułowców z konglomeratami fosforytów i glaukonitem. Wyżej występują piaskowce kwarcowe Rispebjerg o miąższości 3 m z horyzontem fosforytowym. Między dolnym i środkowym kambrem stwierdzono większą lukę stratygraficzną, obejmującą do 4 zon trylobitowych z końca dolnego i początku środkowego kambru. Profil kambru środkowego i furonga rozpoczyna się wapieniami Exulans, powyżej zalegają dolne łupki alunowe, wapienie bitumiczne Andrarum i górne łupki alunowe. Miąższość środkowego kambru na Bornholmie wynosi 5,5-6 m, natomiast furonga – 23 m. W stronę Skanii (południowa Szwecja) miąższość kambru środkowego wzrasta do 20 m, a furonga do 40-55 m (Grigelis A. A., 1991).

W południowym Bałtyku, między wyspą Bornholm, a północną Polską profil kambru jest bardziej ilasty. Podział stratygraficzny kambru opiera się na danych paleontologicznych (akritarchach, trylobitach i ramienionogach), litologicznych i geofizycznych. Według danych sejsmoakustycznych w utworach dolnego kambru obserwuje się 4-5 horyzontów odbijających, które Floden T. (1980) koreluje z małomiąższymi (kilka cm) warstewkami konglomeratu fosforytowych. W północnej Polsce i przyległym polskim sektorze Bałtyku utwory kambru rozdzielone są na formacje i strefy biostratygraficzne.

#### Charakterystyka utworów ediakaru i kambru w południowej części basenu bałtyckiego

**W pracy oparto się na wynikach długoletnich badań nad podziałem biostratygraficznym kambru prowadzonych przez Lendzion K. (1969, 1976, 1982, 1983, 1988), która na podstawie fauny szkieletowej wydzieliła poziomy i podpoziomy faunistyczne, obecnie poziomy, a w kambrze środkowym nadpoziomy i poziomy, pomiędzy którymi stwierdziła istnienie luk stratygraficznych.**

#### EDIAKAR-KAMBR DOLNY

W zachodniej części basenu pomiędzy podłożem krystalicznym a paleontologicznie udokumentowanym poziomem *Mobergella* kambru dolnego zalegają utwory formacji żarnowieckiej. Wiek tej formacji określany jest na ediakar-najniższy dolny kambr (Lendzion K., 1983, 1988). Dolna granica formacji żarnowieckiej jest jednoznaczna, gdyż występuje na rozmytej powierzchni krystaliniku (Areń B., 1988a). Dolnokambryjski odcinek formacji żarnowieckiej należący prawdopodobnie (brak danych faunistycznych) do poziomu *Platysolenites*, wraz z nadległym poziomem *Mobergella*, wyróżnionym na podstawie fauny nietrylobitowej, tworzą piętro klimontovian (Lendzion K., 1982, 1983), a według Bednarczyka W. i Turnau-Morawskiej M.

(1975) należą do formacji klukoskiej. Poziom *Platysolenites* został stwierdzony dotychczas tylko w obszarze zachodnim w profilu otworu Kościerzyna IG-1. Są to osady powstałe w środowisku sublitoralnym i wykształcone, jako piaskowce drobno- i różnoziarniste przewarstwiane przekładańcami mułowcowo-piaszczystymi o miąższości 50,3 m (Lendzion K., 1982, 1983). Poziom *Mobergella*, występuje głównie w obszarze zachodnim i reprezentowany jest przez osady powstałe w środowisku sublitoralnym, wykształcone jako piaskowce drobno-, średnio- i różnoziarniste często poziomo laminowane glaukonitem, a rzadziej materiałem ilastym. Miejscami w piaskowcach występują wkładki mułowców ilastych i iłowców (Lendzion K., 1982, 1983). Maksymalna miąższość osadów tego poziomu wynosi niewiele ponad 90 m i maleje w kierunku wschodnim do 0 m. Powyżej zalegają dobrze udokumentowane na podstawie fauny trylobitowej poziomy: *Holmia* i *Protolenus* o szerszym rozprzestrzenieniu obejmującym również wschodnią część basenu. Osady tych poziomów tworzą jeden kompleks przewarstwiających się piaskowców i mułowców powstałych w środowisku sublitoralnym. W obszarze zachodnim utwory poziomów *Holmia* i *Protolenus* należą do formacji łebskiej według Bednarczyka W. i Turnau-Morawskiej M. (1975). W obszarze wschodnim sedimentacja dolnego kambru rozpoczęła się dopiero w poziomie *Holmia*. Osady reprezentowane są przez piaskowce, przechodzące ku górze w mułowce i mułowce ilaste z ziarnami glaukonitu. W górnej części poziomu *Holmia* występują najczęściej dwie warstwy oolitów żelazistych, świadczące o krótkotrwałych zmianach warunków środowiska sedimentacyjnego na utleniające. Przewarstwiające się osady piaskowcowo-mułowcowe występujące w stropie należą prawdopodobnie do poziomu *Protolenus*, który został tu wydzielony na podstawie podobieństwa litologicznego z osadami paleontologicznie udokumentowanymi z obszarów sąsiednich.

Ogólna miąższość osadów kambru dolnego reprezentowanych przez 3 poziomy faunistyczne *Mobergella*, *Holmia* i *Protolenus* wynosi w części zachodniej od 170 do około 360 m na lądzie i od 79 do 170 m w akwenu Bałtyku (Lendzion K., 1988). Maksymalna stwierdzona sumaryczna miąższość poziomów *Holmia* i *Protolenus* w obszarze wschodnim wynosi 273,5 m (Lendzion K., 1983).

## KAMBR ŚRODKOWY

Kambr środkowy w południowej części basenu bałtyckiego należy do trzech nadpoziomów: *Eccaparadoxides oelandicus*, *Paradoxides paradoxissimus* i *Paradoxidesforchhammeri*, ale nie reprezentuje wszystkich poziomów trylobitowych (Lendzion K., 1976, 1982, 1983, 1988).

Nadpoziom *Eccaparadoxides oelandicus* występuje na całym obszarze południowej części basenu bałtyckiego. W obszarze zachodnim należy do formacji sarbskiej według Bednarczyka W. i Turnau-Morawskiej M. (1975) i reprezentowany jest przez mułowce z nieregularnymi skupieniami materiału piaszczystego z glaukonitem, przechodzące ku górze w iłowce z nieregularnymi i nielicznymi cienkimi przewarstwieniami piaskowca, który w stropie tego nadpoziomu dominuje. W obszarze wschodnim wykształcony jest jako piaskowce, mułowce i iłowce przechodzące ku górze w piaskowce o różnym uziarnieniu i spoiwie węglanowym lub kwarcowym - regeneracyjnym (Lendzion K., 1983). Ogólna miąższość osadów nadpoziomu *Eccaparadoxides oelandicus* w obszarze zachodnim zmienia się od około 100 do 193 m

na łądzie i od 98 do 300 m w przyległym akwenu (Lendzion K., 1988). Na obszarze wschodnim miąższość tego nadpoziomu, który jako jedyny reprezentuje kambr środkowy, zmienia się od 0 do około 130 m.

Nadpoziom *Paradoxides paradoxissimus* występuje w skrajnie zachodniej części obszaru wschodniego, oraz w obszarze zachodnim. Według Bednarczyka W. i Turnau-Morawskiej M. (1975) należy do formacji dębkowskiej. Osady tego nadpoziomu reprezentowane są przez drobnoziarniste piaskowce kwarcowe, przewarstwione iłowcami i mułowcami, głównie w górnej części profilu, gdzie pojawiają się także cienkie wkładki wapieni drobnokrystalicznych. Miąższość osadów na łądzie waha się od 5 do 175 m, natomiast w akwenu od 35 do 115 m (Lendzion K., 1988). Przejście od nadpoziomu *Paradoxides paradoxissimus* do *Paradoxides forchhammeri* nie jest ciągłe. Występuje tu luka stratygraficzna, której wielkość jest zmienna i obejmuje w całości lub w części najwyższy poziom *Ptychagnostus punctuosus* nadpoziomu *Paradoxides paradoxissimus* oraz *Triplagnostus lundgreni*+*Goniagnostus nathorsti* i *Jincella brachymetopa* nadpoziomu *Paradoxides forchhammeri*, znane ze stratotypowych profili Skandynawii (Lendzion K., 1982, 1983).

Nadpoziom *Paradoxides forchhammeri* najbardziej ograniczony zasięg występowania. Został stwierdzony w strefie Żelazna Góra-Hel-Żarnowiec-Białogóra i dalej w kierunku Bornholmu (Lendzion K., 1982, 1983, 1988; Bednarczyk W., Turnau-Morawska M., 1975; Bednarczyk W., Przybyłowicz T., 1980; Bednarczyk W., 1984). W obszarze wschodnim na łądzie nadpoziom *Paradoxides forchhammeri* tworzą piaskowce wapniste z glaukonitem i zlepieńcem w spągu. W obszarze zachodnim osady tego nadpoziomu, według Bednarczyka W. i Turnau-Morawskiej M. (1975), należą do formacji białogórskiej. W akwenu Bałtyku w spągu leży wapień drobnokrystaliczny z licznymi ziarnami glaukonitu, nieregularnie poprzerastany czarnym iłowcem bitumicznym, który wyżej dominuje i w sposób ciągły przechodzi do kambru górnego. Ogólna miąższość nadpoziomu *Paradoxides forchhammeri* wynosi na łądzie od 0 do 4,2 m, a w akwenu od 0 do 3,5 m (Lendzion K., 1988).

## FURONG

Furong został paleontologicznie udokumentowany i rozpoziomowany na podstawie fauny trylobitowej analogicznie jak w Skandynawii. Profil na omawianym obszarze nie jest pełny w stosunku do profili z południowej Skandynawii z rejonu Skanii i okolic Oslo. W obszarze zachodnim kończy się poziomem *Peltura scarabaeoides*, natomiast we wschodnim poziomem *Olenus* i *Homagnostus obesus*, a być może *Parabolina spinulosa* (Lendzion K., 1982, 1983). Luka stratygraficzna obejmuje poziomy *Leptoplastus* i *Protopelturapraecursor*.

Furong występuje w obszarze zachodnim, gdzie charakteryzuje się pełniejszym profilem stratygraficznym, w którym zaznacza się jednak nieciągłość sedymentacji między poziomami *Parabolina spinulosa* i *Peltura minor*. Osady tego oddziału w obszarze zachodnim należą do formacji słowińskiej i piaśnickiej według Bednarczyka W. i Turnau-Morawskiej M. (1975) i są reprezentowane przez czarne iłowce bitumiczne z nielicznymi wkładkami wapieni pelitycznych, drobnokrystalicznych, oraz organodetrytycznych z licznymi kongrecjami pirytu, który tworzy niekiedy cienkie laminy (Lendzion K., 1988). W obszarze wschodnim, poza zasięgiem występowania nadpoziomu *Paradoxides forchhammeri*, pojawia się luka stratygraficzna pomiędzy nadpoziomem *Paradoxides paradoxissimus* kambru środkowego, a poziomem *Agnostus pisiformis* (Lendzion

K., 1983). Osady wykształcone są tu jako wapienie drobnokrystaliczne lub pelityczne, z nielicznymi wkładkami drobnoziarnistych piaskowców wapnistych (Szymański B., 1976, 1977; Lendzion K., 1982, 1983).

#### Charakterystyka środowisk sedymentacji

Badania sedymentologiczne utworów ediakar-kambr na obszarze basenu bałtyckiego były prowadzone na przestrzeni ostatnich trzydziestu lat przez Jaworowskiego K. (1977, 1978, 1979, 1982, 1986, 1997, 2000a). Umożliwiły rozpoznanie zmienności litofacjalnej osadów transgresywnych, środowiska ich sedymentacji, położenie obszarów źródłowych oraz kierunki transportu materiału klastycznego, prawidłowości w następstwie osadów oraz przestrzenny rozwój zbiornika w fazie transgresji. Analizę mineralogiczno-petrograficzną osadów formacji żarnowieckiej przedstawiła Juskowiakowa M. (1976), a warunki powstania tych osadów oraz procesy towarzyszące rozwojowi basenu przedstawili również w swych pracach: Areń B. (1978, 1988b), Lendzion K. (1983). Badania te wykazały, że przejście od osadów ediakaru do kambru jest ciągłe (Lendzion K., 1976, 1982, 1983; Areń B. i Lendzion K., 1978; Jaworowski K., 1978, 1979, 1982). Szczegółowe badania litologiczne i sedymentologiczne osadów formacji żarnowieckiej wykazały, że dolny kompleks litologiczny obejmuje osady powstałe w warunkach kontynentalnych w środowisku aluwialnego stożka napływowego z obszarem zasilania w rejonie Gdańska, a materiał okrucowy pochodził z denudacji podłoża krystalicznego (Areń B., 1978, 1988a; Jaworowski K., 1978, 1979, 1982, 1986). Górny kompleks litologiczny formacji żarnowieckiej o cechach lądowo-morskich może należeć już do kambru dolnego, być może do poziomu *Platysolenites* (brak danych faunistycznych), (Areń B., 1978; Jaworowski K., 1978, 1979, 1982, 1986; Lendzion K., 1982, 1983). Nadległe osady kambru dolnego i środkowego zostały zinterpretowane jako utwory powstałe w płytkiej części szelfu (Lendzion K., 1974), w środowisku morskim poddanym działaniu pływów i sztormów (Jaworowski K., 1977, 1978, 1979, 1982, 1986, 1997). Praca Sikorskiej M. (1988) poświęcona analizie mikrolitofacjalnej skał kambru środkowego potwierdziła hipotezę o pływowo-sztormowej genezie wielu piaskowców, pyłowców i iłowców występujących w tych osadach. Autorzy ci wskazali na związek tych osadów ze środowiskiem sedymentacji porównywalnym z dzisiejszymi językami piaszczystymi (*ang. sand tongues*) powstającymi w strefie niżej pływowej, sublitoralnej i międzypływowej a występującymi obecnie w południowo-wschodniej części Morza Północnego. Zbliżony pogląd o związku osadów kambru dolnego i środkowego ze środowiskiem szelfu i strefy pływów wyrazili Bednarczyk W. i Przybyłowicz T. (1980), oraz Schleicher M. (1994), który wyraził jednocześnie opinię, że w kambrze dolnym w obszarze zachodnim powstawały pływowe grzbiety piaszczyste i duże riplemarki, natomiast we wschodnim piaszki brzeżne. Utwory furonga tworzyły się w strefie płytkonerytycznej w dwóch podstrefach odmiennych litofacjalnie – wschodniej, w której powstawały osady piaskowcowo-węglanowe i zachodniej z osadami ilasto-węglanowymi (Szymański B., 1977).

#### **Ropogazoność utworów kambru**

W staropaleozoicznym bałtyckim basenie naftowym zasadnicze znaczenie poszukiwawcze mają utwory kambru środkowego, choć stwierdzono występowanie węglowodorów również w utworach ordowiku i syluru. Małe złoża ropy naftowej w utworach ordowiku, związane ze szczelinowatymi zbiornikami węglanowymi, odkryto na Gotlandii (złoża: Rums, Hamra, Bonsarve, Grunnet i Siglajve), oraz w obwodzie



kaliningradzkim, na Litwie i Łotwie (Witkowski A., 1989a; Brangulis A. P., Kanev S. V., Margulis A. S., Haselton T. M., 1992). W utworach rafowych syluru również odkryto małe złoża ropy naftowej na Litwie. Na estońskiej wyspie Hiiumaa eksploatacja dolnosylurskiej, ciężkiej ropy naftowej o ciężarze właściwym do  $1,005 \text{ g/cm}^3$  była prowadzona do 1918 r. (Witkowski A., 1989a).

Złoża węglowodorów zakumulowane w utworach kambru odkryte zostały zarówno w lądowej, jak i morskiej części basenu bałtyckiego. Na obszarze okręgu kaliningradzkiego, Litwy i Łotwy odkryto 35 złóż ropy naftowej i gazu ziemnego, w tym w akwenu Bałtyku odkryto 3 złoża ropy naftowej, z których największe jest złożo D6 (Brangulis A. P., Kanev S. V., Margulis A. S., Haselton T. M., 1992). Na terenie północnej Polski i przyległych wodach terytorialnych w utworach kambru środkowego odkryto 5 złóż ropy naftowej i 5 gazo-kondensatu (Karnkowski P., 1993; Domżański J., Mazurek A., 1997).

Pierwsze przemysłowe nagromadzenia ropy naftowej w utworach kambru odkryto w 1968 r. na terytorium Litwy i regionu kaliningradzkiego (Korkutis W. A., Lapinskas P. P., Łaszko E. M., 1972). Akumulacje węglowodorów związane są z piaskowcami serii dejmenaskiej kambru środkowego o miąższości od 35 do 100 m (Grigelis A. A. i in., 1982). Złoża ropy naftowej w gargzdajskiej strefie roponośnej na Litwie takie, jak: Siupariai, Siupariai-Południe, Vilkiciai, Deglai, Vezajciai, Sakuciai i Ablinga związane są ze strukturami typu brachyantyklinalnego, o długości 3,5-6 km, szerokości 2-4 km i amplitudzie 30-50 m. Sumaryczna miąższość kambryjskich piaskowców roponośnych, a jest ich tu do 4 przewarstwień, wynosi od 17 do 27 m. Porowatość piaskowców zmienia się od 0,8-1,2 do 11,1-14,8%. Ropa naftowa jest lekka, o gęstości  $0,8-0,82 \text{ g/cm}^3$  (Vosilius G. B. i in., 1987).

W obwodzie kaliningradzkim, zgodnie z kierunkiem zapadania fundamentu krystalicznego, głębokość zalegania stropu poziomemu roponośnego zwiększa się ze wschodu na zachód od -1375 m do -2690 m. Własności zbiornikowe piaskowców stopniowo pogarszają się w tym kierunku, a porowy typ zbiornika zmienia się na szczelinowo-porowy. Odkryte w tym rejonie złoża ropy naftowej są związane z przyuskokowymi lokalnymi strukturami antyklinalnymi dolnego paleozoiku, rzadziej zrzuconymi blokami tektonicznymi (Grigelis A. A., 1982). Amplitudy podniesień strukturalnych warstwy roponośnej wynoszą 25-100 m, natomiast zrzućty uskoków od kilku do 80-300 m. Stopień wypełnienia węglowodorami pułapek ekranowanych tektonicznie zwiększa się od 0,1-0,3 na wschodzie do 0,7 na zachodzie. W tym kierunku zwiększa się też ciśnienie złożowe od 21,7 do 28,2 MPa. Przyptywy ropy wynoszą od 37 do 300 t/dobę. Ropy ze złóż obwodu kaliningradzkiego są wysokiej jakości. Są to ropy lekkie o gęstości  $0,805-0,847 \text{ g/cm}^3$  i niskiej zawartości siarki od 0,04 do 0,40%. Zawartości lekkich frakcji w temperaturze  $300^\circ\text{C}$  wynosi 40-61%. Ich jakość polepsza się w kierunku zachodnim.

Prowadzone od końca lat pięćdziesiątych w Polsce północnej badania utworów starszego paleozoiku w celu określenia ich perspektywiczności dla poszukiwań złóż węglowodorów potwierdziły regionalną ropogazonośność utworów kambru, przede wszystkim kambru środkowego. Lokalne objawy węglowodorów w osadach ordowiku i syluru nie mają znaczenia praktycznego. Największy przyptyw ropy naftowej, oceniany na kilka ton, uzyskano z wapieni gruzłowych landoweru w otworze Kętrzyn IG-1 z głębokości 1520-1530 m. Objawy gazu ziemnego we wschodniej części polskiej syneklizy stwierdzono w utworach syluru w profilach wierceń: Barciany-1, Pasęk IG-1 i Sępopol-1, natomiast ropy naftowej w otworach Głądy-3, Korsze-1, Lidzbark Warmiński-3, Olsztyn IG-2, Pieszkowo-1, Sępopol-2 i Zaręby-2. Ślady

gazu ziemnego obserwowano w czasie przewiercania utworów ordowiku w otworach: Głębock-1, Olsztyn IG-2 i Żelazna Góra-1, a ropy naftowej w otworach: Głębock-1, Kętrzyn IG-1, Olsztyn IG-2 i Zaręby-2 (Witkowski A., 1989a). W utworach kambru stwierdzono liczne objawy ropy naftowej i gazu ziemnego w rdzeniach, oraz w wyniku opróbowania m.in. w otworach: Smołdzino-1, Łeba-8, Darżlubie IG-1, Władysławowo-4, Mieroszyno-8, Hel IG-1, Niestępowo-1, Kościerzyna IG-1, Gdańsk IG-1, Krynica Morska-2, Prabuty IG-1, Pasłęk IG-1, Olsztyn IG-2, Dobrze Miasto-2, Gładysze-1, Henrykowo-1, Głębock-1, Gałajny-1 i Gałajny-2.

Ropogazoność osadów kambru w rejonie Łeba-Żarnowiec została potwierdzona już w latach 1968-1969 odwiertami Żarnowiec IG-1 i Łeba-8, w których obserwowano ślady ropy naftowej i gazu ziemnego. W kolejnym odwiercie Żarnowiec IG-1a uzyskano po raz pierwszy nieprzemysłowy przyływ ropy naftowej. Wykonane w latach 1971-1972 dwa kolejne odwierty Dębki-2 i Żarnowiec IG-4, odkryły przemysłowe nagromadzenia ropy naftowej w kambrze środkowym. W latach 1972-1974 w kolejnych otworach poszukiwawczych: Dębki-3, Piaśnica-2, Białogóra-1 i Białogóra-2, oraz Żarnowiec-5 uzyskano ślady węglowodorów o różnym natężeniu i w czasie opróbowania niewielkie przykławy węglowodorów lub zgazowanych solanek. Pozytywne wyniki wierceń w przyległym akwenie Bałtyku spowodowały na początku lat 80. wznowienie prac poszukiwawczych na lądzie. W 1986 r. odwiertem Żarnowiec-6K odkryto złożo gazokondensatu Żarnowiec-Zachód. W 1991 r. z odwiertu Białogóra-3, zlokalizowanego około 780 m od odwiertu Białogóra-2, uzyskano przyływ ropy naftowej o wartości przemysłowej (Sikorski B., Solak M., 1991).

Złożo ropy naftowej Dębki-Żarnowiec związane z pułapką strukturalno-litologiczną obejmuje dwie małe akumulacje. Poziomem zbiornikowym są środkowokambryjskie piaskowce nadpoziomu *Paradoxides paradoxissimus*. W obrębie obu akumulacji wydziela się 2 poziomy produktywne: A i B, przy czym poziom A na głębokości 2695-2714,5 m, poziom B na głębokości 2714,5-2722 m. Miąższość serii złożowej wynosi średnio 4,0 m, porowatość 2,2-7,4%, przepuszczalność 0,0-4,2 mdcy. Ciężar właściwy ropy naftowej wynosi 0,808-0,821 g/cm<sup>3</sup>, a zawartość siarki 0,08-0,15%. Po 1987 roku wykonano na złożu 2 dalsze otwory – Żarnowiec-5 i -6, w których uzyskano przyływ lekkiej ropy naftowej (Karnkowski P., 1993).

Złożo ropy naftowej Białogóra odkryte w 1991 r. otworem Białogóra-3. Przemysłowy przyływ lekkiej ropy naftowej uzyskano z głębokości 2713,4-2733,0 m (Karnkowski P., 1993).

Złożo gazowo-kondensatowe Żarnowiec-Zachód odkryte w 1986 r. odwiertem Żarnowiec-6K, jest zakumulowane w odrębnej pułapce strukturalno-litologicznej. Skałami zbiornikowymi są piaskowce kwarcytowe poziomu *Paradoxides paradoxissimus*. Złożo jest ekranowane litologicznie przez zbite piaskowce występujące w nadkładzie serii złożowej. Ropa naftowa ma gęstość 0,721 g/cm<sup>3</sup>, a zawartości siarki wynosi 0,005-0,012% (Karnkowski P., 1993).

W obrębie polskiego sektora morza Bałtyckiego prace poszukiwawcze prowadzone w latach osiemdziesiątych przez przedsiębiorstwo WOPN „PETROBALTIC”, a od 1990 r. przez PPIEZRIG „PETROBALTIC” doprowadziły do odkrycia w utworach poziomu *Paradoxides paradoxissimus* kambru środkowego 3 złóż ropy naftowej B-3 (1981 r.), B-8 (1983 r.) i B-34 (1985 r.), oraz 4 złóż gazo-kondensatu: B-

4 (1981 r.), B-6 (1982 r.), B16 (1985 r.) i B-21 (1996 r.) o łącznych zasobach sięgających 30 mln ton ropy naftowej i 10 mld m<sup>3</sup> gazu ziemnego (Domżański J., Mazurek A., 1997).

### ***Charakterystyka pułapek złożowych dla ropy i gazu***

Na obszarze basenu bałtyckiego wszystkie złoża ropy naftowej w utworach kambryjskich związane są z lokalnymi podniesieniami (strukturami) przyuskokowymi (Vosilius G. B., 1987). W kompleksie starszego paleozoiku rozwinęły się liczne dyslokacje, przy których uformowały się późnokaledońskie struktury regionalne, a równocześnie z nimi wiele podniesień lokalnych. W obrębie tych lokalnych struktur utworzyły się różne typy pułapek naftowych: strukturalne, litologiczne i stratygraficzne, najczęściej jednak kombinowane. Pułapki strukturalne w postaci nosów strukturalnych rozwinęły się w części wschodniej basenu (w kierunku podnoszenia fundamentu krystalicznego) i są rozformowanymi lokalnymi podniesieniami. Zamknięte połogie struktury utworzyły się na północ od rozłamu tielszańskiego, na zachodzie wałów gargzdajskiego i krasnoborskiego, a także u podnóża północnego skłonu wyniesienia mazurskiego. Zamknięte połogie struktury – pułapki typu antyklinalnego – osiągają rozmiary 5-15 km<sup>2</sup> i amplitudy 30-50 m (Stripejka A. D., 1978). Przydyslokacyjne struktury lokalne powstawały w różnym czasie. Do najstarszych należą struktury Piltene na Łotwie i Sziuparjai na Litwie, oraz struktura Głądy w Polsce, założone z końcem proterozoiku lub w dolnym kambrze i uformowane w dwóch etapach – kambryjskim i na przełomie syluru i dewonu. Przykładem struktur założonych w kambrze z maksymalnym rozwojem na granicy syluru i dewonu, następnie pograżonych na etapie wczesnowaryscyjskim należą m.in. Priekule i Saldus na Łotwie. Ze względu na krótki czas rozwoju, struktury te nie są roponośne. Struktury założone i formowane w sylurze, z dwoma okresami maksymalnego przyrostu amplitudy – na przełomie syluru i dewonu, oraz w młodszym paleozoiku i z początkiem mezozoiku występują w centralnej i południowej części basenu, na terytorium zachodniej Litwy i obwodzie kaliningradzkim. Do tej grupy należy większość lokalnych podniesień w najbardziej pograżonej części basenu bałtyckiego: Uszakowsk, Krasnoborsk-Zachód, Krasnoborsk, Sławinsk, Sziupariai-Południe, Vilkiciai, Deglai, i inne. Złoże Krasnoborsk, zlokalizowane w centralnej części regionu kaliningradzkiego, występuje w pułapce strukturalnej ekranowanej tektonicznie. Związane jest z fałdem brachyantyklinalnym o przebiegu prawie południkowym. Pułapka złożowa na powierzchni stropowej kambru ma rozmiary 6 x 3 km, amplitudę 48 m i jest ograniczona uskokami rzutowymi o amplitudzie przemieszczenia od 80 do 285 m.

Na obszarze okręgu kaliningradzkiego i zachodniej Litwy złoża ropy naftowej m.in. Ładuszki, Wiesielowsk, Jagodnoje i Pociai zakumulowane są w pułapkach strukturalnych ekranowanych litologicznie przez nieprzepuszczalne, silnie zsylikowane piaskowce. Wśród piaskowców występują przewarstwienia silnie przeobrażone diagenetycznie o miąższości 3-14 m i słabo zsylikowane o miąższości 3-7 m. W północnej Polsce w podobnej pułapce występuje złoże Dębki-Żarnowiec.

W utworach kambru występują także pułapki stratygraficzne i litologiczne, związane z paleopodniesieniami podłoża prekambryjskiego rozpoznane na obszarze zachodniej Litwy. Pułapki te powstały w czasie ruchów wynoszących i erozji na przełomie kambru i ordowiku, a zbiornikami ropy naftowej są warstwy piaskowców występujące na skłonach paleopodniesień (Łaskowa Ł. N., 1979). Analiza charakteru typu pułapek

złożowych w polskiej części basenu bałtyckiego wykazała, że większość z nich związana jest z wyniesieniami konsedymencyjnymi wykazującymi trwałość strukturalną na poszczególnych etapach rozwoju geologicznego (Strzetelski W., 1979). Pułapki związane z paleowyniesieniami mogły się także rozformowywać na określonym etapie i wskutek zmian litologiczno-facjalnych, oraz ogólnego pogorszenia właściwości zbiornikowych od stropu ku skrzydłom – przeobrażać się w pułapki ekranowane litologicznie. W takim przypadku rozformowane paleopodniesienia są strefami predysponowanymi dla poszukiwań złóż ropy naftowej ekranowanych litologicznie. Pułapek litologicznych powstałych w wyniku procesów sedymentacyjno-strukturalnych, należy spodziewać się na południowo-zachodnim skłonie wyniesienia Łęby. Pułapek stratygraficznych powstałych pod wpływem procesów denudacyjno-strukturalnych można spodziewać się na skrzydłach lokalnych paleostruktur kaledońsko-waryscyjskich (Strzetelski W., 1979).

O wystąpieniu efektywnej pułapki dla węglowodorów, obok czynnika strukturalnego i zamknięcia tektonicznego, decydują również właściwości zbiornikowe poziomu poszukiwawczego, jak porowatość i przepuszczalność, które charakteryzują typ skały zbiornikowej jako porowy lub szczelinowy, a także mieszany - porowo-szczelinowy. W południowej części basenu bałtyckiego wystąpienie potencjalnych akumulacji węglowodorów zwiększa się w kierunku zachodnim, gdzie wraz ze wzrostem pograżenia następuje zmiana charakteru zbiornika z porowego na szczelinowo-porowy, a o właściwościach zbiornikowych piaskowców decyduje charakter wykształcenia litofacjalnego kambru środkowego, stopień przeobrażeń diagenetycznych jakim podlegały, oraz rozwój szczelinowości.

#### Charakterystyka petrofizyczna skał zbiornikowych i uszczelniających

Ropogazonośne utwory piaskowcowe kambru środkowego w polskiej części basenu bałtyckiego powstały w morzu epikontynentalnym o przewadze pływów i okresowo poddawanych sztormom, w środowisku jeziorów piaszczystych (Jaworowski K., 1997). W zachodniej części obszaru są to utwory nadpoziomu *Paradoxides paradoxissimus* (Pp), natomiast we wschodniej osady nadpoziomu *Eccaparadoxides oelandicus* (Eo), ponieważ nadległe osady kambru górnego i środkowego w znacznym stopniu usunęła wieloetapowa erozja przedordowicka, sięgając w głąb kambru środkowego, aż do nadpoziomu *Paradoxides paradoxissimus* włącznie.

Zróżnicowanie wykształcenia utworów nadpoziomów *Paradoxides paradoxissimus* (Pp) i *Eccaparadoxides oelandicus* (Eo) w obydwu obszarach basenu wynika z warunków sedymentacji. We wschodniej części basenu osady piaskowcowe nadpoziomu Eo powstały w środowisku litoralnym (Lendzion K., 1983) i wykazują niski stopień zailenia i dobre właściwości zbiornikowe, przy dużej ich jednorodności. W części zachodniej osady iłowcowo-piaskowcowe powstały w głębszej części strefy sublitoralnej (Lendzion K., 1983), stąd obserwuje się większe zróżnicowanie stopnia zailenia w profilu pionowym i lateralnie, co miało wpływ na ich właściwości zbiornikowe (Strzetelski W., 1979; Stolarczyk F., Stolarczyk J., Wysocka H. (2004)). Szczegółowe badania petrograficzne wykazały, że przy dużym udziale przewarstwień ilastych w osadzie zachodziły silne procesy sylifikacji, które istotnie ograniczały pierwotnie wysoką porowatość piaskowców, a jedną z głównych przyczyn inicjujących proces sylifikacji było ciśnienie warstw nadległych

ułatwiająca uwalnianie krzemionki z przewarstwień ilastych (Rydzewska K., 1974; Sikorska M., 1988, 1998; Sikorska M., Paczeńska J., 1997)

Piaszkowce środkowokambryjskie podlegały złożonym procesom diagenety (kompakcji mechanicznej i chemicznej oraz sylifikacji), które w różnym stopniu wpłynęły na utratę ich pierwotnych właściwości zbiornikowych. Proces postsedymentacyjnej sylifikacji, która jest głównym czynnikiem cementacji, związany z historią pogrzebania tych utworów miał największy wpływ i należy do najczęściej obserwowanych zjawisk diagenetycznych (Sikorska M., 1988, 1992, 1998; Sikorska M., Paczeńska J., 1997). Szczegółowe wyjaśnienie mechanizmu procesu sylifikacji i źródła krzemionki, oraz czasu w którym zachodził ma istotne znaczenie dla określenia możliwości powstawania, migracji i akumulacji węglowodorów w piaszkowcach kambryjskich (Sikorska M., 1992, 1998). Obecnie nasilenie sylifikacji w utworach kambru obserwuje się wraz ze wzrostem głębokości ich pogrzebania w kierunku południowo-zachodnim. W obszarze zachodnim basenu występują piaszkowce kwarcowe wykazujące na ogół wysoki stopień sylifikacji, wynikający z głębokości ich paleopogrzebania przez co ich pierwotne właściwości zbiornikowe zostały zredukowane. Jednak procesy tektoniczne spowodowały powstanie porowatości wtórnej, głównie mikroszczelinowej. Słabo związane, porowate piaszkowce występują natomiast w obszarze wschodnim, gdzie były i są nadal najmniej pogrzebane i w mniejszym stopniu uległy przemianom diagenetycznym. Kompakcja mechaniczna przejawiająca się w tych piaszkowcach występowaniem kontaktów stykowych pomiędzy ziarnami nie zatarła ich pierwotnych cech zbiornikowych.

Dotychczasowe badania nad wpływem procesu sylifikacji na kształtowanie przestrzeni porowej piaszkowców kambryjskich opierały się na poglądach dopuszczających wczesnodiagenetyczną genezę tego procesu (Rydzewska K., 1975), ze zjawiskiem rozpuszczania kwarcu pod ciśnieniem w późniejszych etapach diagenety (Strzetelski W., 1979), czy też na obydwu tych etapach diagenety (Sikorska M., 1988). Dopiero badania procesu sylifikacji z zastosowaniem katodoluminescencji prowadzone przez Sikorską M. (1992, 1994) pozwoliły rozstrzygnąć problem genezy tego procesu. Zaobserwowane przez autorkę dwie generacje neogenicznego kwarcu potwierdzają słuszność poglądów, że proces sylifikacji zachodził na etapach wczesnej i późnej diagenety. Jej zdaniem pierwsza generacja neogenicznego kwarcu obserwowanego w badaniach katodoluminescencyjnych powstała na etapie wczesnej diagenety a źródłem krzemionki, nawiązując do poglądów Łaskowej Ł. N. (1979), były pakiety skał ilastych występujące pomiędzy piaszkowcami, z których w wyniku kompakcji mechanicznej była wyciskana woda bogata w krzemionkę. Nie jest wykluczone, że druga generacja neogenicznego kwarcu obserwowanego w badaniach katodoluminescencyjnych powstała w późniejszych etapach diagenety a krzemionka była uwalniana w procesach przeobrażania minerałów ilastych w illit, chlorytyzacji biotyту, serycytyzacji skaleni. Dodatkowym źródłem krzemionki było także rozpuszczanie kwarcu pod ciśnieniem związane z mikrokalolitami, oraz zachodzące pomiędzy regeneracyjnymi obwódkami ziaren (Sikorska M., 1992). Przyjęcie poglądu, że zasadniczy etap sylifikacji zachodził w czasie wczesnej diagenety jest sprzeczny z obserwowanym we wschodnim obszarze basenu małym stopniem sylifikacji piaszkowców. Wydaje się, że jest to spowodowane innym wykształceniem litofacjalnym kambru w tym obszarze i znacznie mniejszym udziałem przetawiczeń ilastych będących źródłem krzemionki, oraz mniejszym pogrzebaniem osadów, co nie pozwoliło na uruchomienie krzemionki w późniejszych etapach diagenety (Sikorska M., 1992).

Dużo rzadszym zjawiskiem diagenetycznym obserwowanym w piaskowcach środkowokambryjskich są suturopodobne kontakty między ziarnami kwarcu, czy też szwy mikrostylolitowe będące wynikiem rozpuszczania pod ciśnieniem, związanego z kompaktacją chemiczną (Sikorska M., 1988, 1992, 1998). Wpływ przeobrażeń katagenetycznych, głównie rozpuszczania pod ciśnieniem, na właściwości zbiornikowe piaskowców środkowego kambru, których wskaźnikiem jest intensywność rozwoju stylolityzacji przedstawił Strzetelski W. (1977a). Badania makroskopowe prowadzone w obrębie utworów piaszczysto-ilastych środkowego kambru w rejonie Żarnowca, pozwoliły stwierdzić, że wzrost intensywności stylolityzacji poniżej głębokości 1700 m powoduje, że piaskowce stają się wówczas skałą zbiornikową o typie szczelinowo-porowym. Stylolity stanowią zwykle nieprzepuszczalną barierę dla migracji skierowanej prostopadle do powierzchni szwów, będąc równocześnie drogami migracji w kierunku zgodnym z powierzchniami stylolitowymi (Strzetelski W., 1977a). Główne drogi migracji węglowodorów w omawianych utworach kambru związane są z siecią mikrospekąń tektonicznych i szwów stylolitowych (Strzetelski W., 1977a, 1979). Potwierdziły to odnotowane ślady bituminów w mikrospekaniach i wzdłuż szwów stylolitowych świadczące, że w badanych piaskowcach kambru migracja węglowodorów zachodziła w kilku etapach (Jarmołowicz-Szulc K., 1997). Obecność inkluzji węglowodorowych, które występują tylko w obrębie późnego cementu kwarcowego wypełniającego pory i zablizniającego mikroszczeliny, a nie są związane z wczesną cementacją kwarcową, czyli obwódkami autigenicznego kwarcu wokół ziarn detrytycznych świadczy, że pojawienie się ropy naftowej w piaskowcach nadpoziomu *Paradoxides paradoxissimus* środkowego kambru na wyniesieniu Łeby i przyległym Bloku Łeby w akwenu Bałtyku wydaje się być późne, gdyż inkluzje ropy naftowej występują w spękaniach biegnących przez całe próbki (Jarmołowicz-Szulc K., 2001).

Badania nad przebiegiem procesów diagenetyzacji prowadzone przez Sikorską M. (1998) wykazały, że obecna porowatość skał kambru (pomierzona laboratoryjnie minus cement) nie wykazuje zależności od głębokości pogrzebania, co wskazuje na słaby wpływ kompaktacji mechanicznej na redukcję pierwotnej porowatości. Głównym procesem odpowiedzialnym za zmniejszenie pierwotnych porowatości piaskowców kambryjskich jest cementacja. Ilość cementu kwarcowego wraz z głębokością stopniowo wzrasta. Na głębokości 2,5 km zawartość około 15% cementu wystarcza do prawie całkowitego zredukowania porowatości badanych piaskowców. Z badań inkluzji fluidalnych w cementie kwarcowym wynika, że powstał on w temperaturach od 90°C do około 150°C, co odpowiada pograżeniu piaskowców na głębokości od 2,5 do 3,5 km. Oznacza to, że główna faza sylikfikacji miała miejsce w okresie sylur-karbon, kiedy powstały sprzyjające warunki do powstania cementu kwarcowego, gdyż w wyniku szybkiej subsydencji uruchomione zostały znaczne ilości wód formacyjnych zasobnych w krzemionkę.

### Szczelinowatość

Pozytywny wpływ na polepszenie właściwości zbiornikowych piaskowców kambryjskich ma szczelinowatość. Dobre warunki do powstania szczelinowatości zależą w dużej mierze od rozwoju litofacjalnego kambru środkowego. Szczelinowatość występuje w skałach o wyższym stopniu zdiagenezowania i w strefach silnie zaangażowanych tektonicznie (Strzetelski W., 1977b, 1979). Obecność szczelin w skałach powoduje, że nawet skała o niewielkiej efektywnej porowatości międzyziarnowej może

być przepuszczalna. Gęstość szczelin pionowych rośnie wraz ze spadkiem miąższości warstwy piaskowca i zaznacza się szczególnie w przystropowej i przyspągowej strefie dużych kompleksów piaskowca, otoczonego utworami ilastymi i ilasto-piaszczystymi. Pionowe szczeliny tektoniczne o upadzie najczęściej 80-90° miały decydujące znaczenie dla wzrostu przepuszczalności w kambryjskich piaskowcach zbiornikowych i odegrały zasadniczą rolę w procesie migracji i akumulacji węglowodorów (Strzetelski W., 1979). Migracja węglowodorów w obrębie utworów kambryjskich na wyniesieniu Łeby, określona na podstawie wieku szczelin i stylolitów miała miejsce po uformowaniu się szczelin odprężeniowych, a przed zakończeniem drugiej fazy stylolityzacji (Górecki W., Strzetelski W., Szwejkowski J. M., 1977; Strzetelski W., 1977a). Główna faza migracji lateralnej wystąpiła w zigenie (pragu), natomiast druga faza miała miejsce w karbonie i dolnym permie (Strzetelski W., 1979).

## **Charakterystyka parametrów zbiornikowych skał kambru na podstawie danych geofizyki otworowej**

### ***Kalibracja modeli służących do określania własności zbiornikowych skał***

Ocena właściwości zbiornikowych skał dla celów naftowych polega zwykle na określaniu takich parametrów jak: porowatość, przepuszczalność absolutna, nasycenie skał, a ponadto przepuszczalności względne oraz przepuszczalności fazowe dla wody, ropy i gazu. Znajomość tych parametrów jest konieczna dla obliczania wielofazowych przepływów płynów złożowych przez ośrodek porowaty. Laboratoryjne oznaczanie parametrów zbiornikowych skał jest zwykle bardzo czasochłonne i uciążliwe. Dotyczy to szczególnie określania przepuszczalności absolutnej oraz przepuszczalności fazowych.

W niniejszej pracy przedstawiono ocenę porowatości, nasycenia skał wodą resztkową, wodą ruchomą i ropą, a ponadto przepuszczalności absolutnej, przepuszczalności względnych i przepuszczalności fazowych dla wody i ropy w oparciu o metodykę opracowaną przez L. Zawiszę (Zawisza L., 1989; Zawisza L., 1992; Zawisza L., 1993; Zawisza L., Gądek W., Nowak J., Twaróg W., 1995). Metodyka ta obejmuje kilkanaście modeli fizycznych, wymagających jedynie kalibracji dla danego typu skał, umożliwiających ciągłą, cyfrową prognozę nasycenia skał wodą resztkową i ruchomą, przepuszczalności absolutnej, przepuszczalności względnych oraz przepuszczalności fazowych dla wody, ropy i gazu w oparciu o pomiary geofizyki wiertniczej.

Kalibracji modeli prognostycznych dla utworów kambru środkowego dokonano w oparciu o badania laboratoryjne prób rdzeniowych pobranych z otworów wiertniczych z rejonu złoża B3 oraz wyniki testów produkcyjnych.

### Wyznaczanie współczynnika nasycenia resztkowego skał wodą $S_{wi}$

Współczynnik nasycenia resztkowego skał wodą może być określony w miarę dokładnie jedynie przy pomocy metod laboratoryjnych. Resztkowe nasycenie skał wodą  $S_{wi}$  jest funkcją ciśnienia kapilarnego i zwilżalności skał. Woda resztkowa (związana) zawiera wodę kapilarną i tzw. "film wodny", który przylega do skał hydrofilnych dzięki istnieniu sił molekularnych. Nasycenie resztkowe skały wodą zależą będzie zatem przede wszystkim od wielkości porowatości, od konfiguracji porów, od stopnia cementacji (zwięzłości), od rodzaju skały, a więc od zwilżalności oraz, w przypadku skał piaszczysto-ilastych, od wielkości zailenia. Woda resztkowa nie może być wyparta przez ropę lub gaz pod ciśnieniem panującym w złożach węglowodorów i dlatego też nasycenie wodą nie osiąga prawie nigdy wartości zerowej. Dla większości skał zbiornikowych  $S_{wi}$  wynosi od 10% do ponad 30%.

Współczynnik nasycenia resztkowego skały wodą może być określony w oparciu o profilowanie magnetyzmu jądrowego (NML).



W przypadku, kiedy nie dysponuje się pomiarami NML, współczynnik nasycenia resztkowego skały wodą  $S_{wi}$  można określić na podstawie współczynników porowatości i zailenia według wzoru (L. Zawisza 1993; L. Zawisza et al., 1993; L. Zawisza et al., 1994):

$$S_{wi} = V_{it}^{\beta} (1 - \phi)^{\gamma} \quad (1)$$

gdzie:

$V_{it}$  – zailenie; w ułamku jedności

$\phi$  - porowatość; w ułamku jedności

$S_{wi}$  - nasycenie resztkowe skały wodą; w ułamku jedności

$\beta$  i  $\gamma$  - współczynniki zależne od litologii skał; w ułamku jedności.

Do kalibracji równania (1) wykorzystano wyniki badań laboratoryjnych uzyskane dla złoża B3 (Dokumentacja geologiczna ..., 1993; Dodatek nr 1 do Dokumentacji ..., 1999). Dodatkowo do kalibracji tego równania wykorzystano wyniki opróbowań odwiertów na złożach B3 (Dodatek nr 1 do Dokumentacji ..., 1999).

Dla utworów kambru środkowego z rejonu złoża B3, zależność ta określona w oparciu o zbiór danych liczący kilkadziesiąt oznaczeń takich cech, jak  $\phi$ ,  $V_{it}$ ,  $S_{wi}$ , przedstawia się następująco:

$$S_{wi} = (V_{it} + 0,01)^{0,12} (1 - \phi)^{9,76} \quad (2)$$

#### Wyznaczanie współczynnika przepuszczalności absolutnej skał $k$

W ciągu ostatnich 50-ciu lat opracowano szereg zależności dla określania przepuszczalności absolutnej skał. W większości przypadków równania te zostały ustalone w sposób empiryczny, w oparciu o dane odnoszące się do określonych formacji geologicznych. Wobec tego równania te nie powinny być stosowane bez uprzedniej krytycznej analizy w dowolnym rejonie geologicznym.

W wyniku badań przeprowadzonych m.in. dla piaskowcowo - ilastych utworów miocenu zapadliska przedkarpackiego oraz piaszczystych utworów karbonu i saksonu (górnny czerwony spągowiec) monokliny przedsudeckiej (L. Zawisza, 1989; L. Zawisza, 1993; L. Zawisza et al., 1993) można stwierdzić, że wszystkie opisane w literaturze metody określania współczynnika przepuszczalności absolutnej dają rozbieżne wyniki, na dodatek bardzo różnią się od wyników pomiarów laboratoryjnych, a ponadto nie opisują one najczęściej w sposób prawidłowy rozkładu współczynnika przepuszczalności absolutnej w funkcji współczynników  $\phi$  i  $S_{wi}$ .

W związku z tym skonstruowany został model fizyczny (L. Zawisza, 1993; L. Zawisza et al., 1993), który opisuje w sposób bardziej prawidłowy i ścisły zjawisko rozkładu przepuszczalności w funkcji porowatości i nasycenia skały wodą resztkową.

Ogólna postać równania dla określania przepuszczalności absolutnej przedstawia się następująco (L. Zawisza, 1993; L. Zawisza et al., 1993):

$$k = C \phi^{m+1} (1 - S_{wi})^2 \quad (3)$$

gdzie:

$k$  - współczynnik przepuszczalności absolutnej; m<sup>2</sup> lub mD

$m$  - współczynnik zależny od stopnia cementacji spoiwa; bezwymiarowy

$C$  - stała zależna głównie od porowatości; m<sup>2</sup> lub mD.

Wartość współczynnika cementacji  $m$  zmienia się w przedziale 1 do 3 (L. Zawisza, 1993).

Według Humble'a dla dowolnego typu skał okruchowych, tj. piasków i piaskowców,  $m = 2,15$ . Przyjmując zatem  $m = 2,15$  i podstawiając tę wartość do równania (3) można otrzymać wzór dla wyznaczania przepuszczalności skał klastycznych w postaci:

$$k = C \phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (4)$$

gdzie stała  $C$  może być wyznaczona poprzez prostą kalibrację empiryczną.

Dla piaskowcowo-ilastych utworów kambru środkowego z rejonu złoża B3 otrzymano następujący model, skalibrowany w oparciu o wyniki badań laboratoryjnych oraz wyniki testów produkcyjnych (Dodatek nr 1 do Dokumentacji ..., 1999), pozwalający na prognozę współczynnika przepuszczalności absolutnej skał:

$$k = 150\,000 \phi^{3,15} (1 - S_{wi})^2 \quad (5)$$

#### Wyznaczanie współczynników przepuszczalności fazowych dla wody $k_w$ i dla węglowodorów $k_h$

Przepuszczalność względna jest parametrem, którego rozkład konieczny jest do obliczania przepływu mieszanin wielofazowych przez ośrodek porowaty. W wyniku przeprowadzonych badań (L. Zawisza et al., 1993) zbudowano modele fizyczne, należące do klasy modeli kapilarnych, opisujące przepływ płynów przez ośrodek porowaty, które wymagają jedynie kalibracji dla danego typu skał. Modele te opisane są równaniami (6), (7):

$$k_{rw} = (S_w^*)^2 (S_w^*)^{(1+2\alpha_1)} = (S_w^*)^{(3+2\alpha_1)} \quad (6)$$

$$k_{rh} = (1-S_w^*)^2 [1 - (S_w^*)^{(1+2\alpha_2)}] \quad (7)$$

gdzie:

$k_{rw}$  - współczynnik przepuszczalności względnej dla wody; bezwymiarowy

$k_{rh}$  jest to współczynnik przepuszczalności względnej dla węglowodorów, bezwymiarowy;  $\alpha_1, \alpha_2$  są to współczynniki zależne od litologii skał; bezwymiarowe.

Natomiast:

$$S_w^* = \frac{S_w - S_{wi}}{1 - S_{wi}}$$

Dla utworów kambru środkowego z rejonu złoża ropy naftowej B3 można przyjąć, że  $k_{rh} = k_{ro}$ .

W wyniku przeprowadzonych badań kalibracyjnych, opartych o wyniki pomiarów przepuszczalności względnych dla wody i ropy dla utworów kambru środkowego z rejonu złoża B3 (Dodatek nr 1 do Dokumentacji ..., 1999), okazało się, że współczynniki litologiczne są równe:  $\alpha_1 = -0,2$ ,  $\alpha_2 = -0,25$ . Wobec tego równania (6) i (7) przyjmą postać:

$$k_{rw} = \left[ \frac{S_w - S_{wi}}{1 - S_{wi}} \right]^{2,6} \quad (8)$$

$$k_{ro} = \left( \frac{1 - S_w}{1 - S_{wi}} \right)^2 \left[ 1 - \left( \frac{S_w - S_{wi}}{1 - S_{wi}} \right)^{0,5} \right] \quad (9)$$

W celu obliczenia przepuszczalności fazowych dla wody  $k_w$  i ropy  $k_o$  należy odpowiednie współczynniki przepuszczalności względnych  $k_{rw}$  i  $k_{ro}$  pomnożyć przez współczynnik przepuszczalności absolutnej  $k$ . Wobec tego:

$$k_w = k_{rw} k \quad (10)$$

$$k_o = k_{ro} k \quad (11)$$

W powyższych wzorach (6 – 11):

$k_w$ , i  $k_o$  - współczynniki przepuszczalności fazowej odpowiednio dla wody i ropy; mD

$k_{rw}$  - współczynnik przepuszczalności względnej dla wody; w ułamku jedności

$k_{ro}$  - współczynnik przepuszczalności względnej dla ropy; w ułamku jedności

$S_w$  - współczynnik nasycenia skały wodą; w ułamku jedności

$S_{wi}$  - nasycenie resztkowe skały wodą, w ułamku jedności.

### Wydzielanie w profilu złożowym stref zbiornikowych i produktywnych

Strefy zbiornikowe wydzielono w odcinkach profilu spełniających warunek:

$$V_{it} \leq 50\%$$

$$\phi \geq 4\%$$

W obrębie wydzielonych stref zbiornikowych wyznaczono strefy produktywne w odcinkach profilu spełniających warunek:

$$S_w \leq 55\%$$

### ***Obliczanie składu litologicznego, porowatości i nasycenia oraz analiza przepuszczalności na podstawie geofizyki wiertniczej w wybranych odwiertach złoża B3***

Opracowaniem objęto interwał występowania utworów poziomu *Paradoxides paradoxissimus* z niewielką zakładką w nadległych iłowcach i podścielających ilasto-piaszczystych osadach *Eccaparadoxides oleandicus*, w 15 odwiertach: B3-1, B3-2, B3-3, B3-4, B3-4B, B3-5, B3-7, B3-8, B3-9, B3-10, B3-11, B3-13B, B3-14, B3-15, B3-15B.

Celem tej części opracowania było określenie zawartości wody nieredukowalnej, wykonanie analizy przepuszczalności i wydzielenie stref „produktywnych” dla ustalonych parametrów obciążenia (*cut-off*). Dla osiągnięcia tego celu niezbędne było posiadanie danych odnośnie składu litologicznego (w szczególności zailenia), porowatości i nasycenia wodą złożową. Będące w dyspozycji materiały archiwalne zawierały cyfrowe zbiory z niezbędnymi danymi dla 10. odwiertów: B3-1, B3-2, B3-4, B3-4B, B3-7, B3-8, B3-9, B3-11, B3-13B, B-314, B3-15, B3-15B. Dane te znajdowały się w kartotece B3\_FIELD&ANAL\_ZWERYF; podkartoteka ANALYSIS\_OH. Dla pozostałych pięciu odwiertów: B3-3, B3-5, B3-10, B3-15, B3-15B, niezbędne było wykonanie ilościowej analizy składu litologicznego porowatości i nasycenia na podstawie polowej wersji (*raw data*) profilowań geofizyki wiertniczej zapisanych cyfrowo w postaci zbiorów LAS w podkartotece B3RAW.

### Ilościowa analiza składu litologicznego, porowatości i nasycenia

Dane wejściowe, którymi były archiwalne polowe pomiary geofizyki wiertniczej, obejmowały następujące zestawy profilowań, użytecznych w procesie analizy ilościowej:

dla odwiertu B3-3: SP, GR, CALI, ILD, SN, MLL, DT, RHOB, DUHO, SNP,

dla odwiertu B3-5: GR, CALI, ILD, SN, DT,

dla odwiertu B3-10: GR, CALI, ILD, SN, DT, RHOB

dla B3-15 i B-315B: GR, CALI, ILD, SN, MSFL, DT, RHOB, DUHO, NPHI.

### *Wstępne opracowanie profilowań*

Profilowania polowe, zapisane z krokiem próbkowania ½ ft, przeliczono do systemu metrycznego w taki sposób aby kolejne próbki wypadały w głębokościach równych wartościom pełnych dziesiątych części metra (krok 0,1 m).

Następnie profilowania te poddano procedurze dopasowania głębokościowego (*DepthMatching*) przyjmując jako profilowanie odniesienia krzywą gamma (GR). Pozostałe profilowania przesuwano głębokościowo (liniowo lub nieliniowo) o wartość wymaganą dla uzyskania zgodności. W praktyce przesunięcia te były rzędu dcm; największe o 0,9 m (profilowanie RHOB w odwiercie B3-10).

Kolejnym krokiem była weryfikacja poprawności zapisu poszczególnych profilowań przez ich normalizację, będącą swojego rodzaju zestawieniem nałożonych na siebie profilowań w odpowiednio dobranym układzie współrzędnych amplitudowych, a następnie - na podstawie wniosków z układu profilowań – wyznaczenie stref ewentualnej korekty.

Wprowadzane korekty dotyczyły głównie profilowania gęstościowego RHOB, które modyfikowano w strefach anomalnie niskich wartości, występujących głównie w odcinkach odwiertów o powiększonej średnicy, przez wprowadzenie poprawek wyekstrahowanych z zapisu parametru DRHO. W mniejszym stopniu korekcie podlegała krzywa czasu interwałowego DT, którą modyfikowano na cross-plocie PA/PN z wykorzystaniem profilowań elementarnych (T1, T2...).

### *Metodyka obliczeń*

Dla ilościowego określenia składu litologicznego i porowatości zastosowano metodę układu równań, które można zapisać w następującej postaci ogólnej:

$$P_i = \sum_{j=1}^n (a_{i,j} V_j) \quad (12)$$

gdzie:

$a_{i,j}$  - parametr szkieletowy „i” składnika „j”,

$V_j$  - zawartość składnika „j” w jednostce objętości,

$P_i$  - wartość otrzymana z danego rodzaju profilowania,

$n$  - ilość składników.

W danym przypadku, podobnie jak w istniejących rozwiązaniach archiwalnych dla otworów na złożu B-3, przyjęto trójskładnikowy model objętościowy:

#### KWARC + ZAILENIE + POROWATOŚĆ

Założenie modelu trójskładnikowego oznaczało, że dla wyliczenia trzech niewiadomych (kwarc, zailenie, porowatość) potrzebny był układ trzech równań; dwa z nich uzyskano rozwijając formułę (12) na podstawie danych z profilowania gamma oraz jednego z tzw. profilowań porowatości (RHOB, DT, NPHI), trzecim było równanie jedynkowe:

$$V_{it} + V_{kwarc} + PHI = 1 \quad (13)$$

W celu określenia zależności pomiędzy zaileniem a poziomem zapisu profilowania gamma zastosowano zależność opracowaną przez Larionova dla „skał starszych”:

$$V_{it} = 0,33 (2^{IGR} - 1,0) \quad (14)$$

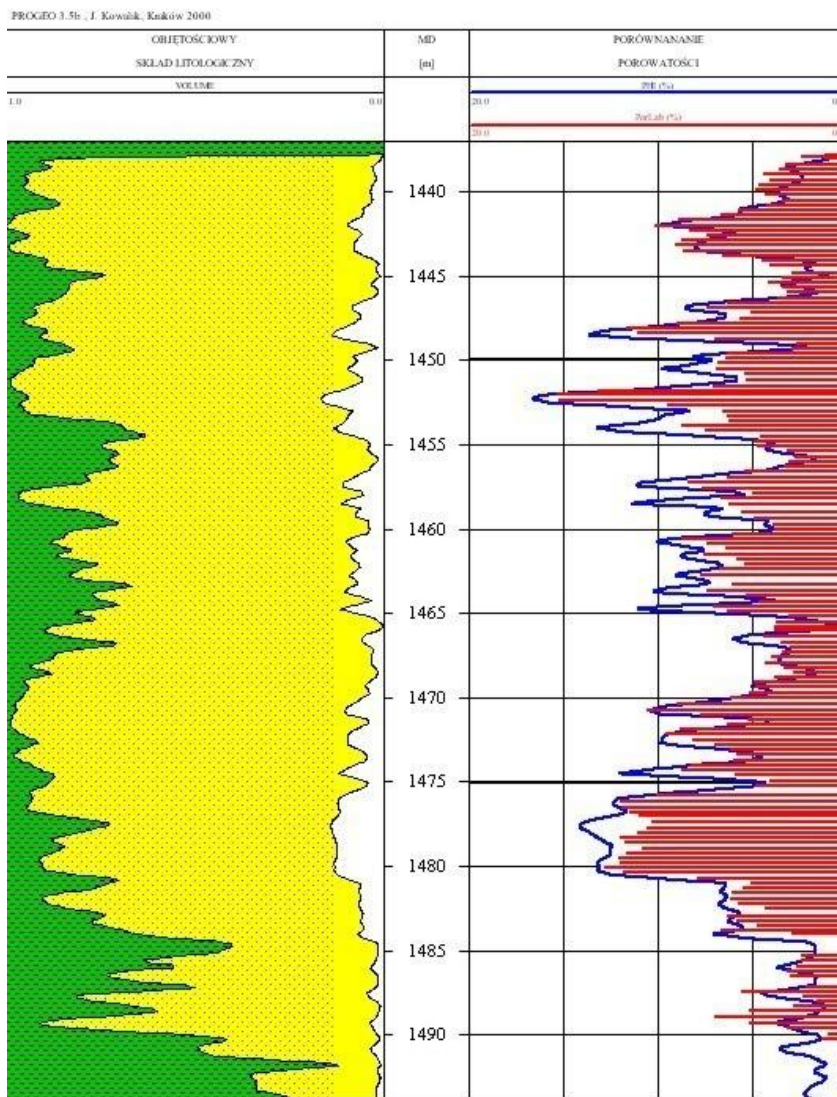
gdzie IGR stanowi tzw. wskaźnik ilorazowy, wyliczany z odczytu wartości wskazań pomiaru gamma w utworach „czystych” i utworach zailonych.

Na podstawie wniosków z analizy jakości profilowań, opisanej jako „profilowanie porowatości” wybrano:

- ✓ dla B3-5; profilowanie akustyczne DT (po korekcie),
- ✓ dla B3-3, 10, 15, 15B; profilowanie gęstościowe RHOB (po korekcie).

Zawodnienie SW obliczono przy zastosowaniu formuły **Total Shale**, polecanej dla przypadku zailenia typu mieszanego (strukturalne + rozproszone + laminarne). Domyślne nasycenie węglowodorami przyjęto równe  $(1 - SW)$ , przy czym nie stosowano podziału na węglowodory rezydualne i węglowodory mobilne, ze względu na brak właściwych charakterystyk sond opornościowych.

Poprawność zastosowanej metody obliczeń w odniesieniu do porowatości dobrze ilustruje porównanie porowatości wyliczonej i porowatości uzyskanej z analiz laboratoryjnych próbek rdzenia wiertniczego z odwiertu B3-3, przedstawione na **Fig. 1.1.21\_61**.



**Fig. 1.1.21\_61** Porównanie porowatości wyliczonej z wynikami badań laboratoryjnych próbek rdzenia wiertniczego. Otwór B3-3

#### Obliczanie zawartości wody nieredukowalnej i analiza przepuszczalności

Wyniki uzyskane z ilościowej analizy składu litologicznego, porowatości nasycenia wykorzystano do obliczenia zawartości wody nieredukowalnej, przepuszczalności względnej, przepuszczalności absolutnej i fazowej. W tym celu zastosowano modele fizyczne **Zawiszy**, od kilkunastu lat rutynowo używane w tym celu w polskim przemyśle naftowym. Modele te, opisane szczegółowo powyżej, zostały skalibrowane dla warunków złoża B3. Poprawność uzyskanych wyników w zakresie zawartości wody nieredukowalnej potwierdza sumowanie się do 100%, w strefach złożowych zalegających powyżej kontaktu ropa-woda, wyliczonego nasycenia węglowodorami (1-SW) i określonej z modeli Zawiszy zawartości wody

nieredukowalnej SWI. Natomiast poprawność wyników analizy przepuszczalności pokazuje porównanie wyników obliczeń i danych laboratoryjnych.

#### Wydzielenie stref produktywnych

Strefy produktywnie w profilu otworów wydzielono przy zastosowaniu niżej podanych parametrów obciążenia (*cut-off*):

**Vil** < 0,50

**PHI** > 0,04

**SW** < 0,55.

Stosowne obliczenia wykonano przy pomocy pakietu matematycznego *MathPack*.

#### Prezentacja wyników obliczeń

Wszystkie obliczenia w ramach niniejszego rozdziału prowadzono pierwotnie z wykorzystaniem zbiorów cyfrowych zapisanych z jednolitym krokiem próbkowania 0,1 m. Dane wyjściowe, stanowiące końcowe wyniki obliczeń, przeliczono z powszechnie stosowanym w dokumentacjach geologicznych krokiem 0,25 i zapisano do zbiorów LAS.

Niezależnie od postaci cyfrowej, wyniki obliczeń zaprezentowano na **Fig. 1.1.21\_62 - 66**, przedstawiających, w kolejności od lewej, następujące elementy:

- objętościowy skład litologiczny,
- głębokość określoną w systemie TVDSS (liniowo),
- głębokość określoną w systemie MD,
- analizę porowatości i nasycenia,
- relacje mediów nasycających,
- przepuszczalność względną,
- przepuszczalność absolutną i fazową,
- strefy produktywnie.

Załączniki wykonano w skali głębokości 1:500, w systemie TVDSS. Każdy z załączników wyposażono w szczegółowy opis zastosowanych symboli i oznaczeń.



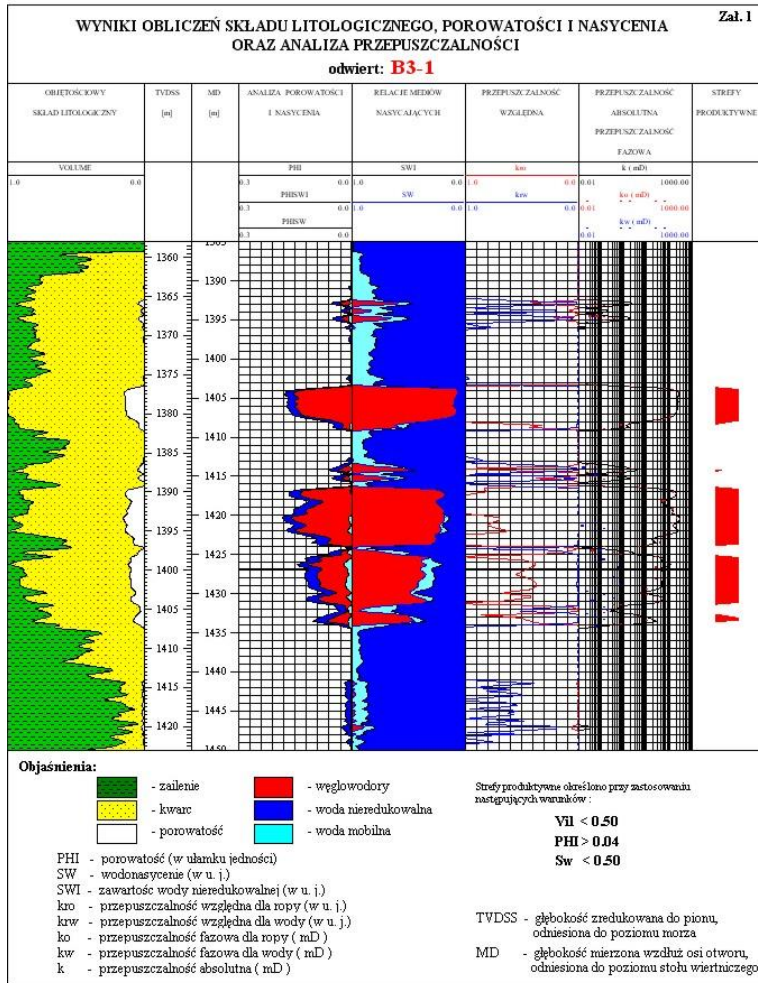


Fig. 1.1.21\_62 Wyniki obliczeń składu litologicznego, porowatości i nasycenia oraz analiza przepuszczalności, odwiert B3-1

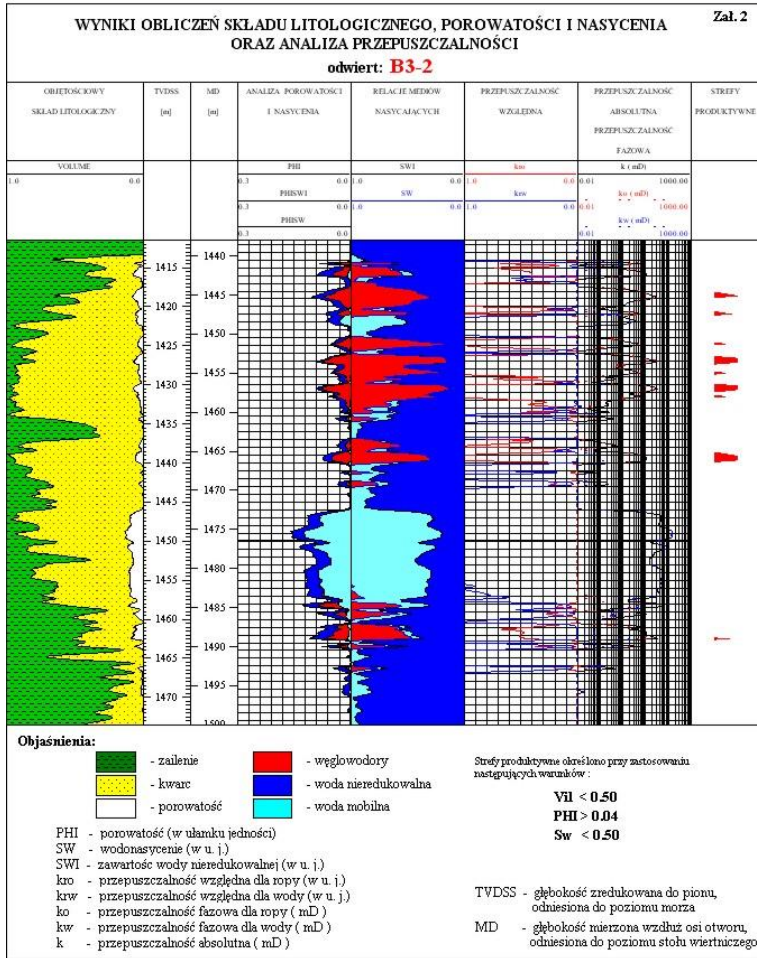


Fig. 1.1.21\_63 Wyniki obliczeń składu litologicznego, porowatości i nasycenia oraz analiza przepuszczalności, odwiert B3-2

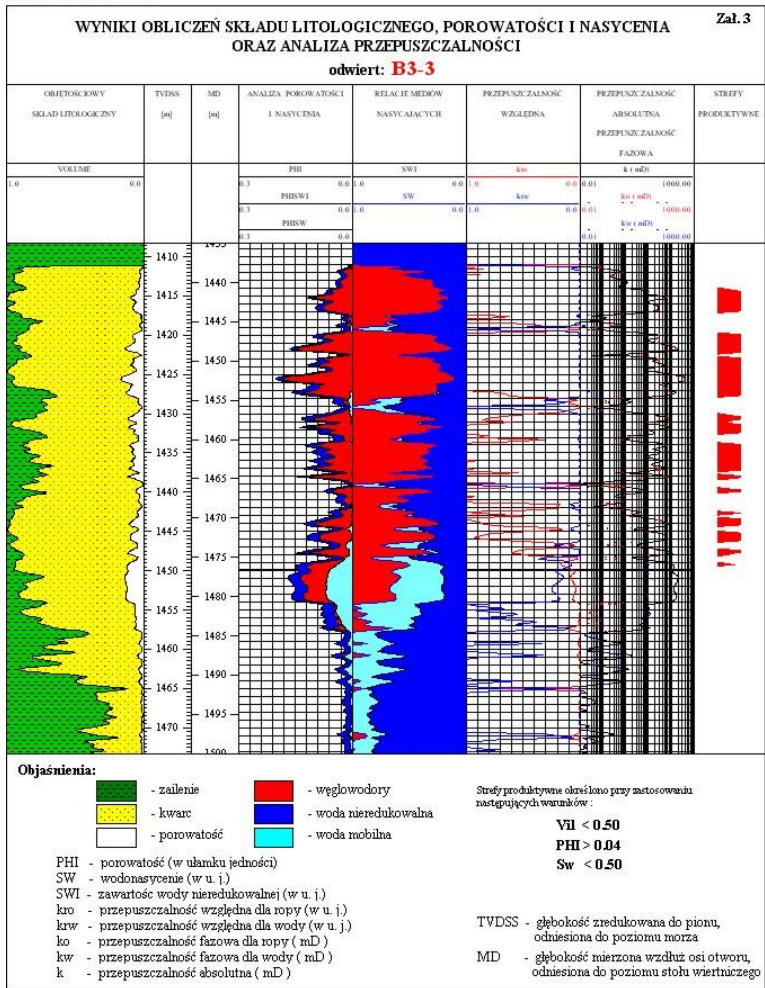


Fig. 1.1.21\_64 Wyniki obliczeń składu litologicznego, porowatości i nasycenia oraz analiza przepuszczalności, odwiert B3-3

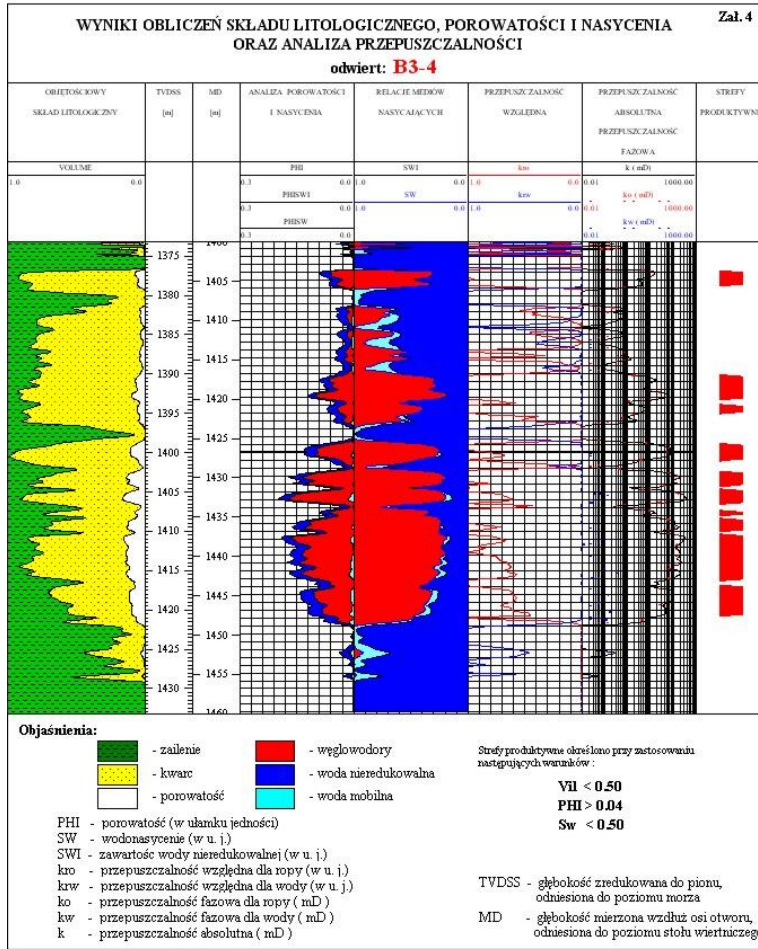
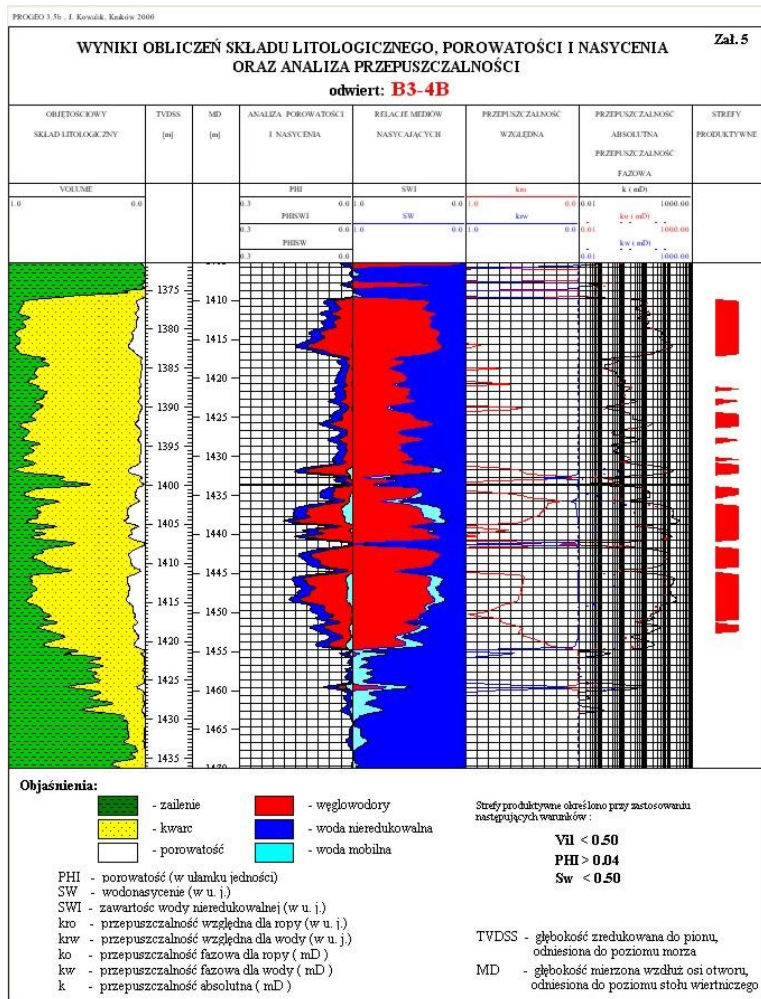


Fig. 1.1.21\_65 Wyniki obliczeń składu litologicznego, porowatości i nasycenia oraz analiza przepuszczalności, odwiert B3-4



**Fig. 1.1.21\_66** Wyniki obliczeń składu litologicznego, porowatości i nasycenia oraz analiza przepuszczalności, odwiert B3-4B