

AKTUALNY STAN ROZPOZNANIA GEOLOGICZNEGO ZŁÓŻ SOLI KAMIENNEJ W POLSCE

THE PRESENT-DAY STATE OF GEOLOGICAL KNOWLEDGE ON ROCK SALT DEPOSITS IN POLAND

GRZEGORZ CZAPOWSKI¹, KRZYSZTOF BUKOWSKI², MICHAŁ GIENKA¹

Abstrakt. Sól kamienna występuje w Polsce w obrębie dwóch formacji salinarnych: późnopermskiej (cechsztyńskiej) i wczesnoneogeńskiej (miocenińskiej). Główne znaczenie jako obiekt eksploatacji ma cechsztyńska formacja solonośna. Formacja ta zawiera cztery miąższe kompleksy soli kamiennej, występujące na blisko 2/3 obszaru Polski. Wysady solne występują na Niżu Polskim, pokładowe sole kamienne zlokalizowane są w rejonie Sieroszowic (SW Polska) i na wyniesieniu Łeby (N Polska). Artykuł przedstawia analizę stanu obecnych zasobów soli w Polsce, prezentuje dane dotyczące bilansu zasobów oraz geologicznych warunków występowania złóż. Dużo uwagi poświęcono analizie obszarów perspektywicznych do dalszej eksploatacji.

Słowa kluczowe: złoża soli kamiennej, zasoby, stopień udokumentowania, Polska.

Abstract. The rock salt occurs in Poland in the Upper Permian (Zechstein) and Neogene (Middle Miocene) salt-bearing formations. The Zechstein salt formation is the main object of exploitation. It contains four thick complexes of rock salts and occurs over nearly 2/3 of the territory of Poland. Salt domes are located within the Polish Lowlands; subhorizontal Zechstein rock salt formations are known from both the Sieroszowice region (SW Poland) and Łeba Elevation (northern Poland). The paper provides an analysis of the current state of common rock salt resources in Poland and presents data concerning the balance of reserves and geological conditions of the deposits. A particular attention was paid to the analysis of the areas promising for geological exploration.

Key words: rock salt, resources, documenting category, Poland.

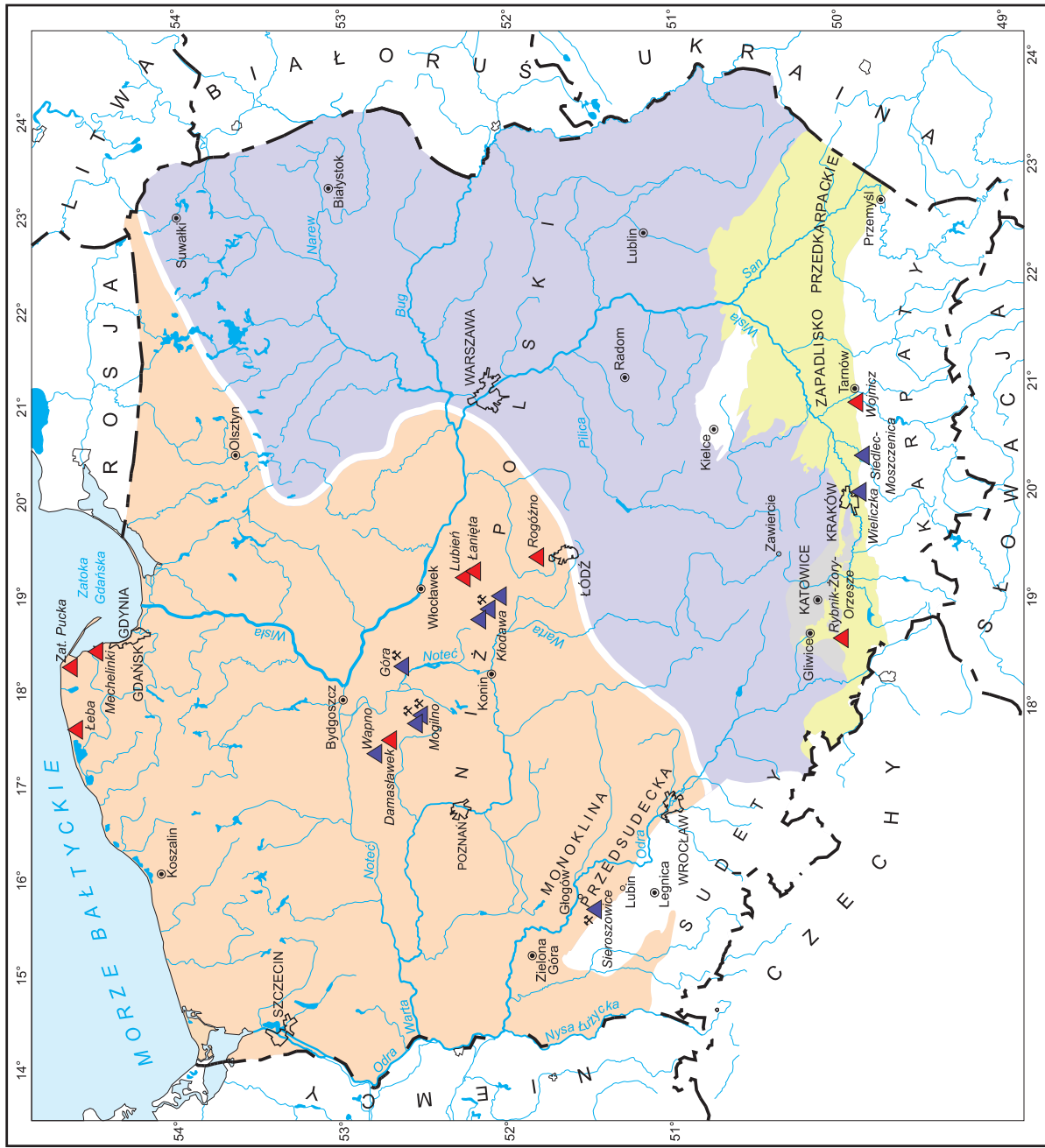
WSTĘP

Sól kamienna występuje w Polsce głównie w obrębie dwóch formacji salinarnych: wczesnoneogeńskiej (miocenińskiej) i późnopermskiej (cechsztyńskiej). Najbardziej znana, eksploatowana (zapisy historyczne) od XI wieku, a obecnie już jedynie o historycznym znaczeniu wobec zakończenia wydobycia soli w latach 90. ub. wieku, miocenińska formacja solonośna występuje w zapadlisku przedkarpaccim. Złoża soli (7) znajdują się głównie blisko brzegu jego nasunięcia, od Śląska poprzez Wieliczkę i Bochnię, w kierunku wschodniej granicy Polski (fig. 1). Udokumentowane zasoby złóż tej formacji stanowią 5,4% krajowych zasobów soli.

Podstawowe znaczenie jako obiekt eksploatacji ma obecnie cechsztyńska formacja solonośna, zawierająca cztery miąższe kompleksy soli kamiennej, występujące na blisko 2/3 obszaru Polski na głębokości od kilkuset metrów (Polska północna – wyniesienie Łeby oraz w strefie przedsubdeckiej – pokładowe złoża soli) do kilku kilometrów (środkowa część Niżu Polskiego). W Polsce centralnej (obszar bruzdy śród-polskiej z regionem kujawskim) utwory solne tworzą różnej wysokości (do 7 km) kopuły, poduszki, słupy i grzbień solne, w obrębie których udokumentowano w ciągu ostatnich 150 lat wiele wysadowych złóż solnych. Ich zasoby wy-

¹ Państwowy Instytut Geologiczny, Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; grzegorz.czapowski/michal.gientka@pgi.gov.pl

² Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; buk@agh.edu.pl



- Złoża soli kamiennej
Rock salt deposits
- (kat. A+B+C)
- (kat. C1+C2)
- złoża eksploatowane
exploited deposit
- *
- Obszary występowania złóż
Areas of deposits occurrence
- neogénne utwory zapadliska przedkarpackiego
Neogene deposits of the Carpathian Foredeep
- utwory permieńskie (zechsteińskie)
Permian (Zechstein) deposits
- utwory mezozoiczne
Mesozoic formations

Fig. 1. Mapa występowania i stopnia udokumentowania złóż soli kamiennej w Polsce

Distribution and documentation status of rock salt deposits in Poland

Tabela 1

**Zasoby i zagospodarowanie złóż soli kamiennej w Polsce (wg Gientki i in., 2007;
zasoby szacowane poza filarami ochronnymi)**

Resources and management of rock salt deposits in Poland (after Gientka *et al.*, 2007;
resources calculated outside protection pillars)

	Liczba złóż Number of deposits	Zasoby geologiczne (mln ton) Geological resources (10 Mg)				Zasoby przemysłowe (mln ton) Industrial resources (10 Mg)
		Bilansowe Balance			Pozabilansowe Outbalance	
		Razem Total	A+B+C Category	C Category		
Zasoby ogółem Total resources	19	80722,34	41392,54	39329,80	23368,50	4365,73
Zasoby złóż zagospodarowanych / Resources of managed deposits						
Razem / Total	5	11735,12	7399,63	4335,49	2725,95	4365,73
Złóża zakładów czynnych Mined deposits	4	8053,16	4887,88	3165,28	1091,78	683,77
Złóża eksploatowane okresowo (podziemny magazyn) Seasonally exploited deposits (cavern storage)	1	3681,95	2511,74	1170,21	1634,17	3681,95
Zasoby złóż niezagospodarowanych / Resources of unmanaged deposits						
Razem / Total	11	68799,34	33913,24	34886,10	20455,30	–
Złóża rozpoznane szczegółowo Deposits documented in details	4	24603,88	22952,81	1651,07	9990,28	–
Złóża rozpoznane wstępnie Deposits preliminary recognized	7	44195,46	10960,43	33235,03	10465,02	–
Zasoby złóż, których eksploatacji zaniechano / Resources of abandoned resources						
Razem / Total	3	187,88	79,68	108,20	187,25	–

noszą około 52,56 mld t, co stanowi 64,8% zasobów krajowych (tab. 1, 2) i z nich pochodzi obecnie 94% krajowego wydobycia soli kamiennej. Aktualnie eksploatowane są cztery złoża wysadowe (w tym jedno – Mogilno II – pełni rolę kawernowego magazynu gazu) oraz jedno złożo pokładowe (Kazimierzów).

Pokładowe złoża soli kamiennej dokumentuje się do głębokości 1200 m, przy minimalnej miąższości serii złożowej (wraz z przerostami) 30 m i minimalnej średniej ważonej zawartości NaCl (wraz z przerostami) 80%. Złóża wysadowe dokumentuje się do głębokości 1400 m, przy minimalnej odległości stropu złoża od zwierciadła solnego 150 m. Pozostałe parametry przyjmuje się jak w przypadku złóż pokładowych. Poza pozyskiwaniem soli dla potrzeb przemysłu chemicznego, nawozowego i drogownictwa coraz większe znaczenie ma zagospodarowanie złóż soli jako obiektów geologicznych o optymalnych cechach do budowy podziemnych magazynów ropy naftowej i gazu ziemnego oraz podziemnych bezpiecznych składowisk (np. Brańka i in. 1978, 2006a, b; Kunstman i in. 2002; Kłęczek, Zejlaś, 2004; Ślizowski i in., 2004; Czapowski, 2006) bądź specjalistycznego laboratorium fizyki cząstek (Markiewicz i in., 2007).

W 2006 r. udokumentowane bilansowe, pozafilaryne zasoby geologiczne soli kamiennej wyniosły 80 722 mln t

i wzrosły w stosunku do 2005 r. o ponad 557 mln t (nowa dokumentacja dla złoża Góra). Według ówczesnych danych udokumentowanych było 19 złóż soli, z których 5 zostało zagospodarowanych (ich zasoby bilansowe wynoszą 11,7 mld t – tab. 1), a na 3 złożach mioceńskich (o zasobach ok. 188 mln t) zaniechano eksploatacji. W przypadku 11 złóż niezagospodarowanych (cechszyńskich i mioceńskich), o zasobach szacowanych na ok. 69 mld t, większość (7 złóż) stanowią obiekty rozpoznane wstępnie w kategorii C lub C+C (tab. 1).

W 2006 r. wydobycie soli kamiennej wyniosło 4,01 mln t, z czego 2,77 mln t z kopalń wydobywających metodą otworową (Góra, Mogilno I i Mogilno II) oraz 1,24 mln t metodą suchą z kopalni Kłodawa i z prac przygotowawczych prowadzonych w nadkładzie rud miedzi w kopalni Sieroszowice, gdzie wydobyto 392 tys. t soli.

Stopień rozpoznania zasobów, a także stan zagospodarowania poszczególnych złóż – z podziałem na złoża pokładowe, pokładowo-fałdowe i wysadowe – zestawiono w tabeli 2. W tabeli pominięto dwa złoża; Wieliczkę i Wapno, na których zaprzestano eksploatacji, zaś zasoby zostały wykreślone z bilansu (Gientka i in., 2007).

T a b e l a 2

**Stopień udokumentowania i zagospodarowania oraz zasoby różnych typów złóż soli kamiennej w Polsce
(dane częściowo wg Gientki i in., 2007)**

Actual resources, documentation and management stage of various types of rock salt deposits in Poland
(some data from Gientka *et al.*, 2007)

Nazwa i wiek złoża Deposit name and age	Stan zagospodarowania złoża/ rok rozpoczęcia prac górniczych Deposit management/ onset of mining works	Zasoby (mln ton) Resources (10 Mg)		Kategoria rozpoznania (rok) Documenting category (year)
		Geologiczne bilansowe Total: measured + indicated + inferred	Przemysłowe Industrial	
Złóża pokładowe / Stratiform deposits				
Łeba (PZ)	P	2751,00	–	C2 (1980)
Mechelinki (PZ)	R	2070,00	–	C1 (1975)
Zatoka Pucka (PZ)	R	16336,03	–	C1 (1978)
Kazimierzów/Sieroszowice (PZ)	E/1991	2936,17	–	C1 (1990); B+C1 (2006)
Rybnik-Żory-Orzesze (Ne)	P	2098,60	–	C2 (1969);
Złóża pokładowo-fałdowe / Stratiform-folded deposits				
Siedlec-Moszczenica (Ne)	Z	187,88	–	C2 (1961); C1+C2 (1975); B+C1+C2 (1988; 1994)
Wojnicz (Ne)	P	2083,00	–	C2 (1982)
Złóża wysadowe / Deposits in salt diapirs				
Damasławek (PZ)	P	17690,43	–	C2 (1983)
Góra (PZ)	E/1965; M/1998	2348,97	323,58	B+C1+C2 (1982, 1994, 2001, 2004, 2005)
Mogilno I (PZ)	E/1978	1854,53	239,82	C2 (1963); C1+C2 (1981, 1982); B+C1+C2 (2006)
Mogilno II (PZ)	M/1992	3681,95	3681,95	C1+C2 (1981, 1991, 2007)
Lubień (PZ)	R	4070,84	–	C2 (1956); C1 (1979)
Łanięta (PZ)	R	2127,00	–	C2 (1964); C1 (1980)
Kłodawa Północ (PZ)	P	6888,19	–	C1 (1953); B+C1 (1958); B+C1+C2 (1962); A+B+C1 (1972); A+B+C1+C2 (1989)
Kłodawa Centrum (PZ)	E/1949	913,48	120,37	
Kłodawa Południe (PZ)	P	4072,24	–	
Rogóźno (PZ)	P	8612,00	–	C2 (1963)

P – złożo o zasobach wstępnie rozpoznanych, R – złożo o zasobach szczegółowo rozpoznanych, E – złożo eksploatowane, M – złożo zagospodarowane jako podziemny magazyn, Z – złożo, na którym zakończono eksploatację, Ne – złożo wieku neogeneńskiego, PZ – złożo wieku permskiego (cechsztyn)

P – deposit with preliminary recognized resources, R – deposit documented in details, E – deposit actually exploited, M – deposit managed as a cavern storage, Z – deposit with finished exploitation, Ne – Neogene deposit, PZ – Permian (Zechstein) deposit; Documentatry categories: B – measured deposits, C1 – indicated deposits, C2 – inferred deposits

ZŁOŻA PERMSKIE

Na 14 udokumentowanych złóż permskich (cechsztynskich) soli kamiennych, o geologicznych zasobach bilansowych szacowanych na ponad 76 mld t, składają się 4 złoża pokładowe (ok. 29 mld t) i 10 złóż wysadowych (ponad 47 mld t) ulokowanych w siedmiu wysadach. Metodą podziemną eksploatowane są dwa złoża: Kazimierzów/Sieroszowice (pokładowe) i Kłodawa centrum (wysadowe), a metodą otworową trzy złoża wysadowe (w tym dwa pełnią rolę podziemnych magazynów paliw; tab. 2).

Największe złoża rozpoznano w północnej Polsce, na zachód od Zatoki Gdańskiej (fig. 1), na NW skłonie syneklizy perybałtyckiej. We wczesnym cechsztynie na obszarze trzym panowały dogodne warunki do akumulacji dużych ilości chlorków, co zaowocowało powstaniem miąższego (ponad 220 m) pokładu tzw. najstarszej soli kamiennej (Na1). Pokład ten, lekko nachylony ku SE, zalega tu na głębokości od 490,5 do 1285,3 m, jego grubość, uwarunkowana głównie czynnikami facjalnymi, zmienia się od 0 do 225,5 m

(średnio wynosi 127,4 m). W obrębie tego pokładu w latach 1975–1980 udokumentowano w kategorii C i C w rejonie od Łeby po Rewę trzy duże złoża soli kamiennej o łącznych zasobach ok. 21 mld t: Mechelinki (1975, kat. C, pow. 6,4 km, zasoby ok. 2 mld t), Zatoka Pucka (1978, kat. C, pow. 101 km, zasoby ok. 16,3 mld t) oraz złożo Łeba (1980, kat. C, pow. 50 km, zasoby ok. 2,7 mld t).

Wymienione złoża cechuje prosta budowa geologiczna, brak istotnego zaangażowania tektonicznego (nieliczne struktury uskokowe – np. Werner 1978; Peryt i in. 1984; Dądział i in. 1995), dość jednorodny wykształcenie i skład mineralny (m.in. Czapowski, Tomassi-Morawiec 1985; Czapowski 1987; 1998; Tomassi-Morawiec 2003) oraz nieliczne, o niewielkim rozprzestrzenieniu i miąższości przewarstwienia soli potasowo-magnezowych (typ polihalitowy, syn- i wczesnodiagenetyczny) czy siarczanów. Podłoże i nadkład pokładu soli stanowią dość grube (kilka do prawie 200 m) poziomy anhydrytów ogniwi anhydrytu dolnego (A1d) i górnego (A1g), stanowiące dobre horyzonty izolacyjne. Prosta budowa złóż i jednorodny wykształcenie soli (fig. 2) sprzyjały podnoszonej od dawna koncepcji wykorzystania ich do lokalizacji podziemnych kawernowych magazynów paliw, np. złożo Mechelinki (Werner, 1975; w ostatnich latach zaczęto wstępne prace nad ługowaniem kawern), czy budowy w nich podziemnych składowisk odpadów promieniotwórczych (np. Ślizowski i in., 2004 i literatura tam zawarta).

Na monoklinie przedsudeckiej w nadkładzie złóż rud miedzi na obszarze Lubińsko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM) udokumentowano w latach 1990 i 2006, odpowiednio w kategorii C i B+C, pokładowe złożo soli kamiennej Kazimierzów na obszarze górniczym Sieroszowice I, reprezentujące ogniwo najstarszej soli kamiennej Na1 (Preidl, 1990). Pokład soli zalega na głębokości 827–1270 m, a jego grubość, warunkowana czynnikami facjalnym oraz tektoniką, zmienia się od kilku do 200 m (np. Szybist, 1976; Kijewski, Salski, 1978; Czapowski i in., 1992; Garlicki i in., 1996; Czapowski, Tomassi-Morawiec, 2006; Kozula i in., 2006; Banaszak i in., 2007). W obrębie pokładu występują strefy silnie zaburzone tektonicznie i pojawiają się nieciągłe warstwy anhydrytu śródsolnego (fig. 3). Podłoże i nadkład pokładu soli budują horyzonty ogniwi anhydrytu dolnego (A1d) i górnego (A1g), sam zaś pokład, pozbawiony domieszek soli potasowo-magnezowych i istotnej ilościowo substancji ilastej, zawiera niemal czystą sól kamienną o wysokim udziale NaCl, rzędu 75,46–99,82%, przeważnie 98% (zawartość siarczanu sięga 5–6%). Wydobycie soli kamiennej ze złoża Kazimierzów, o zasobach oszacowanych na 2,9 mld t, prowadzi się aktualnie w ramach prac rozpoznawczych i udostępniających.

Poza pokładem najstarszej soli kamiennej Na1, o największym rozprzestrzenieniu, występują jeszcze trzy młodsze pokłady soli (starszej Na2, młodszej Na3 i najmłodszej Na4), nachylone ku NW pod kątem 10–50, o grubości od kilku do ok. 300 m (Czapowski i in., 1992; Garlicki i in., 1996). Wymienione kompleksy soli występują w NW części obszaru LGOM na głębokości: 1039,5–1376,5 m (Na2),

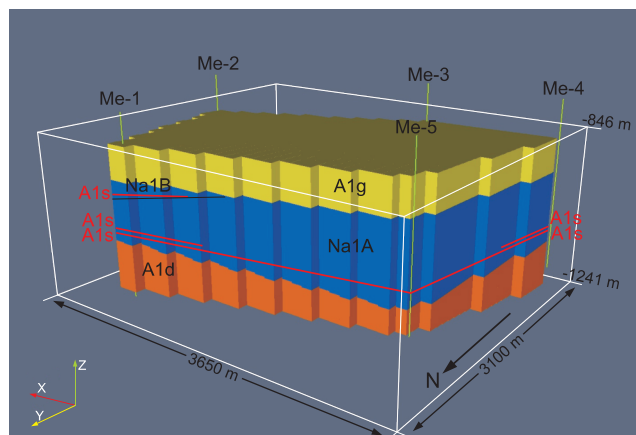


Fig. 2. Geologiczny model 3D złoża Mechelinki (wg Czapowskiego i in., 2007)

A1g – anhydryt górny, A1d – anhydryt dolny, Na1A – kompleks soli „czystej”, Na1B – kompleks soli „zailonej”, A1s – anhydryt śródsolny, Me-1 – otwór Mechelinki IG 1

Geological 3D model of the Mechelinki salt deposit
(after Czapowski *et al.*, 2007)

A1g – Upper Anhydrite, A1d – Lower Anhydrite, Na1A – “pure halite” complex, Na1B – “clayey halite” complex, A1s – intracrustal anhydrite; Me-1 – borehole Mechelinki IG 1

1126,0–1232,5 m (Na3) oraz 1104,0–1276,0 m (Na4), a grubość ich zmienia się od 31 m (Na2) do 110 m (Na3) i 0–43,7 m (Na4). Sól tą cechuje zmienny udział NaCl (88–98%), a znaczny siarczanów i substancji ilastej (5–8%). Podobnie jak pokład najstarszej soli kamiennej, młodsze pokłady pocięte są systemami dyslokacji, których zrzuty sięgają 100 m (Garlicki i in., 1996; Kozula, Golczak, 1988). Na obszarze występowania wymienionych pokładów soli udokumentowano nie ujęte w aktualnym bilansie zasobów (Gientka i in., 2007) złożo Bytom Odrzański (Kozula, Golczak, 1988), dla którego zasoby szacunkowe w kategorii C w odniesieniu do utworów najstarszej soli kamiennej ustalono na 8,52 mld t, zaś dla wszystkich pokładów soli – na 48,76 mld t.

Należy podkreślić, że pomimo stosunkowo znacznych grubości pokładów i dość jednorodnego wykształcenia soli kamiennej oraz braku przewarstwień soli potasowo-magnezowych, sole cechsztyńskie regionu LGOM występują w trudniejszych warunkach geologicznych niż pokładowe złoża Polski północnej. Spowodowane to jest ich znacznie większą przebudową tektoniczną (uskoki, strefy silne spękania; m.in. Banaszak i in., 2007; Markiewicz, 2007).

Wysadowe złoża soli cechsztyńskich udokumentowano dotychczas w 9 wysadach solnych w środkowej Polsce, z czego dwa złoża na wysadach Wapno i Inowrocław zostały w latach 70. i 80. ubiegłego wieku skreślone z rejestru zasobów wobec zaprzestania eksploatacji. Aktualnie udokumentowanych jest do głębokości 1000 i 1800 m 9 złóż soli kamiennej w 7 wysadach (fig. 1, tab. 2), w tym na wysadzie Kłodawa wydzielono trzy złoża solne o łącznych zasobach ok. 11 mld t: Kłodawa północ, centrum i południe (udokumentowane w latach 1953–1989, 5 dokumentacji, w kat. od

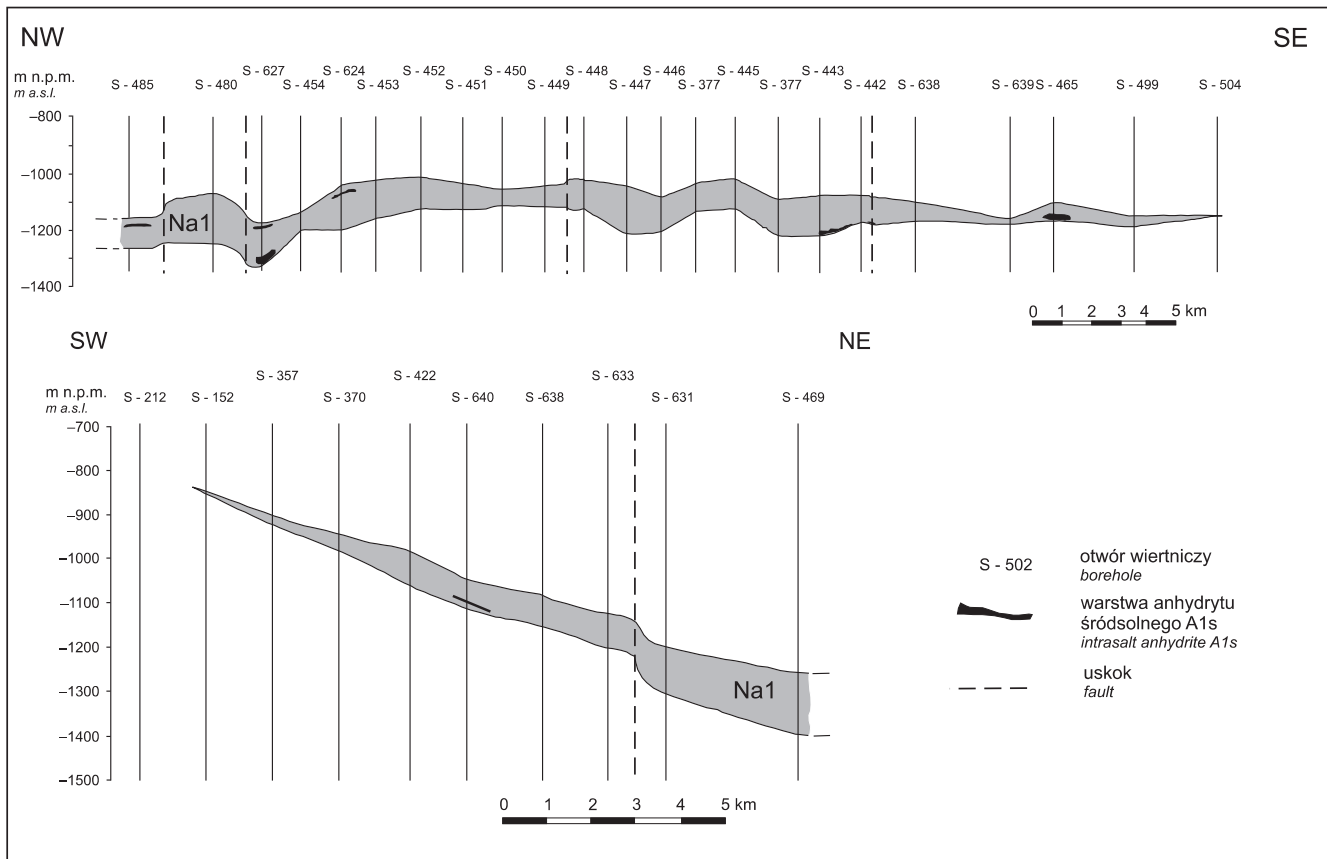


Fig. 3. Występowanie pokładu najstarszej soli kamiennej (Na1) na obszarze LGOM

Simplified sections of Oldest Halite (Na1) seam occurrence in the LGOM area

C do A, najdokładniej udokumentowana jest eksploatowana od 1957 r. część centralna o zasobach szacowanych na 0,9 mld t).

Na wysadzie Mogilno wydzielono dwa złoża: Mogilno I (eksploatowane metodą ługowania otworowego od 1986 r., udokumentowane w latach 1963–2006, 4 dokumentacje, w kat. od C do B i zasobach bilansowych soli szacowanych na 1,8 mld t) oraz Mogilno II (udokumentowane w latach 1981–2007, 3 dokumentacje, w kat. C+C, przy zasobach bilansowych ok. 3,7 mld t, udostępnione w 1992 r. jako podziemny kawernowy magazyn gazu).

Ostatnim z zagospodarowanych wysadów jest wysad Góra, gdzie od 1968 r. pozyskuje się sól metodą ługowania otworowego, zaś od 2002 r. w części wyrobisk magazynuje się ropę, olej napędowy i olej opałowy (Drogowski, Tadych, 2006). Złoże udokumentowano w latach 1982–2005 (5 dokumentacji) w kategorii B+C+C, obliczając zasoby bilansowe na 2,3 mld t.

Pozostałe cztery niezagospodarowane złoża wysadowe soli zostały udokumentowane wstępnie w kategorii C – Damasławek (1983 r., zasoby szacowane na 17,7 mld t) i Rogóżno (1963 r., zasoby ok. 8,6 mld t), lub nieco dokładniej w kategorii B+C+C – Lubień (2 dokumentacje w latach 1956–1979, zasoby szacowane na 4 mld t) i Łanięta (2 do-

kumentacje w latach 1964–1980, zasoby szacowane na 2,1 mld t).

Złoża wysadowe soli cechsztyńskich cechuje bardzo skomplikowana budowa wewnętrzna, wynikająca z dużej zmienności litologicznej utworów i złożonej tektoniki (fig. 4). Utrudnia to zarówno prawidłową interpretację budowy wewnętrznej górotworu podczas prowadzenia prac rozpoznawczych na złożu (w tym wiarygodne oszacowanie jego zasobów), jak i same zagospodarowanie złoża. W większości rozpoznanych struktur wysadowych w Polsce górną część pnia solnego budują utwory solne najmłodszych cykli cechsztynu (PZ3 i PZ4), zawierające obok soli kamiennej i siarczanów także sole potasowo-magnezowe i zubry, utrudniające np. ługowanie prawidłowych kawern solnych dla celów magazynowania. Dopiero niżej pojawiają się sole cyklu PZ2, a wyjątkowych sytuacjach – najstarszego cyklu PZ1.

W znacznej części struktur wysadowych na terenie Polski zwierciadło solne zalega na głębokości większej niż 1500 m, co eliminuje je obecnie jako potencjalne obiekty pod budowę podziemnych zbiorników (Czapowski, Ślizowski, 2007). W trzech wysadach – dwa w rejonie Wolina i wysad Grzęzno – rozpoznanych wstępnie badaniami geofizycznymi i otworami wiertniczymi, zwierciadło solne występuje na głębokości 1000–1500 m.

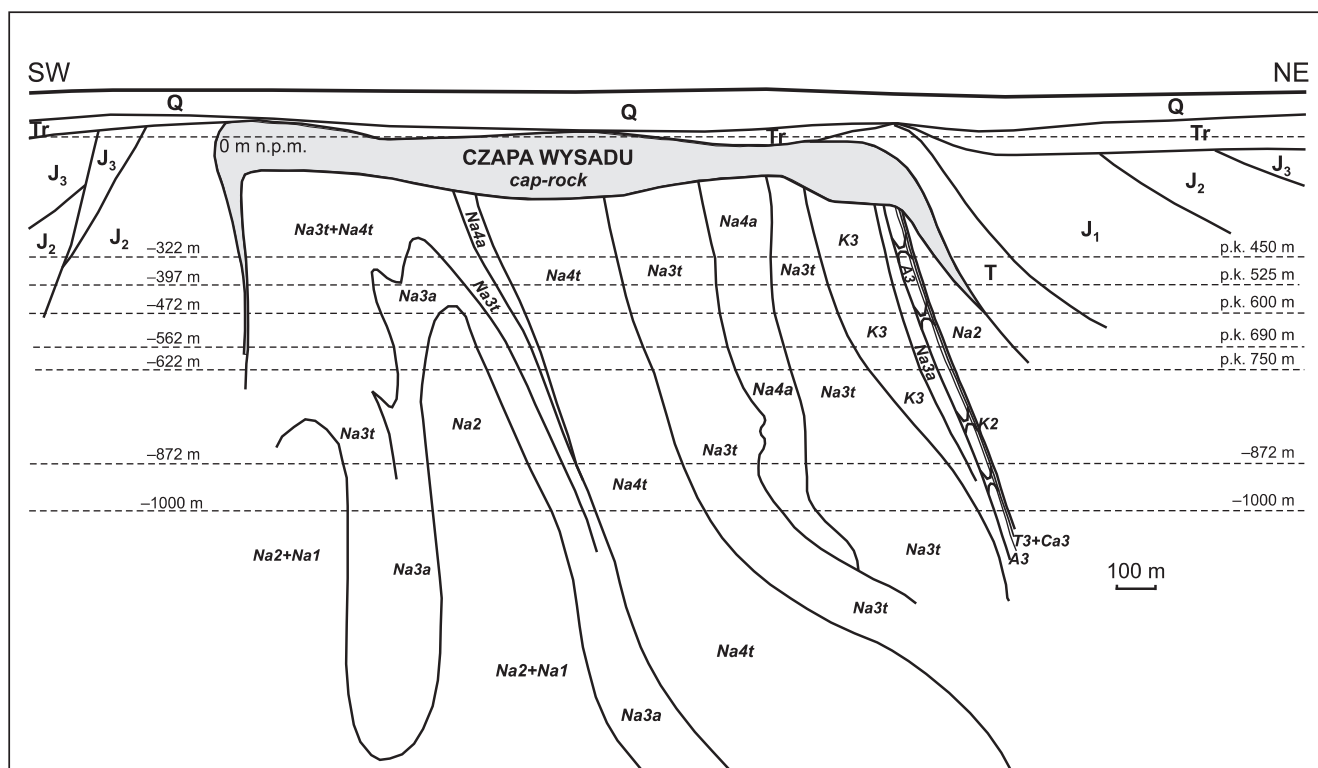


Fig. 4. Schematyczny przekrój geologiczny przez wysad Kłodawa (wg Burliga, 1997)

Q – górny neogen (plejstocen–holocen), Tr – paleogen i dolny neogen (miocen–pliocen), J – jura górna, J – jura środkowa, J – jura dolna, T – trias; wydzielenia litostratigraficzne cechsztynu: Na4t – zuber czerwony, Na4a – najmłodsza sól kamienna, Na3t – zuber brunatny, K3 – młodsza sól potasowa, Na3a – młodsza sól kamienna dolna, A3 – anhydryt główny, T3+Ca3 – szary il solny + dolomit płytowy, K2 – starsza sól potasowa, Na2 – starsza sól kamienna, Na1 – najstarsza sól kamienna; p.k. – poziom kopalniany

Schematic cross-section of Kłodawa salt diapir (after Burliga, 1997)

Q – Upper Neogene (Pleistocene–Holocene), Tr – Paleogene and Lower Neogene (Miocene–Pliocene), J – Upper Jurassic, J – Middle Jurassic, J – Lower Jurassic, T – Triassic; Zechstein lithostratigraphic units: Na4t – Red Zuber, Na4a – Youngest Halite, Na3t – Brownish Zuber, K3 – Younger Potash, Na3a – Lower Younger Halite, A3 – Main Anhydrite, T3+Ca3 – Grey Pelite + Platy Dolomite, K2 – Older Potash, Na2 – Older Halite, Na1 – Oldest Halite; p.k. – mining level

Spośród niezagospodarowanych struktur solnych, rozpatrywanych jako potencjalne obiekty do budowy kawernowych magazynów (zwierciadło solne na głębokości do 1000 m), obecnie najlepiej rozpoznany jest wysad Damasławek. Na wysadach Rogoźno, Lubień i Łanietta od ponad ćwierćwiecza nie prowadzono systematycznych badań

geologicznych. Z tego względu podjęcie decyzji o przyszłej formie ich

zagospodarowania wymaga systematycznych badań geologicznych wytypowanych wysadów, umożliwiających dokładne rozpoznania obszaru występowania i budowy każdej formy.

ZŁOŻA MIOCEŃSKIE

Złoża mioceńskiej formacji solonośnej z południa Polski nie są eksploatowane od 1996 r., kiedy zakończono wydobycie na ostatnim złożu Barycz. Zasoby bilansowe trzech złóż, ujętych obecnie w rejestrze zasobów (fig. 1, tab. 1, 2), wynoszą ok. 4, 37 mld t, co odpowiada 5,7% zasobów złóż permskich. Największe złożo Rybnik–Żory–Orzesze, o zasobach ponad 2 mld t, jest złożem pokładowym, zaś dwa pozostałe – Siedlec–Moszczenica i Wojnicz – reprezentują typ pokładowo-fałdowy, zbudowany z autochtonicznej części pokładowej lub/i części pofałdowanej i nasuniętej.

Złożo Rybnik–Żory–Orzesze (fig. 5), odkryte pod koniec XIX wieku podczas wierceń badawczych w poszukiwaniu węgla kamiennego, występuje na obszarze zapadliska śląsko-krakowskiego. Ma kształt zbliżony do elipsy, której oś dłuższa o kierunku W–E wynosi ok. 13 km, a oś krótsza 6 km. Seria solna zalega na mioceńskich osadach ilasto-piaszczystych i ilasto-marglistych o miąższości ok. 400 m, a także na utworach karbonu i lokalnie triasu. Seria ewaporatowa o grubości do 100 m spoczywa na głębokości 200-300 m. Miąższość pokładu solnego jest zmienna, od 5 do 35 m. Naj-

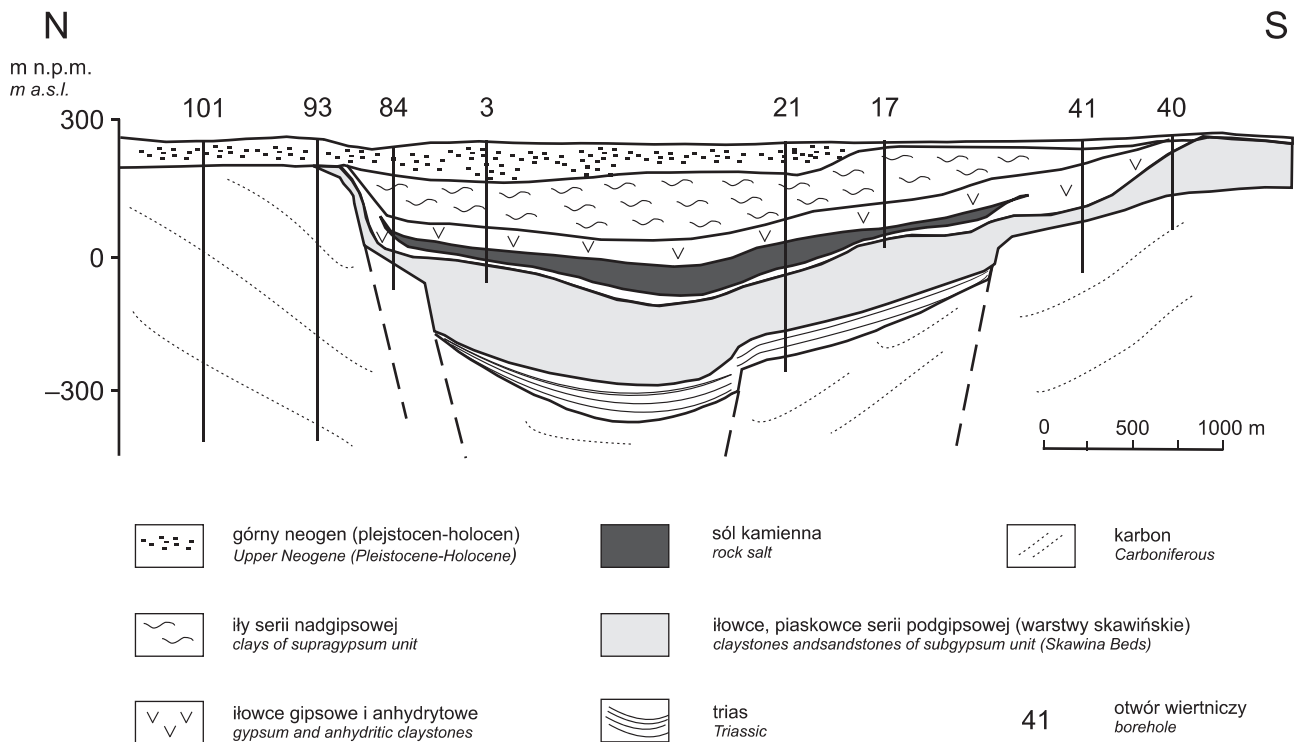


Fig. 5. Przekrój geologiczny przez złożo soli Rybnik-Żory-Orzesze (wg Darskiego, 1964)

Geological cross-section of the Rybnik-Żory-Orzesze salt deposit (after Darski, 1964).

większe miąższości, do 40 m, stwierdzono w okolicy Palowic. W latach 1900–1907, a następnie po II wojnie światowej wykonano szereg wierceń, na podstawie których złożo zostało udokumentowane w 1969 r. w kategorii C.

Złożo fałdowe Siedlec-Moszczenica zlokalizowane jest w powiecie bocheńskim, kilka kilometrów na wschód od Łęzkowic. Od wschodu złożo ograniczone jest filarem kopalni soli Bochnia, zaś od zachodu filarem bezpieczeństwa dla rzeki Raby. Długość złoża wynosi ok. 6 km, a szerokość ok. 1 km. Utwory serii solnej, zmiennej miąższości, napotkano na głębokości od 25 do 490 m. Złożo buduje system fałdów i łusek ściśniętych na małym odcinku, przy czym utwory starsze są niejednokrotnie nasunięte na utwory młodsze, a granice złoża są dość silnie zaburzone tektonicznie.

Rozpoznanie złoża postępowało z przerwami w latach 1942–1975, czyli do momentu rozpoczęcia budowy kopalni podziemnej w Siedlcu-Moszczenicy. Zasoby udokumentowano (4 dokumentacje) w latach 1961–1994 w kategorii od C do B (dwie ostatnie dokumentacje w kategorii B+C+C wykonano w latach 1988 i 1994). Eksploatację podziemną, w założeniu na dwóch poziomach, rozpoczęto w 1989 r., jednak wobec braku zapotrzebowania na solankę w planowanej pierwotnie wysokości (2 mln m³ rocznie) kopalnię zamknięto w 1991 r. W złożu pozostało jeszcze niezagospodarowane 187,8 mln ton soli kamiennej.

Złożo pokładowo-fałdowe Wojnicz (fig. 6) występuje na odcinku długości 10 km i szerokości 1 km pomiędzy miejscowościami Białolinia i Zgłobice pod Tarnowem. Rozpoznano część wschodnią złoża o długości ok. 2 km w okolicy Zgłobic. Głębokość zalegania serii solnej na tym odcinku wynosi od 1000 do 1600 m. wykształcenie osadów solnych jest zbliżone do złóż Podkarpacia Bocheńskiego; ich łączna pierwotna miąższość nie przekracza 100 m. Pokłady soli cechuje niewielki udział zanieczyszczeń oraz przerostów ilastych i anhydrytowych. Budowa wewnętrzna złoża jest skomplikowana; występują stromo ułożone fałdy i łuski wzajemnie na siebie nasunięte. Złożo rozpoznane otworami wiertniczymi zostało udokumentowane w kategorii C w 1982 r., a jego zasoby bilansowe wynoszą 2,08 mld t.

Pozostałe, niegdyś eksploatowane, złoża miocenickich soli kamiennych na obszarze zapadliska przedkarpackiego (Wieliczka, Barycz, Bochnia i Łęzkowice) mają jedynie znaczenie historyczne. Wieliczka i Bochnia funkcjonują obecnie jako obiekty turystyczno-sanatoryjne i muzealne.

Skomplikowana budowa geologiczna złóż miocenickich, zmienna miąższość, wykształcenie i głębokość zalegania warstw soli, duże zagrożenie wodne i gazowe powodują, że dalsza eksploatacja już udostępnionych złóż i zagospodarowanie nowych wydaje się obecnie nieopłacalne.

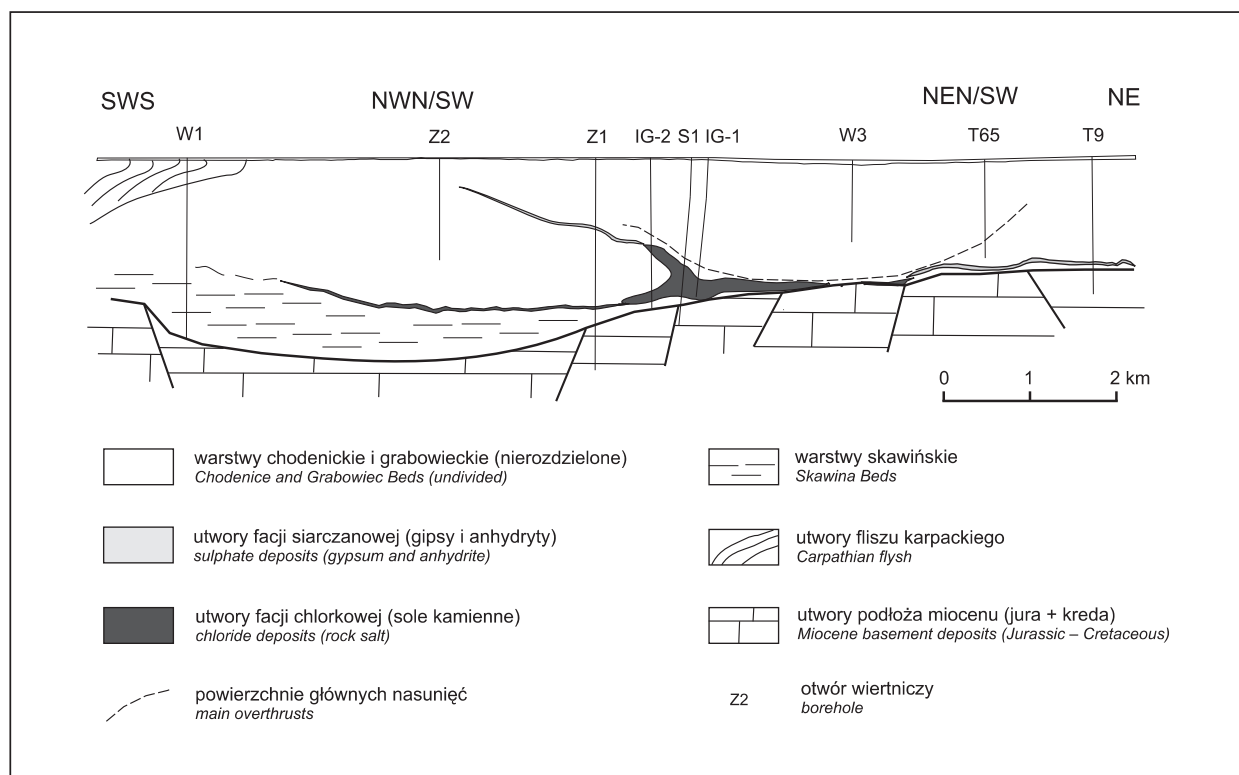


Fig. 6. Schematyczny przekrój geologiczny przez złożo soli Wojnicz

Schematic cross-section of the Wojnicz salt deposit

PODSUMOWANIE

Spośród dwóch formacji solonośnych występujących na terenie Polski, jedynie złoża formacji permskiej mają obecnie znaczenie ekonomiczne. Cztery eksploatowane (metodami podziemną i otworową) złoża wysadowe soli kamiennej (Góra, Mogilno I, Mogilno II oraz Kłodawa centrum) są rozpoznane szczegółowo (A+B+C+C lub B+C+C) i posiadają aktualne dokumentacje (ostatnie z lat 1989–2007). W przypadku pozostałych złóż wysadowych, rozpoznanych wstępnie w kategorii C i C, jedynie złożo Damasławek posiada najpóźniejszą (1983 r.) dokumentację i wyniki kompleksowych badań z lat 1997–2001 (np. Twarogowski i in., 2002). Dla innych złóż informacja geologiczna pochodzi sprzed ponad ćwierć wieku.

W przypadku permskich złóż pokładowych, rozpoznanych w północnej i południowo-zachodniej Polsce, ich względnie prosta budowa wewnętrzna i znaczna jednorodność wykształcenia soli predestynują je do różnych form zagospodarowania (eksploatacja soli połączona z funkcjami magazynowania i składowania). Obecnie eksploatowane jest metodą podziemną złożo Kazimierzów w obrębie pokładu najstarszej soli kamiennej ponad złożem rud miedzi w Sieroszowicach (obszar przedsudecki), udokumentowane w kate-

gorii C1 i B+C1 w latach 1990 i 2006. Istnieje koncepcja wykorzystania np. w charakterze kawernowych magazynów tego i innych pokładów soli permskich w okolicach Głogowa (Brańka i in., 2006b).

Trzy duże pokładowe złoża soli kamiennej nad Zatoką Gdańską, o wyjątkowo jednorodnym wykształceniu pokładu soli i prostej budowie, zostały wstępnie udokumentowane w kategorii C i C w latach 1975–1980. Złoża te były już rozpatrywane jako potencjalne obiekty do budowy kawernowych magazynów gazu i podziemnych składowisk odpadów.

Badania większości niezagospodarowanych dotychczas złóż soli permskich były prowadzone ponad 25 lat temu, dlatego konieczna jest ich aktualizacja. Jest to szczególnie ważne w sytuacji, gdy wzrasta zainteresowanie wykorzystywaniem złóż soli nie tylko jako źródło surowca dla przemysłu chemicznego czy drogownictwa, lecz także jako wyjątkowo bezpieczne magazyny czy składowiska różnych mediów. Wiele z polskich złóż może być wykorzystanych pod tym kątem, lecz podjęcie decyzji o ich zagospodarowaniu wymaga bezwzględnie opracowania ich aktualnej dokumentacji z wykorzystaniem najnowszych metod badawczych, analitycznych i interpretacyjnych.

LITERATURA

- BANASZAK A., GARLICKI A., MARKIEWICZ A., 2007 – Budowa geologiczna złoża soli kamiennej „Kazimierzów” w O.G. Sieroszowice I (kopalnia Polkowice-Sieroszowice). *Gosp. Sur. Miner.*, **23**, 1: 9–20.
- BRAŃKA S., CHARYSZ W., GARLICKI A., WERNER Z., ZIĄBKA Z., 1978 – Podziemne magazynowanie węglowodorów oraz innych substancji w złożach soli w Polsce jako nowy kierunek ich wykorzystania dla gospodarki narodowej. *Prz. Geol.*, **26**, 2: 90–96.
- BRAŃKA S., JAWOR E., LANKOF L., MACIEJEWSKI A., MAZUR M., NEY R., PISIEWICZ T., ROGOWSKA E., ŚLIZOWSKI J., ŚLIZOWSKI K., URBAŃCZYK K., WIŚNIEWSKA M., 2006a – Ocena możliwości magazynowania substancji w złożach soli kamiennej. Inst. Gosp. Sur. Miner. i Energią PAN. Kraków.
- BRAŃKA S., MAZUR M., WAWRZYŃIAK J., 2006b – Koncepcja budowy kawernowego magazynu gazu ziemnego w rejonie Dolnego Śląska. XI Międz. Symp. Solne QUO VADIS SAL, Szklarska Poręba 9–10.11. 2006. Abstrakty: 37–38.
- BURLIGA S., 1997 – Ewolucja wysadu solnego Kłodawy. Mat. Konf. Tektonika solna regionu kujawskiego, Uniejów 23–25.10.1997: 1–14. WIND, Wrocław.
- CZAPOWSKI G., 1987 – Sedimentary facies in the Oldest Rock Salt (NaI) of the Łeba elevation (northern Poland). *Lecture Notes of Earth Sciences*, **10**: 207–224.
- CZAPOWSKI G., 1998 – Geneza najstarszej soli kamiennej cechsztynu w rejonie Zatoki Puckiej (Studium sedimentologiczne). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- CZAPOWSKI G., 2006 – Możliwości bezpiecznego podziemnego magazynowania węglowodorów (paliw) w strukturach geologicznych na obszarze Polski. *Prz. Geol.*, **54**, 8: 658–659.
- CZAPOWSKI G., CHEŁMIŃSKI J., TOMASZCZYK M., TOMASSI-MORAWIEC H., 2007 – Modelowanie przestrzenne budowy geologicznej osadowych złóż pokładowych na przykładzie cechsztyńskiego złoża soli kamiennej „Mechelinki” nad Zatoką Pucką. *Prz. Geol.*, **55**, 8: 681–689.
- CZAPOWSKI G., DĘBSKI J., KASPRZYK A., KIEŻEL W., LANGIER-KU NIAROWA A., PERYT T.M., 1992 – Monografia anhydrytu i soli kamiennej na monoklinie przedsudeckiej (rejon LGOM). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- CZAPOWSKI G., ŚLIZOWSKI K., 2007 – Stan rozpoznania niezagospodarowanych wysadów solnych w Polsce: optymizm czy problem? XII Międz. Symp. Solne Przemysł solny w gospodarce, Kłodawa 11–12.10.2007 r. Abstrakty: 7–9.
- CZAPOWSKI G., TOMASSI-MORAWIEC H., 1985 – Sedymentacja i geochemia najstarszej soli kamiennej w rejonie Zatoki Puckiej. *Prz. Geol.*, **33**, 12: 663–670.
- CZAPOWSKI G., TOMASSI-MORAWIEC H., 2006 – Wykształcenie, geochemia, geneza i kierunki zagospodarowania cechsztyńskich pokładowych złóż soli kamiennych na obszarze Lublińsko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. XI Międz. Symp. Solne QUO VADIS SAL, Szklarska Poręba 9–10.11.2006. Abstrakty: 7–10.
- DADLEZ R., MOJSKI J.E., SŁOWANSKA B., UŚCINOWICZ S., ZACHOWICZ J. (red.), 1995 – Atlas geologiczny południowego Bałtyku, skala 1:500 000. Państw. Inst. Geol., Sopot, Warszawa.
- DARSKI J., 1964 – Miocenska seria solna okolicy Rybnika w świetle nowych materiałów geologicznych. Arch. AGH, Kraków.
- DROGOWSKI J., TADYCH J., 2006 – Budowa geologiczna i zagospodarowanie wysadów solnych „Mogilno I” i „Góra” – stan aktualny i perspektywy. *Prz. Geol.*, **54**, 4: 306.
- GARLICKI A., KIJEWSKI P., SZYBIST A., 1996 – Sól kamienna na obszarze przedsudeckim. Monografia KGHM Polska Miedź S.A., Lubin.
- GIENTKA M., MALON A., TYMIŃSKI M. (red.), 2007 – Bilans zasobów kopalni i wód podziemnych w Polsce wg stanu na 31 XII 2006 r. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KIJEWSKI P., SALSKI W., 1978 – Cechsztyńska sól kamienna cyklotemu ZI w południowo-zachodniej części monokliny przedsudeckiej. *Geol. Sudet.*, **13**, 1: 97–134.
- KLECZEK Z., ZEJLAS D., 2004 – Lokalizacja podziemnego składowiska odpadów promieniotwórczych w Polsce. *Prz. Geol.*, **52**, 1/2: 649–652.
- KOZULA R., GOLCZAK I., 1988 – Dokumentacja geologiczna złoża rud miedzi „Bytom Odrzański” w kat. C i C. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KOZULA R., KORZEKWA W., MARKIEWICZ A., 2006 – Aneks nr 1 do projektu prac rozpoznawczych złoża soli kamiennej „Kazimierzów” w kategorii C i B (część złoża soli kamiennej występującego ponad złożem rud miedzi „Sieroszowice”). Prace KGHM CUPRUM sp. z o.o. (CBR). Wrocław.
- KUNSTMAN A., POBORSKA-MŁYNARSKA K., URBAŃCZYK K., 2002 – Zarys otworowego ługownictwa solnego. Aktualne kierunki rozwoju. Uczelniane Wyd. Nauk.-Dydakt. AHG, Kraków.
- MARKIEWICZ A., 2007 – Naskórkowa struktura południowej części monokliny przedsudeckiej a zagospodarowanie utworów najstarszej soli kamiennej (NaI). *Gosp. Sur. Miner.*, **23**, 1: 35–49.
- MARKIEWICZ A., PYTEL W., ZALEWSKA A., 2007 – Koncepcja wybudowania Laboratorium Polskiej Fizyki Częstek w złożu najstarszej soli kamiennej na terenie LGOM. *Gosp. Sur. Miner.*, **23**, 1: 190–192.
- PERYT T.M., CZAPOWSKI G., DĘBSKI J., GAŚIEWICZ A., HERBICH E., PIZON A., 1984 – Poszukiwania złóż soli cechsztyńskich polihalitu na wyniesieniu Łeby. Cz. I. Analiza geologicznych warunków występowania i genezy polihalitu i soli cechsztyńskich na wyniesieniu Łeby. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PREIDL M., 1990 – Dokumentacja geologiczna złoża soli kamiennej występującej ponad złożem rud miedzi kopalni Sieroszowice. Zasoby w kategorii C i szacunkowe. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SZYBIST A., 1976 – Złoże soli kamiennej w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym. *Prz. Geol.*, **24**, 10: 572–576.
- ŚLIZOWSKI K., KÖHSLING J., LANKOF L., 2004 – Uwarunkowania podziemnego składowania odpadów niebezpiecznych w Polsce. Studia, Rozprawy, Monografie, 129. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- TOMASSI-MORAWIEC H., 2003 – Charakterystyka geochemiczna najstarszej soli kamiennej (NaI) w rejonie Zatoki Puckiej. *Prz. Geol.*, **51**, 8: 693–702.
- TWAROGOWSKI J., BRUSZEWSKA B., CZAPOWSKI G., DĄBROWSKA B., ZIENTARA P., 2002 – Kompleksowe badanie budowy geologicznej struktur przypowierzchniowych z zastosowaniem analizy danych geologiczno-geofizycznych na przykładzie rozpoznania wysadu solnego „Damasków” i jego otoczenia. *Prz. Geol.*, **50**, 12: 1169–1176.
- WERNER Z., 1975 – Dokumentacja geologiczna złoża soli kamiennej „Mechelinki”, kat. C, woj. Gdańsk. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- WERNER Z., 1978 – Dokumentacja geologiczna złoża soli kamiennej w kat. C w rejonie Zatoki Puckiej, woj. gdańskie. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.