



## I. ARTYKUŁY / PAPERS

# Magazynowanie gazu ziemnego w strukturach solnych – stan obecny, perspektywy rozwoju

## *Storage of natural gas in salt structures – current state, prospects of the development*

Maciej KALISKI<sup>1</sup>, Elwira GROSS-GOŁACKA<sup>2</sup>, Piotr JANUSZ<sup>3</sup>, Adam SZURLEJ<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu;

<sup>2</sup> Ministerstwo Gospodarki;

<sup>3</sup> Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, piotrijanusz@hotmail.com;

<sup>4</sup> Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Energetyki i Paliw

### STRESZCZENIE

Artykuł porusza zagadnienia związane z zapewnieniem bezpieczeństwa energetycznego. Scharakteryzowano pojęcie bezpieczeństwa energetycznego, ukazano jego złożoność oraz przedstawiono odpowiedzialność zainteresowanych stron za zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego. W artykule przedstawiono strukturę bilansu energetycznego kraju ze szczególnym uwzględnieniem gazu ziemnego. Zostały zaprezentowane kierunki dostaw tego paliwa, struktura jego zużycia oraz wskaźnik zależności importowej Polski od surowców energetycznych. Przedstawiono rodzaje podziemnych magazynów gazu (PMG) oraz scharakteryzowano ich podstawowe parametry. Mając na uwadze znaczenie PMG dla krajowego systemu gazowego przedstawiono obecny stan infrastruktury magazynowej w kraju oraz możliwości budowy podziemnych magazynów gazu w kawernach solnych.

### ABSTRACT

*The article concerns the matters connected with assuring the power security. There were characterized the definition of power security, its complexity and responsibility of parties for providing it. The article depicts the structure of national power balance with a special regard towards natural gas. There were presented directions of supplies of this fuel, the structure of its consumption and the indicator of import dependence for Poland concerning power materials. There was also presented types of underground gas storage facilities and their basic parameters. Taking into consideration the meaning of UGS*

*for national gas system, the Authors show current condition of national storage infrastructure in Poland and possibilities of construction of underground gas storage in salt cavern.*

### BEZPIECZEŃSTWO ENERGETYCZNE

Podstawowa misja każdego państwa sprowadza się do zapewnienia jego obywatelom bezpieczeństwa we wszystkich dziedzinach życia. Mając na uwadze złożoność i wieloznaczność pojęcia „bezpieczeństwo” oraz zadania państwa w tym zakresie to wszystkie zadania i obowiązki państwa są szczegółowo regulowane w przepisach prawa. Przy stałym rozwoju gospodarczym, technologicznym i społecznym dostęp do nośników energii jest jednym z głównych elementów zapewniającym stały i stabilny rozwój państw i społeczeństw.

Znaczenie bezpieczeństwa energetycznego wynika ze szczególnej roli surowców energetycznych we współczesnym świecie. Rola ta ukierunkowana jest z jednej strony poziomem cywilizacyjnym i rozwojem technologicznym, zaś z drugiej – faktem ograniczonej ilości zasobów oraz ich nierównomiernym rozmieszczeniem w poszczególnych regionach świata. Transport surowców energetycznych stwarza sytuację zależności od ich dostaw, związaną ze sprawnością środków transportu oraz okolicznościami towarzyszącymi przemieszczaniu się surowca. Stąd też surowce energetyczne należy traktować jako towar strategiczny w wymiarze politycznym i gospodarczym, a więc jako istotny element szeroko pojętego bezpieczeństwa państwa. Omawiając zagadnienie bezpieczeństwa energetycznego należy mieć na uwadze, że jest to pojęcie bardzo złożone.

Na rys. 1 przedstawiono główne składowe bezpieczeństwa energetycznego oraz ich cząstkowe (Kaliski & Staško, 2006).

Analizując pojęcie bezpieczeństwa energetycznego możemy rozróżnić jego trzy główne składniki:

- bezpieczeństwo techniczne – infrastruktura techniczna gospodarki energetycznej państwa jest wystarczająca, niezawodna, dobrze eksploatowana i nie stwarza zagrożeń dla bezpieczeństwa energetycznego,
- bezpieczeństwo polityczne – dostęp do źródeł energii, dróg transportowych, urządzeń przetwarzających energię nie jest zagrożony,
- bezpieczeństwo technologiczne – zachowane są standardy jakości energii, gospodarka wykorzystuje nowe technologie i nowe źródła energii, badania naukowe i wdrożenia zapewniają dostęp do nowych technologii, kształcone są odpowiednie kadry do potrzeb sektora energetycznego (Kaliski i in., 2010, 2010a-c).

Pojęcie bezpieczeństwa energetycznego należy rozpatrywać w trzech wymiarach: podmiotowym, przedmiotowym i przestrzennym. Zakres podmiotowy oznacza pewność istnienia i przetrwania poszczególnych podmiotów, gdzie pewność należy rozumieć jako brak zagrożeń dla ich egzystencjalnych interesów. Wyróżnienie aspektu podmiotowego odnosi się także bezpośrednio do określania podmiotów, które podlegają ochronie w ramach zapewnienia bezpieczeństwa. Zakres przedmiotowy bezpieczeństwa jest po części kryterium pomocniczym w stosunku do aspektu podmiotowego. Dotyczy określenia obszaru zjawisk, które mogą stanowić zagrożenie, a także wskazuje działania zapobiegawcze, istotne dla podniesienia poziomu bezpieczeństwa. Ostatnim wymiarem bezpieczeństwa jest aspekt przestrzenny. Kryterium to pozwala na wskazanie aspektów, które należy rozpatrywać w odniesieniu do sytuacji całego świata, kontynentu czy państwa. Na tej podstawie wyróżnić można bezpieczeństwo narodowe oraz międzynarodowe. Pierwsze skupia się przede wszystkim na takich elementach, jak zagrożenia wewnętrzne i lokalne, natomiast drugie odnosi się do kształtowania bezpieczeństwa w szerokim zakresie, tj. kontynentalnym i globalnym. Bezpieczeństwo energetyczne najczęściej rozpatrywane jest jako element szeroko rozumianego bezpieczeństwa ekonomicznego. Energia oraz surowce energetyczne są produktem strate-



Rys. 1. Składowe bezpieczeństwa energetycznego (Kaliski & Staško, 2006).

Fig. 1. Components of the energy security (Kaliski & Staško, 2006).

miana racji stanu. Za podstawowy choć nie jedyny podmiot bezpieczeństwa energetycznego należy uznać państwo. Jednocześnie skala czynników, które mogą zagrozić bezpieczeństwu energetycznemu powoduje, że państwo jest podmiotem najbardziej predestynowanym do jego ochrony (Domagała, 2008).

Bezpieczeństwo energetyczne jest zjawiskiem wieloaspektowym, dlatego też zadania związane z jego zachowaniem rozłożone są na szereg organów (Domagała, 2008), tj.:

✓ Prezydent RP

Rola Prezydenta w zachowaniu bezpieczeństwa energetycznego kraju jest ściśle związana z pozycją ustrojową tego urzędu, określoną w Konstytucji RP. Kompetencje Prezydenta w dziedzinie bezpieczeństwa energetycznego są bardzo szerokie. Mają one jednak szczególny charakter, opierają się bowiem głównie na kreowaniu oraz nadzorowaniu działań politycznych, zmierzających do jego zachowania.

✓ Rada Ministrów

Spełnia ona niezwykle ważną rolę w zachowaniu bezpieczeństwa energetycznego oraz kluczową rolę w funkcjonowaniu sektora energetycznego. Z jednej strony jako organ administracji, prowadzący i kreujący politykę państwa (w tym politykę energetyczną), wyznacza najważniejsze kierunki działań zapobiegawczych, zmierzających do zachowania niezawodności dostaw, z drugiej strony posiada szereg kompetencji w zakresie reagowania na sytuacje kryzysowe w sektorze energetycznym. Prawidłowe wykorzystanie tych uprawnień czyni z tego organu jeden z najważniejszych filarów bezpieczeństwa energetycznego.

✓ Minister Gospodarki

Zadania ministra właściwego do spraw gospodarki związane z energetyką można podzielić na następujące grupy:

- uprawnienia prawodawcze, które minister sprawuje na podstawie delegacji ustawowych,

gicznym, posiadającym realny wpływ na niemal wszystkie elementy prawidłowego funkcjonowania państwa. Są determinantami działania organów państwa nie tylko na polu gospodarczym, lecz także politycznym, ekologicznym i społecznym. Ze względu na swoją wielowymiarowość oraz rangę zachowanie bezpieczeństwa energetycznego urasta do

- uprawnienia związane z wykonywaniem uprawnień nadzorczych w stosunku do podległych mu hierarchicznie organów administracji rządowej,
- uprawnienia związane ze sprawowaniem ogólnego nadzoru nad krajowymi systemami energetycznymi i nad bezpieczeństwem zaopatrzenia w paliwa gazowe i energię, a także na określeniu szczegółowych warunków planowania ich zaopatrzenia.

#### ✓ Prezes Urzędu Regulacji Energetyki

Prezes URE jest centralnym organem administracji rządowej w sprawach regulacji gospodarki paliwami i energią, a także promowania konkurencji na rynku energetycznym. Wypełniając swoje kompetencje w zakresie funkcji regulacyjnej, Prezes URE wykonuje zadania w ramach regulacji gospodarczej. W jej granicach prowadzi działania o charakterze kierowniczym, nadzorczym, koordynacyjnym oraz ochronnym w stosunku do rynku energetycznego. W zakresie zachowania właściwego poziomu bezpieczeństwa energetycznego przekłada się to na kompetencje w obszarze kształtowania sytuacji prawnej przedsiębiorców energetycznych.

#### ✓ Wojewoda

Zadania wojewody w dziedzinie bezpieczeństwa energetycznego, jako terenowego organu administracji rządowej, będą dotyczyły przede wszystkim dwóch płaszczyzn. W pierwszej kolejności jest to realizowanie polityki rządu w województwie, a więc także polityki energetycznej, po drugie wykonanie nadzoru i kontroli nad jednostkami samorządu terytorialnego w zakresie realizacji zadań energetycznych. Należy zaznaczyć, iż mimo braku bezpośrednich kompetencji w dziedzinie bezpieczeństwa energetycznego wojewoda pełni niezwykle ważną rolę w koordynacji polityki energetycznej państwa, jak i nadzoru legalności podejmowanych działań przez jednostki samorządu terytorialnego, a co za tym idzie, posiada realny wpływ na poziom bezpieczeństwa energetycznego, szczególnie w ujęciu regionalnym i lokalnym.

### BILANS ENERGETYCZNY

Zużycie energii pierwotnej w Polsce kształtowało się w 2011 roku na poziomie 102 Mtoe (Million tonnes oil equivalent; 1Mtoe = 11630 GWh). Zapotrzebowanie to pokrywane jest głównie przez kopalne nośniki energii. W 2011 roku struktura krajowego bilansu energetycznego przedstawiała się następująco: węgiel (kamienny i brunatny) – 54%, ropa naftowa – 25,4%, gaz ziemny – 12,5%, inne (głównie OZE – Odnawialne Źródła Energii) – około 8%. Należy jednak zaznaczyć, że od 1999 roku udział węgla w bilansie energetycznym systematycznie spada. Miejsce zmniejszającego się udziału węgla w bilansie energetycznym zajmowane jest przez OZE i węglowodory (IEA 2000-2012).

Zużycie gazu ziemnego w kraju w ostatnich latach kształtuje się na poziomie około 14-15 mld m<sup>3</sup> (w przeliczeniu na

gaz ziemny wysokometanowy). Około 70% rocznego zużycia tego surowca jest importowane do Polski. Natomiast pozostała wielkość zużycia tj. około 30% pokrywana jest z krajowego wydobycia tego surowca (tab. 1).

Kierunek dostaw gazu ziemnego jest zdeterminowany istniejącą siecią przesyłową, przystosowaną do przesyłu znaczących ilości gazu ze wschodu na zachód. Istnieją możliwości dostaw gazu z kierunku zachodniego, jednak w porównaniu do rocznego zapotrzebowania na ten surowiec są to ilości niewielkie. Mając na uwadze obecną sytuację trwają ciągłe prace, których celem jest rozbudowa krajowego systemu przesyłowego, w szczególności poprzez rozbudowę połączeń międzysystemowych z państwami Unii Europejskiej.

Obecna struktura bilansu dostaw gazu ziemnego powoduje, że Polska należy do grupy państw najmniej uzależnionych od importu gazu ziemnego. W 2011 roku zależność od importu gazu ziemnego wynosiła 75%, natomiast całkowita zależność od importu nośników energii wynosiła 34%. Należy zaznaczyć, że w okresie od 1990 roku do 2011 roku systematycznie wzrasta całkowita zależność Polski od importu nośników energii, w roku 1990 wynosiła ona tylko 2%. Natomiast zależność od importu gazu ziemnego w tym okresie waha się od 64% do 76% (tabela 2).

Struktura sprzedaży gazu ziemnego w kraju w ostatnich latach pozostaje na ustabilizowanym poziomie. Głównym odbiorcą gazu ziemnego pozostaje przemysł – zużywając około 40% krajowej konsumpcji, następnie około 27% rocznej podaży zużywane jest przez gospodarstwa domowe. Pozostałe ilości zużywane są przez: handel i usługi – 12-16%, rolnictwo około 0,4%, pozostali odbiorcy około 20% (IEA 2000-2012).

Na rysunku 2 przedstawiono wielkość dobowego zużycia gazu ziemnego w okresie od 1 stycznia 2009 roku do 31 czerwca 2013 roku. Należy zwrócić uwagę, że w tym okresie znacznie wzrosły dysproporcje zużycia gazu w okresie zimowym i letnim. Minimalne zużycie gazu ziemnego w tym okresie wyniosło 16,2 mln m<sup>3</sup>/dobę, natomiast maksymalne 72,3 mln m<sup>3</sup>/dobę. Biorąc pod uwagę te nierównomierności w zużyciu gazu ziemnego oraz przeciwdziałanie ewentualnym zakłóceniom w dostawach tego paliwa niezbędne jest gromadzenie nadwyżek gazu w okresach, kiedy jego zużycie maleje (wiosna-lato) aby móc pokryć jego wzrost w okresach charakteryzujących się zwiększonym zużyciem (jesień-zima) lub w wypadku przerw w jego dostawach. Najbardziej efektywnym sposobem gromadzenia nadwyżek gazu ziemnego jest jego przechowywanie w podziemnych magazynach gazu (PMG), które możemy podzielić na (Filar & Kwilosz, 2010):

➤ sezonowe: czas szczytowania takiego magazynu wynosi 80-120 dni, eksploatacja magazynu trwa przeważnie od listopada do marca, jednokrotne szczytowanie pojemności czynnej w sezonie, do magazynów sezonowych zaliczamy PMG wytworzone w szczytanych złożach węglowodorów i w warstwach wodonośnych.

**Tab. 1.** Struktura dostaw gazu ziemnego do Polski w latach 1999 – 2012 [mln m<sup>3</sup>; %] (IEA 2000-2012, PGNiG S.A. 2013)**Tab 1.** The structure of natural gas supplies to Poland between 1999-2012 [mln m<sup>3</sup>; %] (IEA 2000-2012, PGNiG S.A 2013)

Źródło/kierunek pochodzenia		Wydobycie krajowe*	Import, w tym:	Czechy	Niemcy	Norwegia	Rosja	Kraje byłego Związku Radzieckiego	Zużycie gazu ziemnego
1999	mln m <sup>3</sup>	3 607,8	7 276,2	0,0	446,8	0,0	0,0	6 829,4	10 884,0
	Udział % w zużyciu	33,15	66,85	0,00	4,11	0,00	0,00	62,75	
2000	mln m <sup>3</sup>	3 846,1	7 198,1	0,0	445,2	17,0	0,0	6 735,8	11 044,2
	Udział % w zużyciu	34,82	65,18	0,00	4,03	0,15	0,00	60,99	
2001	mln m <sup>3</sup>	4 064,1	8 387,5	1,0	407,8	273,2	0,0	7 705,5	12 451,6
	Udział % w zużyciu	32,64	67,36	0,01	3,28	2,19	0,00	61,88	
2002	mln m <sup>3</sup>	4 143,8	7 809,8	0,0	403,8	494,2	0,0	6 911,8	11 953,6
	Udział % w zużyciu	34,67	65,33	0,00	3,38	4,13	0,00	57,82	
2003	mln m <sup>3</sup>	4 199,9	8 765,2	0,0	419,2	448,9	0,0	7 857,1	12 965,1
	Udział % w zużyciu	32,39	67,61	0,00	3,23	3,46	0,00	60,60	
2004	mln m <sup>3</sup>	4 544,8	9 486,7	0,0	389,7	484,4	0,0	8 612,6	14 031,5
	Udział % w zużyciu	32,39	67,61	0,00	2,78	3,45	0,00	61,38	
2005	mln m <sup>3</sup>	4 518,2	9 940,5	0,0	330,4	485,7	656,7	2 558,7	14 458,7
	Udział % w zużyciu	31,25	68,75	0,00	2,29	3,36	4,54	17,70	
2006	mln m <sup>3</sup>	4 458,9	10 393,4	0,0	509,0	361,3	7 154,4	2 368,7	14 852,3
	Udział % w zużyciu	30,02	69,98	0,00	3,43	2,43	48,17	15,95	
2007	mln m <sup>3</sup>	4 498,7	9 635,7	0,0	817,0	0,0	6 513,3	2 305,4	14 134,4
	Udział % w zużyciu	31,83	68,17	0,00	5,78	0,00	46,08	16,31	
2008	mln m <sup>3</sup>	4 291,0	10 649,0	0,0	860,0	0,0	7 392,0	2 397,0	14 940,0
	Udział % w zużyciu	28,72	71,28	0,00	5,76	0,00	49,48	16,04	
2009	mln m <sup>3</sup>	4 277,0	9 486,0	0,0	1 034,0	0,0	7 779,0	673,0	13 763,0
	Udział % w zużyciu	31,08	68,92	0,00	7,51	0,00	56,52	4,89	
2010	mln m <sup>3</sup>	4 277,0	10 365,0	0,0	1 076,0	0,0	9 282,0	6,0	14 642,0
	Udział % w zużyciu	31,08	75,31	0,00	7,82	0,00	67,44	0,04	
2011	mln m <sup>3</sup>	4 300,0	11 787,0	0,0	1 714,0	0,0	0,0	10 073,0	16 087,0
	Udział % w zużyciu	31,24	85,64	0,00	12,45	0,00	0,00	73,19	
2012**	mln m <sup>3</sup>	4 300,0	11 000,0	300,0	1 700,0			9 000,0	15 300,0
	Udział % w zużyciu	31,24	79,92	2,18	12,35	0,00	0,00	65,39	

\* - w przeliczeniu na gaz wysokometanowy/recalculated for high-methane gas

\*\* - wg wstępnych danych PGNiG S.A./after preliminary data of PGNiG S.A

- szczytowe: czas szczytowania takiego magazynu wynosi kilkanaście dni, wielokrotne szczytowanie pojemności czynnej w sezonie (około 4 razy), do magazynów szczytowych zaliczamy PMG wytworzone w wysadach solnych.

Podziemne magazyny gazu można podzielić na następujące rodzaje obiektów (Michałowski & Trzop, 2006):

- ✓ w szczypanych złożach gazu ziemnego lub ropy naftowej  
Jest to najbardziej rozpowszechniony rodzaj PMG. Spo-

**Tab. 2.** Zestawienie zależności od importu gazu ziemnego i całkowitej zależności od importu energii wybranych państw europejskich (opracowanie własne na podstawie IEA 2000-2012)**Tab. 2.** *The level of dependence index on natural gas import (own elaborate based in IEA 2000-2012)*

Państwo Country	Nośnik energii Energy source	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Szwecja	Całkowita zależność Total dependence	39	39	34	38	35	38	44	38	39	39	38	40	39	39	39
	Gaz ziemny Natural gas	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Finlandia	Całkowita zależność	63	54	52	57	56	54	61	56	56	56	55	56	55	50	55
	Gaz ziemny	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Grecja	Całkowita zależność	71	79	73	78	77	79	75	80	75	81	76	83	75	77	73
	Gaz ziemny	0	0	100	99	99	97	99	97	99	99	99	100	100	100	99
Dania	Całkowita zależność	50	38	-18	-39	-31	-45	-33	-49	-54	-40	-28	-24	-20	-19	-14
	Gaz ziemny	-51	-47	-57	-65	-66	-64	-56	-80	-114	-103	-100	-121	-92	-69	-67
Portugalia	Całkowita zależność	89	90	93	90	87	86	87	86	90	88	87	88	86	80	82
	Gaz ziemny	0	0	101	100	100	100	100	100	104	101	99	100	101	100	102
Irlandia	Całkowita zależność	69	72	85	85	89	90	90	92	9	97	94	97	92	91	93
	Gaz ziemny	0	3	63	72	82	82	86	81	87	90	91	92	93	93	93
Słowacja	Całkowita zależność	77	69	69	66	62	62	64	67	64	64	69	65	67	64	66
	Gaz ziemny	105	87	92	99	92	96	97	103	97	97	98	97	109	100	105
Czechy	Całkowita zależność	16	21	25	23	25	27	26	26	28	28	25	28	27	26	27
	Gaz ziemny	91	98	96	100	96	102	98	91	98	104	94	99	104	90	104
Austria	Całkowita zależność	69	67	66	67	65	69	70	71	71	73	70	70	66	63	73
	Gaz ziemny	86	85	76	80	72	72	79	79	88	88	81	87	85	75	103
Węgry	Całkowita zależność	49	48	54	56	54	58	62	61	63	63	62	64	60	59	52
	Gaz ziemny	58	60	74	76	73	81	84	79	81	82	80	88	86	79	65
Polska	Całkowita zależność	2	0	10	11	11	12	13	15	18	20	26	31	32	32	34
	Gaz ziemny	76	65	64	66	69	66	67	68	70	72	67	73	68	69	75
Hiszpania	Całkowita zależność	66	74	80	80	79	83	81	81	86	88	86	89	87	84	84
	Gaz ziemny	74	97	105	102	96	101	99	98	101	101	99	101	99	99	101
Francja	Całkowita zależność	53	49	52	51	49	51	51	51	52	52	52	52	52	51	50
	Gaz ziemny	94	93	101	100	92	98	95	96	99	100	96	98	101	93	104
Włochy	Całkowita zależność	86	84	85	89	85	88	85	86	85	90	89	88	86	87	85
	Gaz ziemny	65	64	73	81	77	84	80	84	85	91	87	90	89	91	90
Niemcy	Całkowita zależność	47	57	60	60	62	61	62	62	62	62	61	63	64	62	63
	Gaz ziemny	76	79	80	79	77	79	79	84	81	84	81	85	88	82	88
Wielka Brytania	Całkowita zależność	2	-17	-21	-18	-10	-13	-7	5	14	22	21	28	28	30	39
	Gaz ziemny	13	1	-7	-11	-10	-8	-8	2	7	12	20	26	32	38	44

wodowane jest to tym, że szcerpane złoża gazu posiada na ogół przygotowaną infrastrukturę zarówno do zatłaczania gazu, jak i do jego odbioru: siatka odwiertów i system przygotowania gazu do transportu. Utworzenie tego typu magazynu wymaga stosunkowo najmniejszych nakładów. Planując budowę PMG w szcerpanym złożu należy optymalnie wybrać czas przerwania wydobywania ze złoża, wybranie tego momentu w sposób właściwy znacznie skraca okres budowy magazynu oraz zmniejsza nakłady poniesione na budowę.

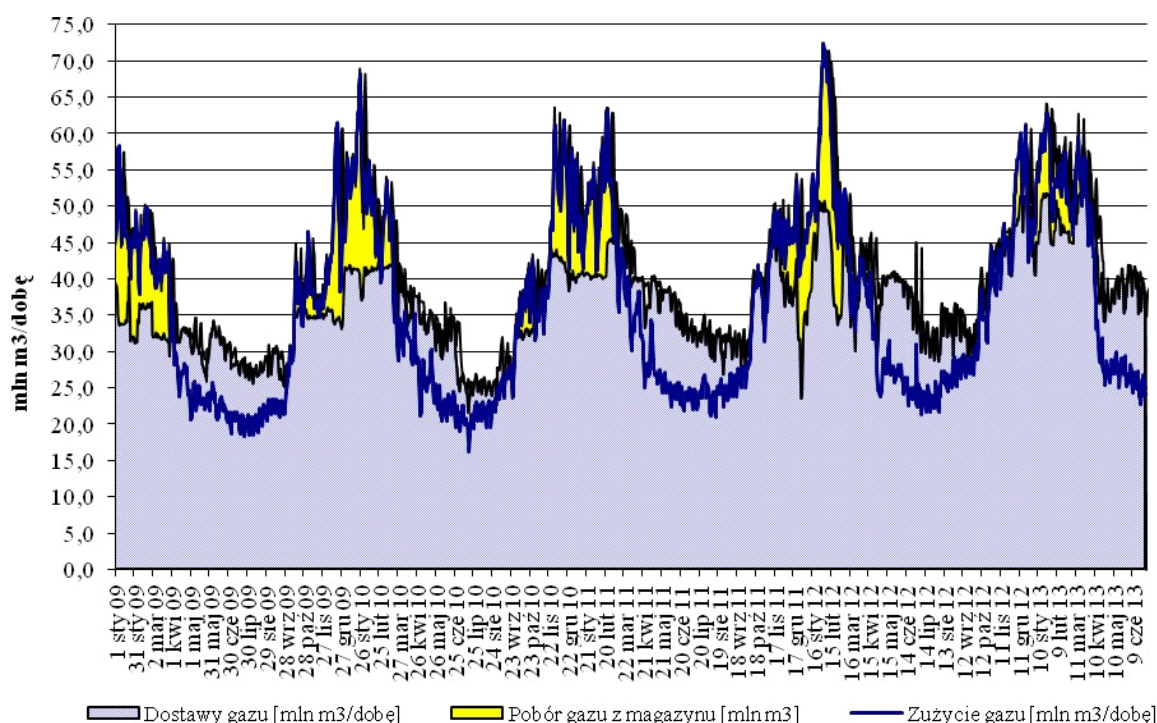
✓ w warstwach wodonośnych (aquifer)

Możliwość utworzenia podziemnego magazynu gazu ziemnego w warstwie wodonośnej (*aquifer*) istnieje tylko wówczas, gdy są spełnione dwa podstawowe warunki geologiczne:

- warstwa, do której będzie się wtlaczać gaz, jest zbudowana ze skał o dużej porowatości (piasku, piaskowca);
- nad warstwą porowatą znajduje się nieprzepuszczalny nadkład zapobiegający „ucieczkom” magazynowanego gazu.

Gaz wtlaczany do warstwy porowatej wypycha z niej wodę, która wraca w miarę późniejszego pobierania gazu. Granica zstępnienia gazu z wodą przesuwana się więc, a „ruchoma” woda zamyka i uszczelnia magazyn (także od spągu, czyli dolnej płaszczyzny ograniczającej warstwę magazynującą).

Objętość gazu, jaką można maksymalnie zmagazynować, zależy od objętości i porowatości warstwy oraz od temperatury i średniego ciśnienia, pod którym gaz ma być magazyno-



Rys. 2. Dobbowe zużycie gazu ziemnego w okresie od 1 stycznia 2009 roku do 31 czerwca 2013 roku

Fig. 2. Daily consuming the natural gas in the period from 1 January 2009 to 31 June 2013

wany (ciśnienie zmienia się podczas wtlaczania czy odbioru gazu). Warstwy wodonośne posiadają jeden z niepodważalnych walorów - poziom magazynowy posiada doskonale właściwości zbiornikowe oraz obiekty te znajdują się dość często w bliskim sąsiedztwie dużych odbiorców lub dużych miast i aglomeracji miejskich.

✓ w kawernach solnych lub grotach skalnych

Magazynowanie gazu ziemnego w tego typu magazynach odbywa się w kawernach (komorach) wykonanych w złożu soli. Wyługowanie kawern magazynowych na gaz ziemny w złożu soli kamiennej nie zawsze jest możliwe. Aby wykonanie kawern było możliwe złożo powinno spełniać określone warunki geologiczne, w tym odpowiednią formę, wielkość i głębokość zalegania oraz sól powinna posiadać odpowiedni skład chemiczny. Technologia eksploatacji podziemnych magazynów gazu ziemnego w złożach soli jest złożona i specyficzna, praca instalacji naziemnej musi być odpowiednio skorelowana z geofizycznymi warunkami pracy komór podziemnych. Ze względu na swoją specyfikę magazyny gazu w kawernach solnych charakteryzują się znacznie większymi natężeniami odbioru gazu niż wyżej wymienione typy PMG oraz posiadają jeden z niepodważalnych walorów - mogą spełniać rolę szczytowych magazynów gazu. Ponadto tego typu magazyny kawernowe umożliwiają uzyskanie dużych pojemności magazynowych przy zajęciu niewielkich powierzchni terenu, kawerny solne są bardzo dyspozycyjne, można do nich wielokrotnie w ciągu roku zatłaczać i odbierać gaz, tak więc praktycznie kawerny solne mogą być uzupełnieniem dla innych typów PMG.

Takie podziemne magazyny mogą służyć do pokrywania krótkotrwałych bardzo dużych deficytów gazu (możliwych np. w razie awarii systemu gazociągów przesyłowych). Potrzebna jest wtedy odpowiednia dyspozycyjność PMG, tj. możliwość łatwego uzyskania bardzo dużego natężenia odbioru gazu z magazynu. Warunki takie spełniają podziemne magazyny gazu w kawernach. Magazyny tego rodzaju można również dostosować do pracy rewersyjnej w krótkich cyklach.

✓ w wyeksploatowanych kopaniach węgla kamiennego lub soli kamiennej

Podziemne magazyny gazu ziemnego są również (jednak bardzo rzadko) budowane w wyeksploatowanych wyrobiskach górniczych i w tzw. pustkach skalnych. W przypadku tego rodzaju PMG zasadnicze znaczenie ma szczelność i organizacja stałej kontroli szczelności. PMG w wyrobiskach górniczych lub grotach w naturalnym środowisku ma bardzo ograniczony zasięg i pojedyncze tego typu magazyny występują tylko w niektórych krajach i wykorzystywane są praktycznie lokalnie.

PMG odgrywają ważną rolę w zapewnieniu ciągłości dostaw gazu w normalnych warunkach (pobory szczytowe lub sezonowe), jak też w wyjątkowych i kryzysowych sytuacjach spowodowanych przerwami w dostawach gazu lub okresowym brakiem gazu na rynku. Magazyny gazu stanowią istotną część systemu gazowniczego w każdym kraju. Podziemne magazyny gazu ziemnego są ponadto w wielu krajach eksploatowane jako rezerwa strategiczna zabezpieczająca przed ewentualną niepewnością dostaw gazu z importu.

Jednym z istotnych elementów, które należy brać pod uwagę przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych i wyborze konkretnego rodzaju PMG są aspekty ekonomiczne. Każdy z przedstawionych powyżej rodzajów podziemnych magazynów charakteryzuje się innymi nakładami inwestycyjnymi i kosztami operacyjnymi. W tabelach 3-5 przedstawiono zestawienie kosztów wytworzenia oraz funkcjonowania wybranych typów podziemnych magazynów.

Obecnie funkcjonuje w Polsce 8 podziemnych magazynów gazu, których łączna pojemność czynna wynosi 1,821 mld m<sup>3</sup> (Kijas, 2013):

✓ 1 magazyn gazu wysokometanowego utworzony w kawernie solnej - KPMG Mogilno,

✓ 5 magazynów gazu wysokometanowego utworzonych w szcerpanych złożach gazu –PMG Wierzchowice, PMG Swarzów, PMG Brzeźnica, PMG Husów, PMG Strachocina,  
 ✓ 2 magazynów gazu zaazotowanego utworzonych w częściowo wyeksploatowanych złożach PMG Daszewo oraz PMG Bonikowo.

Dodatkowo, w budowie znajduje się kawernowy podziemny magazyn gazu wysokometanowego – KPMG Kosakowo. Celem budowy KPMG Kosakowo jest zasilanie w paliwo gazowe rejonu Trójmiasta. Do roku 2014 planowane jest uzyskanie pojemności czynnej 100 mln m<sup>3</sup>, a przewidywany termin zakończenia rozbudowy magazynu do pojemności 250 mln m<sup>3</sup> to koniec roku 2020.

**Tab. 3.** Koszt wytworzenia pojemności czynnej w różnych strukturach (Filar & Kwilosz, 2010)

**Tab. 3.** *Cost of producing capacity active in different structures (Filar & Kwilosz, 2010)*

Wyszczególnienie <i>Parameter</i>	Złoże czerpane <i>Exhausted deposit</i>	Warstwy wodonośne <i>Aquifer</i>	Kawerny solne <i>Salt cavern</i>
Pojemność czynna <i>Active volume</i> [mln m <sup>3</sup> ]	300-500	200-300	50-500
Koszt wytworzenia 1 m <sup>3</sup> pojemności czynnej <i>Cost of creation 1 m<sup>3</sup> of active volume</i> [USD]	0,08-0,20	0,08-0,34	0,104-0,296

**Tab. 4.** Roczne koszty operacyjne eksploatacji PMG (Filar & Kwilosz, 2010)

**Tab. 4.** *Annual operating cost of the UGS (Filar & Kwilosz, 2010)*

Wyszczególnienie <i>Parameter</i>	Złoże czerpane <i>Exhausted deposit</i>	Warstwy wodonośne <i>Aquifer</i>	Kawerny solne <i>Salt cavern</i>
Pojemność czynna <i>Active volume</i> [mln m <sup>3</sup> ]	300-500	200-300	50-500
Koszt eksploatacji 1 m <sup>3</sup> pojemności czynnej <i>Exploitation cost of 1 m<sup>3</sup> of active volume</i> [USD]	0,008-0,14	0,02-0,08	0,04-0,21*

\*- jednokrotne wykorzystanie pojemności czynnej/*single usage of active volume*

**Tab. 5.** Przykładowy koszt wytworzenia 500 mln m<sup>3</sup> pojemności czynnej w różnych strukturach (Filar & Kwilosz, 2010)

**Tab. 5.** *Cost of producing 500 mln m<sup>3</sup> of capacity active in different structures (Filar & Kwilosz, 2010)*

Wyszczególnienie <i>Parameter</i>	Złoże czerpane <i>Exhausted deposit</i>	Warstwy wodonośne <i>Aquifer</i>	Kawerny solne <i>Salt cavern</i>
Koszt wytworzenia 1m <sup>3</sup> pojemności czynnej <i>Cost of creation 1 m<sup>3</sup> of active volume</i> [euro/m <sup>3</sup> ]	0,5	0,57	0,95
Koszt budowy PMG <i>Cost of PMG construction</i> [mln euro]	250	285	475

**Tab. 6.** Podstawowe parametry PMG funkcjonujących w Polsce (Kijas, 2013)**Tab. 6.** Existing UGS in Poland (Kijas, 2013)

PMG	Pojemność <i>Volume</i> mln m <sup>3</sup>	Maks. wydajność zatłaczania <i>Max. pumping capacity</i> mln m <sup>3</sup> /doba/day	Maks. wydajność odbioru <i>Max. receipt capacity</i> mln m <sup>3</sup> /doba/day
KPMG Mogilno	407,89	9,60	18,00
PMG Wierzchowice	575	3,60	4,80
PMG Husów	350	2,80	5,76
PMG Strachocina	330	2,4	3,36
PMG Swarzędów	90	1,00	1,00
PMG Brzeźnica	65	1,10	0,93
<b>Suma/Total:</b>	<b>1821,89</b>	<b>20,50</b>	<b>33,85</b>

PMG w kawernach solnych są droższe w budowie i utrzymaniu, ale stanowią lepsze zabezpieczenie w przypadku gwałtownego wzrostu zapotrzebowania na gaz ziemny, a także są bardziej przydatne w regulowaniu krótkotrwałych wahań popytu.

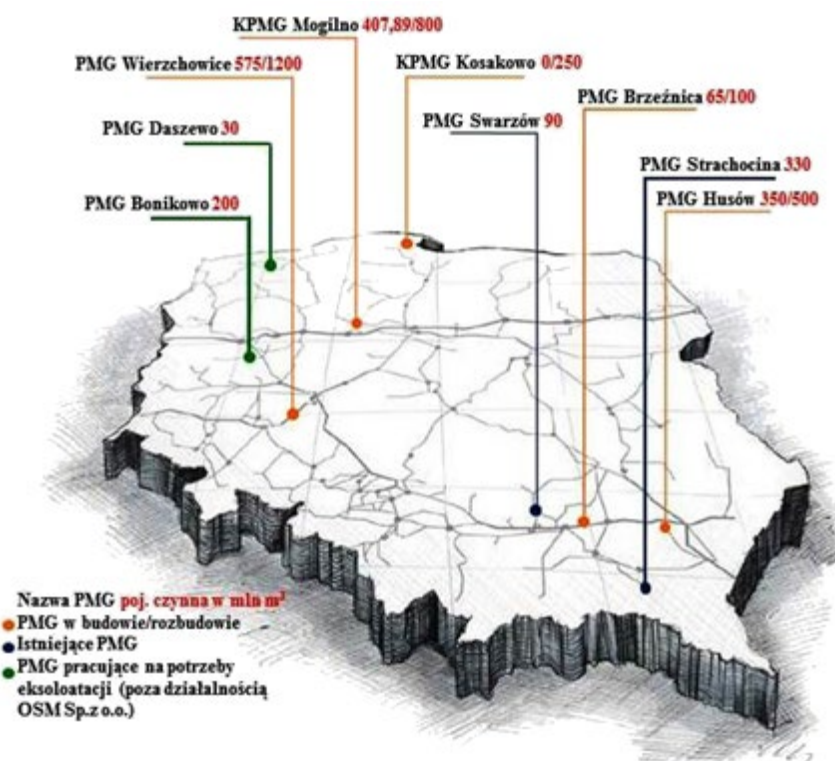
Na rys. 3 przedstawiono lokalizację podziemnych magazynów gazu w Polsce. W tabeli 6 przedstawiono podstawowe parametry tych magazynów.

Podziemne magazyny gazu spełniają następujące funkcje (Szurlej, 2003):

- ✓ strategiczna rezerwa na wypadek przerwania dostaw (dotyczy to zwłaszcza krajów silnie uzależnionych od importu),

- ✓ sezonowe równoważenie obciążeń w celu zaspokojenia szczytowego zapotrzebowania,
- ✓ umożliwienie bilansowania dobowego,
- ✓ arbitraż cen gazu, czy handlowa optymalizacja wahań cen gazu.
- ✓ ogólna optymalizacja funkcji całego systemu, w tym ułatwienia dla transakcji wymiennych gazu typu „swap”,
- ✓ podtrzymywanie przesyłu poprzez niwelowanie lokalnych ograniczeń przepustowości systemu lub krytycznych dopuszczalnych wielkości ciśnień.

Należy także wspomnieć o działaniach podejmowanych przez Unię Europejską, a zmierzających do stworzenia konkurencyjnego rynku gazu ziemnego, rozumianego jako wie-

**Rys. 3.** Rozmieszczenie podziemnych magazynów gazu w Polsce (Kijas, 2013)**Fig. 3.** Locating UGS in Poland (Kijas, 2013)





Rys. 4. Notowania cen gazu *spot* na giełdzie Gaspool od 5 marca do 5 kwietnia 2013 r. (Eurogas 2013)

Fig. 4. *Spot prices of gas on the stock-market Gaspool from 5 March to 5 April 2013 (Eurogas 2013)*

łość dostawców, gwarantującego jednocześnie stabilność cen, przy zapewnieniu niedyskryminacyjnego i równego dostępu do infrastruktury sieciowej. Jednym z celów konkurencyjnego rynku gazu ziemnego jest utworzenie na terenie UE jednego rynku gazu ziemnego, gdzie przepływ tego surowca nie podlegałby zakłóceniom a jego ceny kształtowane byłyby tylko i wyłącznie przez rynek. Głównym celem liberalizacji rynków paliw i energii jest doprowadzenie do obniżki cen nośników energii dla odbiorców końcowych poprzez zwiększenie efektywności alokacji zasobów.

W kontekście liberalizacji rynku gazu ziemnego wzrasta znaczenie szczytowych podziemnych magazynów gazu. Główną rolą magazynów gazu jest zapewnienie ciągłości dostaw gazu w okresie jego wzmożonego zużycia (okres zimowy). Jednak na zliberalizowanym rynku gazu ziemnego, PMG, a w szczególności szczytowe PMG, mogą generować dodatkową marżę poprzez arbitraż cenowy. Dla zobrazowania roli magazynów gazu na rys. 4 przedstawiono giełdowe notowania cen gazu ziemnego.

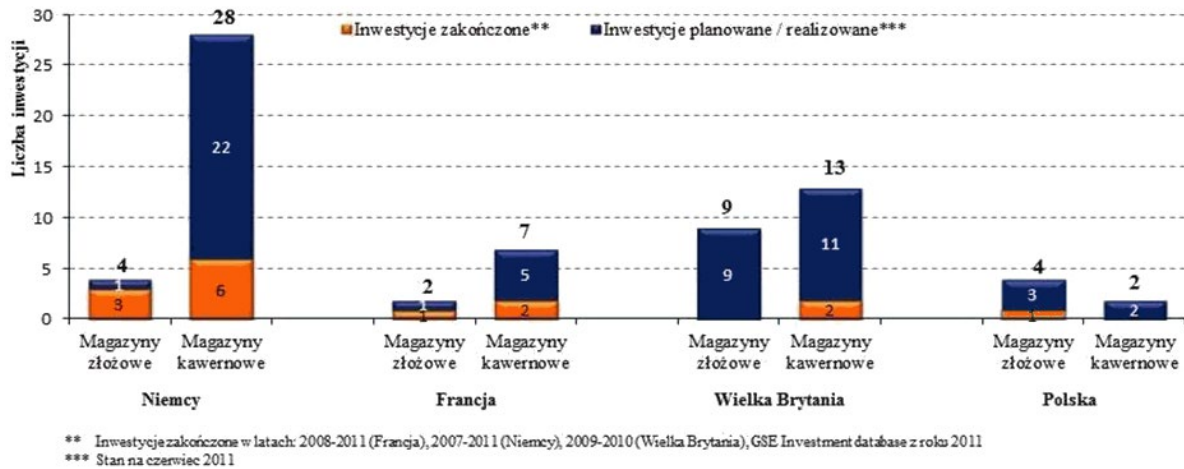
Przy założeniu zakupu gazu na giełdzie w dniu 9 marca 2013 r. w cenie 27,5 Euro/MWh, zmagazynowaniu go na kilka dni i sprzedaży go w dniu 26 marca 2013 r. po cenie 37,75 Euro/MWh można było zrealizować marżę w wysokości ponad 36%. Oczywiście w przypadku krajowego rynku gazu ziemnego te nowe możliwości dla PMG będą możliwe wówczas, gdy sprzedaż gazu nie będzie regulowana oraz będą istnieć zwiększone możliwości odbioru gazu z kierunku zachodniego i co najważniejsze będzie odpowiednia baza PMG, zwłaszcza magazyny kawernowe.

Jeśli przyjrzeć się tendencjom na rynkach europejskich, obok tradycyjnej roli magazynów jako gwaranta bezpieczeństwa, na znaczeniu zyskuje inna rola tj. aktywa, na bazie którego można wygenerować dodatkową marżę. W przeciągu kilku ostatnich lat na europejskich rynkach gazu obserwuje się dynamiczny spadek różnicy pomiędzy ceną gazu latem i zimą. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest ogólny wzrost

pojemności magazynowych w Europie w wyniku prowadzonych inwestycji. W efekcie zwiększonych dostępnych pojemności magazynowych obserwuje się zwiększenie podaży gazu w okresie zimowym (okres odbioru), co hamuje wzrost poziomu cen gazu. Z kolei w okresie letnim (okres zatłaczania) obserwuje się zwiększony popyt na gaz, co przekłada się na wzrost poziomu cen. W rezultacie, trendy sezonowe zostają wygładzone. Obecnie w Europie zaobserwować można spadek atrakcyjności PMG wybudowanych w wyeksploatowanych złożach, a wzrost magazynów kawernowych. Wynika to z następujących czynników (Eurogas 2013):

- ✓ z uwagi na zawężenie *spreadu* sezonowego, klasyczny arbitraż zima/lato, który można przeprowadzić z wykorzystaniem magazynów złożowych, staje się coraz mniej opłacalny i bardziej ryzykowny (czasem wręcz niemożliwy),
- ✓ na rynku gazu występują również krótkotrwałe szoki popytowo/podażowe, przez co ceny rynkowe znacznie fluktuują. Charakterystyka magazynów złożowych (tj. relatywnie niskie zdolności zatłaczania i odbioru) nie pozwala na reagowanie na krótkotrwałe szoki popytowe/podażowe,
- ✓ magazyny złożowe nie wykazują elastyczności w zakresie możliwości zmiany kierunku przepływu strumienia gazu, co oznacza, iż niemożliwe jest zatłaczanie gazu w okresie zimowym bądź odbiór gazu w okresie letnim,
- ✓ magazyny kawernowe posiadają kilkukrotnie większe zdolności zatłaczania i odbioru gazu niż magazyny złożowe, co pozwala na szybsze dostosowanie się do zmieniających warunków rynkowych,
- ✓ magazyny kawernowe umożliwiają wykorzystywanie krótkookresowych fluktuacji cenowych w celu zrealizowania dodatkowej marży.

W efekcie wzrostu atrakcyjności magazynów kawernowych zdecydowana większość inwestycji realizowanych obecnie w Europie dotyczy magazynów kawernowych



Rys. 5. Planowa rozbudowa pojemności magazynowych w wybranych krajach UE (Kijas, 2013)

Fig. 5. Planned expansion of storage capacities in the selected EU countries (Kijas, 2013)

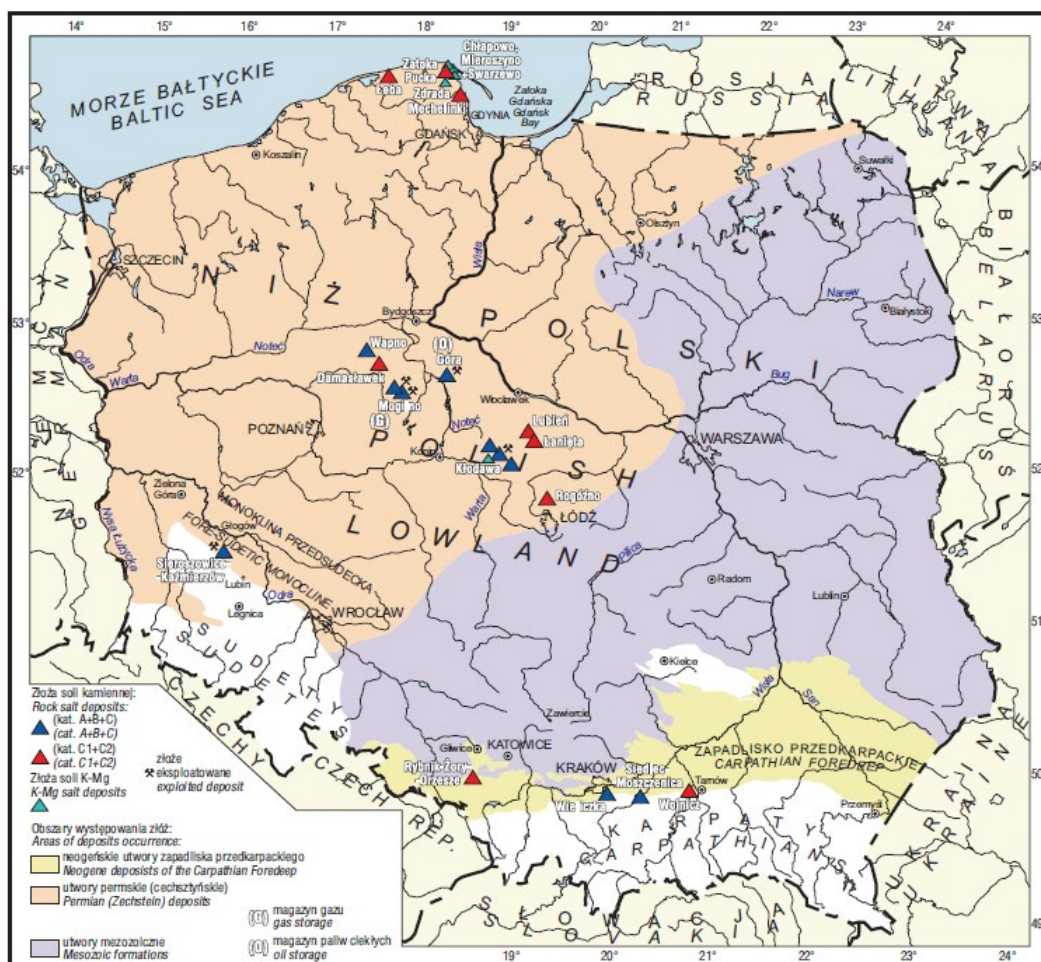
(rys. 5). Lepiej spełniają one oczekiwania uczestników rynków i pozwalają wygenerować dodatkowe zyski.

W Polsce na dzień dzisiejszy arbitraż z wykorzystaniem magazynów nie odgrywa jeszcze istotnej roli, ale w obliczu zmian na rynku (planowany rozwój hurtowego rynku gazu w Polsce, wzrost obrotu gazem na giełdzie) nie wykluczone, że również w Polsce magazyny będą wykorzystywane jako

narzędzie optymalizacji rynkowej umożliwiające generowanie dodatkowych zysków.

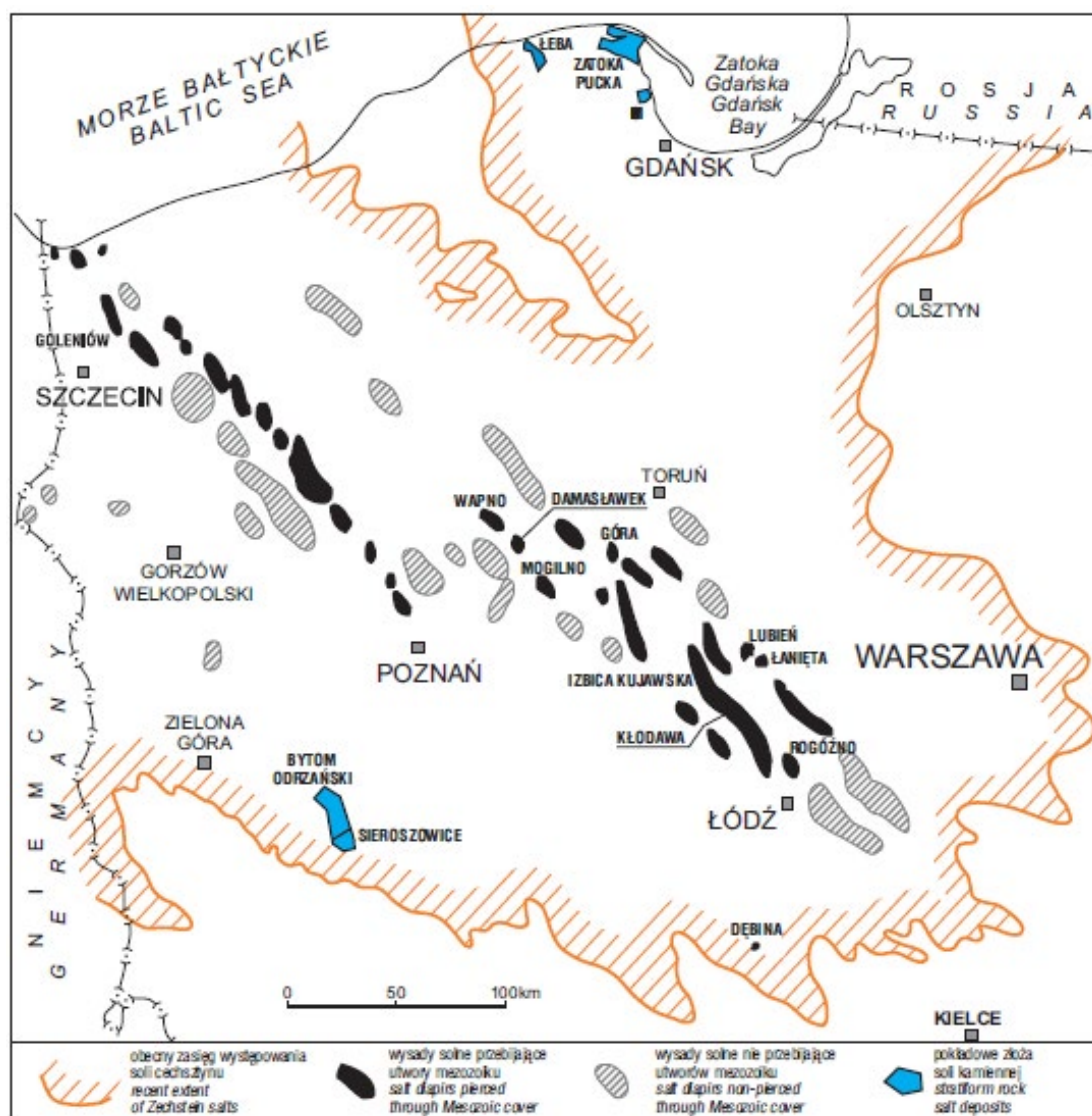
#### MOŻLIWOŚCI BUDOWY KAWERNOWYCH PODZIEMNYCH MAGAZYNÓW GAZU

Polska jest krajem bardzo zasobnym w sól. Na rys. 6 przedstawiono mapę występowania udokumentowanych złóż



Rys. 6. Mapa występowania udokumentowanych złóż soli kamiennej i potasowo-magnezowej w Polsce (Czapowski & Bukowski, 2009)

Fig. 6. Distribution of documented rock salt and potash deposits in Poland (Czapowski & Bukowski, 2009)



Rys. 7. Rozmieszczenie ważniejszych wysadowych struktur solnych i pokładowych złóż soli kamiennej w Polsce (Czapowski & Bukowski, 2009)

Fig. 7. Distribution of salt diapirs and stratiform rock salt deposits in Poland (Czapowski & Bukowski, 2009)

soli kamiennej i potasowo-magnezowej w Polsce natomiast na rys. 7 przedstawiono rozmieszczenie ważniejszych wysadowych struktur solnych i pokładowych złóż soli kamiennej w Polsce.

W tabeli 7 przedstawiono dane, istotne z punktu widzenia budowy magazynu, dotyczące złóż soli uznanych za przydatne do celów magazynowania podziemnego. Pomimo tak dużych potencjalnych możliwości lokalizacji podziemnych magazynów w złożu soli w Polsce (Czapowski & Ślizowski, 2007) dotychczas wybudowany został jeden podziemny magazyn gazu ziemnego „Mogilno”, a drugi – jak wcześniej wspomniano – jest w fazie budowy (KPMG Kosakowo).

Wobec faktu, że najczęściej „pojemności” złóż mierzone liczbą kawern, jakie można w nich ulokować, są większe od potrzebnej liczby kawern na magazyn na jedno medium, na świecie coraz częściej mamy do czynienia z tworzeniem w jednej lokalizacji kilku pól magazynowych na różne media - tzw. centrów magazynowania i dyspozycji energii. Dlatego przy planowaniu zagospodarowania złóż dla celów

podziemnego magazynowania należy rozpatrzyć możliwość i celowość budowy magazynu na różnego typu media ciekłe i gazowe (Brańka, 2005).

Biorąc pod uwagę takie czynniki jak stopień rozpoznania złoża, warunki geologiczno-górniczne, lokalizacja w stosunku do infrastruktury, możliwość zrzutu solanki oraz aktualne zagospodarowanie złożem - ewidentnie najlepszą lokalizacją jest złożo „Mechelinki lub/i złożo „Zatoka Pucka”. Posiadają one zasoby rozpoznane w kategorii C1, bardzo korzystne położenie tak wobec infrastruktury gazowej, jak i ropnej oraz paliwowej, techniczną możliwość taniego inwestycyjnie rozwiązania zrzutu znacznych ilości solanki oraz nie są jeszcze przedmiotem użytkowania górniczego.

Wybór innych potencjalnych lokalizacji magazynów w złożach soli, nie jest oczywisty. Można stwierdzić z pewnością, że w regionie północno-zachodnim, centralnym i dolnośląskim istnieją atrakcyjne lokalizacje. Jednakże każda z nich wymaga dodatkowych prac i/lub zabiegów. Dla wysadu Goleniów jest to konieczność udokumentowania złoża w katego-

**Tab. 7.** Polskie złoża soli - przydatność do magazynowania (Czapowski & Ślizowski, 2007)**Tab. 7.** *Availability of the Polish Salt Deposits for Storage* (Czapowski & Ślizowski, 2007)

Nazwa złoża <i>Salt deposit</i>	Stan zagospodarowania złoża <i>Deposit management</i>	Kategoria rozpoznania <i>Documentation category</i>	Szacunkowa „pojemność,” złoża <i>Possible storage „volume” in the deposit</i>	Zaopatrzenie w wodę do ługowania <i>Water for leaching</i>	Możliwość zrzutu solanki <i>Brine output</i>
<b>Region I – Monoklina przedsudecka/Foresudetic Monocline</b>					
Bytom Odrzański	P.	C2	dla każdego ze złóż min. kilkadziesiąt kawern 50-150 tys. m <sup>3</sup> <i>for each deposit several tens of caverns of 50-150x10<sup>3</sup> m<sup>3</sup></i>	dla każdego ze złóż łatwa <i>water accessible</i>	dla każdego ze złóż trudna <i>brine output difficult</i>
Głogów	R.	A+B+C1			
Głogów II	P.	C2			
Głogów III	P.	C2			
Sierszowice	R.	A+B+C1			
Nowa Sól	N.R.	brak/lack			
<b>Region II – Centralna Polska/Central Poland</b>					
Damaśławek	P.	C2	dla każdego ze złóż min. kilkanaście-kilkadziesiąt kawern 300-500 tys.m <sup>3</sup> <i>for each deposit up to several tens of caverns of 300-500 x10<sup>3</sup> m<sup>3</sup></i>	dla każdego ze złóż łatwa <i>water accessible</i>	dla każdego ze złóż trudna <i>brine output difficult</i>
Kłodawa (cz. Płd)	P.	A+B+C1			
Kłodawa (cz. Płn)	P.	A+B+C1			
Lubień	R.	C1			
Łanięta	R.	C2			
Rogoźno	P.	C2			
Izbica Kujawska	N.R.	brak/lack			
Dębina - Bełchatów	N.R.	brak/lack			
<b>Region IV – Polska Północna – okolice Gdańska/northern Poland, Gdańsk surrounding</b>					
Łeba	P.	C2	dla każdego ze złóż min. kilkanaście kawern 100-300 tys. m <sup>3</sup> <i>for each deposit a dozen or so of caverns of 300-500 x10<sup>3</sup> m<sup>3</sup></i>	dla każdego ze złóż możliwa <i>water input possible</i>	dla każdego ze złóż możliwa <i>brine output possible</i>
Mechelinki	R.	C1			
Zatoka Pucka	R.	C1			
Chłapowo - Mieroszyno	R.	C1			
<b>Region V – perspektywiczny Polska Północno-Zachodnia/ north-western Poland</b>					
Goleniów	N.R.	brak/lack	j. w./as above	j. w. /as above	j. w. /as above

**Uwagi/Remarks:**P. - złoża o zasobach rozpoznanych wstępnie (C2)/*preliminary documented deposit*R. - złoża o zasobach rozpoznanych szczegółowo (A+B+C1)/ *detailed documented deposit*N. R. - zasoby nierozpoznane/ *deposit without documented resources*

rii C1. Dla wysadów w centralnej Polsce są to kwestie zagospodarowania solanki i dla niektórych lokalizacji rozpoznania zasobów do kategorii C1. Wyjaśnienie tych kwestii wymaga prac typu *pre-feasibility*, przy czym punktem wyjściowym powinno być ustalenie charakteru, wielkości i podstawowych parametrów potrzebnych w danym rejonie magazynów. Ze względu na lokalizacje rurociągów naftowych i paliwowych najkorzystniejszą lokalizację posiadają udokumentowane w kategorii C1 wysady solne Lubień i Łanięta (Czapowski & Ślizowski, 2007; Czapowski & Bukowski, 2009).

Wysadowe struktury solne na obszarze NW i centralnej Polski (31 stwierdzone wysady) od lat 70-tych ub. wieku rozpatrywane były jako potencjalne obiekty do lokalizacji podziemnych kawernowych magazynów paliw (gazu, ropy i benzyn) bądź bezpiecznych składowisk niebezpiecznych

odpadów. Dotychczas magazyny wybudowano (bądź wykorzystano w tym celu poeksploatacyjne kawerny) w dwu wysadach: Mogilno i Góra na Kujawach. Po uwzględnieniu innych struktur już zagospodarowanych górniczo pozostaje jeszcze 26 niezagospodarowanych struktur wysadowych, rozmieszczonych od okolic Świnoujścia po rejon Łodzi i Bełchatowa. Znajomość obecnego stanu rozpoznania tych wysadów ma fundamentalne znaczenie dla planowania polityki budowy bezpiecznych podziemnych magazynów paliw jako obiektów operacyjnych dla potrzeb aglomeracji miejsko-przemysłowych lub magazynów rezerwowych. W znacznej części (16) struktur wysadowych stwierdzono zaleganie zwierciadła solnego na głębokości powyżej 1500 m, co eliminuje je obecnie jako potencjalne obiekty zbiornikowe. Wysady te rozpoznano w latach 40-70-tych

ubiegłego wieku, głównie w toku prowadzenia regionalnych badań geofizycznych i odwiercaniu otworów w poszukiwaniu złóż węglowodorów.

Jako potencjalne obiekty zbiornikowe kwalifikuje się w świetle obecnych możliwości technicznych 7 struktur (Goleniów, Damasławek, Izbica Kujawska, Lubień, Łanięta, Rogoźno i Dębina) rozpoznanych w latach 50-60-tych ubiegłego wieku badaniami geofizycznymi i otworami wiertniczymi, w których zwierciadło solne zalega na głębokości do 1000 m. Formy te lokują się głównie na Kujawach i obszarze łódzko-radomskim, jedynie Goleniów występuje w okolicach Szczecina. Trzy wysady: Goleniów, Izbica Kujawska i Dębina, zostały rozpoznane wstępnie, jedynie na strukturze Dębina zlokalizowanej w centrum złoża węgla brunatnego Belchatów prowadzono w 2000 roku badania sejsmiczne pod nadzorem Państwowego Instytutu Geologicznego. Pozostałe 4 wysady, odkryte w latach 30-40-tych (Lubień i Łanięta) i 50-60-tych (Damasławek i Rogoźno), zostały rozpoznane na tyle, że posiadają złożowe dokumentacje w kategoriach C1 i C2 (do głębokości 1000-1800 m), wykonane w latach 1965-1983. Obecnie najlepiej rozpoznaną strukturą jest Damasławek (Czapowski & Ślizowski, 2007; Czapowski & Bukowski, 2009).

#### PODSUMOWANIE

Oceniając rozwój krajowego rynku gazu ziemnego poprzez jednostkowe zużycie gazu w ciągu roku, czy też udział gazu w bilansie zużycia energii pierwotnej, można zauważyć, że wskaźniki te dla rynku gazu w Polsce znacząco odbiegają od średniego poziomu dla krajów UE. Jednak obserwacja rynków gazu w krajach UE w ciągu ostatnich lat wskazuje, że polski rynek gazu wyróżnia się pozytywnie wśród poszczególnych rynków europejskiej Wspólnoty. Potwierdzeniem tego faktu jest 6% wzrost zużycia gazu w latach 2011/2012, podczas gdy dla UE odnotowano w tym okresie ponad 2% spadek zużycia, a w przypadku niektórych państw te spadki były znaczące (Eurogas 2013): Węgry, Portugalia, Szwecja – ok. 13%, Grecja – 8% i Wielka Brytania – 5%. Także analizując dostępność gospodarstw domowych w Polsce do sieci gazowej – ok. 55% oraz plany przedsiębiorstw energetycznych w zakresie budowy bloków gazowo-parowych wydaje się, że trend wzrostowy w zakresie zużycia gazu ziemnego zostanie utrzymany w przyszłości. Wraz z rozwojem rynku gazu niezbędne są dalsze inwestycje infrastrukturalne, a szczególnie w rozbudowę PMG. Liberalizacja rynku gazu, rozbudowa połączeń gazowych międzysystemowych dają nowe możliwości wykorzystania PMG, zwłaszcza kawernowych magazynów (arbitraż cenowy). Jak ukazano w artykule Polska posiada odpowiednie warunki geologiczne umożliwiające rozbudowę kawernowych podziemnych magazynów gazu. Warto także podkreślić bogate doświadczenia związane

z podziemnym magazynowaniem gazu – pierwszym w Europie był PMG Rostoki (1954 r.). Tak więc inwestycje w zakresie PMG w Polsce mogą być w przyszłości wykorzystane nie tylko przez krajowe przedsiębiorstwa ale także zainteresowanie zakupem usług w zakresie magazynowania wykazywać będą spółki zagraniczne.

#### LITERATURA / REFERENCES

- BRAŃKA S. 2005 – Specyfika i możliwości budowy podziemnych magazynów w złożach soli w Polsce – X Międzynarodowe Sympozjum Solne QUO VADIS SAL, 13-14 października 2005 r.
- CZAPOWSKI G. & BUKOWSKI K. 2009 – Złoża soli w Polsce – stan aktualny i perspektywy zagospodarowania. *Przegląd Geologiczny*, 57 (9).
- CZAPOWSKI G. & ŚLIZOWSKI K. 2007 – Stan rozpoznania niezagospodarowanych wysadów solnych w Polsce: optymizm czy problem?. Międzynarodowe Sympozjum Solne QUO VADIS SAL 2007.
- DOMAGAŁA M. 2008 - Bezpieczeństwo energetyczne. Aspekty administracyjno-prawne. Wydawnictwo KUL, Lublin 2008 r.
- EUROGAS 2013 – Gas consumption hit in second year running. Brussels, 11 March 2013.
- European Energy Exchange: Natural Gas | Spot; [www.eex.com](http://www.eex.com)
- FILAR B. & KWIŁOSZ T. 2010 – Podziemne Magazynowanie Gazu – uwarunkowania, możliwości i potrzeby. Koszty budowy i eksploatacji PMG. Szkolenie dot. PMG – Ministerstwo Gospodarki 2010.
- International Energy Agency - *Natural Gas Information 2000-2012*
- KALISKI M. & STAŚKO D. 2006 – Bezpieczeństwo energetyczne w gospodarce paliwowej Polski. Studia Rozprawy Monografie, 138, Wydawnictwo IGSMiE PAN. Kraków.
- KALISKI M., FRĄCZEK P. & SZURLEJ A. 2010 - Liberalizacja rynku gazu ziemnego a rozwój podziemnych magazynów gazu w Polsce. *Polityka Energetyczna. Polityka Energetyczna*, 13 (2): 199–218.
- KALISKI M., JANUSZ P. & SZURLEJ A. 2010a - Podziemne magazyny jako element zapewniający ciągłość dostaw gazu ziemnego. *Zeszyty Naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica. Wiertnictwo, Nafta, Gaz, Polski Kongres Górniczy 2010, Zakopane, 27–29 maja 2010.*
- KALISKI M., JANUSZ P. & SZURLEJ A. 2010b - Podziemne magazyny gazu jako element krajowego systemu gazowego. *Nafta Gaz*, 5: 325–332.
- KALISKI M., JANUSZ P. & SZURLEJ A. 2010c - PMG – spokój i bezpieczeństwo: Podziemne Magazyny Gazu – ważny element krajowego systemu gazowego. *Rynek Polskiej Nafty i Gazu: raport Instytutu Nafty i Gazu*, 5: 98–107 (wydanie w jęz. ang. i jęz. ros.)
- KIJAS J. 2013 – Magazynowanie gazu w Polsce – podsumowanie kluczowych zmian i perspektyw na przyszłość. Kielce 17 kwietnia 2013 r.
- MICHAŁOWSKI W. S. & TRZOP S. 2006 – Rurociągi dalekiego zasięgu. Wydawnictwo Odysseum, Warszawa. Wydanie V zmienione i rozszerzone.
- SZURLEJ A. 2003 - Rola podziemnych magazynów gazu w gospodarce paliwowo-energetycznej Polski i Unii Europejskiej. *Gospodarka Paliwami i Energią*, 4: 2–6.