

Bogdan Filar

Institut Nafty i Gazu, Oddział Krosno

Analiza wpływu wytworzenia zapasu obowiązkowego na koszt świadczenia usług magazynowych

Wprowadzenie

Zapewnienie ciągłości dostaw energii jest zadaniem strategicznym dla każdego kraju. Aktualnie około 70% gazu ziemnego zużywanego w Polsce pochodzi z importu. Uzależnienie gospodarki od jednego kierunku dostaw może być niebezpieczne, co potwierdziły problemy z dostawami gazu w sezonie 2005/2006 i 2008/2009. W związku z realnym ryzykiem przerw w dostawach ustawodawca wprowadził prawo, które zobowiązuje każdego importera gazu do wytworzenia rezerwy obowiązkowej. Zgodnie z ustawą z dnia 16 lutego 2007 r. *O zapasach ropy naftowej, produktów naftowych i gazu*

ziemnego oraz zasadach postępowania w sytuacjach zagrożenia bezpieczeństwa paliwowego państwa i zakłóceń na rynku naftowym, każdy importer gazu ziemnego sprzedawanego w Polsce musi utworzyć zapas obowiązkowy gazu, który pozostaje w dyspozycji ministra do spraw gospodarki. Docelowo, w 2012 roku zapas obowiązkowy ma osiągnąć wielkość odpowiadającą 30-dniowemu importowi. Przyjmując, że w 2012 roku zużycie gazu wyniesie 15 mld m³, a import pokryje zapotrzebowanie na 9,8 mld m³, zapas obowiązkowy powinien wynosić około 805 mln m³ gazu.

Analiza kosztów budowy PMG dla przykładowego złoża gazu ziemnego

W celu zobrazowania kosztów utworzenia rezerwy obowiązkowej dokonano analizy konwersji przykładowego złoża gazu ziemnego na PMG. Wytypowane złożo posiada parametry przedstawione w tabelicy 1.

Zakłada się, że aktualnie złożo jest eksploatowane pięcioma odwiertami, które zostaną wykorzystane w procesie magazynowania gazu.

Tablica 1

Parametr	Wielkość
Zasoby geologiczne pierwotne [mln m ³]	2150
Ciśnienie złożowe pierwotne [MPa]	16,62
Miąższość złoża [m]	27
Pierwotna wydajność absolutna średniego odwiertu [m ³ /min]	740
Zasoby wydobywalne [mln m ³]	1825
Ilość odwiertów eksploatacyjnych	5
Końcowy współczynnik szczypania złoża [%]	85
Ilość gazu pozostałego po eksploatacji [mln m ³]	325
Bufor niewydobywalny [mln m ³]	325

Założenia do budowy PMG w złożu szczypanym

Dotychczasowa praktyka budowy podziemnych magazynów gazu koncentrowała się na wytworzeniu odpowiedniej pojemności czynnej oraz wydajności odbioru

i zatłaczania. Kwestia kosztów wytworzenia oraz eksploatacji magazynu odgrywała rolę drugoplanową. W dobie liberalizacji rynku gazowniczego oraz konieczności

utrzymania zapasu obowiązkowego koszty świadczenia usług magazynowych zaczynają odgrywać coraz większe znaczenie. Firmy posiadające PMG o niskich kosztach świadczenia usług mogą zawierać konkurencyjne kontrakty. Głównym celem bieżącej publikacji będzie pokazanie kosztów wytworzenia zapasu obowiązkowego dla przykładowego PMG. W celu określenia kosztów budowy i eksploatacji PMG przyjęto następujące założenia:

- cała pojemność całkowita złoża zostanie wykorzystana na pojemność magazynową,
- pojemność czynna i buforowa wynika z zakresu ciśnień pracy PMG,
- charakterystyka wydajności przeciętnego odwiertu jest podstawą do obliczenia mocy odbioru i zatłaczania magazynu,
- czas szczerpania pojemności czynnej wynosi 80 dni,
- czas zatłoczenia pojemności czynnej wynosi 150 dni,
- sprężanie gazu podczas całej fazy zatłaczania (ciśnienie ssania wynosi 4,0 MPa),
- sprężanie gazu podczas ostatnich 40 dni odbioru (ciśnienie tłoczenia wyniesie 5,0 MPa),
- obliczenia zostaną wykonane dla stałej liczby otworów (25 sztuk).

Przyjęcie stałej liczby otworów dla różnej pojemności czynnej wynika z chęci uproszczenia kalkulacji. Przyjęte założenia pozwoliły na wykonanie szacunkowych obliczeń parametrów pracy PMG dla różnych pojemności czynnych. Wyniki tych obliczeń przedstawiono w tablicy 2.

Tablica 2

Pojemność czynna <i>V_a</i> [mln m ³]	Pojemność buforowa <i>V_b</i> [mln m ³]	Ciśnienie złożowe statyczne <i>P_{ds}</i> [MPa]	Ciśnienie odbioru gazu <i>P_{odb}</i> [MPa]	Wydajność odbioru <i>q_{PMGodb}</i> [tys. m ³ /h]	Wydajność zatłaczania <i>q_{PMGzat}</i> [tys. m ³ /h]	Moc sprężarek [kW]
623,0	1527,0	12,08	12,00	331,5	169,2	8 839,5
673,2	1476,8	11,71	11,50	356,5	183,5	9 584,1
718,1	1431,9	11,38	11,00	378,3	195,9	10 234,5
757,6	1392,4	11,09	10,50	398,5	206,8	10 804,7
794,2	1355,8	10,82	10,00	416,0	216,9	11 334,5
828,0	1322,0	10,57	9,50	431,6	226,3	11 824,1
857,7	1292,3	10,35	9,00	446,5	234,5	12 253,8
884,7	1265,3	10,15	8,50	460,1	242,0	12 643,5
910,2	1239,8	9,96	8,00	472,1	249,1	13 013,2
933,0	1217,0	9,79	7,50	483,3	255,4	13 343,1
953,1	1196,9	9,64	7,00	493,7	261,0	13 633,2
973,2	1176,8	9,49	6,50	502,7	266,5	13 923,3
989,3	1160,7	9,37	6,00	511,5	270,9	14 154,1
1005,3	1144,7	9,25	5,50	518,9	275,4	14 384,9
1019,9	1130,1	9,14	5,00	525,6	279,4	14 595,9
1031,9	1118,1	9,05	4,50	531,9	282,7	14 767,6
1042,6	1107,4	8,97	4,00	537,4	285,6	14 919,6
1053,2	1096,8	8,89	3,50	541,9	288,5	15 071,7
1061,2	1088,8	8,83	3,00	546,0	290,7	15 184,6
1067,8	1082,2	8,78	2,50	549,5	292,4	15 277,9
1074,4	1075,6	8,73	2,00	552,0	294,2	18 218,5
1078,5	1071,5	8,70	1,50	554,3	295,3	24 153,3
1084,4	1065,6	8,66	1,00	555,3	301,4	31 534,2
1088,5	1061,5	8,62	0,50	555,7	302,3	46 420,1

Szacunkowa analiza kosztów budowy PMG

Przedstawione w tablicy 2 parametry PMG były podstawą do określenia szacunkowych kosztów budowy i eksploatacji magazynu. W bieżącej pracy przyjęto następujące założenia:

- koszt zakupu gruntów, wykonania badań i dokumentacji projektowej zostanie oszacowany na bazie kosztów instalacji napowierzchniowej oraz tłoczni,
- koszt wiercenia odwiertu pionowego z wyposażeniem wyniesie 10,1 mln zł,

- budowa tłoczni wyniesie 10 000 zł/kW,
- koszt budowy gazociągu łączącego PMG z systemem wyniesie 20 mln zł,
- koszt wytworzenia buforu wyniesie 1 zł/m³.

Analiza finansowa została wykonana zgodnie z przyjętymi założeniami. Nakłady inwestycyjne zostały oszacowane przy założeniu, że wytwarzany magazyn gazu będzie posiadać pojemność czynną zmieniającą się od 623 do 1088 mln m³. Wielkość buforu w budowanym

magazynie będzie wynosić $V_b = 2150 - V_a$ (pojemność czynna). Zbiorcze zestawienie nakładów inwestycyjnych dla $V_a = 623 \text{ mln m}^3$ przedstawiono w tablicy 3.

Wykonane obliczenia pokazały, że szacunkowy koszt budowy PMG o pojemności czynnej 623 mln m^3 wyniesie około $1918,9 \text{ mln zł}$. Należy podkreślić, że podobne obliczenia zostały wykonane dla wszystkich wielkości pojemności czynnych pokazanych w tablicy 2.

Tablica 3

Budowa PMG o pojemności czynnej 623 mln m^3	Liczba	Koszt całkowity [tys. zł]
Koszt zakupu gruntów, badań i dokumentacji projektowej		50 500
Wiercenie odwiertów + wyposażenie	25	252 500
Budowa instalacji napowierzchniowej		303 000
Budowa tłoczni		88 400
Budowa gazociągu łączącego PMG z systemem		20 000
Wytworzenie buforu	1 204 500	1 204 500
RAZEM		1 918 900

Szacunkowa analiza kosztów operacyjnych funkcjonowania PMG

Koszty działalności operacyjnej (bez amortyzacji) wynikają z obliczeń uwzględniających koszty występujące w podziemnych magazynach gazu ziemnego. Przedstawiona w tablicy 4 prognoza kosztów została wykonana dla budowy PMG o pojemności czynnej równej 623 mln m^3 , jednak analogiczne obliczenia zostały wykonane także dla pozostałych wielkości. Koszty operacyjne zostały podzielone na koszty zmienne i stałe. Obliczenie kosztów operacyjnych eksploatacji PMG wymagało przyjęcia następujących założeń:

- koszty zmienne:
 - paliwo gazowe do sprężarek: $1,8 \text{ zł}/(1 \text{ kW} \times \text{doba})$,
 - energia elektryczna (określona szacunkowo): $1 \text{ zł}/1000 \text{ m}^3 \text{ poj. czynnej}$,
 - opłata eksploatacyjna: $0,9 \text{ zł}/1000 \text{ m}^3 \text{ poj. czynnej}$,
 - ubezpieczenie majątku: $1,05 \text{ zł}/1000 \text{ m}^3 \text{ poj. czynnej}$,
- koszty stałe:
 - wynagrodzenia (określono szacunkowo): 4 mln zł ,
 - koszt obsługi instalacji napowierzchniowej: 4 mln zł ,
 - obsługa odwiertów: $4,8 \text{ mln zł}$.

Zestawienie rocznych kosztów eksploatacji magazynu przedstawiono w tablicy 4.

Przeprowadzone obliczenia wykazały, że roczny koszt operacyjny funkcjonowania magazynu o pojemności czynnej 623 mln m^3 będzie wynosić około $17,66 \text{ mln zł}$.

Tablica 4

Koszty operacyjne dla pojemności czynnej 623 mln m^3	Koszt [tys. zł]
Koszty zmienne	
Paliwo gazowe	3 023,28
Energia elektryczna	623,00
Opłata eksploatacyjna	560,70
Ubezpieczenie majątku	654,15
Suma kosztów zmiennych	4 861,13
Koszty stałe	
Wynagrodzenia	4 000,00
Obsługa instalacji napowierzchniowej	4 000,00
Obsługa odwiertów	4 800,00
Suma kosztów stałych	12 800,00

Obliczenie szacunkowych kosztów budowy i eksploatacji 1 m^3 pojemności czynnej magazynu gazu wytworzonego w szczypanym złożu gazu ziemnego

Analizowane warianty budowy PMG charakteryzują się różną pojemnością czynną, buforową, zakresem ciśnień pracy oraz różną mocą stacji sprężania gazu. Wymienione parametry mają wpływ na wielkość kosztów budowy i eksploatacji PMG. W związku z tym, do oceny kosztów wytworzenia i eksploatacji poszczególnych wariantów zdecydowano się wykorzystać wskaźnik jednostkowego kosztu budowy i eksploatacji pojemności czynnej – $JKPCE$:

$$JKPCE = \frac{\sum_{t=1}^n C_t \frac{1}{(1+k)^t}}{\sum_{t=1}^n V_t \frac{1}{(1+k)^t}}$$

gdzie:

C_t – wydatki pieniężne w kolejnych latach działalności (w tym nakłady inwestycyjne w okresie budowy)

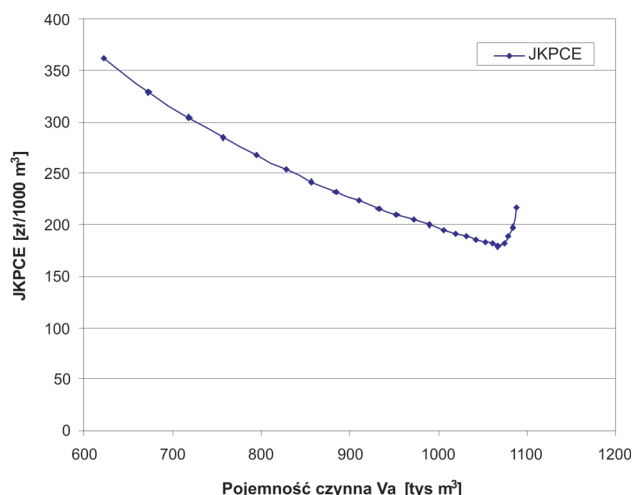
magazynu oraz koszty operacyjne (bez amortyzacji) w okresie eksploatacji),

V_t – pojemności czynne magazynu, uzyskiwane w kolejnych latach eksploatacji (do osiągnięcia maksymalnej pojemności czynnej),

k – stopa dyskontowa.

Wskaźnik *JKPCE* daje przybliżony, minimalny koszt świadczenia usług magazynowych, przy założonej stopie dyskonta. Obliczenia wykonano dla okresu 25 lat, przy założonej stopie dyskonta wynoszącej 9%.

Wyniki wykonanych obliczeń zostały przedstawione na rysunku 1. Analizując wykres można zauważyć, że dla przyjętych parametrów istnieje optymalna wielkość pojemności czynnej, dla której koszt budowy i eksploatacji PMG będzie najniższy. W analizowanym przypadku wielkość optymalnej pojemności czynnej wynosi około 1068 mln m³.



Rys. 1. Złoże gazu ziemnego. Wykres kosztu budowy i eksploatacji pojemności czynnej PMG

Analiza możliwości utworzenia zapasu obowiązkowego

Analiza kosztu utworzenia zapasu obowiązkowego jest ściśle związana z parametrami magazynu. Głównym czynnikiem warunkującym wielkość zapasu jest czas jego szczypania, który nie może przekroczyć 40 dni. Posiadając obliczone koszty wytworzenia pojemności czynnej dla różnych wariantów budowy i eksploatacji PMG, można obliczyć koszty wytworzenia zapasu obowiązkowego. W związku z tym, że zapas musi zostać odebrany w zakładanym czasie, to jest on częścią pojemności czynnej niedostępnej do celów handlowych. Wykonane obliczenia wykazały, że w analizowanym PMG można utworzyć zapas obowiązkowy wynoszący od 430 do 492 mln m³ gazu (tablica 5).

Następnym krokiem było obliczenie kosztów sprzedaży dostępnych pojemności handlowych, przy założeniu, że pozostała część pojemności czynnej jest wykorzystana do wytworzenia zapasu obowiązkowego. W obliczeniach założono, że sprzedaż 1 mln m³ pojemności handlowej wiąże się z

Tablica 5

V_a [mln m ³]	Poj. handl. [mln m ³]	Zapasy [mln m ³]	Zapasy przypadający na 1 mln poj. handlowej [mln m ³ /mln m ³]	<i>JKPCE</i> V_a [zł/1000 m ³]	Poj. handlowa <i>JKPCE</i> [zł/1000 m ³]
623,0	130,4	492,6	3,78	361,91	1729,06
673,2	187,3	485,9	2,59	329,29	1183,55
718,1	238,2	479,9	2,01	303,93	916,26
757,6	282,8	474,8	1,68	284,40	761,89
794,2	324,3	469,9	1,45	267,63	655,42
828,0	362,6	465,4	1,28	253,55	578,98
857,7	396,2	461,5	1,16	242,04	523,97
884,7	426,8	457,9	1,07	232,36	481,65
910,2	455,7	454,5	1,00	223,90	447,21
933,0	481,6	451,4	0,94	216,54	419,50
953,1	504,4	448,7	0,89	210,41	397,58
973,2	527,2	446,0	0,85	204,54	377,58
989,3	545,5	443,8	0,81	200,01	362,73
1005,3	563,6	441,7	0,78	195,63	348,95
1019,9	580,1	439,8	0,76	191,64	336,93
1031,9	593,7	438,2	0,74	188,53	327,68
1042,6	605,9	436,7	0,72	185,74	319,61
1053,2	617,9	435,3	0,70	183,27	312,38
1061,2	627,0	434,2	0,69	181,06	306,44
1067,8	634,5	433,3	0,68	179,62	302,28
1074,4	642,0	432,4	0,67	182,12	304,78
1078,5	646,6	431,9	0,67	189,20	315,58
1084,4	653,2	431,2	0,66	197,70	328,21
1088,5	657,9	430,6	0,65	216,70	358,53

udostępnieniem odpowiedniej ilości zapasu obowiązkowego. Na przykład, klient kupując pojemność handlową w wielkości 634,5 mln m³ zapłaci około 191,8 mln zł. Jednakże w tym koszcie uzyska dodatkowo 433,3 mln m³ zapasu obowiązkowego, a więc w sumie 1067,8 mln m³ pojemności czynnej. W obliczeniach założono, że koszty wytworzenia zapasu są równe kosztom wytworzenia pojemności czynnej handlowej. Wyniki obliczeń przedstawiono w tablicy 5.

W świetle uzyskanych wyników można stwierdzić, że koszt sprzedaży pojemności handlowej (przy założeniu utworzenia maksymalnej wielkości zapasu obowiązkowego) będzie zmieniać się w przedziale 302,4÷1 729,1 zł/1000 m³. Obliczenia wykazały, że w analizowanym przypadku najbardziej efektywna pojemność czynna (Va) wynosi około 1068 mln m³ ($Vb = 1082$ mln m³). Zgodnie z obliczeniami, wielkość zapasu jaki może zostać ustanowiony dla tej pojemności czynnej wynosi około 433 mln m³.

Podsumowanie i wnioski

Głównym celem bieżącej publikacji było pokazanie wpływu parametrów PMG wytworzonego w przykładowym złożu gazu ziemnego na koszty świadczenia usług magazynowych, a co za tym idzie – na koszt wytworzenia i utrzymania zapasu obowiązkowego. Przeprowadzona analiza pozwala na wyciągnięcie następujących wniosków:

- każde złożę posiada optymalną wielkość pojemności czynnej, dla której koszty świadczenia usług magazynowych będą najniższe,

- maksymalna wielkość zapasu obowiązkowego zależy od parametrów eksploatacji PMG oraz od parametrów szczerpania tego zapasu,
- utworzenie zapasu obowiązkowego w każdym magazynie powoduje zmniejszenie dostępnej pojemności handlowej,
- utworzenie zapasu obowiązkowego w znaczący sposób zwiększa bezpieczeństwo energetyczne Polski, jednakże równocześnie podnosi koszt sprzedaży pojemności handlowej.

Artykuł nadesłano do Redakcji 8.06.2010 r. Przyjęto do druku 29.09.2010 r.

Recenzent: doc. dr inż. Andrzej Froński

Literatura

- [1] Cornot-Gandolphe S.: *Underground gas storage in the world, a new era of expansion*. Paris 1995.
- [2] Duane John W.: *Gas storage field development optimization*. SPE, March 1967.
- [3] Flanigan Orin: *Underground gas storage facilities. Design and implementation*. Gulf P.C., Houston 1995.
- [4] McVay D.A., Spivey J.P.: *Optimizing gas-storage reservoir performance*. SPE Evaluation & Engineering, June 2001.
- [5] Van Horn H. Glen, Wienecke Donald R.: *A method for optimizing the design of gas storage systems*. SPE, October 1970.



Mgr inż. Bogdan FILAR – pracownik Instytutu Nafty i Gazu Oddział w Krośnie, kierownik Zakładu Podziemnego Magazynowania Gazu. Absolwent Wydziału Wiertniczo-Naftowego Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Specjalizuje się w projektowaniu, eksploatacji i optymalizacji podziemnych magazynów gazu ziemnego.