

# Koncepcja rozbudowy podziemnego magazynu gazu

## Design concept of expanding the Underground Gas Storage

Agnieszka Moska, Mariusz Miziołek, Bogdan Filar, Tadeusz Kwilosz

*Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy*

**STRESZCZENIE:** Najbardziej ekologicznym paliwem kopalnym jest gaz ziemny, który charakteryzuje się niską emisją CO<sub>2</sub> i brakiem zanieczyszczeń pyłami podczas jego spalania. Obecnie w Polsce eksploatowanych jest siedem podziemnych magazynów gazu, które stanowią część systemu gazowniczego. Pięć z nich zostało utworzonych w szcerpanych złożach gazu ziemnego, a dwa w kavernach solnych. Do podstawowych zadań podziemnych magazynów gazu należą m.in. zaspokajanie skokowego zapotrzebowania na gaz w sezonie zimowym, możliwość optymalizacji systemu gazowniczego oraz pełnienie roli rezerw strategicznych. Jednakże przeprowadzone ostatnio analizy wykazały, poprzez porównanie pojemności czynnej krajowych magazynów ze średnią z krajów unijnych, że obecne pojemności podziemnych magazynów gazu w Polsce nie są wystarczające i powinny zostać rozbudowane do 7,56 mld m<sup>3</sup>. W artykule został przedstawiony projekt koncepcji rozbudowy pojemności czynnej wirtualnego podziemnego magazynu gazu, który pozwoli na jej powiększenie do 130% aktualnej pojemności czynnej. W pracy wykonano cyfrowy model symulacyjny 3D za pomocą programu JewelSuite 6.2 firmy Baker Hughes wraz z modelem rozkładu przestrzennego facji oraz modelami parametrycznymi, takimi jak model rozkładu przestrzennego współczynnika porowatości i przepuszczalności geofizycznej, oporności elektrycznej oraz współczynnika porowatości neutronowej, co pozwoliło na wybór optymalnego miejsca na odwiercenie nowych otworów eksploatacyjnych, niezbędnych do zatłoczenia i odebrania nowej pojemności czynnej. W koncepcji określono wielkość pojemności czynnej możliwej do uzyskania, zakładając górne ciśnienie pracy instalacji nieprzekraczające 8,32 MPa\*, oraz podano podstawowe parametry magazynu po jego rozbudowie do 130% aktualnej pojemności czynnej. W artykule zaproponowano wykonanie pięciu nowych odwiertów horyzontalnych. Ponieważ odwierty horyzontalne charakteryzują się na ogół lepszą wydajnością niż odwierty pionowe, to taka liczba nowych odwiertów pozwoli na odebranie nowej pojemności czynnej w czasie 122 dni.

Słowa kluczowe: modelowanie 3D, podziemne magazyny gazu (PMG), pojemność czynna.

**ABSTRACT:** Natural gas, the most ecological fossil fuel, is characterized by low CO<sub>2</sub> emissions and no dust pollution during combustion. Currently, seven Underground Gas Storage Facilities operate in Poland as part of the gas system. Five of them were created in depleted natural gas deposits, and two in salt caverns. The primary functions of Underground Gas Storage Facilities include meeting increased winter gas demand, optimizing the gas system, and serving as strategic reserves. However, recent analyzes have shown that, when comparing the active capacity of domestic storage facilities to the average capacity of EU countries, the current capacity of Underground Gas Storage Facilities in Poland is insufficient and should be expanded to 7.56 billion m<sup>3</sup>. This article presents a design concept for expanding the active capacity of a virtual underground gas storage facility, aiming to increase it to 130% of the current active capacity. A 3D digital simulation model was created using Baker Hughes' JewelSuite 6.2, along with a spatial distribution model of the facies and parametric models such as spatial distribution of the geophysical porosity and permeability coefficient, electrical resistivity and neutron porosity coefficient. This approach allowed for the selection of the optimal location of new exploitation wells required for increased injection and active capacity. The concept specifies the additional active capacity achievable with an upper operating pressure of the installation not exceeding 8.32 MPa and details the basic parameters of the UGS after expansion to 130% of its current active capacity. The article proposes drilling five new horizontal wells. As horizontal wells generally perform better than vertical wells, this number will enable the collection of new active capacity within 122 days.

Key words: 3D modeling, Underground Gas Storage (UGS), active capacity.

\*Wszystkie dane liczbowe dotyczące magazynu są danymi przykładowymi.

## Wstęp

Gaz ziemny jest najbardziej ekologicznym paliwem kopalnym w związku z relatywnie niską emisją CO<sub>2</sub> i brakiem zanieczyszczenia pyłami przy jego spalaniu. W związku z tym jest zaliczany do surowców korzystnych z punktu widzenia ochrony środowiska (Zyżański, 2021). Podziemne magazyny gazu (PMG) stanowią część składową systemu gazowniczego. Początkowo ich podstawowym zadaniem było zaspokajanie podwyższonego zapotrzebowania na gaz w sezonie zimowym (grzewczym), jednak z upływem lat zaczęły odgrywać coraz większą rolę, co sprawiło, że zakres zadań stawianych przed PMG również wzrastał. Obecnie do głównych zadań magazynów gazu należą: zaspokajanie skokowego zapotrzebowania na gaz w sezonie grzewczym, możliwość optymalizacji systemu gazowniczego, możliwość optymalizacji eksploatacji krajowych złóż gazu ziemnego oraz pełnienie roli rezerw strategicznych (Filar et al., 2022b).

Na świecie 78% magazynów utworzonych zostało w strukturach porowych, a 22% w kawernach solnych (Cornot-Gandolphe, 2019). Aktualnie w Polsce eksploatowanych jest siedem podziemnych magazynów gazu pracujących na potrzeby gazowniczego systemu wysokometanowego, z czego pięć zostało utworzonych w szcerpanych złożach gazu, a dwa w kawernach solnych. Przeprowadzone w 2022 roku analizy wykazały, porównując pojemność czynną krajowych magazynów ze średnią z krajów unijnych, że obecne pojemności PMG są niewystarczające. Biorąc pod uwagę wskaźnik, jaki procent rocznego zużycia gazu można zmagazynować w pojemności czynnej PMG, stwierdzono, że pojemność czynna w Polsce powinna zostać rozbudowana z wielkości 3,3 mld m<sup>3</sup> do 7,56 mld m<sup>3</sup> (Filar et al., 2022a).

W artykule przedstawiono projekt koncepcji rozbudowy pojemności czynnej przykładowego podziemnego magazynu gazu z uwzględnieniem określenia liczby nowych odwiertów eksploatacyjnych, a także wyboru optymalnego typu wierceń.

## Budowa cyfrowego modelu geologicznego 3D

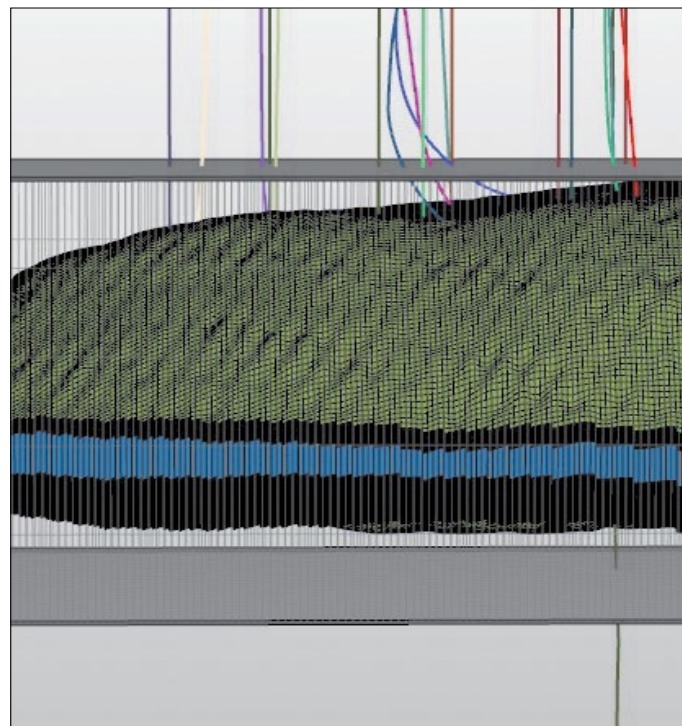
Do zbudowania modelu 3D PMG posłużył program JewelSuite 6.2 firmy Baker Hughes. Wykorzystane zostały wszelkie dostępne dane otworowe i geofizyki otworowej oraz powierzchnie strukturalne stropów i spągów horyzontów. Dane otworowe, czyli współrzędne geograficzne, wysokość posadowienia, głębokość końcowa oraz trajektoria odwiertów, pozwoliły na umieszczenie ich w przestrzeni. Następnie zaimportowano dostępne krzywe geofizyczne, pomiary profilowań promieniotwórczości naturalnej gamma (GR), oporności elektrycznej (EL14), krzywe porowatości (PHI),

przepuszczalności (K) oraz porowatości neutronowej (NTCN) (Baker Hughes, 2018). Pomiary profilowań promieniotwórczości naturalnej gamma, uprzednio znormalizowane, wykorzystane zostały do interpretacji osadów o charakterze mułowcowo-piaskowcowym. W modelu geologicznym wydzielono następujące pseudofacje:

- 0,0–0,5 – piaskowce;
- 0,5–0,7 – mułowce;
- 0,7–1,0 – łupki.

Przedstawiona klasyfikacja stanowi pewną generalizację i należy mieć na uwadze fakt, że na zarejestrowane wartości podczas profilowań promieniotwórczości naturalnej gamma ma wpływ kilka czynników, między innymi rodzaj płuczki, średnica odwiertu czy skład mineralogiczny skał.

Wygenerowanie osnowy przestrzennej pozwala na określenie rozmiaru modelowanego obszaru i stanowi fundament dla powstającego w późniejszym etapie grida 3D. Etap ten ma istotny wpływ na ostateczny wygląd modelowanej struktury, ponieważ osnowa strukturalna determinuje relacje pomiędzy poszczególnymi wydzieleniami litostratygraficznymi. Podczas modelowania statycznego należy uwzględnić osady, środowisko ich depozycji oraz warunki tektoniczne, w jakich tworzy się dany model. Pozyskana informacja ma duży wpływ na późniejszy rozkład przestrzenny modelowanych parametrów, a co za tym idzie – na uzyskany charakter geologiczny analizowanego obszaru. Zdefiniowanie osnowy strukturalnej i określenie jej

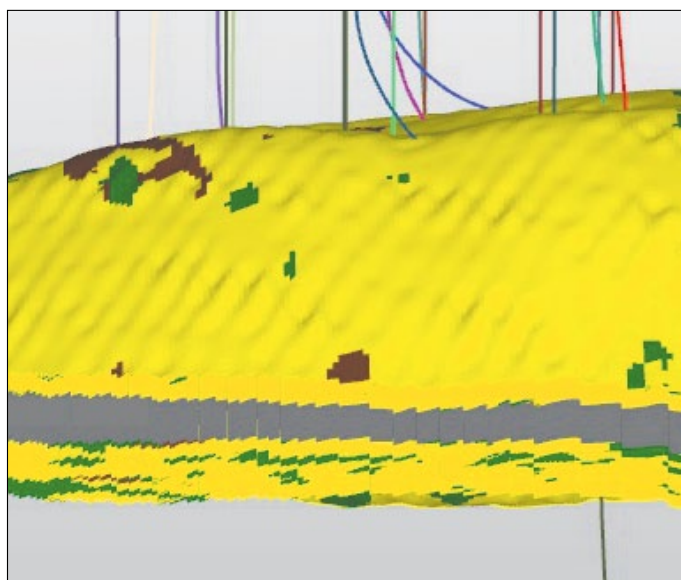


**Rysunek 1.** Fragment wygenerowanego grida 3D ze zdefiniowanym warstwowaniem i obszarem modelowania

**Figure 1.** A fragment of the generated 3D grid showing defined layering and the modeling area

charakteru warstwowego stanowi ostatni etap przygotowawczy. Na jej bazie wygenerowano model grida 3D determinującego ostateczną geometrię i rozdzielczość modelu, na bazie którego zostały przeprowadzone modelowania rozkładów parametrów złożowych (rysunek 1).

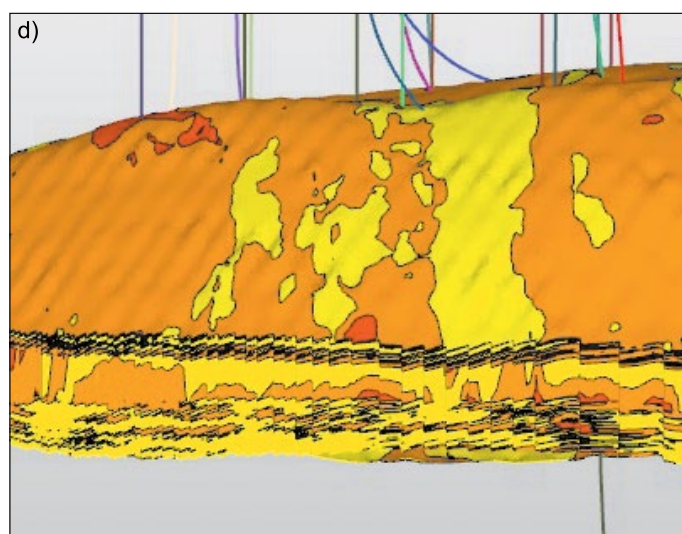
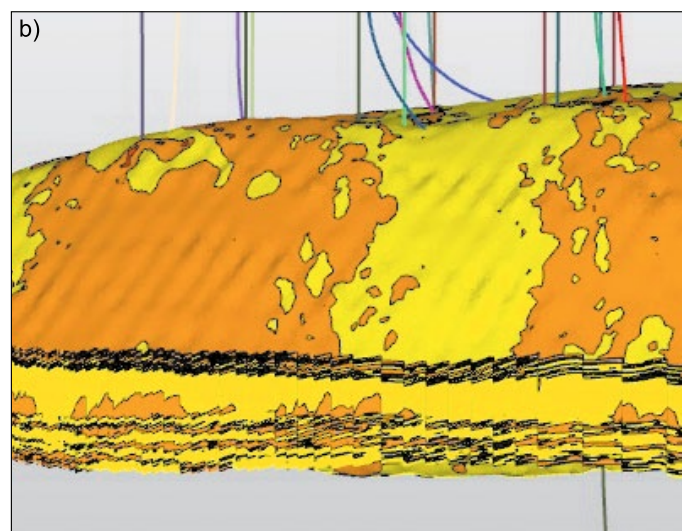
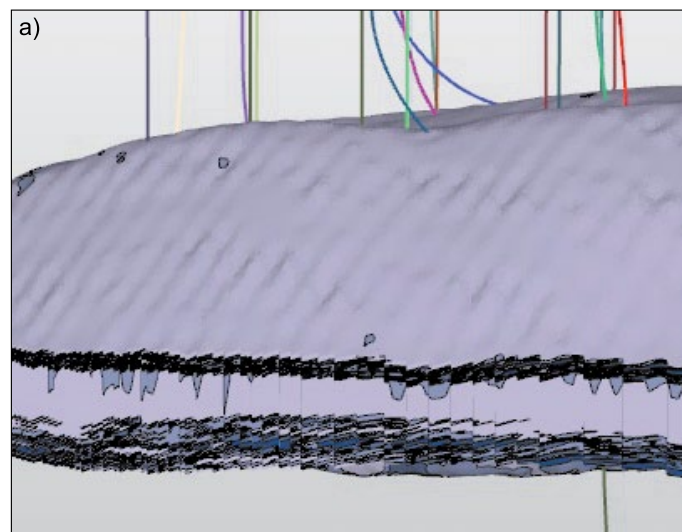
Pomiary profilowań promieniotwórczości naturalnej gamma pozwoliły na wydzielenie pseudofacji występujących w przestrzeni struktury trójwymiarowej PMG. W jej obrębie wyróżniono utwory odpowiadające piaskowcom, mułowcom oraz łupkom ilastym. Wyniki symulacji przedstawiono na rysunku 2.



**Rysunek 2.** Fragment modelu pseudofacjalnego złoża. Kolor żółty – piaskowce; kolor zielony – mułowce; kolor brązowy – łupki

**Figure 2.** Fragment of the pseudofacies model of the reservoir. Yellow color – sandstones; green color – mudstones; brown color – shales

Kolejno wygenerowane zostały rozkłady oporności elektrycznej (rysunek 3a), współczynnika porowatości geofizycznej (rysunek 3b), współczynnika porowatości neutronowej (rysunek 3c), współczynnika porowatości neutronowej (rysunek 3d).



**Rysunek 3.** Fragmenty modeli rozkładu przestrzennego parametrów złoża. a) – fragment modelu oporności elektrycznej; b) – fragment modelu porowatości geofizycznej; c) – fragment modelu przepuszczalności geofizycznej; d) – fragment modelu porowatości neutronowej

**Figure 3.** Fragments of models of the spatial distribution of reservoir parameters. a) – electrical resistance model fragment; b) – geophysical porosity model fragment; c) – geophysical permeability model fragment; d) – neutron porosity model fragment

(rysunek 3b), przepuszczalności (rysunek 3c) oraz porowatości neutronowej (rysunek 3d). W powstawaniu wszystkich tych rozkładów kluczowe znaczenie miały punktowe dane wejściowe w postaci odpowiednich krzywych geofizycznych, jednak do każdego rozkładu przestrzennego dowiązано także model facjalny. Działanie to pozwoliło na ograniczenie dowolności modelowania rozkładu przestrzennego parametrów w strefach, w których nie zostały one pomierzone.

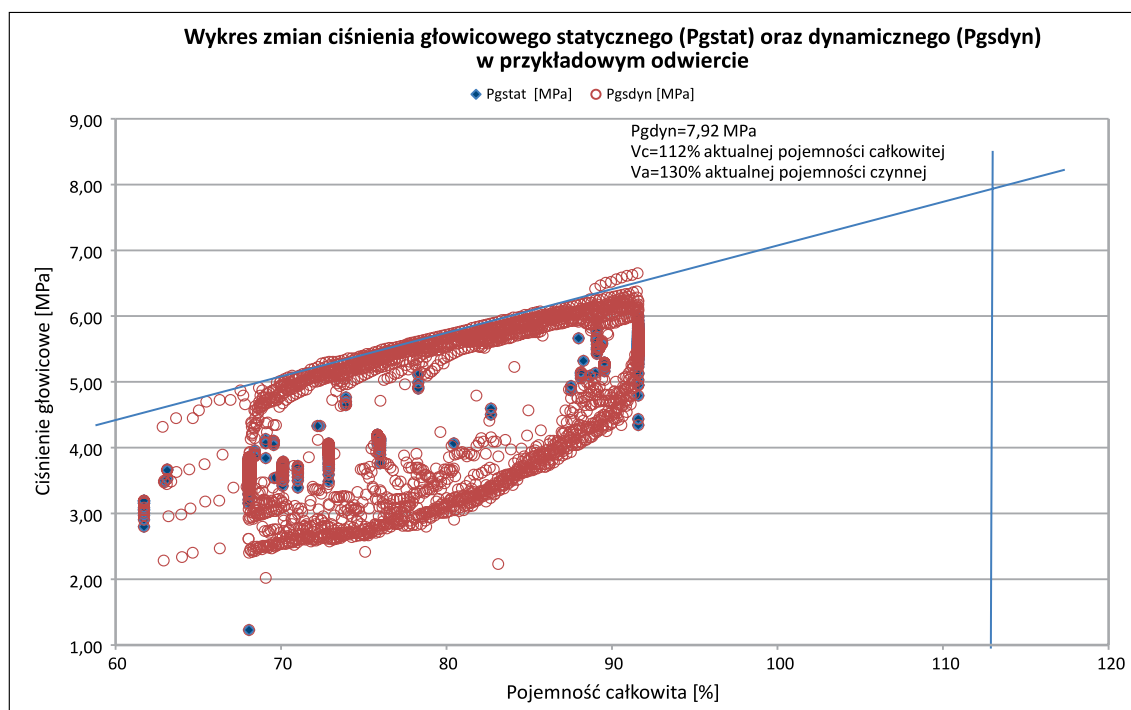
Zbudowanie modelu geologicznego oraz modeli parametrycznych złoża pozwoliło w dalszej części pracy na wybór optymalnych miejsc lokalizacji nowych otworów eksploatacyjnych, z uwzględnieniem jak najlepszych parametrów złoża.

### Założenia projektowe powiększenia pojemności czynnej PMG

Pojemność czynna każdego magazynu gazu zależy od wielkości złoża, zakresu ciśnień jego pracy oraz od warunków hydrodynamicznych panujących w złożu. Początkowe ciśnienie złożowe złoża gazu ziemnego, na którym planowana jest rozbudowa, wynosiło 13,27 MPa. Pierwotne ciśnienie głowicowe tego złoża miało wartość  $P_{gs} = 12,42$  MPa, a obecne ciśnienie głowicowe wynosi 6,18 MPa. Istnieje zatem możliwość dalszego powiększenia pojemności czynnej magazynu. Dodatkowym czynnikiem przemawiającym za dalszą rozbudowę PMG jest stosunkowo długi czas zatłaczania i odbioru gazu. Ponieważ instalacja napowierzchniowa została zaprojektowana

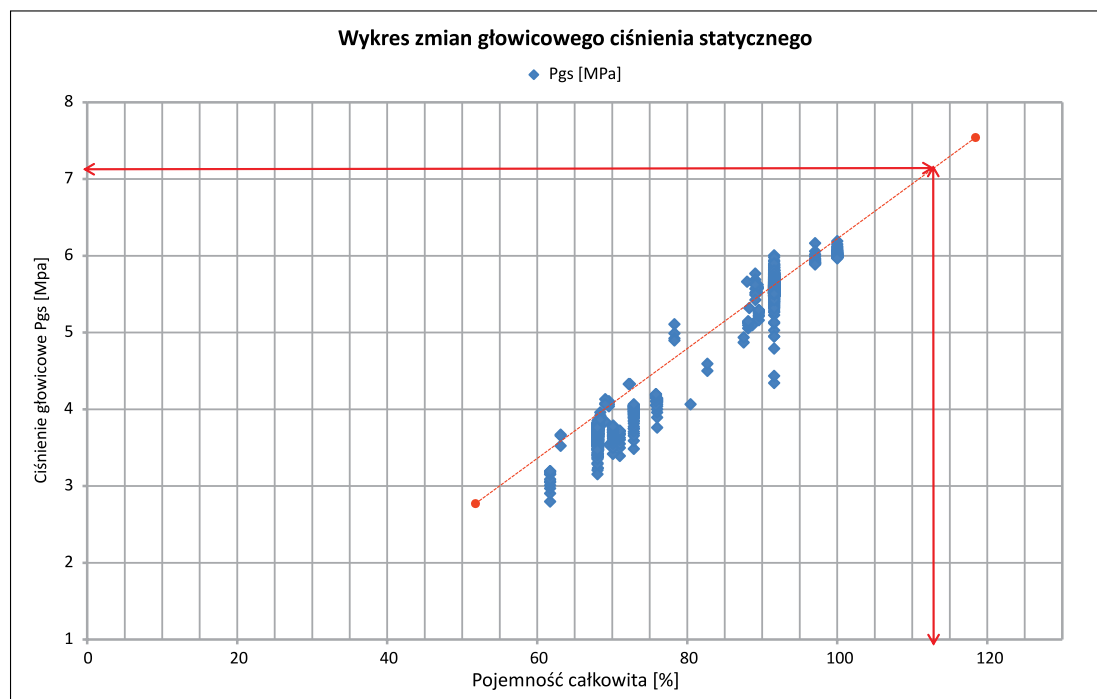
do pracy z ciśnieniem 8,32 MPa, rozbudowa magazynu powinna uwzględnić ograniczenie związane z górnym ciśnieniem pracy. Oczywiście projekt rozbudowy może zakładać eksploatację PMG przy ciśnieniach przekraczających wartość tego ciśnienia, jednakże wymagałoby to wymiany instalacji powierzchniowej.

Analiza powiększenia pojemności czynnej PMG, w wyniku dotłoczenia gazu do pojemności czynnej, bez zmiany wielkości buforu, musi zatem uwzględniać „dozwolone” górne ciśnienie pracy obecnej instalacji. Należy podkreślić, że najwyższe ciśnienie zawsze występuje podczas fazy zatłaczania gazu do PMG. W związku z tym górne ciśnienie pracy instalacji PMG musi brać pod uwagę ciśnienie dynamiczne występujące podczas fazy zatłaczania gazu. Rysunek 4 przedstawia ciśnienie tłoczenia gazu mierzone na głowicy odwiertu podczas eksploatacji magazynu. Można zauważyć, że ciśnienie zmienia się praktycznie liniowo podczas trwania całej fazy zatłaczania. W analizie założono, że po wyjściu ze stacji sprężania gazu w instalacji następuje spadek ciśnienia o około 0,2 MPa. W związku z tym dynamiczne ciśnienie głowicowe podczas tłoczenia nie powinno przekroczyć wielkości 8,0 MPa. Przyjęcie tego założenia pozwala na obliczenie prognozowanej ilości gazu, jaka może zostać zatłoczona do PMG. Z wykresu można odczytać, że tłocząc gaz z maksymalnym ciśnieniem 8,0 MPa, do magazynu można zatłoczyć około 30% więcej gazu. W związku z tym w bieżącej analizie założono, że pojemność czynna zostanie rozbudowana do wielkości 130% aktualnej pojemności czynnej magazynu.



Rysunek 4. Zmiany ciśnienia głowicowego statycznego i dynamicznego w odwiercie na magazynie

Figure 4. Changes in static and dynamic wellhead pressure in a storage well



**Rysunek 5.** Zmiany ciśnienia głowicowego statycznego

**Figure 5.** Changes in static head pressure

Należy podkreślić, że zatłoczenie oraz odbiór takiej ilości gazu wymagają dostosowania instalacji napowierzchniowej PMG. Inwestycja, która pozwoli na wykorzystanie całej pojemności czynnej, będzie wymagać m.in. odwiercenia nowych otworów eksploatacyjnych w celu skrócenia czasu zatłaczania i odbioru gazu.

Ponieważ pierwotnie ciśnienie złożowe ( $P_{ds}$ ) wynosiło 13,27 MPa, to zwiększenie pojemności czynnej do 130% aktualnej pojemności czynnej jest w pełni możliwe, gdyż maksymalne dynamiczne ciśnienie pracy PMG wzrośnie do około 8,0 MPa. Wielkość buforu zależy od dolnego ciśnienia pracy magazynu. W celu redukcji kosztów inwestycji proponuje się pozostawić wielkość buforu na obecnym poziomie. W związku z tym dolne ciśnienie pracy magazynu będzie mieć identyczną wartość jak dotychczas. Górne ciśnienie pracy PMG można natomiast określić na podstawie dotychczasowej eksploatacji magazynu. Rysunek 5 prezentuje zmienność statycznego ciśnienia głowicowego. Z wykresu można odczytać, że po powiększeniu pojemności czynnej magazynu górne, statyczne ciśnienie pracy wyniesie około 7,1 MPa.

### Wybór optymalnego typu wierceń nowych otworów

Podczas początkowych etapów planowania rozbudowy PMG konieczne jest dokonanie wyboru między wierceniem odwiertu pionowego, kierunkowego a odwiertu horyzontalnego. Odwiertu pionowe, ze względu na to, że ryzyko ich

odwiercenia jest relatywnie niskie, a techniki wiercenia stosunkowo proste, są najczęściej wykonywanymi odwiertami na świecie (Guido et al., 2004; Pan, 2014). Niemniej jednak coraz częściej na świecie w eksploatacji ropy naftowej, gazu ziemnego i podziemnych magazynów gazu wykorzystywane są odwierty poziome (Kasza, 2009; Filar, 2014). Technologia odwiertów horyzontalnych ma wiele zalet, ale do głównych korzyści płynących z ich stosowania należą (Kwilosz, 2014):

- możliwość udostępnienia większego obszaru złoża;
- uniknięcie trudnych lokalizacji odwiertów;
- możliwość eksploatacji złóż, w których występuje zjawisko stożków wodnych lub gazowych;
- możliwość połączenia obszarów złóż o zróżnicowanych właściwościach kolektorskich.

Innymi słowy – odwierty horyzontalne charakteryzują się na ogół lepszą wydajnością niż odwierty pionowe, są jednak droższe w wierceniu i obsłudze (Dankawa et al., 2018).

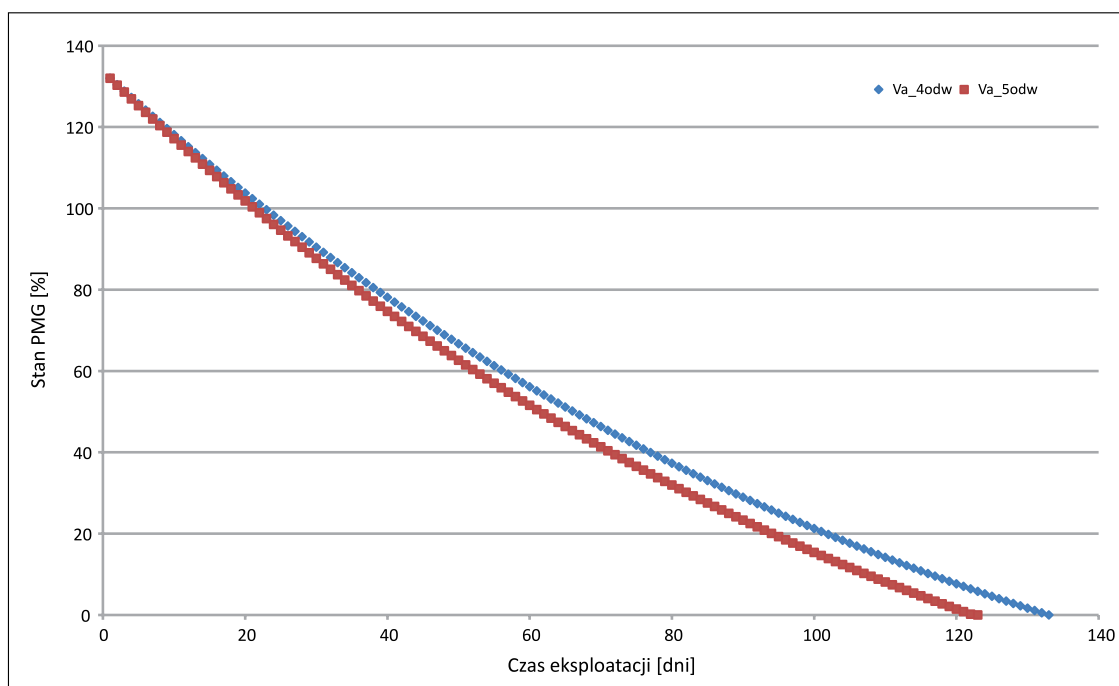
Wydajność magazynu jest sumą wydajności poszczególnych odwiertów. Przyjmuje się, że maksymalny czas szczytowania całej pojemności czynnej magazynu sezonowego nie powinien przekraczać 120 dni. W związku z tym zwiększenie pojemności czynnej magazynu do 130% jego aktualnej pojemności czynnej wymaga wykonania dodatkowych odwiertów eksploatacyjnych. Przeprowadzona analiza eksploatacji odwiertów wykonanych na omawianym magazynie wykazała jednoznacznie, że największą wydajność osiągają otwory kierunkowe o dużym kącie odchylenia, czyli otwory horyzontalne, co przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Zestawienie wydajności odwiertów na PMG ze względu na ich typ

**Table 1.** Summary of UGS well performance by type

Typ odwiertu	Wydajność odbioru* [tys. m <sup>3</sup> /dobę]	Stosunek wydajności otworu projektowanego do otworu pionowego w czasie odbioru*	Wydajność zatłaczania* [tys. m <sup>3</sup> /dobę]	Stosunek wydajności otworu projektowanego do otworu pionowego w czasie zatłaczania*
Odwiert pionowy średni	51,6 (14,0–93,3)	1,00	49,8 (10,6–123,7)	1,00
Odwiert horyzontalny średni	186,9 (120,4–395,1)	4,78	207,2 (104,3–422,0)	5,50

\* Na podstawie danych własnych



**Rysunek 6.** Prognoza czasu szczypania nowej pojemności czynnej magazynu stanowiącej 130% aktualnej pojemności czynnej wykonana dla czterech (punkty niebieskie) i dla pięciu (punkty czerwone) nowych odwiertów

**Figure 6.** Forecast for depletion time of the new active storage capacity (130% of the current active capacity), for four (blue points) and five (red points) new wells

W związku z tym koncepcja rozbudowy PMG do 130% jego aktualnej pojemności czynnej zakłada odwiercenie co najmniej czterech nowych odwiertów horyzontalnych, co pozwoli na odbiór całej pojemności czynnej z magazynu w czasie 133 dni. Prognozę eksploatacji PMG nowymi otworami przedstawiono na rysunku 6. Dodatkowo wykonanie piątego otworu (5 nowych) spowoduje skrócenie czasu odbioru nowej pojemności czynnej do około 122 dni, a wydajność PMG będzie się zmieniać w przedziale 10,2–3,6 mln m<sup>3</sup>/d.

### Podsumowanie i wnioski

Obecnie w Polsce eksploatowanych jest siedem podziemnych magazynów gazu pracujących na potrzeby gazowniczego systemu wysokometanowego, których sumaryczna pojemność czynna jest niewystarczająca.

W niniejszym artykule przedstawiono wybrane elementy zbudowanego szczegółowego modelu geologicznego złoża w wersji 3D, w którym utworzony jest podziemny magazyn gazu. Wykonane rozkłady parametrów petrofizycznych skał zbiornikowych, oporności elektrycznej, współczynnika porowatości i przepuszczalności geofizycznej oraz porowatości neutronowej pozwoliły na określenie liczby nowych odwiertów eksploatacyjnych i ich lokalizacji na strukturze oraz na wybór optymalnego typu wierceń.

Instalacja na magazynie została certyfikowana na ciśnienie wynoszące 8,32 MPa i pozwala na tłoczenie gazu z maksymalnym ciśnieniem 8,0 MPa. Z tego względu założono, że pojemność czynna zostanie rozbudowana do wielkości 130% aktualnej pojemności czynnej. Niemniej jednak zatłoczenie oraz odbiór takiej ilości gazu wymagają dostosowania instalacji napowierzchniowej PMG. Inwestycja, która pozwoli na wykorzystanie całej pojemności czynnej, będzie się wiązała

m.in. z wykonaniem nowych otworów eksploatacyjnych w celu skrócenia czasu zatłaczania i odbioru gazu.

Wielkość buforu konieczna do prawidłowej pracy magazynu zależy od dolnego ciśnienia pracy magazynu. W celu maksymalnej redukcji kosztów przedsięwzięcia proponuje się pozostawić wielkość buforu na obecnym poziomie, co pozwoli na utrzymanie dotychczasowego dolnego ciśnienia magazynu.

Przyjmuje się, że maksymalny czas szczypania całej pojemności czynnej magazynu sezonowego powinien wynosić ok. 120 dni. W związku z tym, że uzyskanie nowej pojemności czynnej magazynu wydłuży czas zatłaczania/odbioru gazu, konieczne będzie wykonanie dodatkowych odwiertów eksploatacyjnych. Tym samym koncepcja rozbudowy PMG zakłada odwiercenie pięciu nowych otworów horyzontalnych, które pozwolą na szczypanie pojemności czynnej magazynu w czasie około 122 dni.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Opracowanie koncepcji rozbudowy PMG*, praca INiG – PIB; nr zlecenia: 0033/KP/2023, nr archiwalny: DK-4100/0016/2023.

## Literatura

Baker Hughes, 2018. JewelSuite 6.2 Subsurface Modeling User Manual. *Baker Hughes*.

Cornot-Gandolphe S., 2019. Underground gas storage in the world – 2018 status. CEDIGAZ. <[https://cdn2.hubspot.net/hubfs/1982707/Overview-of-underground-gas-storage-in-the-world-2018-\(1\).pdf](https://cdn2.hubspot.net/hubfs/1982707/Overview-of-underground-gas-storage-in-the-world-2018-(1).pdf)> (dostęp: 15.11.2023).

Dankawa O.K., Gomah Ahmed S.N., Opoku Appau P., 2018. Comparison of the Economics and Performance of Horizontal and Vertical Wells. *International Journal of Petroleum and Petrochemical Engineering*, 4(3): 1–12. DOI: 10.20431/2454-7980.0403001.

Filar B., 2014. Analiza wpływu zastosowania różnych technologii udostępniania złóż niekonwencjonalnych na opłacalność ich eksploatacji. *Nafta-Gaz*, 70(3): 143–150.

Filar B., Kwilosz T., Miziołek M., Moska A., 2022a. Pojemność czynna podziemnych magazynów gazu w Polsce, na tle krajów Unii Europejskiej. *Materiały konferencyjne XII Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej Geopetrol 2022*, 185–195.

Filar B., Kwilosz T., Miziołek M., Moska A., 2022b. Trzeba zwiększyć pojemność PMG. Raport Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego, *Rynek Polskiej Ropy i Gazu*, 17: 68–74.

Guido B., Pete L., Mike W., 2004. Drilling Straight Down. *Oil Review*, 6(3): 14–17.

Kasza P., 2009. Nowe technologie udostępniania złóż węglowodorów w otworach kierunkowych i poziomych. *Nafta-Gaz*, 65(4): 317–321.

Kwilosz T., 2014. Zastosowanie odwiertów horyzontalnych w eksploatacji złóż i PMG. *Nafta-Gaz*, 70(12): 926–931.

Pan S., 2014. Stability Analysis of the Rotary Drill-String. *Unpublished PhD Dissertation. University of Tennessee, Knoxville*.

Zyzański P., 2021. Performance analysis of a horizontal well located in an underground gas storage facility. *Journal of Geotechnology and Energy*, 38(2): 25–38. DOI: 10.7494/jge.2021.38.2.25.



Dr Agnieszka MOSKA  
Adiunkt w Zakładzie Podziemnego Magazynowania Gazu  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A  
31-503 Kraków  
E-mail: [agnieszka.moska@inig.pl](mailto:agnieszka.moska@inig.pl)



Mgr inż. Bogdan FILAR  
Starszy specjalista badawczo-techniczny; Kierownik Zakładu Podziemnego Magazynowania Gazu  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A  
31-503 Kraków  
E-mail: [bogdan.filar@inig.pl](mailto:bogdan.filar@inig.pl)



Mgr Mariusz MIZIOŁEK  
Starszy specjalista badawczo-techniczny w Zakładzie Podziemnego Magazynowania Gazu  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A  
31-503 Kraków  
E-mail: [mariusz.mizolek@inig.pl](mailto:mariusz.mizolek@inig.pl)



Dr Tadeusz KWIŁOSZ  
Adiunkt w Zakładzie Podziemnego Magazynowania Gazu  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A  
31-503 Kraków  
E-mail: [tadeusz.kwilosz@inig.pl](mailto:tadeusz.kwilosz@inig.pl)