

Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby podziemnego bezzbiornikowego magazynowania i składowania

Marta Sokołowska¹, Edyta Majer¹



M. Sokołowska



E. Majer

Guidelines for the assessment of engineering-geological conditions for geological storage and disposal purposes. *Prz. Geol.*, 72: 138–142; doi: 10.7306/2024.64

A b s t r a c t. The guide described in this paper is a collection of information and recommendations on geological and engineering conditions assessment for geological storage and disposal (excluding radioactive wastes). It is addressed primarily to engineering geologists, designers, investors and representatives of geological administration. The guide gives recommendations on establishing geological and engineering conditions in different types of geological formations and presents a good practice in preparing geological and engineering documentation in accordance with Geological and Mining Law. This guide is next in the publishing series of guidelines of geological and engineering conditions assessment, available on the website https://geoportal.pgi.gov.pl/atlas_y_gi/publikacje

Keywords: geological disposal, geological storage, rock massif, engineering-geological conditions, engineering-geological documentation

Poradnik pt. *Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby podziemnego bezzbiornikowego magazynowania i składowania* (z wyłączeniem odpadów promieniotwórczych) został opracowany pod redakcją merytoryczną dr Edyty Majer i dr Marty Sokołowskiej w ramach zadania państwowej służby geologicznej (PSG) i sfinansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW). Wszystkie osoby, które przyczyniły się do powstania tej ponad 300-stronicowej publikacji zostali wymienieni na końcu niniejszego tekstu. Artykuł (wraz z figurami) powstał w oparciu o informacje zawarte w poradniku.

Poradnik ten skierowany jest głównie do geologów inżynierskich sporządzających dokumentację geologiczno-inżynierską na potrzeby podziemnego bezzbiornikowego magazynowania substancji lub podziemnego składowania odpadów w górotworze, a także do projektantów, inwestorów oraz przedstawicieli administracji geologicznej. Jego celem jest upowszechnianie i popularyzacja wiedzy o geologii inżynierskiej poprzez wdrażanie dobrych praktyk do sporządzania dokumentacji geologiczno-inżynierskich na potrzeby podziemnego bezzbiornikowego magazynowania i składowania wymienionych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Rozporządzenie, 2016).

Z uwagi na złożoność zagadnień związanych z budową tego typu obiektów, przedstawione w poradniku zagadnienia mają charakter interdyscyplinarny. Podczas projektowania ich części podziemnej konieczna jest szeroka wiedza z zakresu górnictwa, geologii i mechaniki górotworu, geologii inżynierskiej, hydrogeologii, geochemii itp., natomiast w przypadku części naziemnej – z zakresu budownictwa i geologii inżynierskiej. Poradnik podzielono na dwie części:

- część I – to synteza podstawowych informacji na temat podziemnego bezzbiornikowego magazynowania substancji i podziemnego składowania odpadów,

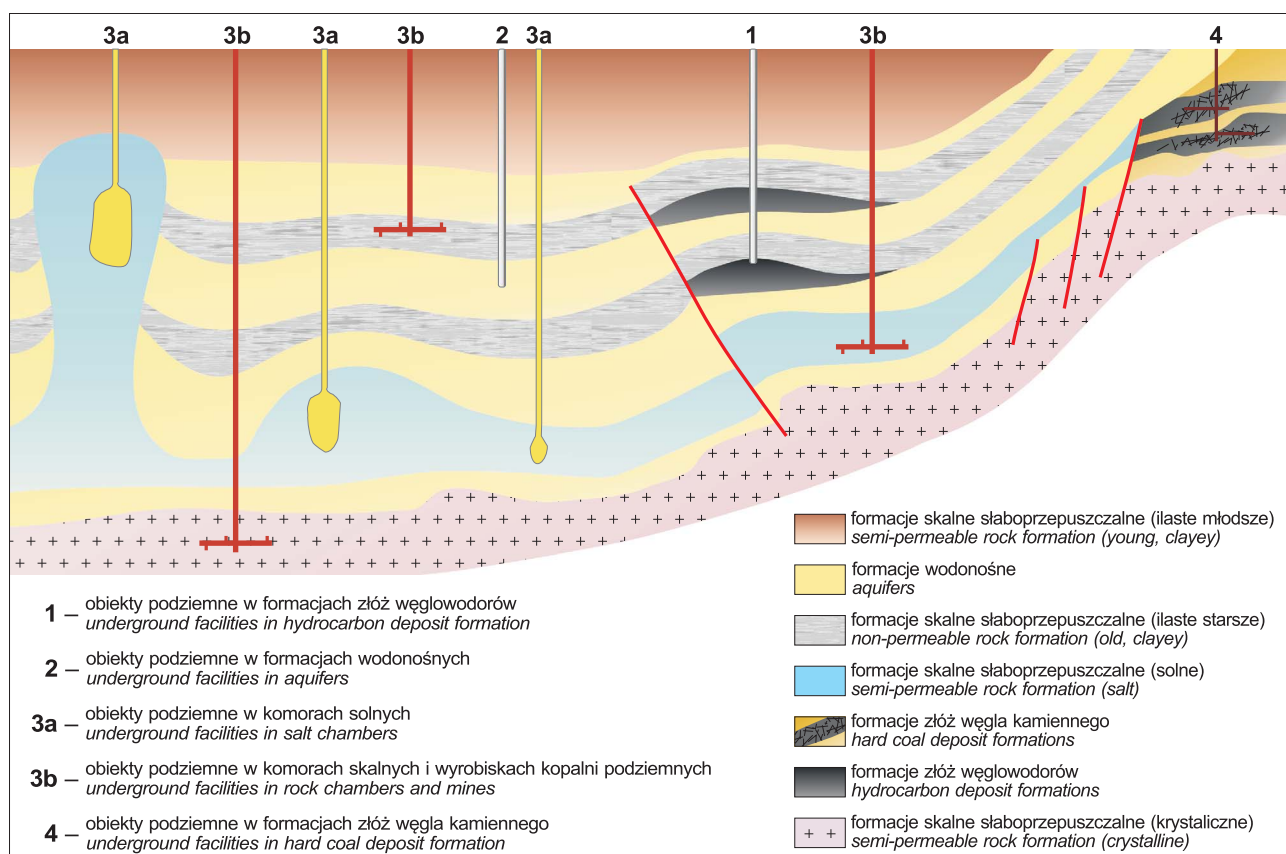
- część II – to poradnik wykonywania i sprawdzania dokumentacji geologiczno-inżynierskiej w odniesieniu do obowiązujących przepisów i dobrych praktyk z uwzględnieniem roli dokumentacji geologiczno-inżynierskiej w procesie inwestycyjnym.

ZAGADNIENIA OBJĘTE PORADNIKIEM

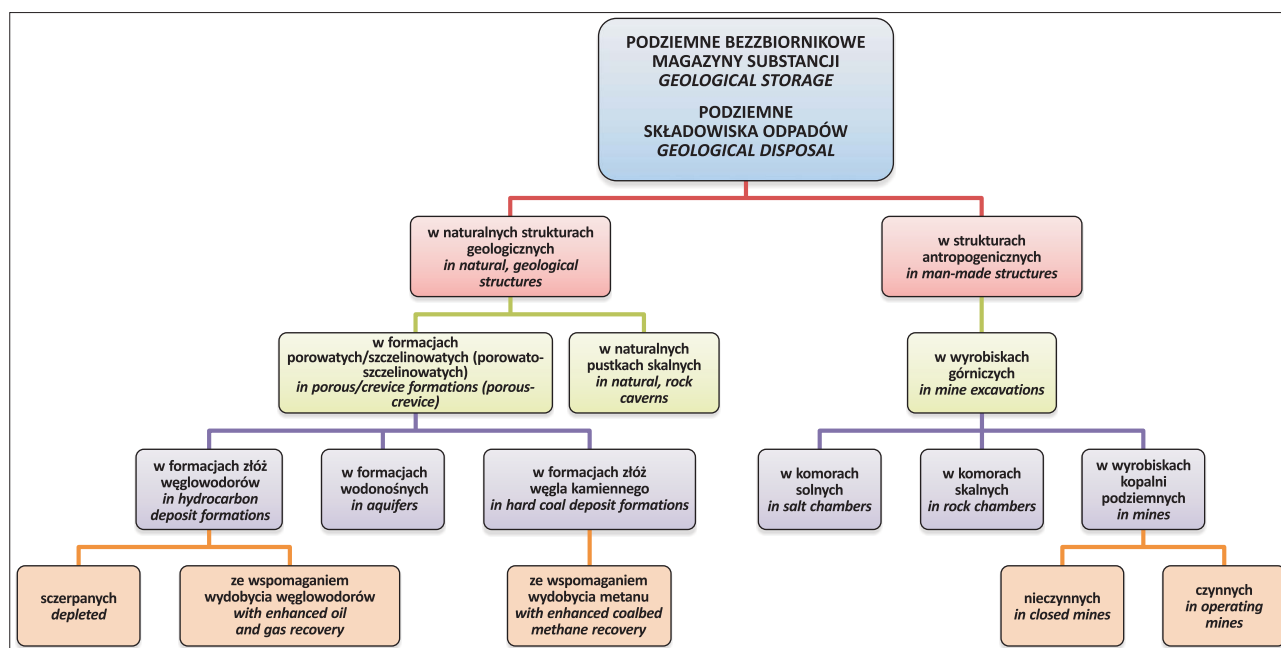
Podziemne bezzbiornikowe magazynowanie substancji oraz podziemne składowanie odpadów są jedną z możliwości zagospodarowania górotworu (przestrzeni podziemnej), która jest prowadzona w szerokim przedziale głębokości. Magazyny i składowiska podziemne lokalizuje się zarówno w płytko położonych kopalniach (na głębokości rzędu kilkunastu–kilkudziesięciu metrów), objętych wcześniejszą eksploatacją górnictwem, jak i w głębokich strukturach geologicznych (na głębokości do kilku kilometrów). W pierwszej części poradnika przedstawiono krótką charakterystykę struktur geologicznych i formacji przydatnych do podziemnego bezzbiornikowego magazynowania substancji oraz podziemnego składowania odpadów (cz. I, rozdz. 2) w podziale na (ryc. 1): formacje złóż węglowodorów, formacje wodonośne, formacje skalne słaboprzepuszczalne, formacje złóż węgla kamiennego. Mając na uwadze rodzaj formacji oraz charakter utworzenia zbiornika (naturalny lub antropogeniczny), w poradniku opracowano autorski podział obiektów podziemnych (ryc. 2). Każdy z typów został scharakteryzowany pod kątem wad i zalet ich stosowania oraz zasad pracy magazynu/składowiska (cz. I, rozdz. 3).

Dużą uwagę w poradniku poświęcono zagadnieniom związanym z czynnikami i kryteriami oceny lokalizacji podziemnych bezzbiornikowych magazynów substancji oraz podziemnych składowisk odpadów (cz. I, rozdz. 4). Zebrano liczne dane literaturowe (m.in.: Marczak, Pilecki, 1998; Reinisch, 2000; Kidybiński, 2004; Ślizowski i in., 2004; Kłeczek i in., 2005; Siemek, Nagy, 2007; Tarkowski, Uliasz-Misiak, 2007; Maciejewski, 2008; Kunstman i in.,

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; msoko@pgi.gov.pl; emaj@pgi.gov.pl; ORCID ID: M. Sokołowska – 0000-0002-5262-1031, E. Majer – 0000-0001-8489-2357.



Ryc. 1. Rodzaje obiektów podziemnych na tle struktur geologicznych i formacji perspektywicznych dla magazynowania i składowania
Fig. 1. Types of underground facilities in different geological structures and formations suitable for geological storage



Ryc. 2. Rodzaje podziemnych magazynów substancji i podziemnych składowisk odpadów
Fig. 2. Types of underground storage and underground disposal

2009; Laskowska i in., 2009; Pieńkowski, 2009; Tarkowski i in., 2009; Ślizowski, Urbańczyk, 2011; Gąska i in., 2012; Kaliski, Sikora, 2013; Lankof i in., 2013; Poborska-Młynarska, 2013; Wójcicki, Nagy, 2014; Korzeniowski, Poborska-Młynarska, 2016; Tarkowski, 2017; Lewandowska-Śmierczalska i in., 2018; Czapowski, 2019).

Zestawiono następujące czynniki i kryteria wpływające na wybór lokalizacji podziemnych bezzbiornikowych

magazynów substancji i podziemnych składowisk odpadów: geologiczne, techniczne, ekonomiczne, środowiskowe, społeczne, polityczne, administracyjno-prawne.

Wśród nich wyróżniono:

- czynniki i kryteria obligatoryjne, które wynikają z przepisów prawa oraz decyzji administracyjnych, wykluczające wybór lokalizacji obiektu podziemnego,

- czynniki i kryteria nieobligatoryjne, które ustala inwestor w celu oceny i wyboru optymalnej lokalizacji obiektu podziemnego.

W poradniku skupiono się przede wszystkim na czynnikach geologicznych i na ich podstawie, biorąc także pod uwagę opracowania wcześniejszych autorów, zestawiono tabelarycznie kryteria lokalizacji dla każdego rodzaju obiektu podziemnego, z uwzględnieniem aspektów technicznych, oraz scharakteryzowano możliwe zagrożenia związane z prowadzeniem działalności w zależności od jej rodzaju i formacji wykorzystanej do magazynowania lub składowania (cz. I, rozdz. 5).

Część I publikacji zamykają najciekawsze przykłady (krajowe i zagraniczne) różnego rodzaju obiektów podziemnych zlokalizowanych w różnych formacjach geologicznych (cz. I, rozdz. 6 i 7) oraz zagadnienia formalno-prawne podziemnego bezzbiornikowego magazynowania i składowania (cz. I, rozdz. 8), w ramach których opisano zasady koncesjonowania oraz zasady lokalizowania, projektowania i realizacji podziemnych magazynów i składowisk, w tym rodzaje odpadów jakie można magazynować lub składować w górotworze, wg stanu prawnego na koniec 2022 r. W rozdziale formalno-prawnym wspomniano także o zmianach, jakie były wówczas procedowane, które zostały ostatecznie wprowadzone pod koniec września 2023 r.

Drugą część poradnika poświęcono zagadnieniom związanym z dokumentowaniem geologiczno-inżynierskim na potrzeby podziemnego bezzbiornikowego magazynowania substancji i podziemnego składowania odpadów. Na wstępie omówiono miejsce dokumentacji geologiczno-inżynierskiej w procesie inwestycyjnym (cz. II, rozdz. 1). Odniesiono się kwestii zapotrzebowania na dane w zależności od etapu realizacji i stopnia zagospodarowania górotworu. Stwierdzono, że udział badań bezpośrednich, ich zakres, ilość, rodzaj i poziom szczegółowości będą zależały nie tylko od etapu procesu inwestycyjnego (przebieg lokalizacji, jej wybór lub charakterystyka) i rodzaju działalności (magazynowanie czy składowanie) czy rodzaju struktury geologicznej, lecz także w dużej mierze od stopnia zagospodarowania górotworu, a tym samym stopnia jego wcześniejszego rozpoznania. Dokumentowanie geologiczno-inżynierskie zalecono zawsze rozpoczynać od zebrania dostępnych danych archiwalnych, połączonego z wizją terenową, co stanowi podstawę do określenia czynników mających wpływ na obiekt podziemny, zaprojektowania badań, w tym doboru optymalnych technik badań, ich zakresu oraz metodyki. Na tej podstawie projektuje się badania (efektem tych prac jest projekt robót geologicznych – jeśli projektowane są roboty geologiczne), które w kolejnym kroku są wykonywane, przetwarzane i analizowane poprzez opracowanie na ich podstawie modelu geologicznego. Model podlega każdorazowo ocenie wraz ze wzrostem ilości danych. Efekt tych prac umieszcza się w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, którą ostatecznie organ administracji geologicznej zatwierdza, a następnie przekazuje do archiwizacji zgodnie z zapisami ustawy *Prawo geologiczne i górnicze* (Ustawa, 2011). Schemat dokumentowania przedstawiono na rycinie 3. Każdy z etapów został szczegółowo omówiony w poradniku, a szczególną uwagę poświęcono zakresowi i metodyce badań geologiczno-inżynierskich (cz. II, rozdz. 3), z uwzględnieniem etapów rozpoznania geologicznego.

Na etapie przeglądu i wyboru lokalizacji (*site screening, site selection*) zalecono analizy materiałów archi-

walnych, w tym: map, dokumentacji, rdzeni wiertniczych oraz wyników badań geofizycznych, geomechanicznych, geochemicznych itp., bez konieczności wykonywania badań bieżących. Natomiast na etapie charakterystyki lokalizacji (*site characterisation*) wskazano na konieczność dostarczenia szczegółowych danych do opracowania modelu geologicznego (parametryczno-strukturalnego) oraz modelu uwzględniającego prognozę zmian w czasie (model dynamiczny). Z tego powodu na tym etapie zalecono wykonywanie badań własnych, nawet w przypadku, gdy zasób badań archiwalnych jest duży. Wśród tych badań w poradniku omówiono rekomendowany zakres: prac kartograficznych, geofizycznych badań powierzchniowych, wierceń, badań otworowych i opróbowania, pomiarów i badań *in situ*, badań laboratoryjnych gruntów i skał.

Osobny rozdział poświęcono właściwościom fizyczno-mechanicznym i akustycznym skał (cz. II, rozdz. 4). Podano przykładowy katalog parametrów i metod badań próbek skał.

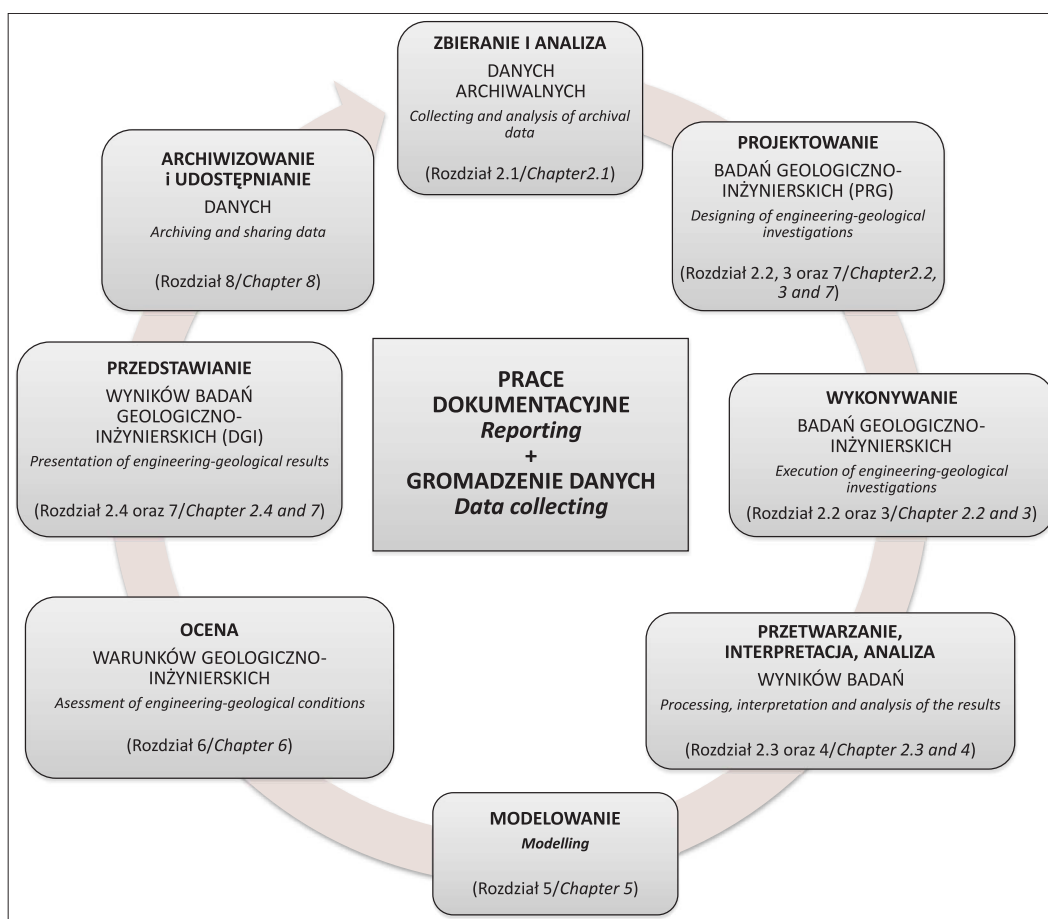
Jeden z rozdziałów cz. II publikacji poświęcono zagadnieniom związanym z modelowaniem numerycznym (cz. II, rozdz. 4). Opisano metody modelowania numerycznego (konceptyjny, matematyczny i numeryczny) oraz omówiono praktyczne aspekty związane z aplikacją modelowania numerycznego w kontekście podziemnego bezzbiornikowego magazynowania substancji i podziemnego składowania, w tym:

- modelowanie strukturalne i strukturalno-parametryczne dla obiektów podziemnych,
- modelowanie przepływów w warstwach zbiornikowych,
- modelowanie przepływów w warstwach zbiornikowych sprzężone z geomechaniką,
- modelowanie geomechaniczne zatłaczania płynów do warstw zbiornikowych,
- modelowanie szczelności uskoków warstw zbiornikowych i uszczelniających,
- modelowanie struktur węglowodorowych przeznaczonych na obiekty podziemne,
- modelowanie geomechaniczne dla komór skalnych i wyrobisk kopalń podziemnych,
- modelowanie geomechaniczne dla kawern solnych,
- modelowanie procesu ługowania kawern w solach,
- prawa materiałowe dla soli.

W dalszej części poradnika omówiono zasady oceny warunków geologiczno-inżynierskich, w tym: charakterystykę budowy geologicznej, warunków hydrogeologicznych i górniczych oraz charakterystykę i ocenę warunków geologiczno-inżynierskich (cz. II, rozdz. 4). Zawartość wymaganych *Prawem geologicznym i górniczym* opracowań zestawiono w postaci tabelarycznej, osobno dla projektu robót i osobno dla dwóch typów dokumentacji geologiczno-inżynierskiej: zawartość dokumentacji na potrzeby podziemnego bezzbiornikowego magazynowania i podziemnego składowania, zawartość dokumentacji na potrzeby podziemnego składowania CO₂.

Dużą uwagę poświęcono zagadnieniom związanym z gromadzeniem danych geologiczno-inżynierskich (cz. II, rozdz. 8) oraz wykorzystaniu systemu informacji przestrzennej GIS do gromadzenia danych geologiczno-inżynierskich (cz. II, rozdz. 9).

Poradnik zamyka rozdział o krajowych doświadczeniach dotyczących sporządzania dokumentacji geologiczno-inżynierskich na potrzeby podziemnego bezzbiornikowego magazynowania i podziemnego składowania (cz. II,



Ryc. 3. Zakres prac dokumentacyjnych dla obiektu podziemnego (wszystkie numery rozdziałów dotyczą cz. II poradnika)

Fig. 3. Scope of documentation activities for the underground facility (all numbers of chapters refer to part II of the guide)

rozdz. 9), wykaz terminologii, będący cennym źródłem definicji związanych z problematyką podziemnego magazynowania i składowania, oraz spis wykorzystanej literatury.

PODSUMOWANIE

Opracowany przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy w ramach zadań państwowej służby geologicznej poradnik jest odpowiedzią na podjęcie krajowych działań na rzecz ograniczania skutków zmian klimatu, transformacji energetycznej, dywersyfikacji źródeł dostaw energii oraz zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego. Publikacja została przygotowana z myślą o wspieraniu kierunków działań wpisanych w polityki, strategię i programy na poziomie krajowym w zakresie podziemnego magazynowania i składowania, utworzonych w celu realizacji unijnego pakietu Fit for 55, tj. pakietu aktów prawnych mających na celu zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o 55% względem 1990 r. Strategiczne dokumenty krajowe, które wskazują nowe kierunki działań to:

- ❑ Polityka Energetyczna Polski do 2040 r. (Polityka, 2021),
- ❑ Polska Strategia Wodorowa do 2030 r. z perspektywą do 2040 (Uchwała nr 149, 2021),
- ❑ Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030 (Uchwała nr 239, 2011),

- ❑ Polityka Surowcowa Państwa (Uchwała nr 39, 2022).

W świetle tych dokumentów bardzo istotną rolę w transformacji energetycznej oraz zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych będą odgrywały obiekty służące do podziemnego bezziornikowego magazynowania substancji, w tym energii lub do podziemnego składowania odpadów w górotworze. Wymagają one szczegółowego rozpoznania warunków geologicznych, geologiczno-inżynierskich, górniczych i hydrogeologicznych na potrzeby bezpiecznego zaprojektowania i eksploatacji. Poradnik stanowi zbiór zaleceń dla dokumentatorów, niezbędnych do opracowania dobrej jakości dokumentacji geologiczno-inżynierskich.

Wydawane przez PIG-PIB w ramach zadań psg zasady dokumentowania cieszą się od wielu lat dużym zainteresowaniem środowisk zawodowych, zajmujących się problemami geologii inżynierskiej oraz dokumentowaniem badań podłoża budowlanego z uwzględnieniem wymagań ochrony środowiska. W latach 1999–2023 opracowano i wydano następujące publikacje dotyczące tej problematyki, sfinansowane ze środków NFOŚiGW:

- ❑ *Zasady sporządzania dokumentacji geologiczno-inżynierskich* (1999);
- ❑ *Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich dla celów likwidacji kopalń* (2009);
- ❑ *Zasady dokumentowania geologiczno-inżynierskich warunków posadowienia obiektów budownictwa morskiego i zabezpieczeń brzegu morskiego* (2009);

- ❑ *Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich dla potrzeb rekultywacji terenów zdegradowanych* (2012);
- ❑ *Warunki geologiczno-inżynierskie na obszarze Polski* (2017);
- ❑ *Zasady dokumentowania geologiczno-inżynierskiego (w świetle wymagań Eurokodu 7)* (2018).
- ❑ *Badania geologiczno-inżynierskie. Geofizyka Inżynierska* (2022)
- ❑ *Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby podziemnego bezzbiornikowego magazynowania i składowania* (2023)

Wszystkie publikacje są dostępne pod adresem: https://geoportal.pgi.gov.pl/atlas_y_gi/publikacje, gdzie są publikowane także inne wytyczne i poradniki wykonywane przez PIG-PIB w ramach projektów naukowych lub zamawiane przez różnych inwestorów strategicznych.

Publikacja pt. *Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby podziemnego bezzbiornikowego magazynowania i składowania* powstała w ramach zadań państwowej służby geologicznej i została sfinansowana ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Autorami publikacji są: dr Edyta Majer¹, dr Marta Sokółowska¹, dr Zbigniew Frankowski¹, dr Marta Adamuszek¹, dr hab. Grzegorz Czapowski¹, dr Joanna Fajfer¹, prof. dr hab. Marek Jarosiński¹, mgr Krzysztof Majer¹, mgr Monika Szablowska¹, mgr Izabela Samel¹, dr inż. Adam Wójcicki¹, dr Sławomir Mazurek¹, mgr Joanna Roszkowska-Remin¹, mgr Michał Cyglicki¹, prof. dr hab. inż. Waldemar Korzeniowski², dr Dominik Łukasiak³, mgr inż. Ewa Jagoda¹. Przy opracowaniu poradnika współpracowali także: prof. dr hab. inż. Michał Malinowski⁴, mgr Tomasz Bąk¹, mgr Malwina Judkowiak¹, mgr Anna Stawicka¹ i mgr inż. Grzegorz Ryżyński¹. Ekspertskiego wsparcia przy opracowaniu publikacji udzieli konsultanci: prof. dr hab. Joanna Pinińska³, mgr Jarosław Zacharski¹, mgr Marta Wągradzka⁵ oraz mgr Tobiasz Traczyk⁴. Pracę zrecenzowali: dr hab. Paweł Łukaszewski³, dr hab. inż. Henryk Woźniak² oraz dr hab. Piotr Zawrzykraj³. Autorzy serdecznie dziękują Recenzentowi za poświęcony czas i cenne uwagi, które przyczyniły się do poprawy jakości artykułu.

LITERATURA

CZAPOWSKI G. 2019 – Perspektywy łokowania kawern magazynowych wodoru w pokładowych wystąpieniach soli kamiennych górnego permu (cechsztyń) w Polsce – ocena geologiczna. Biul. Państw. Inst. Geol., 477: 21–54.

GAŚKA K., HOSZOWSKI A., GMIŃSKI Z., KUREK A. 2012 – Monografia podziemnych magazynów gazu w Polsce. SITPNiG, Oddz. Warszawa II, Warszawa.

KALISKI M., SIKORA A. 2013 – Wódór a podziemne magazynowanie energii w strukturach solnych. Prz. Solny, 9: 26–32.

KIDYBYŃSKI A. 2004 – Geotechniczne aspekty adaptacji wyrobisk likwidowanych kopalń węgla na podziemne magazyny gazu. Pr. Nauk. GIG, Górnictwo i Środowisko, 2: 37–63.

KŁECZEK Z., RADOMSKI A., ZELJAŚ D. 2005 – Podziemne magazynowanie. CMG KOMAG, Pr. Nauk. – Monogr., 9: 1–98.

KORZENIOWSKI W., POBORSKA-MŁYNARSKA K. 2016 – Składowanie i odzysk odpadów wtórnych z instalacji termicznego przekształ-

cania odpadów komunalnych w kopalni podziemnej. Inż. Ekolog., 49: 91–99.

KUNSTMAN A., POBORSKA-MŁYNARSKA K., URBAŃCZYK K. 2009 – Geologiczne i górnicze aspekty budowy magazynowych kawern solnych. Prz. Geol., 57 (9): 819–828.

LANKOF L., ŚLIZOWSKI J., SERBIN K. 2013 – Możliwości składowania wysokoaktywnych odpadów promieniotwórczych w złożach soli kamiennej. Prz. Solny, 9: 97–100.

LASKOWSKA T., SZCZEBYŁO J., GAŚKA K., WILKOSZ P. 2009 – Polskie magazyny gazu ziemnego – od Mogilna do Kosakowa. Prz. Geol., 57 (9): 755–756.

LEWANDOWSKA-ŚMIERZCHALSKA J., TARKOWSKI R., ULIASZ-MISIAK B. 2018 – Screening and ranking framework for underground hydrogen storage site selection in Poland. Inter. J. Hydrogen Energ., 43 (9): 4401–4414.

MACIEJEWSKI A. 2008 – Podziemne magazynowanie paliw płynnych. Gosp. Sur. Miner., 34 (3/2 Prz. Solny): 39–53.

MAJER E., SOKOŁOWSKA M. (red.), FRANKOWSKI Z., ADAMUSZEK M., CZAPOWSKI G., FAJFER J., JAROSIŃSKI M., MAJER K., SZABŁOWSKA M., SAMEL I., WÓJCICKI A., MAZUREK S., ROSZKOWSKA-REMIN J., CYGLICKI M., KORZENIOWSKI W., ŁUKASIAK D., JAGODA E. 2023 – Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby podziemnego bezzbiornikowego magazynowania i składowania. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

MARCAK H., PILECKI Z. 1998 – Geotechniczne aspekty składowania niebezpiecznych odpadów w wyrobiskach podziemnych. Prz. Geol., 46 (6): 542–546.

PIENKOWSKI G. 2009 – Podziemne magazynowanie węglowodorów w kawernach solnych w Polsce – wymiar strategiczny i możliwości poprawy stanu środowiska naturalnego. Prz. Geol., 57 (9): 791–797.

POBORSKA-MŁYNARSKA K. 2013 – Assessment of the Geological Environment in Respect of Waste Disposal in Salt Mine Workings. Geol., Geophys., Environ., 39 (3): 22–232.

POLITYKA Energetyczna Polski do 2040 r., 2021 – Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Warszawa

REINISCH R. 2000 – Wybrane, istotne aspekty podziemnych magazynów gazu (u progu XXI wieku). Wydaw. PLJ, Warszawa.

ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej. Dz.U. z 2016 r. poz. 2033.

SIEMEK J., NAGY S. 2007 – Podziemne magazyny gazu ziemnego w wyeksploatowanych kopalniach węgla. Wiertn. Nafta Gaz, 27 (2): 857–868.

ŚLIZOWSKI J., URBAŃCZYK K. (red.) 2011 – Możliwości magazynowania gazu ziemnego w polskich złożach soli kamiennej w zależności od warunków geologiczno-górnictwowych. Wydaw. IGSMiE PAN, Kraków.

ŚLIZOWSKI K., KÖHSLING J., LANKOF L. 2004 – Uwarunkowania podziemnego składowania odpadów niebezpiecznych w Polsce. Stud. Rozpr., Monogr., 129. Wydaw. IGSMiE PAN, Kraków.

TARKOWSKI R. 2017 – Prospectives of using the geological subsurface for hydrogen storage in Poland. Int. J. Hydrog. Energ., 40 (46): 15952–15962.

TARKOWSKI R., ULIASZ-MISIAK B., WÓJCICKI A. 2009 – CO₂ storage capacity of deep aquifers and hydrocarbon fields in Poland – EU GeoCapacity project results. Energy Procedia, 1 (1): 2671–2677.

TARKOWSKI R., ULIASZ-MISIAK B. 2007 – Podziemne składowanie – sposób na dwutlenek węgla. Prz. Geol., 55 (8): 655–660.

UCHWAŁA nr 149 Rady Ministrów z dnia 2 listopada 2021 r. w sprawie przyjęcia „Polskiej Strategii Wodorowej do roku 2030 z perspektywą do 2040 r.” M.P. z 2021 r. poz. 1138.

UCHWAŁA Nr 239 Rady Ministrów z dnia 13 grudnia 2011 r. w sprawie przyjęcia „Konceptji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030”. M.P. z 2012 r. poz. 252.

UCHWAŁA Nr 39 Rady Ministrów z dnia 1 marca 2022 r. w sprawie przyjęcia „Polityki Surowcowej Państwa”. M.P. z 2022 r. poz. 371.

USTAWA z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze. Dz.U. z 2023 r. poz. 633 z późn. zm.

WÓJCICKI A., NAGY S. 2014 – Aspekty prawne i merytoryczne związane z bezpieczeństwem składowania CO₂ w strukturach geologicznych. Energetyka, 1: 33–37.

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy.

² AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie.

³ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii.

⁴ Fińska Służba Geologiczna (Geological Survey of Finland).

⁵ Operator Gazociągów Przesyłowych GAZ-SYSTEM S.A.