

Marek HAJTO
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
Katedra Surowców Energetycznych
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: mhajto@agh.edu.pl

Technika Poszukiwań Geologicznych
Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 1/2016

MIĘDZYNARODOWA KLASYFIKACJA ZASOBÓW GEOTERMALNYCH (UNFC-2009) NA TLE POLSKICH ZASAD KLASYFIKACJI I METODYKI SZACOWANIA ZASOBÓW GEOTERMALNYCH

STRESZCZENIE

Artykuł przedstawia opis koncepcji nowej klasyfikacji zasobów geotermalnych opracowany w ramach działalności Europejskiej Komisji Gospodarczej (UNECE) przy współudziale specjalistów Międzynarodowej Asocjacji Geotermalnej (IGA). W artykule wskazano na wzajemne relacje pomiędzy zasadami klasyfikacji oraz metodyką szacowania zasobów geotermalnych stosowanych w Polsce a regułami klasyfikacji UNFC-2009. Artykuł jest próbą podjęcia dyskusji, wychodząc naprzeciw głównym założeniom nowej klasyfikacji UNFC-2009, która zakłada ujednoczenie istniejących, krajowych systemów i kryteriów oceny zasobów oraz umożliwienie porównywania – według jednolitych zasad – różnych istniejących klasyfikacji. Wprowadzenie spójnych zasad w ramach UNFC-2009 oraz ujednoczenie sposobu raportowania, z uwzględnieniem kryteriów rynkowych i ekonomicznych, ma za zadanie usprawnić przepływ informacji oraz ułatwić współpracę międzynarodową w zakresie oceny zasobów energii geotermalnej, w tym również w skali globalnej. Dotychczas stosowana w Polsce klasyfikacja zasobów geotermalnych opiera się na diagramie McKelvey'a i uwzględnia dwa zasadnicze czynniki: stopień rozpoznania geologicznego oraz uwarunkowania: środowiskowe, techniczne i ekonomiczne udostępnienia i eksploatacji wód geotermalnych (łącznie). Klasyfikacja UNFC-2009 wyróżnia dodatkowo kryterium związane ze stopniem zawansowania zagospodarowania złoża, jednakże przy pewnych założeniach można znaleźć właściwe odpowiedniki polskiej klasyfikacji w UNFC-2009.

SŁOWA KLUCZOWE

Geotermia, klasyfikacja zasobów, metodyka kalkulacji, UNFC-2009

* * *

WPROWADZENIE

Dotychczas nie wypracowano międzynarodowych standardów ani norm w zakresie klasyfikacji zasobów geotermalnych. Braki dotyczą również kwestii ujednoczenia nomenklatury, w tym definicji potencjału geotermalnego oraz zasad oceny i sposobu raportowania wielkości zasobów geotermalnych.

Przyjmując, że początek przemysłowego wykorzystania energii geotermalnej na świecie to uruchomienie elektrowni geotermalnej w Larderello (1911 r.), Toskania-Włochy, należy stwierdzić, że przez ponad 100 lat nie zdołano wypracować przejrzystych kryteriów klasyfikacji i oceny zasobów geotermalnych. Pomijając szczegóły, rozbieżności dotyczą nawet tak fundamentalnych kwestii jak interpretacja pojęcia „potencjał geotermalny” i „zasoby geotermalne”. Powyższe różnice wynikają głównie z tego, do jakich celów wykorzystywana jest energia, kto jest właścicielem zasobów geotermalnych oraz jakie ustawodawstwo reguluje aspekty związane z wykorzystaniem zasobów geotermalnych (Haraldsson 2012). Z tego punktu widzenia, istniejące definicje można podzielić na trzy kategorie (Haraldsson 2012):

- część zasobów mineralnych, regulowane zwykle przez *prawo geologiczne i/lub górnicze*,
- zasoby wodne, regulowane przepisami *prawa wodnego, prawa geologicznego i/lub górniczego*,
- zasoby unikalne same w sobie.

Pomimo różnic pomiędzy poszczególnymi krajami, większość pojęć i definicji dotyczących klasyfikacji i oceny zasobów geotermalnych odnosi się do klasyfikacji i terminologii pochodzących z przemysłu wydobywczego, w tym głównie surowców mineralnych, energetycznych i kopalin (np. węgiel, ropa naftowa). Klasyfikacje są ściśle powiązane z metodyką szacowania zasobów, które opisują zazwyczaj ilość lub objętość surowca, która może być wydobyta z uwzględnieniem interesu gospodarczego. Trudności dotyczące interpretacji wyników oraz porównania wielkości oszacowań zasobów geotermalnych rosną, jeśli weźmiemy pod uwagę dane z krajów Europy Wschodniej, które używają terminologii typowej dla krajów byłego bloku wschodniego.

W obecnej sytuacji podjęte, wspólne działania Europejskiej Komisji Gospodarczej (UNECE¹) oraz członków Grupy Roboczej, złożonej z 12 przedstawicieli środowiska naukowców i praktyków z całego świata, zrzeszonych w Międzynarodowej Asocjacji Geotermalnej (IGA²), są jak najbardziej zasadne. Oczekuje się, że zostaną opracowane jednolite kryteria klasyfikacji i oceny zasobów geotermalnych oraz zasady przejrzystego raportowania zasobów i rezerw energetycznych, z uwzględnieniem kryteriów rynkowych i ekonomicznych, co usprawni przepływ informacji oraz ułatwi współpracę międzynarodową w zakresie oceny globalnych zasobów surowców energetycznych i mineralnych, w tym zasobów energii geotermalnej. Jednolite zasady klasyfikacji i raportowania zasobów (UNFC-2009³)

¹ Europejska Komisja Gospodarcza (United Nations Economic Commission for Europe)

² Międzynarodowa Asocjacja Geotermalna (International Geothermal Association)

³ United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009

mają uwzględniać standardy sprawozdawczości finansowej wykorzystywane w przemyśle i korporacjach, co ułatwi współpracę z firmami działającymi w otoczeniu projektów geotermalnych.

1. UMOCOWANIE FORMALNO-PRAWNE MIĘDZYNARODOWEJ KLASYFIKACJI ZASOBÓW GEOTERMALNYCH UNFC-2009

Międzynarodowa, ramowa klasyfikacja złóż kopalni i zasobów mineralnych (UNFC-2009⁴) jest systemem klasyfikacji/oceny zasobów i rezerw energetycznych oraz mineralnych, której stosowanie zostało zalecone przez Europejski Komitet Ekonomiczno-Społeczny (ECOSOC⁵) na 42 posiedzeniu (decyzja 2004/233⁶ z 16.07.2004). UNFC-2009 jest uproszczoną wersją klasyfikacji UNFC-2004, do której, w celu ułatwienia jej stosowania, wprowadzono szereg niezbędnych korekt i modyfikacji. Ramowa Międzynarodowa Klasyfikacja kopalni energetycznych i zasobów mineralnych (UNFC-2009) została zatwierdzona przez Komitet na rzecz Zrównoważonej Energetyki Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych na jej 18 sesji w listopadzie 2009 roku (decyzja ECE/Energia/80§21 (g)). Wytyczne dotyczące stosowania UNFC-2009 zostały zatwierdzone przez Komisję Europejską na 22 sesji w listopadzie 2013 roku i są dostępne jako publikacja Europejskiej Komisji Gospodarczej (UNECE) (ECE Energy nr 42).

2. KONCEPCJA MIĘDZYNARODOWEJ KLASYFIKACJI ZASOBÓW GEOTERMALNYCH W RAMACH UNFC-2009

Zasadniczym celem klasyfikacji jest ujednoczenie istniejących krajowych systemów i kryteriów oceny zasobów oraz umożliwienie porównywania – według jednolitych zasad – różnych istniejących klasyfikacji. Wprowadzenie spójnych zasad w ramach UNFC-2009 oraz ujednoczenie sposobu raportowania zasobów i rezerw energetycznych, z uwzględnieniem standardów sprawozdawczości finansowej wykorzystywane w przemyśle i korporacjach.

Wzrastający udział odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym, zauważalny w szczególności w krajach Unii Europejskiej, wynikający z przyjętej polityki w zakresie bezpieczeństwa energetycznego, kwestii środowiskowych oraz zasad zrównoważonego rozwoju po raz pierwszy, w ramach standardów UNFC, zwrócono uwagę na ujednoczenie zasad klasyfikacji i raportowania zasobów w obrębie OZE. Prace dotyczące standaryzacji zasad i klasyfikacji objęły w pierwszej kolejności zagadnienia dotyczące biopaliw oraz energii geotermalnej.

⁴ Międzynarodowa Klasyfikacja Zasobów Paliw Kopalnych i Surowców Mineralnych 2009 (United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009)

⁵ United Nations Economic and Social Council (ECOSOC)

⁶ http://www.un.org/en/ecosoc/docs/2004/decision_202004-233.pdf

Zasady klasyfikacji geotermalnej zostały opracowane przez Grupę Roboczą pod kierownictwem prof. Gioii Falcone z Cranfield University, Wielka Brytania (poprzednio Clausthal University of Technology, Germany), złożoną z przedstawicieli Międzynarodowej Asocjacji Geotermalnej (IGA). Podstawą działania Grupy Roboczej stanowiło porozumienie pomiędzy IGA a Europejską Komisją Gospodarczą (MoU⁷), podpisane 19 września 2004 roku, określające zakres współpracy. Grupa Robocza pracowała wspólnie z ekspertami innych odnawialnych źródeł energii w ramach prac UNFC, a także z grupą ekspertów ds. zasobów geotermalnych, funkcjonującą w ramach IGA (IGA Resources & Reserves Committee). W celu przedstawienia i zobrazowania zasad klasyfikacji i ułatwienia zrozumienia przyjętych reguł w ramach UNFC-2009 wykorzystano 12 przykładów zastosowań klasyfikacji, na podstawie projektów geotermalnych zlokalizowanych w Australii, Niemczech, na Węgrzech, we Włoszech, Holandii, Nowej Zelandii, Filipinach oraz Rosji (ECE 2013).

Projekt międzynarodowej, ramowej klasyfikacji zasobów paliw kopalnych oraz surowców mineralnych (UNFC-2009), w zakresie klasyfikacji zasobów energii geotermalnej, został udostępniony do publicznej debaty, od 06.06.2016 do 04.08.2016 r. W ramach prac nad konstrukcją międzynarodowej klasyfikacji geotermalnej (UNFC-2009) uwzględniono inne funkcjonujące klasyfikacje zasobów, w tym pierwszą, zunifikowaną klasyfikację zasobów i reguły raportowania zasobów geotermalnych (za pomocą systemu kodów) opracowaną przez Australijski Komitet Kodów Geotermalnych⁸ (AGRCC 2010a;b) oraz: kanadyjskie zasady klasyfikacji i raportowania zasobów i rezerw geotermalnych (CGPRC 2010), protokół do oceny potencjału EGS (Bardmore i.in. 2010), a także wytyczne Asocjacji Geotermalnej (GEA 2010) i zasady szacowania zasobów geotermalnych do celów produkcji energii elektrycznej – GEOELEC (van Wees i in. 2011).

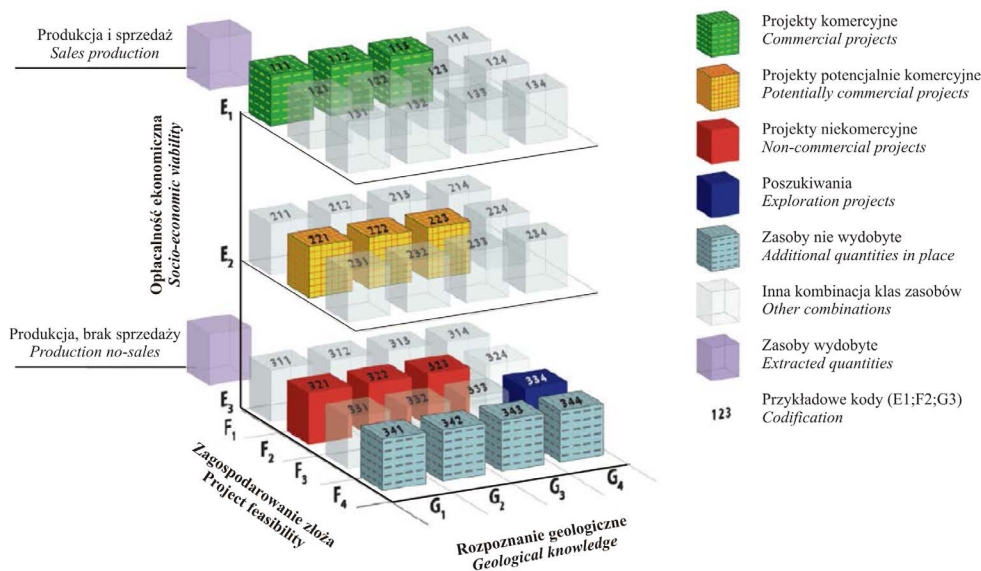
W klasyfikacji UNFC-2009 wyróżnia się trzy zasadnicze kategorie zasobów na podstawie trzech kryteriów: oceny gospodarczej (E – *economic*), wykonalności projektu/stopnia zawiązania zagospodarowania złoża (F – *feasibility*) i stopnia geologicznego rozpoznania złoża, włączając w to określenie możliwości określenia zasobów wydobywalnych (G – *geological*). Dodatkowo zasoby E, F, G, w zależności od stopnia rozpoznania, dzieli się na klasy i sub-klasy zaznaczane trójcyfrowymi symbolami (np. 3,4,1) (Falcone 2015a). Niższe liczby oznaczają większy stopień dokładności w ocenie danego parametru. W związku z powyższym, teoretycznie najbardziej szczegółowo opisane zasoby zdefiniowane są jako (1,1,1), najbardziej ogólnie – zasoby (3,4,4).

Klasyfikacja może zawierać bardziej szczegółowe oznaczenia (sub-klasy) wprowadzane poprzez dodatkową numerację, oddzieloną znakiem „kropki”, np. E1.1; F1.2; G1.2. Schemat klasyfikacji UNFC-2009 przedstawiono na rysunku 1.

O ile kryterium dotyczące stopnia rozpoznania złoża wydaje się intuicyjnie zrozumiałe i nie budzi większych wątpliwości, o tyle pozostałe dwa kryteria wymagają krótkiego komentarza i wyjaśnienia. Kryterium ekonomiczne (oś E) oznacza stopień akceptacji warun-

⁷ Memorandum of Understanding (http://www.unece.org/fileadmin/DAM/oes/MOU/2014/MoU-UNECE_IGA.pdf)

⁸ Australian Geothermal Reporting Code Committee



Rys. 1. Międzynarodowa Ramowa Klasyfikacja Paliw Kopalnych i Zasobów Mineralnych 2009 (ECE 2013)

Fig. 1. United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (ECE 2013)

ków społecznych i ekonomicznych w ocenie rentowności projektu, w tym również analizę cen rynkowych, uwarunkowań prawnych, środowiskowych itp.

Drugie kryterium (oś F) określa stopień zaawansowania prac w zakresie uwarunkowań formalnych niezbędnych do rozpoczęcia procesu wydobywania, w tym opracowania planu zagospodarowania złoża. Poszczególne klasy (1,2,3,4) oraz ich kombinacje, określają stopień zaawansowania projektu, począwszy od wczesnego etapu prac poszukiwawczych (przed potwierdzeniem istnienia złoża geotermalnego), aż do etapu wydobywania i sprzedaży. W przypadku energii geotermalnej bierzemy pod uwagę: sprzedaż energii, objętości wody geotermalnej o określonych parametrach temperaturowych, bądź innej jednostki rozliczeniowej określonego produktu geotermalnego (ECE 2013).

Na podstawie trzech głównych kryteriów wyróżnia się kategorie zasobów, które uwzględniają ich zróżnicowanie; zdefiniowane są one symbolami: E1, E2, E3, F1, F2, F3, F4, G1, G2, G3, G4. Klasyfikacja zasobów złóż jest kombinacją powyższych kategorii. Podstawowe definicje kategorii, pozwalające przybliżyć ich zrozumienie przedstawiono w tabeli 1.

Sposób przypisania zasobów do poszczególnej klasy jest niestety wynikiem subiektywnej oceny interpretatora. W związku z powyższym procedura klasyfikacji zasobów danego projektu/złoża wymaga dużej znajomości reguł, najlepiej popartych doświadczeniem interpretatora. Ocena i wybór klas może odbywać się na podstawie opisu, stosując dla przykładu kwantyfikatory: dobry, średni, słaby, bądź na podstawie analizy prawdopodobieństwa (np. analizy Monte Carlo), bądź innych metod matematycznych, pozwalających opisać ryzyko geologiczne (oś. G), co wydaje się bardziej obiektywnym sposobem oceny.

Tabela 1

Definicje podstawowych kategorii zasobów według klasyfikacji UNFC-2009 (ECE 2013)

Table 1

Definitions of basic resources categories according to the UFC-2009 classification (ECE 2013)

Kategoria	Definicja
E1	Wydobycie i sprzedaż zostały potwierdzone jako możliwe i ekonomicznie uzasadnione
E2	Wydobycie i sprzedaż są możliwe w niedalekiej przyszłości
E3	Wydobycie i sprzedaż nie są uzasadnione ekonomicznie w dającej się przewidzieć przyszłości, albo taka ocena jest przedwczesna
F1	Możliwość wydobycia została potwierdzona przez istniejące lub projektowane zagospodarowanie złoża i jego eksploatację
F2	Możliwość zagospodarowania złoża i realizacji projektu eksploatacji wymaga dalszych prac
F3	Możliwość zagospodarowania złoża i realizacji projektu eksploatacji nie może być oceniona z powodu ograniczonej ilości niezbędnych danych technicznych
F4	Nie były rozpatrywane możliwości zagospodarowania i eksploatacji złoża
G1	Zasoby dobrze rozpoznane, które mogą być oceniane z wysokim stopniem ufności
G2	Zasoby średnio rozpoznane, które mogą być oceniane z umiarkowanym stopniem ufności
G3	Zasoby słabo rozpoznane, które mogą być oceniane z niskim stopniem ufności
G4	Zasoby związane z potencjalnym złożem, oszacowane na podstawie danych pośrednich

Szczegółowy opis oraz definicje wyróżnionych kategorii i podkategorii w Międzynarodowej Ramowej Klasyfikacji Zasobów (UNFC-2009) przedstawiono w artykułach: Falcone (2015b), Nieć (2009).

Rozważając zastosowanie klasyfikacji UNFC-2009 należy zwrócić uwagę, że zgodnie z założeniami stosowanie jej jest uzasadnione w przypadku pojedynczego projektu. W celu oceny, bądź raportowania wielkości zasobów geotermalnych w skali regionalnej, w tym bilansowania zasobów geotermalnych kraju, zaleca się podawanie łącznych zasobów, w wydzielonych klasach, jako sumy zasobów oszacowanych w projektach geotermalnych (Falcone 2015b).

W celu wyeliminowania niedoszacowań zasobów w skali regionalnej – w tym przy bilansowaniu zasobów kraju, które mogą wynikać z braku dostatecznej informacji dotyczących ilości prowadzonych projektów, realizowanych przez różne podmioty, w tym inwestorów prywatnych, władze lokalne (gminy), organizacje rządowe – zasady klasyfikacji dopuszczają uwzględnienie zasobów dla hipotetycznych projektów geotermalnych (Falcone 2015b). Teoretyczne projekty mogą być odpowiednio sklasyfikowane jako: E3, F3.3, G4.

Według założeń UNFC-2009 klasyfikacji zasobów polega na zdefiniowaniu „projektu” lub „projektów”, związanych ze źródłem geotermalnym, jako podstawowego elementu dla którego dokonuje się oszacowań zasobów energii (wg kryteriów określonych w kategorii E, F i G), która może być odzyskana i sprzedana. Projekt stanowi również podstawę do oceny ekonomicznej złoża i podejmowania decyzji dotyczącej jego zagospodarowania. W kontekście klasyfikacji zasobów energii geotermalnej projekt obejmuje wszystkie elementy systemu geotermalnego,

w tym: urządzenia łączące źródło geotermalne z odbiorcą, gdzie końcowe produkty geotermalne (ciepło, energia) są wykorzystywane (sprzedawane lub unieszkodliwiane). Projekt, również ten hipotetyczny, powinien zawierać wszystkie wymagane urządzenia i systemy niezbędne do eksploatacji i przetwarzania energii, w tym: otwór produkcyjny i/lub zatłaczający, instalację naziemną (wymienniki ciepła, rurociągi etc.) oraz pozostałe, niezbędne urządzenia pomocnicze. W początkowych etapach oszacowań zasobów, projekt może być zdefiniowany tylko w kategoriach pojęciowych, natomiast bardziej zaawansowane projekty powinny zawierać bardziej szczegółowe informacje (Falcone 2015b).

Istotna wskazówka, ze strony grupy roboczej zajmującej się opracowaniem zasad klasyfikacji zasobów geotermalnych, dotyczy m.in. szacowania zasobów w obszarach dobrze rozpoznanych (o potwierdzonych historycznie zasobach), gdzie zasoby powinny być sklasyfikowane przy użyciu kategorii: G1, G2 i G3. Szczególnym przykładem są tutaj projekty związane z technologią pomp ciepła, kiedy wiemy, że stosunkowo płytko mamy do czynienia z zasobami, które będą wykorzystane przy użyciu dostępnej technologii. Potencjalne zasoby geotermalne, nie potwierdzone za pomocą np. wierceń, ale oceniane jako potencjalnie istniejące, opierając się na przesłankach pośrednich (wplywy powierzchniowe, pomiary geofizyki powierzchniowej, badania geochemiczne, etc.), powinny być sklasyfikowane przy użyciu kategorii G4 lub podkategorii: G4.1, G4.2 i G4.3 (Falcone 2015b). Dokładniejsze rozpoznanie wglębne może być przesłanką do kwalifikowania zasobów w wyższych klasach.

3. KLASYFIKACJA ZASOBÓW GEOTERMALNYCH STOSOWANA W POLSCE

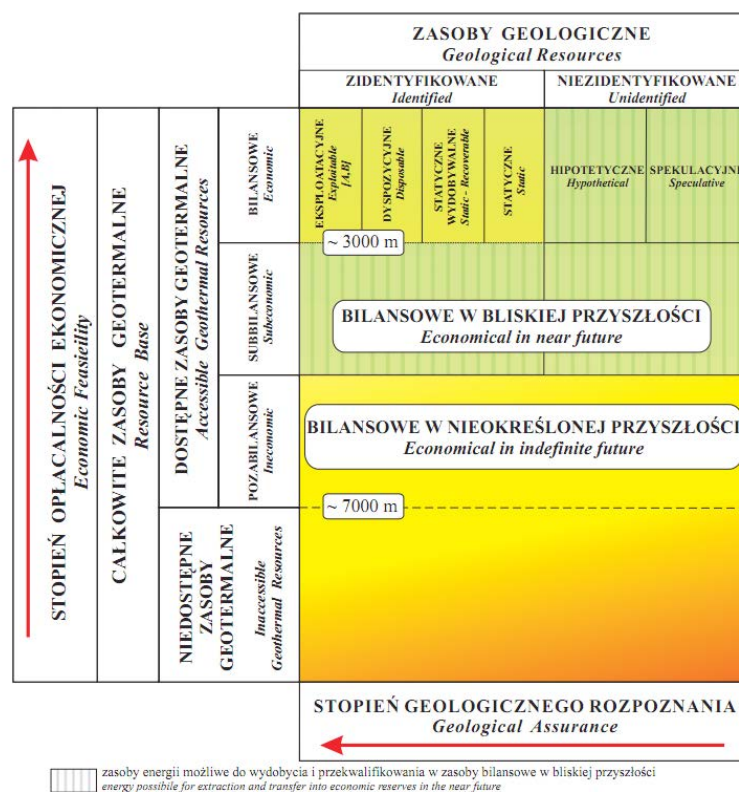
W Polsce nie ma uregulowań prawnych dotyczących klasyfikacji oraz metodologii oceny zasobów wód geotermalnych i energii zawartej w tych wodach. W zakresie metodyki oceny zasobów geotermalnych funkcjonują poradniki metodyczne (Górecki i in. 1993; Kapuściński i in. 1997). Poza tymi poradnikami informacje z zakresu metodyki oceny zasobów możemy znaleźć w monografiach (Górecki (red.), Hajto i in. 2006a; Górecki (red.), Hajto i in. 2006b; Górecki (red.), Hajto i in. 2011; Górecki (red.), Sowizdżał i in. 2012; Górecki (red.), Hajto i in. 2013; Wójcicki, Sowizdżał, Bujakowski (red.) 2013). Informacje dotyczące interesującego nas zagadnienia były przedmiotem rozważań szeregu publikacji, artykułów, publikowanych w materiałach konferencyjnych poruszających problematykę z zakresu hydrogeologii ogólnej. Materiały te jednakże nie ujmują w sposób syntetyczny całości zagadnień związanych z problematyką oceny zasobów wód i energii geotermalnej w skali regionalnej.

Pojęcia zasobów: statycznych, dyspozycyjnych⁹, eksploatacyjnych są uregulowane, ale dotyczą wyłącznie zasobów wód, a nie energii geotermalnej zawartej w tych wodach. W oficjalnych dokumentach raportujących zasoby złóż kopalin w Polsce, przygotowywanych cyklicznie przez Państwową Służbę Geologiczną, w tym obecny „Bilans...” (Szufflicki,

⁹ Pojęcie zasoby dyspozycyjne, z wyłączeniem zasobów solanek, wód leczniczych i termalnych określa: Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2011 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz. U. z 2011 r., Nr 291, poz. 1714) – obowiązujące od 01.01.2012 r.

Malon, Tyimiński (red.) i in. 2015) w zakresie wód podziemnych, zawiera dane o zasobach eksploatacyjnych i dyspozycyjnych oraz o wielkości poboru jedynie wód podziemnych zaliczonych do kopalin (solanek, wód leczniczych i termalnych). Wiele z tych złóż należy do grupy wód leczniczych termalnych. Klasyfikowano je jako wody lecznicze, a do termalnych zaliczono jedynie te złoża, które są wykorzystywane w celach grzewczych, przyjmując nadrzędność klasyfikacji kopalin dla potrzeb „Bilansu...”, czyli według zastosowania. Sporadycznie także dostępne są informacje dotyczące zasobów dyspozycyjnych – brak natomiast oszacowań i informacji dotyczących zasobów energii geotermalnej. Niestety, regionalne oszacowania zasobów geotermalnych wykonane na zlecenie m.in. Ministerstwa Środowiska nie są uwzględniane w powyższych raportach, a przynajmniej niektóre wybrane elementy mogłyby wzbogacić informacje na temat krajowych zasobów energii geotermalnej.

Klasyfikacja zasobów geotermalnych stosowana w Polsce, w opracowaniach regionalnych opiera się na diagramie McKelvey’a (1972) i uwzględnia dwa zasadnicze czynniki, a mianowicie: stopień rozpoznania geologicznego oraz uwarunkowania środowiskowe, techniczne i ekonomiczne udostępnienia i eksploatacji wód geotermalnych. Klasyfikację zasobów geotermalnych stosowaną w Polsce przedstawiono na diagramie McKelvey’a (rys. 2).



Rys. 2. Diagram McKelvey'a przedstawiający podział zasobów geotermalnych (na podst. McKelvey 1972)

Fig. 2. McKelvey diagram presenting classification of geothermal resources (based on McKelvey 1972)

Stosownie do przyjętej klasyfikacji McKelvey'a (1972) – zważywszy na charakter występujących zasobów hydrotermalnych – wykorzystuje się metodę „objętościową” oceny zasobów. Metodyka bazuje na założeniach opracowanych przez Nathensona i Mufflera (1975); Gringartena i Sauty'ego (1975) oraz Mufflera i Cataldiego (1978) i wywodzi się z klasyfikacji zasobów stosowanej w przemyśle naftowym i surowców mineralnych. Ujednolicone zasady klasyfikacji (wg diagramu McKelveya) oraz metodyka ich oceny były wykorzystywane do oszacowań zasobów geotermalnych, w ramach projektu *Atlas of Geothermal Resources in Europe* (Haenel, Staroste 2002). Głównym kryterium stosowanego podziału zasobów geotermalnych jest stopień rozpoznania bazy zasobowej. Podział ten uwzględnia stopień rozpoznania geologicznego obszarów perspektywicznych oraz uwarunkowania środowiskowe, techniczne i ekonomiczne udostępnienia, eksploatacji i wykorzystania potencjalnych zasobów geotermalnych. Zgodnie z powyższym wydziela się następujące klasy zasobów: dostępne zasoby geotermalne, zasoby geologiczne (statyczne) energii geotermalnej, zasoby statyczne–wydobywalne oraz zasoby dyspozycyjne energii geotermalnej. W klasyfikacji wyróżniamy również zasoby eksploatacyjne, perspektywiczne, a ze względu na wartości gospodarcze złożyła na: bilansowe (wydobycie obecnie ekonomicznie uzasadnione), subbilansowe i pozabilansowe, reprezentujące część zasobów geologicznych, których wykorzystanie jest obecnie niecelowe ekonomicznie lub niemożliwe z punktu widzenia technicznego i technologicznego. Zasoby geologiczne sub- i pozabilansowe mogą być w przyszłości przekwalifikowane do kategorii zasobów bilansowych. Metodyka oceny zasobów regionalnych stosowana w Polsce zawiera również kryteria o charakterze finansowym, które realizowane są poprzez metodę wskaźnikowej oceny ekonomicznej hipotetycznych projektów geotermalnych i wykorzystanie koncepcji tzw. *współczynnika mocy* (Gosk 1982). Szczegółowy opis koncepcji wskaźnikowej oceny ekonomicznej został przedstawiony w szeregu publikacji, w tym m.in.: Hajto 2011; Hajto, Górecki 2010; Hajto, Górecki 2013 i inne.

Metodyka szacowania regionalnych zasobów geotermalnych stosowana w Polsce pozwala na interpretację danych w siatce przestrzennej, gdzie pojedynczy węzeł siatki (grida) może być utożsamiany z hipotetyczną instalacją geotermalną (projektem), wskazanym jako jeden z elementarnych składników pojęciowych specyfikacji UNFC-2009, o których wspomniano wcześniej. Sumaryczne zasoby geologiczne, wyodrębnione w poszczególnych klasach: dostępne, statyczne, statyczne–wydobywalne, to suma zasobów obliczanych dla pojedynczego bloku obliczeniowego (hipotetycznego projektu), przy uwzględnieniu obszaru bilansowego (np. zasięgu zbiornika, jednostki podziału terytorialnego, tj. gminy, granic kraju etc.).

Metodyka szacowania zasobów dyspozycyjnych, których definicję podano w tabeli 2, uwzględnia również fakt, że ilość zainstalowanych dubletów geotermalnych (~ projektów) przypadających na powierzchnię zbiornika geotermalnego jest ograniczona i wynika z uwarunkowań technologicznych funkcjonowania systemu eksploatacyjno-zatłaczającego, tj. promienia oddziaływania dubletów i ich wzajemnej interferencji. Mówiąc wprost, nie można rozmieścić dowolnej ilości dubletów geotermalnych na określonej powierzchni. Wykorzystanie specjalistycznego oprogramowania umożliwia przeprowadzenie analizy geostatystycznej oraz zobiekttywizowanie wyników obliczeń.

Tabela 2

Klasyfikacja zasobów geotermalnych stosowana w Polsce w odniesieniu do kategorii zasobów międzynarodowej klasyfikacji UNFC-2009

Table 2

Classification of geothermal resources used in Poland in relation to the resource categories of the UNFC-2009 international classification

Klasy zasobów geotermalnych (Polska)	Definicja	Kategorie UNFC-2009		
		E	F	G
1	2	3	4	5
Zasoby eksploatacyjne wód i energii geotermalnej /stwierdzone zasoby/	ilość wolnej (grawitacyjnej) wody geotermalnej możliwa do uzyskania w danych warunkach geologicznych i środowiskowych, za pomocą ujęć o optymalnych parametrach techniczno-ekonomicznych. Zasoby eksploatacyjne wyrażane są m ³ /h, przy odpowiedniej depresji, w J/rok. Zasoby określa się po udostępnieniu złoża i wykonaniu badań hydrogeologicznych (próbnym pompowaniu etc.)	1	1.2–1.3	1
Dyspozycyjne zasoby wód i energii geotermalnej /potencjał ekonomiczny/	ilość wolnej (grawitacyjnej) wody geotermalnej poziomu hydrogeotermalnego lub innej jednostki bilansowej możliwa do zagospodarowania w danych warunkach środowiskowych, ale bez wskazania szczegółowej lokalizacji i warunków techniczno-ekonomicznych ujęcia wody. Określane dla tych obszarów, dla których współczynnik mocy F>1 (przy LF=1), czyli istnieją możliwości ekonomicznego wykorzystania ciepła wód geotermalnych. Dokonuje się analizy parametryczno-ekonomicznej zbiorników. Zasoby dyspozycyjne wyrażane są w m ³ /h lub J/rok	3.1 (2)*	2.1–2.2	1–3
Statyczne–wydobywalne zasoby energii geotermalnej /potencjał techniczny/	zasoby statyczne–wydobywalne stanowią część zasobów statycznych danego poziomu lub warstwy hydrogeotermalnej, która może być wydobyta na powierzchnię Ziemi przy uwzględnieniu określonego systemu eksploatacji wody geotermalnej: jednym otworem, bądź dubletem geotermalnym. Wydobywalną część zasobów geologicznych określa współczynnik wydobywania (RO)	3.2–3.3	2.1–2.3	1–3
Statyczne zasoby energii geotermalnej /potencjalne zasoby/	zasoby statyczne energii zbiorników hydrogeotermalnych reprezentują ilość ciepła zakumulowanego w objętości wody wolnej zawartej w przestrzeni porowej lub szczelinach oraz w szkielecie skalnym danej warstwy lub poziomu wodonośnego. Zasoby te określamy wówczas, gdy dotychczasowy stopień rozpoznania geologicznego pozwala wyodrębnić poziomy lub warstwy wodonośne. Równocześnie ustala się takie cechy i parametry, jak: litologia, miąższość, porowatość i przepuszczalność, które wskazują na istnienie produktywnych warstw i poziomów wodonośnych	3.2–3.3	2.2–2.3	1–3

Tabela 2 cd.

Table 2 cont.

1	2	3	4	5
Dostępne zasoby geotermalne /teoretyczne zasoby/	dostępna wierceniami część całkowitych zasobów geotermalnych (Muffler, Cataldi 1978). Jest to ilość energii cieplnej zmagazynowanej w skorupie ziemskiej do głębokości 3 km lub do stropu podłoża krystalicznego, odniesiona do średniej temperatury rocznej na powierzchni terenu, w dżulach (J). przyjęto obliczanie zasobów dostępnych do głębokości 7 km oraz na dwóch głębokościach pośrednich (np. 3 km, 4,5 km)	3.2–3.3	3–4	3–4

* Warunkowo (przy pełnej akceptacji wskaźnikowej metody oceny ekonomicznej zasobów dyspozycyjnych).

Zasoby eksploatacyjne wód i energii geotermalnej reprezentują najwyższą kategorię zasobów geotermalnych, którą określa się na drodze szczegółowych badań hydrogeologicznych złoża. Określa się wtedy dopuszczalną ilość (objętość) wód geotermalnych, przy określonym sposobie eksploatacji, uwzględniającą ograniczenia związane z wymaganiami ochrony środowiska i warunkami techniczno-ekonomicznymi poboru wody, wyrażane w jednostkach objętościowych w jednostce czasu (m^3/h , m^3/d) przy odpowiedniej depresji. Podział zasobów geotermalnych stosowany w Polsce, wraz z definicjami głównych klas oraz propozycje ich odniesienia do klasyfikacji UNFC-2009 przedstawiono w tabeli 2.

WNIOSKI

W polskim ustawodawstwie, w tym w obowiązującym Prawie Geologicznym i Górniczym¹⁰, nie ma uregulowań dotyczących klasyfikacji zasobów geotermalnych, ani też wytycznych dotyczących sposobów szacowania i raportowania zasobów energii geotermalnej.

Jak wskazuje wstępna analiza wskazanie właściwych odpowiedników polskiej klasyfikacji zasobów geotermalnych, w klasyfikacji UNFC-2009 jest możliwe, pod warunkiem przyjęcia pewnych założeń teoretycznych. Utrudnienia w identyfikacji ścisłych relacji pomiędzy w/w klasyfikacjami wynikają m.in. z faktu, że polska klasyfikacja opiera się zasadniczo na analizie regionalnych modeli matematycznych i wskaźnikowej ocenie ekonomicznej, które z założenia odzwierciedlają jedynie przybliżone wartości rzeczywistych wielkości opisujących poszczególne parametry składowe projektów geotermalnych, w tym istotne, z punktu widzenia klasyfikacji UNFC-2009, parametry ekonomiczne, co powinno być zdyskontowane w stosownej ocenie według klasyfikacji UNFC-2009.

Niniejszy artykuł jest próbą podjęcia dyskusji dotyczącej harmonizacji klasyfikacji zasobów geotermalnych w Polsce, zgodnie z wytycznymi UNFC-2009. Podsumowując należy dodać, że istnieje potrzeba modyfikacji sposobu przedstawiania danych o zasobach złóż pol-

¹⁰ Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2011 nr 163 poz. 981, tekst jednolity: Dz.U. 2015 nr 0 poz. 196)

skich i jego dostosowanie do wymagań międzynarodowych, tym bardziej, że obecne raportowanie zasobów geotermalnych w Polsce dotyczy bilansu zasobów eksploatacyjnych wód termalnych, a nie zasobów energetycznych zakumulowanych w tych wodach.

Artykuł został zrealizowany w ramach badań statutowych: 11.11.140.321

LITERATURA

- AGRCC, 2010a — The Australian Code for Reporting of Exploration Results, Geothermal Resources and Geothermal Reserves, Second Edition, http://www.agea.org.au/media/docs/the_geothermal_reporting_code_ed_2.pdf, last access 20 June 2014.
- AGRCC, 2010b — The Geothermal Lexicon for Resources and Reserves Definition and Reporting, Second Edition, http://www.agea.org.au/media/docs/geothermal_lexicon_2010.pdf, last access 20 June 2014, 2010.
- BEARDSMORE G., RYBACH L., BLACKWELL D., BARON Ch., 2011 — A Protocol for estimating and mapping the global EGS potential, *Geothermal Resources Council Transactions*, 34, 301–312.
- CGPRC, 2010 — The Canadian Geothermal Code for Public Reporting. Canadian Geothermal Energy Association. <http://www.cangea.ca/geothermal-code-for-public-reporting.html>, last access 16 March 2015.
- ECE, 2013 — United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 incorporating Specifications for its Application. ECE Energy Series No. 42. United Nations Economic Commission For Europe. New York and Geneva, 2013.
- FALCONE G., 2015a — Proposal of a consistent framework to integrate geothermal potential classification with energy extraction. *Geoth. Energ. Sci.*, 3, 7–11, doi:10.5194/gtes-3-7-2015 (<http://www.geoth-energ-sci.net/3/7/2015/gtes-3-7-2015.pdf>).
- FALCONE G., 2015b — White Paper – Progress Update. IGA Working Group for the Development of Geothermal Specifications for the UNFC-2009. Issue no. 2 – 2 November 2015 (http://www.geothermal-energy.org/resources_and_reserves/working_groups/unfc_2009_working_group/documents/white_paper.html?no_cache=1&cid=1133&did=896&sechash=d184b9c6).
- GEA, 2010 — New Geothermal Terms and Definitions – a Guide to Reporting Resource Development Progress and Results to the Geothermal Energy Association. Geothermal Energy Association. 17 pp., http://geo-energy.org/pdf/NewGeothermalTermsandDefinitions_January2011.pdf, last access 20 June 2014, 2010.
- GÓRECKI W. (red.), 1993 — *Metodyka oceny zasobów energii wód geotermalnych w Polsce* – Ministerstwo Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa. ZSE AGH, Kraków.
- GÓRECKI W. (red.), HAJTO M., 2006a — *Atlas zasobów geotermalnych na Niziu Poskim – formacje mezozoiku* – Ministerstwo Środowiska. ZSE AGH, Kraków.
- GÓRECKI W. (red.), HAJTO M., 2006b — *Atlas zasobów geotermalnych na Niziu Poskim – formacje paleozoiku* – Ministerstwo Środowiska. ZSE AGH, Kraków.
- GÓRECKI W. (red.), SOWIŹDŻAŁ A., 2012 — *Atlas geotermalny zapadliska przedkarpackiego*. Wyd. KSE AGH, Kraków.

- GOSK E., 1982 — Geothermal resources assesment. [W:] Geothermics and geothermal energy. Stuttgart. V. Čermak, R Haenel. E. [Eds.] Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- GRINGARTEN A.C., SAUTY J.P., 1975 — A Theoretical Study of Heat Extraction from Aquifers With Uniform Regional Flow. *Journal of Geophysical Research*, Dec., 80, No. 35, 4956–4962.
- HAENEL R., STAROSTE E., 2002 — Atlas of geothermal resources in Europe. Hannover, Germany.
- HAJTO M., 2011 — Klasyfikacje i metodyka oceny zasobów energii geotermalnej. [W:] Górecki [red.] Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat zachodnich. KSE AGH, s. 360, 774.
- HAJTO M., GÓRECKI W., 2010 — Geological Analysis and Assessment of Geothermal Energy Resources in the Polish Lowlands. *Proceedings World Geothermal Congress 2010 Bali, Indonesia*, 25–29 April 2010 (<http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/1222.pdf>).
- HAJTO M., GÓRECKI W., 2013 — Classification and assessment methods of geothermal energy resources. pp. 493–498 [W:] Górecki, W. (ed.): *Geothermal Atlas of the Eastern Carpathians*. AGH KSE, Kraków, p. 796.
- HARALDSSON I.G., 2012 — Legal and regulatory framework – barrier or motivation for geothermal development?. “Short Course on Geothermal Development and Geothermal Wells”, UNU-GTP and LaGeo, in Santa Tecla, El Salvador, March 11–17.
- KAPUŚCIŃSKI J i in., 1997 — Zasady i metodyka dokumentowania zasobów wód termalnych i energii geotermalnej oraz sposoby odprowadzania wód zużytych – poradnik metodyczny. Ministerstwo Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa. Warszawa.
- McKELVEY V.E., 1972 — Mineral resource estimates and public policy. *American Scientist* 60, 32–40.
- MUFFLER L.J.P., CATALDI R., 1978 — Methods for regional Assessment of Geothermal Resources. *Geothermics*. v. 7, p. 53–89.
- NATHENSON M., MUFFLER L.J.P., 1975 — Geothermal resources in hydrothermal convection systems and conduction-dominated areas, in White, D. E., and Williams, D. L., (eds.), *Assessment of geothermal resources of the United States-1975: U.S. Geological Survey Circular 726*, p. 104–121, <http://pubs.er.usgs.gov/usgspubs/cir/cir726>.
- NICHOLSON K., 1993 — *Geothermal fluids: chemistry and exploration techniques*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- NICHOLSON K., 1993 — *Geothermal Fluids*. Springer Verlag, Berlin, XVIII-264.
- NIEĆ M., 2009 — Polska i Międzynarodowa Ramowa Klasyfikacja Zasobów (UNFC) złóż kopalin stałych i węglowodorów – podobieństwa i różnice. *Górn. Odkrywk.* r. 50, nr 2–3, s. 50–57.
- SZUFLICKI M., MALON A., TYMIŃSKI M., (red.), 2015 — *Bilans Zasobów Złóż Kopalin w Polsce, wg stanu na 31 XII 2014 r.* Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy.
- van WEES J.-D., BOXEM T., CALCAGNO P., LACASSE L., MANZELLA A., 2011 — A Resource assessment protocol for GEO-ELEC. A living document produced by the GEO-ELEC Project, 23 November 2011, 18 pp., http://www.geoelec.eu/wp-content/uploads/2012/04/GEOELEC_RESOURCE-ASSESSMENTPROTOCOL_v-16-dec-2011.pdf, last access 20 June 2014.
- WÓJCICKI A., SOWIŹDŻAŁ A., BUJAKOWSKI W., (red.) i in., 2013 — Ocena potencjału, bilansu cieplnego i perspektywicznych struktur geologicznych dla potrzeb zamkniętych systemów geotermicznych (Hot Dry Rocks) w Polsce. Ministerstwo Środowiska. Warszawa, Kraków.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CLASSIFICATION OF GEOTHERMAL RESOURCES (UNFC-2009) AGAINST THE POLISH CLASSIFICATION AND METHODOLOGY OF GEOTHERMAL RESOURCES ASSESSMENT

ABSTRACT

The article presents a brief description of the concept of a new classification of geothermal resources elaborated at the initiative of the United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) in cooperation with the International Geothermal Association (IGA) experts group. The article shows the possibility of adapting the principles of classification and methodology of geothermal resources assessment used in Poland to the classification rules of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources (UNFC-2009). The article is an attempt to debate a formal discussion, to meet the main objectives of the new UNFC-2009 classification, envisages unification of existing national systems and criteria for evaluation of geothermal resources/reserves and to enable comparison of various existing classifications - according to uniform rules.

The introduction of consistent rules within the UNFC-2009 and unification of reporting scheme, taking industrial and market-based economic criteria into account, aims to improve the exchange of information and to facilitate international cooperation in the assessment of geothermal energy resources, including a global scale assessment. The classification of geothermal resources being used in Poland is based on the McKelvey diagram and takes two main factors into account: the degree of geological knowledge and environmental conditions including technical and economic aspects of geothermal waters exploitation (together). The UNFC-2009 classification distinguishes itself with additional criterion relating to the status (maturity) of the project and its feasibility (F-axis), but fortunately some relevant counterparts with the "Polish classification" can be found, with a certain assumptions.

KEYWORDS

Geothermal, classification of resources, methods of calculation, UNFC-2009