

**PROGRAM OCENY STANU
JAKOŚCI I ZASOBÓW WÓD
PODZIEMNYCH ZALICZONYCH DO
KOPALIN W CELU ICH OCHRONY
I RACJONALNEGO
WYKORZYSTANIA**

Warszawa, 2022

Autorzy:

mgr Jakub Sokołowski

upr. geol. nr IV-0425

prof. dr hab. Andrzej Sadurski

upr. geol. nr V-50845

dr Lesław Skrzypczyk

upr. geol. nr IV-0410

mgr Małgorzata Sosnowska

dr Maciej Kłonowski

upr. geol. nr V-1428

mgr Ewa Filippovits

upr. geol. nr V-1945

mgr Jadwiga Stożek

mgr inż. Dorota Lasek-Woroszkiewicz

mgr Izabella Gryszkiewicz

upr. geol. nr IV-0431

mgr Agnieszka Wrzosek

dr Mariusz Socha

Spis treści

I. Wprowadzenie	13
1. Wstęp.....	13
2. Cel pracy	16
3. Zakres pracy	21
4. Wody podziemne zaliczone do kopalin – regionalizacja, warunki występowania i rodzaje.....	25
4.1. Regionalizacja hydrogeologiczna.....	25
4.2. Warunki występowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin	33
4.2.1. Prowincja platformy prekambryjskiej (A)	34
4.2.2. Prowincja platformy paleozoicznej (B).....	40
4.2.3. Prowincja sudecka (C).....	56
4.2.4. Prowincja karpacka (D).....	62
4.3. Charakterystyka właściwości fizyczno-chemicznych wód podziemnych zaliczonych do kopalin	71
4.3.1. Główne typy chemiczne wód.....	72
4.3.2. Typy chemiczne wód wynikające z zawartości składników swoistych	75
4.3.3. Wody termalne i wody lecznicze o podwyższonej temperaturze	81
4.4. Charakterystyka hydrodynamiczna systemów wodonośnych	82
5. Przegląd dotychczasowych badań monitoringowych wód podziemnych.....	93
5.1. Monitoring zwykłych wód podziemnych	93
5.2. Monitoring wód podziemnych zaliczonych do kopalin.....	99
5.2.1. Zmienność parametrów wód podziemnych zaliczonych do kopalin.....	105
5.2.2. Program obserwacji stacjonarnych	110
II. Podstawy formalno-prawne i metodyczne organizacji i prowadzenia monitoringu wód podziemnych.....	124
6. Podstawy prawne i metodyczne monitoringu wód podziemnych.....	124
6.1. Prawo Unii Europejskiej.....	124
6.2. Wytyczne poradników Komisji Europejskiej	127
6.3. Prawo krajowe.....	130
7. Wody lecznicze, termalne i solanki w świetle przepisów prawnych wybranych krajów europejskich	136

III. Koncepcja monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni 139

8.	Koncepcja monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni	139
8.1.	Cele strategiczne organizacji i funkcjonowania monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni	140
8.2.	Dynamika zmian stanu udokumentowania i zagospodarowania złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalni	149
8.3.	Wykonawca monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni	153
8.4.	Kryteria reprezentatywności sieci monitoringu	155
8.4.1.	Reprezentatywność przestrzenna	156
8.4.2.	Reprezentatywność czasowa.....	162
8.5.	Charakterystyka techniczna punktów badawczych.....	164
8.6.	Zakres monitoringu	181
8.6.1.	Monitoring ilościowy.....	181
8.6.2.	Monitoring jakościowy.....	183
8.6.3.	Monitorowanie stężenia dwutlenku węgla w powietrzu glebowym	189
8.7.	Monitoring zbiorników transgranicznych	192
8.8.	Etapowość wdrażania sieci monitoringowej	200
8.8.1.	Rejon dorzecza Popradu	201
8.8.2.	Rejon Buska-Zdroju i Solca-Zdroju.....	204
8.8.3.	Niecka podhalańska	206
8.8.4.	Rów Nysy Kłodzkiej w rejonie Gorzanowa	207
8.8.5.	Rejony o stwierdzonej dużej zmienności parametrów fizyczno-chemicznych i hydrodynamicznych wód leczniczych.....	208
8.8.6.	Rejony górnictwa podziemnego i odkrywkowego.....	215
9.	Kierunki działań PIG–PIB w dziedzinie hydrogeologii w zakresie monitorowania wód podziemnych zaliczonych do kopalni	221
9.1.	Analiza ryzyka ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalni.....	221
9.2.	Waloryzacja wód podziemnych zaliczonych do kopalni	225
9.3.	Modele koncepcyjne systemów wodonośnych.....	229
9.4.	Dokumentowanie zasobów dyspozycyjnych	233
10.	Zarządzanie jakością	239

11. Interpretacja i udostępnianie wyników monitoringu.....	246
11.1. Interpretacja wyników badań monitoringowych	246
11.2. Udostępnianie wyników badań monitoringowych	251
12. Zalecenia formalno-prawne dla organizacji monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin.....	254
13. Aspekty ekonomiczne uruchomienia i funkcjonowania monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin.....	265
IV. Zakończenie	270
14. Podsumowanie	270
15. Spis literatury i wykorzystanych materiałów	275

Załączniki

- Zał. 1. Mapa rozmieszczenia złóż wód leczniczych, termalnych i solanek w Polsce
- Zał. 2. Opracowanie wyników badań ankietowych
- Zał. 3. Karty złóż wód leczniczych, termalnych i solanek w Polsce
- Zał. 4. Zestawienie tabelaryczne informacji o złożach wód leczniczych, termalnych i solanek
w Polsce
- Zał. 5. Waloryzacja złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin

Spis figur

- Fig. 4.1. Regionalizacja hydrogeologiczna wód leczniczych Polski
- Fig. 4.2. Strefy hydrochemiczne występowania wód leczniczych Karpat zewnętrznych
- Fig. 4.3. Prowincje i okręgi geotermalne Polski
- Fig. 4.4. Sudecki region geotermiczny
- Fig. 4.5. Lokalizacja złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin w prowincji platformy prekambryjskiej
- Fig. 4.6. Lokalizacja złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin w prowincji platformy paleozoicznej
- Fig. 4.7. Lokalizacja złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin w prowincji sudeckiej
- Fig. 4.8. Lokalizacja złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin w prowincji karpackiej
- Fig. 4.9. Przekrój hydrogeologiczny przez synklinorium brzeżne – nieckę warszawską
- Fig. 4.10. Przekrój hydrogeologiczny przez masyw krystaliczny Karkonoszy
- Fig. 4.11. Przekrój hydrogeologiczny przez fliszowy system wodonośny
- Fig. 4.12. Przekrój hydrogeologiczny przez rejon Buska-Zdroju
- Fig. 4.13. Przykłady struktur wodonośnych, w których występują wody podziemne zaliczone do kopalin
- Fig. 4.14. Schemat koncepcyjny organizacji monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin
- Fig. 5.1. Schematyczne położenie zakresów wahań poszczególnych parametrów wód względem wartości granicznych
- Fig. 5.2. Wykres zmian parametrów eksploatacyjnych w czasie dla ujęcia RZ-6 w Rymanowie-Zdroju
- Fig. 5.3. Wykres zawartości sumy składników stałych, dwutlenku węgla oraz głównych jonów w czasie dla źródła Klaudia w Rymanowie-Zdroju
- Fig. 8.1. Struktura planowanego monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin
- Fig. 8.2. Liczba udokumentowanych nowych złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin w latach 2011–2020
- Fig. 8.3. Wielkość zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalin w latach 2010–2020
- Fig. 8.4. Wydobyte wód podziemnych zaliczonych do kopalin w latach 2010–2019
- Fig. 8.5. Algorytm ustalania liczby punktów badawczych w zależności od rodzaju złoża

- Fig. 8.6. Sposób ujęcia źródła wód leczniczych Zdrój Główny w Krynicy-Zdroju
- Fig. 8.7. Przykłady sposobu ujmowania źródeł wód leczniczych i potencjalnie leczniczych
- Fig. 8.8. Przykłady konstrukcji otworów studziennych ujmujących wody lecznicze
- Fig. 8.9. Przykłady napowierzchniowego uzbrojenia studziennych otworów wiertniczych ujmujących wody lecznicze i potencjalnie lecznicze
- Fig. 8.10. Przykłady konstrukcji głębokich otworów wiertniczych ujmujących wody lecznicze i termalne
- Fig. 8.11. Przykłady napowierzchniowego uzbrojenia głębokich otworów wiertniczych ujmujących wody lecznicze, potencjalnie lecznicze i termalne
- Fig. 8.12. Fragmenty ujęć wód leczniczych w Szczawnicy składających się z wyrobisk górniczych
- Fig. 8.13. Przykładowa konstrukcja piezometru
- Fig. 8.14. Zalecany schemat uzbrojenia otworu wiertniczego
- Fig. 8.15. Graficzna metoda oceny sprawności hydraulicznej otworu (studni) – według schematu Bruina i Hudsona
- Fig. 8.16. Graficzna metoda oceny sprawności hydraulicznej otworu (studni) – według schematu Rorabaugha
- Fig. 8.17. Zasięg obszaru i terenu górniczego złoża wód leczniczych w Gorzanowie
- Fig. 8.18. Przekrój hydrogeologiczny przez nieckę podhalańską
- Fig. 8.19. Mapa hydrogeologiczna zbiornika wód termalnych Karpat wewnętrznych
- Fig. 8.20. Zbiorniki wód termalnych Słowacji
- Fig. 8.21. Etapy uruchamiania sieci monitoringowej wód podziemnych zaliczonych do kopalni
- Fig. 8.22. Przekrój hydrogeologiczny rejonu Piwnicznej-Zdroju
- Fig. 8.23. Przekrój hydrogeologiczny rejonu Buska-Zdroju
- Fig. 8.24. Przekrój geologiczny rejonu Gorzanowa
- Fig. 8.25. Lokalizacja ujęć wód leczniczych w Rymanowie-Zdroju
- Fig. 9.1. Model koncepcyjny powstawania szczaw w rejonie Krynicy-Zdroju
- Fig. 9.2. Model koncepcyjny przepływu wód leczniczych w rejonie Buska-Zdroju
- Fig. 9.3. Harmonogram działań w zakresie monitorowania wód podziemnych zaliczonych do kopalni
- Fig. 11.1. Karta kontrolna CO₂ – ujęcie Jan w Czerniawie-Zdroju
- Fig. 11.2. Karta kontrolna CO₂ – ujęcie Mieszko w Szczawnie-Zdroju
- Fig. 11.3. Karta kontrolna Fe²⁺ – ujęcie Pieniawa Chopina w Dusznikach-Zdroju

Spis tabel

- Tab. 4.1. Regionalizacja hydrogeologiczna wód podziemnych zaliczonych do kopalin
- Tab. 4.2. Podział regionalny wód leczniczych prowincji karpackiej i sudeckiej w nawiązaniu do zlewni powierzchniowych
- Tab. 4.3. Ogólne założenia sieci monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin z uwzględnieniem warunków hydrodynamicznych
- Tab. 5.1. Zakres i częstotliwość stacjonarnych pomiarów złożowych w ujęciach wód leczniczych według stanu na 31.12.1970 r.
- Tab. 5.2. Zestawienie wyników analiz wody leczniczej z ujęcia K-2 w Powroźniku
- Tab. 5.3. Wyniki pomiarów stacjonarnych dla ujęcia RZ-6 w Rymanowie-Zdroju we wrześniu 2004 r.
- Tab. 5.4. Proponowana częstotliwość obserwacji stacjonarnych ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalin w zależności od typu struktury hydrogeologicznej
- Tab. 5.5. Aktualny program obserwacji zmian parametrów hydrochemicznych i hydrodynamicznych w wybranych ujęciach wód leczniczych
- Tab. 6.1. Zestawienie poradników KE dotyczących monitoringu wód podziemnych
- Tab. 8.1. Złoża wód podziemnych zaliczonych do kopalin wg stanu na 31.12.2020 r.
- Tab. 8.2. Złoża wód podziemnych zaliczonych do kopalin o średnim dobowym wydobyciu wód $>100 \text{ m}^3$ w 2019 r.
- Tab. 8.3. Złoża wód podziemnych zaliczonych do kopalin o największym stopniu szczypania zasobów w 2019 r.
- Tab. 8.4. Zestawienie nowoodkrytych złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin w latach 2011–2020
- Tab. 8.5. Zestawienie zatwierdzonych, aktualnie obowiązujących projektów robót geologicznych dotyczących wykonania nowych otworów wiertniczych ujmujących wody podziemne zaliczone do kopalin według stanu na 31.12.2020
- Tab. 8.6. Ocena sprawności otworu studziennego
- Tab. 8.7. Proponowany zakres i częstotliwość pomiarów monitoringu ilościowego
- Tab. 8.8. Zestawienie laboratoryjnych metod badawczych monitoringu jakościowego
- Tab. 8.9. Charakterystyka zbiorników wód termalnych Słowacji
- Tab. 8.10. Charakterystyka ujęć wód leczniczych Rymanowa-Zdroju
- Tab. 8.11. Charakterystyka statystyczna badanych parametrów wód leczniczych Rymanowa-Zdroju

Tab. 9.1. Elementy analiz ryzyka

Tab. 9.2. Główne kryteria waloryzacyjne wód podziemnych

Tab. 9.3. Waloryzacja jednostek hydrogeologicznych wód podziemnych zaliczonych do kopalin

Tab. 12.1. Ujęcia wód podziemnych zaliczonych do kopalin wytypowane do likwidacji

I. Wprowadzenie

1. Wstęp

Monitoring wód podziemnych jest jednym z najważniejszych zadań państwowej służby hydrogeologicznej (psh). Jego celem jest dostarczanie wyników pomiarów i badań, zarówno jakościowych, jak i ilościowych, koniecznych dla oceny stanu zwykłych wód podziemnych. Jest to jedno z zadań Państwa w zakresie gospodarki i ochrony zasobów wodnych. Wody podziemne zaliczone do kopalin (wody lecznicze, wody termalne i solanki) nie są objęte ogólnokrajową, państwową siecią obserwacji stacjonarnych, choć charakteryzują się one wyjątkowo cennymi walorami (mineralizacją ogólną, właściwościami fizycznymi, składem chemicznym), które nadają im szczególną wartość gospodarczą. Ponieważ wody te zostały zaliczone do kopalin to ich rozpoznawanie, ustalanie zasobów, bilansowanie i ochrona są realizowane przez państwową służbę geologiczną (psg). Działania te znajdują się więc poza zakresem kompetencji psh. Brak stałego nadzoru ze strony Państwa nad wodami podziemnymi zaliczonymi do kopalin, jakim są objęte zwykłe wody podziemne, utrudnia racjonalne gospodarowanie zasobami poszczególnych złóż. Dlatego też Państwowy Instytut Geologiczny–Państwowy Instytut Badawczy (PIG–PIB) wyszedł z propozycją, zaakceptowaną w 2017 r. przez Ministra Środowiska, opracowania projektu (koncepcji) organizacji i zasad funkcjonowania sieci monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin.

Niniejsze opracowanie określa cel monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek, przedstawia ogólne zasady i wskazania do organizacji sieci obserwacyjnej, z uwzględnieniem zakresu badań realizowanych obecnie w ramach programów badań stacjonarnych, którymi są objęte złoża zagospodarowane (posiadające koncesję na eksploatację kopaliny) oraz nakreśla cele strategiczne jej funkcjonowania. Raport zawiera propozycję kierunków dalszych działań zmierzających do utworzenia sieci monitoringowej, między innymi propozycję rozwiązań organizacyjnych i formalno-prawnych umożliwiających realizację założonego celu wraz z analizą skutków jej wprowadzenia. Dodatkowo opracowanie uzupełniono wybranymi, najważniejszymi elementami typowymi dla programu wykonawczego sieci monitoringowej, takimi jak zasady organizacji i funkcjonowania sieci obserwacyjnej, wytyczne dotyczące kryteriów lokalizacji punktów obserwacyjnych, zakresu, częstotliwości i metodyki prowadzonych badań oraz interpretacji wyników.

Niniejsza praca powstała w okresie od 1 lipca 2017 r. do 30 kwietnia 2022 r. w ramach przedsięwzięcia pn. „Program oceny stanu jakości i zasobów wód podziemnych zaliczonych do kopalin w celu ich ochrony i racjonalnego wykorzystania z uwzględnieniem zasad dokumentowania”. Zrealizowano ją w ramach umowy numer 181/2018/Wn-07/FG-sm-dn/D z dnia 10 sierpnia 2018 r. pod nazwą „Zadania państwa wykonywane przez państwową służbę geologiczną w zakresie rozpoznania budowy geologicznej kraju dla ustalenia zasobów złóż kopalin i odnowienia bazy surowcowej realizowane od 2017 roku (pgg art. 162, ust. 1, pkt 1)” zawartej pomiędzy Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW), jako dotującym, a PIG-PIB, jako beneficjentem i wykonawcą, pod nadzorem Ministra właściwego do spraw środowiska. Opracowanie wykonał zespół pracowników PIG-PIB przy współudziale ekspertów zewnętrznych w składzie wymienionym na stronie tytułowej opracowania.

Streszczenie

Monitoring zwykłych wód podziemnych jest jednym z najważniejszych zadań państwowej służby hydrogeologicznej (psh). Jego celem jest ocena stanu zwykłych wód podziemnych. Wody lecznicze, wody termalne i solanki nie są objęte państwową siecią obserwacji monitoringowych. W związku z powyższym Państwowy Instytut Geologiczny–Państwowy Instytut Badawczy (PIG–PIB) opracował założenia organizacyjne i zasady funkcjonowania sieci monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin. Niniejsze opracowanie określa cel monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek, przedstawia ogólne zasady i wskazania do organizacji sieci obserwacyjnej oraz cele strategiczne jej funkcjonowania. Raport zawiera propozycję kierunków dalszych działań zmierzających do utworzenia sieci monitoringowej wód leczniczych, termalnych i solanek i jest uzupełniony elementami programu wykonawczego sieci monitoringowej, takimi jak zasady organizacji i funkcjonowania sieci obserwacyjnej, wytyczne dotyczące kryteriów lokalizacji punktów obserwacyjnych, zakresu, częstotliwości i metodyki prowadzonych badań oraz interpretacji wyników.

2. Cel pracy

Celem pracy jest przedstawienie ogólnych wytycznych i kierunków działań zmierzających do stworzenia państwowej sieci obserwacji stacjonarnych złóż wód leczniczych, termalnych i solanek. Raport ten ma charakter projektu (koncepcji) i nie jest szczegółową instrukcją prowadzenia sieci obserwacyjnej, jednak został on dodatkowo uzupełniony wybranymi, najważniejszymi elementami, które powinien zawierać program wykonawczy sieci monitoringowej takimi jak: zasady organizacji i funkcjonowania sieci obserwacyjnej (rozdział 8), wytyczne dotyczące kryteriów lokalizacji punktów obserwacyjnych (rozdziały 8.4 i 8.6), metodę oceny ich reprezentatywności (rozdział 8.4) oraz zakres, częstotliwość i metodyki prowadzonych badań (rozdziały 8.6 i 8.7) wraz z interpretacją wyników (rozdział 11).

Niniejszy raport jest pierwszym etapem przedsięwzięcia mającego na celu uruchomienie i prowadzenie monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek, który wraz z monitoringiem wód zwykłych pozwoliłby na uzyskanie komplementarności sieci obserwacji systemów hydrogeologicznych, o szczególnie istotnym znaczeniu dla ochrony ich zasobów i jakości, zwłaszcza na obszarach współwystępowania wód leczniczych i zwykłych oraz ascenzji wód wglębnych. W związku z powyższym jednym z najważniejszych elementów opracowania jest wyznaczenie celów strategicznych, określających potrzeby rozwoju sieci monitoringowej wód leczniczych, termalnych i solanek. Konieczność objęcia wód podziemnych zaliczonych do kopalin badaniami monitoringowymi wynika zarówno z potrzeb krajowych, jak i międzynarodowych. Na gruncie krajowym celem planowanej sieci obserwacji jest przede wszystkim ochrona zasobów tych wód przed nadmierną eksploatacją oraz degradacją ich jakości, czyli pojawianiem się zanieczyszczeń antropogenicznych lub niekorzystnych z punktu widzenia gospodarki złożowej i ochrony środowiska zmian hydrodynamicznych i hydrochemicznych w systemie wodonośnym. Ochrona zasobów to ich użytkowanie w taki sposób, aby nie dopuścić do ich degradacji przy jednoczesnym zabezpieczeniu potrzeb wszystkich użytkowników wód. Jest to cel strategiczny, który może być zrealizowany przede wszystkim przez monitoring, ale również w obszarze badań podstawowych i interdyscyplinarnych, o czym wyraźnie zaznacza się w rozdziale dotyczącym planowanych do realizacji działań w zakresie hydrogeologii wód leczniczych, termalnych i solanek, poprzedzających właściwą organizację sieci monitoringu. Ważne jest również podniesienie rangi wód podziemnych zaliczonych do kopalina, zwłaszcza wód leczniczych, w dokumentach planistycznych, co jest warunkiem koniecznym ich efektywnej ochrony.

Jednym z działań w tym kierunku może być wyznaczenie obszarów perspektywicznych występowania wód leczniczych, termalnych i solanek. Obok sformułowania zaleceń metodycznych dotyczących monitorowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin celem pracy jest również zebranie i analiza aktualnego stanu wiedzy o monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek.

Nie mniej istotnym celem planowanego przedsięwzięcia jest implementacja zapisów prawa europejskiego na grunt krajowy. Wejście Polski do Unii Europejskiej (UE) nałożyło obowiązek wdrożenia zasad polityki wodnej zdefiniowanych w dyrektywie 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiającą ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (Dziennik Urzędowy L 327/1), zwanej Ramową Dyrektywą Wodną (RDW). Dyrektywa ta wprowadza zintegrowane podejście do gospodarowania wszystkimi rodzajami wód, zobowiązując państwa członkowskie do podjęcia działań na rzecz ich ochrony. Dotyczy to śródlądowych wód powierzchniowych, wód przejściowych, wód przybrzeżnych oraz wszystkich wód podziemnych – a więc także wód leczniczych, termalnych i solanek. Dodatkowe uregulowania odnoszące się do ochrony wód podziemnych wprowadziła w 2006 r. dyrektywa 2006/118/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu (DWP) (Dziennik Urzędowy L 372/19). Zapisy RDW proponują łączne traktowanie wszystkich typów wód (zarówno zwykłych, jak i leczniczych, termalnych oraz solanek), w tym objęcie ich monitoringiem, analizą zagrożenia i oceną stanu. Utrzymanie dotychczas funkcjonującego wyłączenia z ustawy Prawo wodne (PW) (Dz.U. 2022 poz. 2625, j.t.) wód leczniczych, termalnych i solanek, może budzić wątpliwości w zakresie zgodności z RDW, w szczególności w aspekcie procedur zarządzania zasobami wodnymi i ich ochrony. Należy podkreślić, że w zapisach RDW nie ma rozróżnienia na wody podziemne w sposób określony w ustawie PW, którą uchwalono w 2001 r. w celu implementacji przepisów europejskich na grunt krajowy. Cel RDW jest rozumiany jako ustalenie ram dla działań na rzecz ochrony śródlądowych wód powierzchniowych, wód przejściowych, wód przybrzeżnych oraz wód podziemnych. Wody podziemne zdefiniowane są zaś jako wszystkie wody znajdujące się pod powierzchnią ziemi w strefie saturacji oraz w bezpośredniej styczności z gruntem lub podglebiem. Wody niezależnie od właściwości chemicznych i fizycznych stanowią zasób, który powinien być chroniony, i względem którego powinny być podejmowane działania mające na celu zapobieganie pogorszeniu ich stanu.

Proces pełnej implementacji RDW i dyrektyw powiązanych jest długotrwały. Podstawowym aktem prawnym w Polsce wprowadzającym jej uregulowania jest wspomniana ustawa PW wraz z rozporządzeniami wykonawczymi, która nie obejmuje jednak wód podziemnych zaliczonych do kopalin (Woźnicka, Sadurski, 2020). Zasady RDW wymagają traktowania wód podziemnych jako części systemu wodnego, czyli na przykład oceniania ich wpływu na stan powiązanych z nimi wód powierzchniowych. Takie podejście, uwzględniające między innymi aspekt degradacji jakości zasobów wodnych, czy ochronę cennych przyrodniczo ekosystemów lądowych związanych ze środowiskiem wodnym wymaga zintegrowanych działań na terenie całej zlewni/dorzecza/systemu (Herbich i in., 2004; Mitręga, Skrzypczyk, 2008; Woźnicka, Kuczyńska, 2019). Objęcie monitoringiem wód podziemnych zaliczonych do kopalin jest także istotne z uwagi na interes państwa w sytuacji sporu międzynarodowego. Dotychczasowe doświadczenia polsko-słowackie związane z eksploatacją transgranicznego zbiornika wód termalnych w niecce podhalańskiej pokazuje, iż brak jest w kraju instrumentów mogących pomóc w sytuacji ewentualnego arbitrażu na arenie międzynarodowej. RDW wymaga również objęcia monitoringiem poziomów wodonośnych służących lub mogących służyć do zaopatrzenia w wodę ludności i gospodarki – w przypadku wód podziemnych zaliczonych do kopalin są to takie gałęzie gospodarki jak: balneoterapia, geotermia, turystyka i rekreacja, produkcja wód butelkowanych, produkcja soli, produkcja preparatów farmaceutycznych i kosmetyków, wytwarzanie ciekłego dwutlenku węgla.

Obowiązek racjonalnego gospodarowania wodami, w tym przypadku będącymi także kopalinami, wynika nie tylko z RDW, lecz również z ustawy Prawo ochrony środowiska (POŚ) (Dz.U. 2021 poz. 1973, j.t.) – dla złóż o zasobach udokumentowanych i obszarów perspektywicznych oraz Prawo geologiczne i górnicze (PGiG) (Dz.U. 2022 poz. 1072, j.t.) – dla złóż eksploatowanych. W przypadku wód leczniczych, termalnych i solanek ustawa PGiG nie uwzględnia jednak, w takim zakresie jak PW dla wód zwykłych, takich elementów jak kształtowanie i ochrona zasobów wodnych oraz zarządzanie zasobami wodnymi. Z uwagi na szczególne walory gospodarcze tego rodzaju wód i jednocześnie ich dużą wrażliwość na warunki eksploatacji, mające m.in. wpływ na zmienność właściwości fizyczno-chemicznych wód, powinny one zostać objęte systematycznym państwowym monitoringiem w celu ochrony ich zasobów, podobnie jak ma to miejsce w przypadku zwykłych wód podziemnych.

Monitoring wód podziemnych zaliczonych do kopalin, wzorem monitoringu zwykłych wód podziemnych na obszarze Polski, powinien stanowić jeden z podsystemów Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ), bowiem zgodnie z definicją określoną w ustawie o Inspekcji

Ochrony Środowiska jest on systemem pomiarów, ocen i stanu środowiska oraz gromadzenia, przetwarzania i rozpowszechniania informacji o środowisku. Obecnie obowiązujących Strategiczny Program PMŚ na lata 2020–2025 powstał na podstawie ustawy z dnia 10 lipca 1991 r. o Inspekcji Ochrony Środowiska i jest dokumentem obejmującym zadania wynikające z odrębnych ustaw, zobowiązań międzynarodowych oraz innych potrzeb wynikających ze strategii rozwoju oraz innych programów i dokumentów programowych. PMŚ ma określony szereg zadań wynikających nie tylko z realizacji wymagań dyrektyw Wspólnoty Europejskiej, ale również związanych z wypełnianiem zadań z zakresu gospodarowania wodami i ochrony zasobów wodnych, jednak nie obejmuje on wód podziemnych zaliczonych do kopalin. Zadania te wynikają wprost z zapisów aktów prawnych (ustaw i rozporządzeń), jak też zaleceń kierowanych do PIG–PIB przez organy państwa odpowiedzialne za gospodarkę wodną i ochronę środowiska. Ponieważ monitoring wód podziemnych zaliczonych do kopalin w założeniu powinien spełniać szereg założeń (wymienionych poniżej), należy rozważyć możliwość jego funkcjonowania w strukturze PMŚ. Najważniejsze ze wspomnianych powyżej założeń to:

- ocena ilościowa i jakościowa zasobów wód leczniczych, termalnych i solanek powinna być prowadzona w obrębie poszczególnych złóż oraz systemów wodonośnych (ewentualnie wyznaczonych w przyszłości jednolitych części wód podziemnych – JCWPd – zaliczonych do kopalin);
- wyniki monitoringu w punktach badawczych powinny umożliwiać ich raportowanie dla organów krajowych oraz Komisji Europejskiej (KE) i Europejskiej Agencji Środowiska;
- wyniki monitoringu powinny być prezentowane w formie raportów i komunikatów o bieżącej sytuacji hydrogeologicznej złóż wód leczniczych, termalnych i solanek, ostrzeżeń przed stwierdzonym występowaniem stanu zagrożenia jakościowego i ilościowego zasobów oraz prognoz zmian właściwości fizyczno-chemicznych wód, a następnie udostępniane w formie biuletynu informacyjnego (rocznika).

Raport jest pierwszym etapem przedsięwzięcia zmierzającego do uruchomienia monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek. Propozycja dalszych działań jest przedstawiona w rozdziale 9 niniejszego opracowania. Zaproponowane założenia funkcjonowania sieci monitoringowej stanowią krok w kierunku zapewnienia racjonalnego wykorzystania zasobów omawianych rodzajów wód, a założenia i wskazania raportu stanowią merytoryczną podstawę wszelkich działań zmierzających do utworzenia sieci monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin. Praca jest skierowana do organów administracji geologicznej, jednostek nadzoru górniczego, organów gospodarki wodnej i środowiskowej,

instytucji zajmujących się monitorowaniem wybranych elementów środowiska przyrodniczego oraz do użytkowników złóż wód leczniczych, termalnych i solanek. Powinna ona stanowić wstęp do etapu wdrożeniowego w postaci studium techniczno-środowiskowo-ekonomicznego uruchomienia sieci monitoringu.

Streszczenie

Wody lecznicze, termalne i solanki, w przeciwieństwie do zwykłych wód podziemnych, podlegają przepisom ustawy PGiG, która nie przewiduje objęcia tego rodzaju wód państwowym monitoringiem w celu ochrony ich zasobów. Celem pracy jest więc opracowanie projektu (konceptji) monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin. Opracowanie to zawiera propozycję działań zmierzających do stworzenia państwowej sieci obserwacji stacjonarnych wód podziemnych zaliczonych do kopalin, a także wytyczne dla organizacji i funkcjonowania sieci monitoringowej. Raport jest pierwszym etapem przedsięwzięcia mającego na celu uruchomienie i prowadzenie monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek, który wraz z monitoringiem wód zwykłych pozwoliłby na uzyskanie komplementarności sieci obserwacji systemów hydrogeologicznych. Umożliwi to prowadzenie racjonalnej gospodarki złożowej, przyczyniając się tym samym efektywnie do ochrony zasobów wód podziemnych zaliczanych do kopalin, co jest głównym celem planowanego monitoringu. Planowany monitoring powinien umożliwić prognozowanie zmian i ocenę ryzyka degradacji zasobów, a także ochronę tych zasobów (prewencyjnie i interwencyjnie) z wykorzystaniem nowoczesnych metod badawczych (badania modelowe, izotopowe). Ustalenia niniejszego opracowania powinny stanowić merytoryczną podstawę wszelkich działań zmierzających do utworzenia sieci monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin.

3. Zakres pracy

Opracowanie składa się z części tekstowej oraz załączników. Zakres części tekstowej, zgodnie z umową, obejmuje:

- określenie podstaw prawnych i metodycznych prowadzenia monitoringu wód podziemnych wynikających z przepisów prawa krajowego, prawa UE oraz wytycznych pochodzących z poradników dotyczących prowadzenia monitoringu wód podziemnych;
- przegląd zakresu i wyników dotychczas prowadzonych w kraju cyklicznych badań i analiz jakości i stanu zasobów wód podziemnych, zwłaszcza wód podziemnych zaliczonych do kopalin;
- charakterystykę warunków występowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin w podziale regionalnym;
- wstępną waloryzację złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin pod kątem stopnia ich zagrożenia;
- opracowanie zasad i dokumentów (strategii, celów, kierunków niezbędnych działań formalno-prawnych) dla organizacji i funkcjonowania sieci obserwacji wód podziemnych zaliczonych do kopalin, z uwzględnieniem uwarunkowań regionalnych i lokalnych;
- określenie kryteriów reprezentatywności i gęstości sieci monitoringu;
- analizę możliwości wykorzystania istniejących ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalin (źródeł, studni, otworów wiertniczych) do celów monitoringu, w tym ich inwentaryzację wraz z oceną stanu technicznego;
- określenie możliwości i zasad funkcjonowania sieci monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin w ramach krajowej sieci monitoringu wód podziemnych (wody zwykłe);
- wstępne określenie zasad organizacji i funkcjonowania monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin, z uwzględnieniem takich elementów, jak m.in.:
 - kryteria lokalizacyjne i techniczne jakie powinny spełniać punkty monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin, z uwzględnieniem zróżnicowania rodzajów wód;
 - przestrzenne rozlokowanie punktów obserwacyjnych w obrębie jednostek i struktur geologicznych, hydrogeologicznych i wodno-gospodarczych;
 - gęstość sieci monitoringu przy zachowaniu zasad optymalizacji liczby punktów;
 - zakres i częstotliwość prowadzenia pomiarów i badań;

- procedura i metodyka prowadzenia pomiarów i badań (w tym m.in. prac związanych z określeniem naturalnego strumienia CO₂ i jego monitorowaniem);
- sposób gromadzenia, archiwizacji, interpretacji i prezentacji wyników pomiarów i badań;
- częstotliwość i formy raportowania danych pomiarowych, wyników badań i analiz stanu.

Załącznikami do raportu są:

- mapa rozmieszczenia złóż wód leczniczych, termalnych i solanek w Polsce (zał. 1);
- opracowanie wyników badań ankietowych dotyczących aspektów formalno-prawnych związanych z wydobywaniem i prowadzeniem monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek w krajach europejskich (zał. 2);
- karty złóż wód leczniczych, termalnych i solanek w Polsce (zał. 3);
- zestawienie tabelaryczne informacji o złożach wód leczniczych, termalnych i solanek w Polsce (zał. 4);
- waloryzacja złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin (zał. 5).

Wyniki badań ankietowych zostały szczegółowo omówione w zał. 2. Załącznik ten zawiera m.in. opis sposobu przygotowania ankiety, założenia przyjęte przy jej sporządzaniu, szczegółową zawartość (serię pytań), listę państw i instytucji biorących udział w badaniu ankietowym, a także wzór rozesłanej ankiety w językach angielskim i polskim. Zasadniczą część załącznika stanowi opis wyników badań ankietowych w zakresie typów wód występujących w danym kraju, aspektów prawnych i administracyjnych związanych z wydobywaniem poszczególnych rodzajów wód, ochroną zasobów tych wód i prowadzeniem ich monitoringu. Karty złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin zawierają m.in. charakterystykę hydrochemiczną wód (typ wody, mineralizacja ogólna, temperatura), podstawowe informacje o ujętym poziomie wodonośnym (głębokość stropu, miąższość, litologia, stratygrafia, typ ośrodka skalnego, rodzaj struktury hydrogeologicznej), informacje o zagospodarowaniu złoża (np. liczba ujęć, w tym ujęć czynnych, wielkość zasobów eksploatacyjnych – wg stanu na 31.12.2020 r. oraz wielkość wydobycia i sposób wykorzystania wód – wg stanu na 31.12.2020 r.), opisową syntezę budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych złoża oraz charakterystykę poszczególnych ujęć w obrębie złoża przygotowaną w formie zestandaryzowanego zestawienia tabelarycznego, zawierającego m.in. informacje o głębokości ujęcia, dacie jego wykonania, zarurowaniu i zafiltrowaniu. Dodatkowo karty złóż wzbogacono o mapę z lokalizacją wszystkich ujęć oraz poglądowy profil litologiczny z elementami hydrogeologii.

Niniejszy projekt monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin uwzględnia wymogi RDW i DWP i jest dostosowany do krajowych przepisów prawnych oraz aktualnych zaleceń i wytycznych metodycznych UE w zakresie monitoringu i oceny stanu wód podziemnych, a także do zasad raportowania w Europejskim Systemie Informacji o Wodzie (WISE – *Water Information System for Europe*). Opracowanie nawiązuje również do ogólnokrajowego monitoringu zwykłych wód podziemnych w wydzielonych JCWPd, ze szczególnym uwzględnieniem obszarów granicznych (transgranicznych JCWPd), oraz monitoringów regionalnych (wojewódzkich) realizowanych przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska (WIOŚ) i innych (lokalnych) monitoringów wód podziemnych, na przykład obserwacji stacjonarnych, którymi są objęte zagospodarowane złoża wód podziemnych zaliczonych do kopalin. Opracowany raport wykorzystuje wyniki prac dotyczących oceny zagrożeń wód podziemnych zaliczonych do kopalin wykonanych w latach 2013–2018 przez psg w ramach zadania „Prowadzenie Banku Danych Wód Podziemnych zaliczonych do kopalin” (Nowicki i in., 2015; Felter i in., 2015, 2016, 2018a,b). W wyniku realizacji ww. zadania wykazano dużą zmienność w czasie parametrów fizykochemicznych wód leczniczych oraz określono korelacje pomiędzy wahaniami stężeń wybranych parametrów jakościowych. Wnioski płynące z realizacji zadania wskazują na potrzebę objęcia wód podziemnych zaliczonych do kopalin zintegrowanym, ogólnokrajowym monitoringiem w celu ochrony ich zasobów. W opracowaniu wykorzystano również doświadczenia PIG–PIB i psh w zakresie organizacji i prowadzenia monitoringu wód podziemnych (Pich, 1972; Duchnowski, Miecznicki, 1983; Błaszyk i in., 1991; Hordejuk, 1993, 1996; Pich, Przytuła, 1993; Prażak, 1993; Pich, Kazimierski, 1994; Hordejuk, Gawin, 1995; Hordejuk, Płochniewski, 1995; Kazimierski, 1995, 1997; Bażyński, 1996; Paczyński, 1996a; Przytuła, 1997; Przytuła i in., 1997; Skrzypczyk, 1997; Kazimierski, Sadurski red., 1999; Kazimierski i in., 1999; Herbich i in., 2004; Sadurski, 2004; Mitręga, Skrzypczyk, 2008; Felter i in., 2012; Freiwald i in., 2013; Gałkowski, Nałęcz, 2015; Przytuła i in., 2019; Sadurski i in., 2019; Woźnicka, Kuczyńska, 2019; Woźnicka, Sadurski, 2020).

Streszczenie

Projekt monitoringu składa się z części tekstowej oraz załączników. Zakres części tekstowej obejmuje m.in. charakterystykę warunków występowania wód podziemnych zaliczonych do kopalni, przegląd zakresu i wyników dotychczas prowadzonych w kraju badań monitoringowych wód podziemnych, zwłaszcza wód podziemnych zaliczonych do kopalni, opracowanie zasad i dokumentów (strategii, celów, kierunków niezbędnych działań formalno-prawnych) dla organizacji i funkcjonowania sieci obserwacji wód podziemnych zaliczonych do kopalni, określenie kryteriów reprezentatywności i gęstości sieci monitoringu, analizę możliwości wykorzystania istniejących ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalni do celów monitoringu, określenie możliwości i zasad funkcjonowania sieci monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni w ramach krajowej sieci monitoringu wód podziemnych, wstępne określenie zasad organizacji i funkcjonowania monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni. Załącznikami do raportu są m.in. mapa rozmieszczenia złóż wód leczniczych, termalnych i solanek w Polsce oraz karty złóż wód leczniczych, termalnych i solanek, a także waloryzacja złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalni.

4. Wody podziemne zaliczone do kopalni – regionalizacja, warunki występowania i rodzaje

4.1. Regionalizacja hydrogeologiczna

Podstawową, uwzględnioną w niniejszym opracowaniu, regionalizacją hydrogeologiczną wód leczniczych i solanek jest podział zaproponowany przez Paczyńskiego i Płochniewskiego z 1996 r. (tab. 4.1, fig. 4.1). Regionalizację tą oparto na wydzieleniu czterech typów jednostek hydrogeologicznych: prowincji, regionów, subregionów i rejonów.

Tab. 4.1. Regionalizacja hydrogeologiczna wód podziemnych zaliczonych do kopalni (Paczyński, Płochniewski, 1996)

Prowincja	Region	Rejon
A – platformy prekambryjskiej	I – wyniesienia Łeby	-
	II – syneklizy perybałtyckiej	-
	III – mazursko-suwański	a – augustowski
	IV – zapadliska podlaskiego	a – białowieski
	V – wyniesienia lubelskiego	a – wisznicki
B – platformy paleozoicznej	I – niecki brzeźnej	
	II – antyklinorium środkowopolskiego	1 – świętokrzyski
	III – szczecińsko-miechowski	
	V – monokliny przedsudeckiej	
	V – górnoląski	
C – sudecka	I – bloku przedsudeckiego	a – niemodliński 1 – zewnętrznosudecki 2 – śródsudecki a – izerski
	II – sudecki	
D – karpacka	I – zapadliska przedkarpackiego	1 – zachodni a – kędzierzyński b – oświęcimski 2 – wschodni
	II – zewnętrzkarpacki	1 – popradzki a – iwonicki b – bieszczadzki
	III – wewnętrzkarpacki	1 – pieniński 2 – podhalański 3 – tatrzański

Na podstawie kryteriów geologiczno-strukturalnych, z uwzględnieniem występowania istotnych dla kształtowania właściwości wód podziemnych wydzieleni litofacjalnych oraz przeważających typów wód, wyodrębniono cztery jednostki najwyższej rangi, czyli prowincje:

- platformy prekambryjskiej (A);
- platformy paleozoicznej (B);
- sudecką (C);
- karpacką (D).

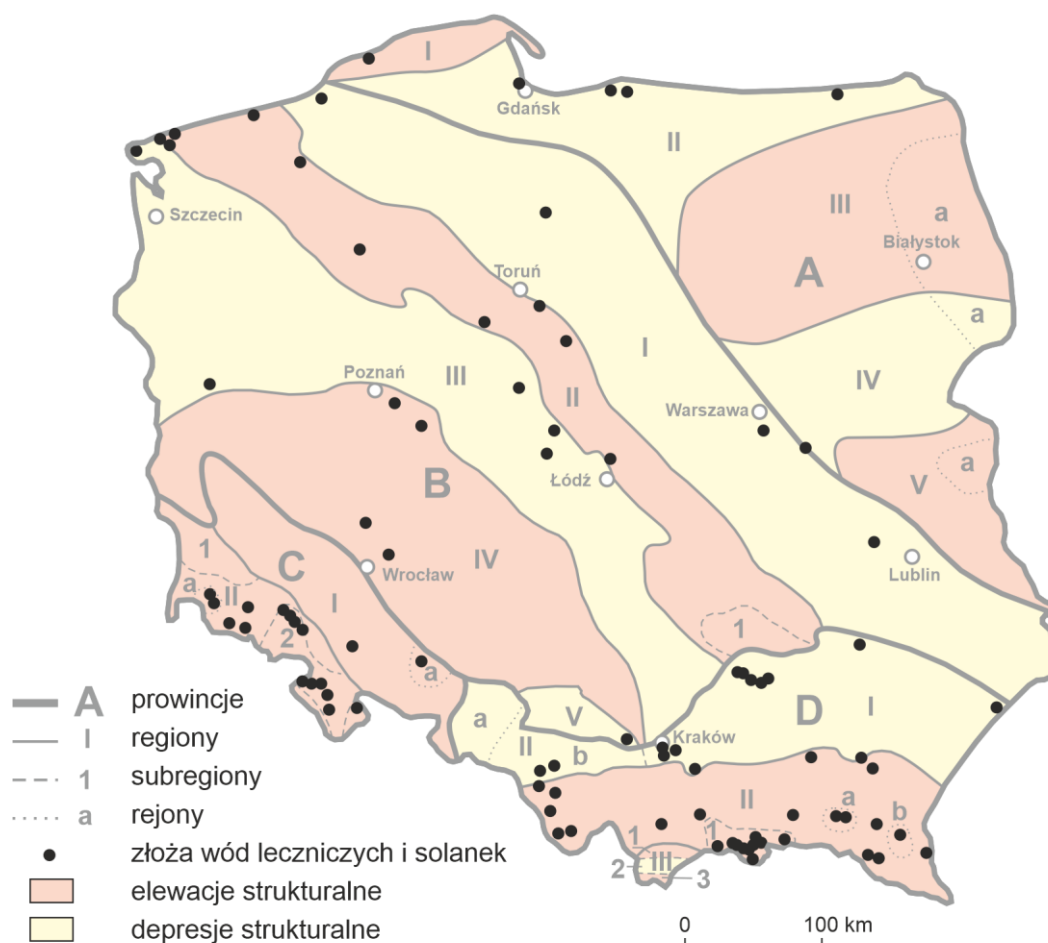


Fig. 4.1. Regionalizacja hydrogeologiczna wód leczniczych Polski (wg Paczyńskiego i Płochniewskiego, 1996)

Mając na uwadze zbliżone kryteria, głównie geologiczno-strukturalne, prowincje te podzielone zostały następnie na jednostki niższego rzędu – regiony, obejmujące swym zasięgiem na obszarach platformowych synklinoria i antyklinoria oraz wyniesienia i obniżenia podłoża krystalicznego, a w prowincjach górskich – zapadliska, niecki i cokoły. Łącznie wydzielonych zostało piętnaście regionów wód leczniczych. Aby wyodrębnić obszary występowania szczególnie cennych wód leczniczych bądź ich pozbawione, wyznaczono dziewięć subregionów, w obrębie których wydzielono dodatkowo dziewięć rejonów, charakteryzujących się mniejszą powierzchnią i niepewnym przebiegiem granic. Do wyżej opisanego podziału Dowgiałło i Paczyński (2002) wprowadzili uzupełnienia oraz zmiany w obrębie prowincji sudeckiej oraz karpackiej. Dotyczą one uszczegółowienia regionalizacji Sudetów, a także dodatkowego zróżnicowania zlewniowego Polski południowej, redukując liczbę subregionów do ośmiu, a rejonów do siedmiu (tab. 4.2). Takie

podejście wydaje się właściwe i wskazane jest, aby zostało rozciągnięte na pozostałe prowincje.

Tab. 4.2. Podział regionalny wód leczniczych prowincji karpackiej i sudeckiej w nawiązaniu do zlewni powierzchniowych (Dowgiało, Paczyński, 2002)

Prowincja	Region	Subregion	System
C – sudecka	CI – bloku przedsudeckiego	dorzecze Odry	-
		dorzecze Nysy Kłodzkiej	zlewnia Białej Łądeckiej
	CII – sudecka	dorzecze Łaby	zlewnia Potoku Kudowskiego
		-	zlewnia Potoku Dańczówka
		dorzecze Bystrzycy	zlewnia Potoku Szczawnik
		dorzecze Ślęzy	-
		dorzecze Kaczawy	-
		dorzecze Bobru	karkonosko-jeleniogórski
dorzecze Kwisy	izerski		
D – karpacka	DI – zapadliska przedkarpackiego	dorzecze Sanu	-
		dorzecze Wisły	-
		dorzecze górnej Wisły	-
	DII – zewnętrzkarpacki	dorzecze Popradu	zlewnia potoku Muszynianka
			zlewnia potoku Kryniczanka
			zlewnia potoku Szczawnik
			zlewnia potoku Szczawnego
			zlewnia potoku Milik
			zlewnia potoku Głębozanka
			zlewnia potoku Łomniczanka
			zlewnia potoku Wierchomlanka
	dorzecze Dunajca	-	
	dorzecze Raby	-	
	dorzecze Wisłoki	-	
dorzecze Sanu	-		
DIII – wewnętrzkarpacki	Tatry i Podhale	tatrańsko-podhalański	

Prowincja platformy prekambryjskiej (A)

Platforma prekambryjska obejmuje północno-wschodnią część Polski, położoną na wschód od strefy uskokowej TESZ (ang. *Trans European Structure Zone*) (Paczyński, Płochniewski, 1996; Dowgiało, Paczyński, 2002). W odróżnieniu od pozostałej, niżowej części kraju, jest to obszar płytkiego występowania podłoża krystalicznego. W rejonach elewacji występuje ono na głębokości kilkuset metrów. Nadkład osadowy pokrywy krystalicznej tworzą utwory paleozoiku i mezozoiku, których profil charakteryzuje się wyraźną redukcją osadów. W północno-zachodniej części prowincji, przede wszystkim w strefie przymorskiej oraz na Żuławach, wody o mineralizacji ogólnej powyżej 1 g/dm³ występują bardzo płytko. Dla prowincji typowe są intensywne procesy infiltracyjne o znacznym zasięgu głębokościowym, które w połączeniu z obecnością wychłodzonych skał podłoża krystalicznego i istotnym efektem złodowaceń, są odpowiedzialne za ogólne wysłodzenie i obniżenie temperatury wód podziemnych (Dowgiało, 2007b), tj. obecność wód

o kriogenicznie zmienionym chemizmie. W rezultacie w skali kraju jest to obszar najuboższy w wody lecznicze. W obrębie platformy prekambryjskiej zostało wydzielonych pięć regionów hydrogeologicznych:

- wyniesienia Łeby (AI);
- syneklizy perybałtyckiej (AII);
- wyniesienia mazursko-suwałskiego (AIII);
- zapadliska podlaskiego (AIV);
- wyniesienia lubelskiego (AV).

Na obszarze trzech ostatnich z wyżej wymienionych wyodrębniono po jednym rejonie, kolejno: augustowskim (AIIIa), białowieskim (AIVa) i wisznickim (AVa). Uwzględniając obecne rozpoznanie warunków hydrogeologicznych rejon augustowski został uznany za całkowicie pozbawiony wód leczniczych, natomiast w rejonach białowieskim i wisznickim istnieje możliwość lokalnego występowania takich wód (Bojarski red., 1996).

Prowincja platformy paleozoicznej (B)

Największą spośród wyznaczonych prowincji jest prowincja platformy paleozoicznej, obejmująca swoim zasięgiem północno-zachodnią i centralną część Polski (Paczyński, Płochniewski, 1996; Dowgiałło, Paczyński, 2002). W porównaniu do platformy prekambryjskiej strop podłoża krystalicznego występuje znacznie głębiej, miejscami na głębokości dochodzącej do 9 km. Infiltracja wód atmosferycznych zachodzi tu na znacznie mniejszą skalę niż w prowincji prekambryjskiej, a na procesy kształtowania się składu chemicznego wód leczniczych główny wpływ mają solonośne utwory permu o dużej miąższości oraz obecność tektoniki solnej. Dzięki tektonice uskokowej oraz stosunkowo powszechnie występującej ascenzji wód z głębokich struktur geologicznych, są obserwowane przejawy wysoko zmineralizowanych wód chlorkowych w utworach przypowierzchniowych (Dowgiałło, 2007a). Największy zasięg i znaczenie dla występowania wód leczniczych mają tu utwory kredy dolnej i jury, zwłaszcza uformowane w struktury fałdowe (antykliny), a także osady monokliny przedsudeckiej. Zdecydowanie mniej korzystnymi właściwościami zbiornikowymi charakteryzują się utwory paleozoiczne. W obrębie platformy paleozoicznej zostało wyróżnionych pięć regionów hydrogeologicznych:

- synklinorium brzeżnego (BI);
- antyklinorium środkowopolskiego (BII);
- synklinorium szczecińsko-miechowskiego (BIII);
- monokliny przedsudeckiej (BIV);

– zapadliska górnośląskiego (BV).

Na obszarze antyklinorium środkowopolskiego wydzielono subregion świętokrzyski (BII1).

Prowincja sudecka (C)

Prowincja sudecka obejmuje swoim zasięgiem Sudety oraz graniczący z nimi od północy blok przedsudecki, różniące się od siebie budową geologiczną, stopniem rozpoznania oraz przejawami i użytkowaniem wód leczniczych (Paczyński, Płochniewski, 1996; Dowgiałło, Paczyński 2002). Prowincja ta jest wyraźnie wyodrębnioną jednostką geologiczną i hydrogeologiczną, wyróżniającą się od pozostałych prowincji znaczącą rolą strefy przepływu i naturalnego drenażu wód podziemnych, będąca efektem dużego zaangażowania tektonicznego obszaru. W obrębie jednostki niemal nie obserwuje się wysoko zmineralizowanych wód chlorkowych (pojawiają się one jedynie w obrębie subregionu zewnątrzsudeckiego), natomiast są obecne wody charakterystyczne dla wulkanizmu neogeńskiego i czwartorzędowego, czyli szczawy, wody radonowe i wody termalne. Mozaikowy model budowy geologicznej i związana z tym obecność izolowanych od siebie struktur blokowych sprawiają, iż w nieznacznych odległościach od siebie występują wody o zróżnicowanym typie chemicznym oraz temperaturze, a nawet współwystępują ze sobą wody zwykłe i lecznicze. Zasięg głębokościowy strefy współczesnej infiltracji jest bardzo duży i dochodzi lokalnie do 2000 m. Obszar prowincji sudeckiej charakteryzuje się także korzystnymi warunkami geotermicznymi. W obrębie prowincji sudeckiej zostały wydzielone dwa regiony hydrogeologiczne:

- bloku przedsudeckiego (CI);
- Sudetów (CII).

W obrębie bloku przedsudeckiego wyodrębniono rejon niemodliński (CIa), natomiast w regionie Sudetów wyznaczono dwa subregiony: zewnątrzsudecki (CII1) i śródsudecki (CII2) oraz rejon izerski (CIIa).

Prowincja karpacka (D)

Czwartą, wyodrębnioną na terenie kraju prowincją hydrogeologiczną, jest prowincja karpacka. Cechuje ją obecność wód leczniczych we wszystkich wydzielonych regionach, choć ze względu na charakter ośrodka skalnego (flisz) nie na całym jej obszarze. W rejonach zbudowanych w przewadze z łupków, wodonośność utworów fliszowych jest znikoma lub wręcz są to obszary bezwodne. Na pozostałych terenach zasobność poziomów wodonośnych

w porównaniu z resztą kraju jest niewielka, co przejawia się niskimi wydajnościami eksploatacyjnymi ujęć. Warunki dopływu wód do ujęć są skomplikowane, co często utrudnia proces dokumentowania ich zasobów. Na obszarze prowincji dominują wody chlorkowe, miejscami szczawy. Często spotykane są też wody siarczkowe. W niektórych rejonach, m.in. w dolinie Popradu, wody lecznicze i zwykle współwystępują ze sobą, co ma istotne znaczenie w dokumentowaniu zasobów eksploatacyjnych ujęć i wpływa na sposób późniejszego gospodarowania poszczególnymi złożami. Na terenie prowincji karpackiej, podobnie jak w Sudetach, często obserwuje się płytkie przejawy wód leczniczych, podatnych na antropopresję, w tym liczne źródła, jednak głębokość zasięgu strefy współczesnego zasilania w Karpatach, zwłaszcza Karpatach zewnętrznych, jest znacznie mniejsza w porównaniu z prowincją sudecką i szacuje się ją na około 60–80 m (Chowaniec, 2009). Prowincja karpacka została podzielona na trzy regiony hydrogeologiczne:

- zapadliska przedkarpackiego (DI);
- Karpat zewnętrznych (DII);
- Karpat wewnętrznych (DIII).

W obrębie zapadliska przedkarpackiego zostały wydzielone dwa subregiony: zachodni (DI1) z rejonem kędzierzyńskim (DI1a) i oświęcimskim (DI1b) oraz wschodni (DI2). W Karpatach zewnętrznych wyodrębniono subregion popradzki (DII1) i rejony: iwonicki (DIIa) oraz bieszczadzki (DIIb). Karpaty wewnętrzne zostały podzielone na trzy subregiony: pieniński (DIII1), podhalański (DIII2) i tatrzański (DIII3).

W obrębie Karpat zewnętrznych na podstawie kryteriów hydrochemicznych Węclawik (1991) wydzielił trzy strefy (fig. 4.2):

- centralną (A);
- przejściową (B);
- brzeżną (C).

Dwie pierwsze są związane z obecnością zróżnicowanych genetycznie szczaw i wód kwasowęglowych: prostych (strefa centralna) i złożonych (strefa przejściowa). Strefa brzeżna obejmuje swoim zasięgiem jednostkę magurską, śląską, podśląską, dukielsko-grybowską i skolską, w obrębie których występują wody chlorkowe (Chowaniec i in., 2007).

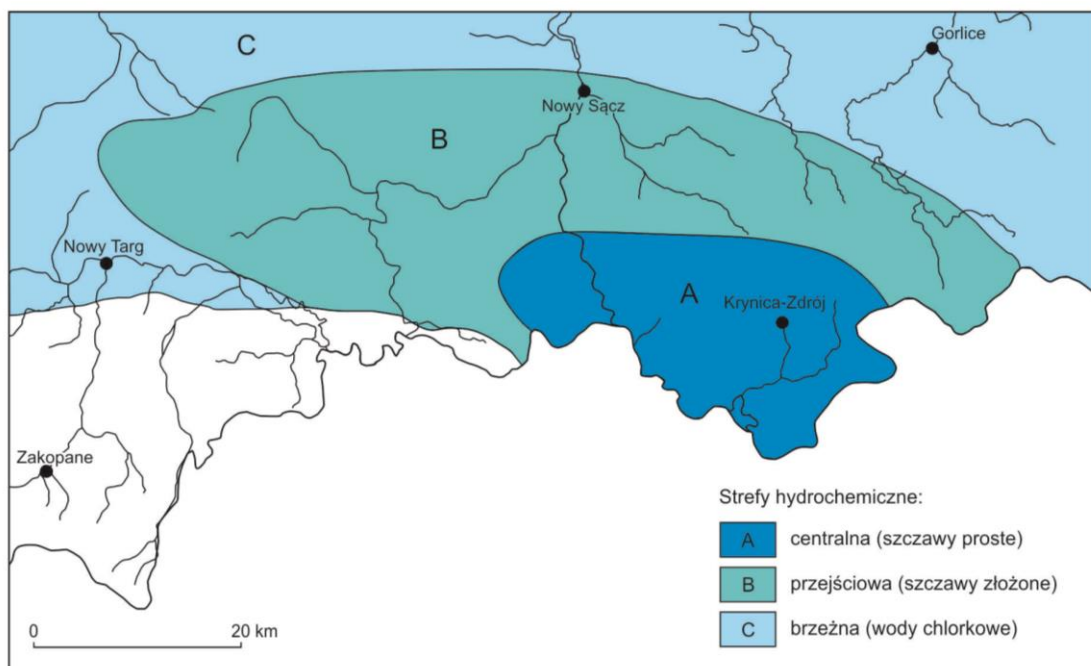


Fig. 4.2. Strefy hydrochemiczne występowania wód leczniczych Karpat zewnętrznych (Węclawik, 1991, z mod. autorów)

W odniesieniu do wód termalnych przyjęło się stosowanie regionalizacji zaproponowanej przez Neya i Sokołowskiego (1987), w której obszar Polski został podzielony na prowincje i okręgi geotermalne (fig. 4.3):

- prowincję środkowoeuropejską;
- prowincję przedkarpacką;
- prowincję karpacką.

Prowincję środkowoeuropejską podzielono na jednostki drugiego rzędu – okręgi geotermalne:

- okręg pomorski;
- okręg przybałtycki;
- okręg grudziądzko-warszawski;
- okręg szczecińsko-lódzki;
- okręg przedsudecko-świętokrzyski;
- okręg podlaski;
- okręg lubelski.

Przedstawiona regionalizacja wód termalnych nie uwzględnia w wystarczający sposób warunków hydrodynamicznych. Popularność geotermii w ostatnich latach, objawiająca się dużą liczbą wykonanych nowych otworów geotermalnych, stwarza podstawy do rewizji omawianego podziału regionalnego. Uwzględnienie warunków hydrodynamicznych

głębokich poziomów wodonośnych, zwłaszcza na Niziu Polskim, i związanych z nimi warunków zasilania zbiorników geotermalnych wydaje się niezbędne przed stworzeniem i uruchomieniem sieci obserwacyjnej wód podziemnych zaliczonych do kopalin.



Fig. 4.3. Prowincje i okręgi geotermalne Polski (wg Ney i Sokołowskiego, 1987)

W uzupełnieniu do podziału Polski na jednostki geotermalne (Ney, Sokołowski, 1987; Sokołowski red., 1995) Dowgiałło (2001) wydzielił sudecki region geotermiczny (SRG) (fig. 4.4). Wyróżnił on cztery zróżnicowane pod względem warunków hydrodynamicznych obszary (subregiony):

- jeleniogórski (1);
- wałbrzysko-kłodzki (2);
- legnicki (3);
- świdnicko-niemodliński (4).

Za szczególnie perspektywiczne do ujmowania wód termalnych uznane zostały subregiony jeleniogórski oraz świdnicko-niemodliński.

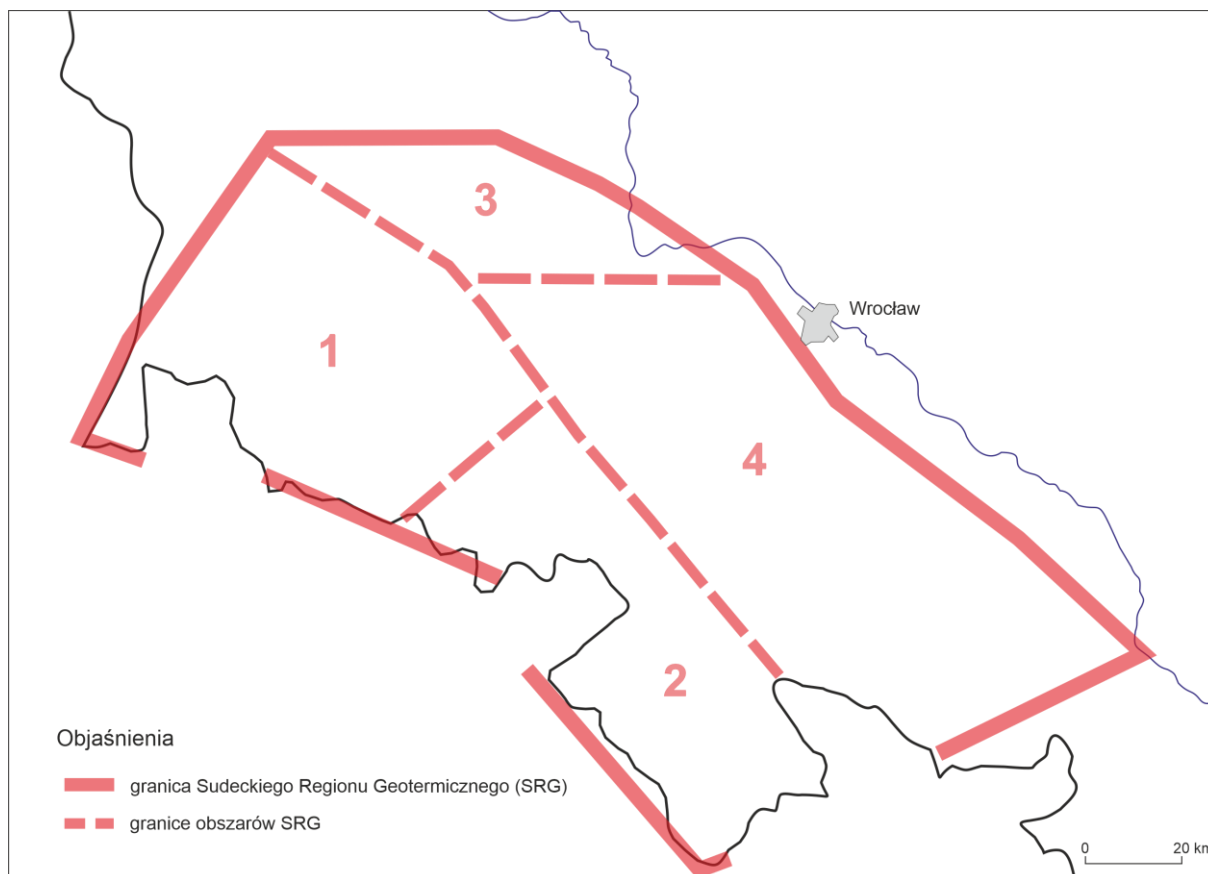


Fig. 4.4. Sudecki region geotermiczny (wg Dowgiałły, 2001)

Subregiony: 1 – jeleniogórski, 2 – wałbrzysko-kłodzki, 3 – legnicki, 4 – świdnicko-niemodliński

Z przedstawionego powyżej opisu wynika, że istniejące regionalizacje hydrogeologiczne, zarówno wód leczniczych, jak i termalnych, nie zostały oparte na podziale zlewniowym lecz strukturalnym, co w istotny sposób będzie w przyszłości utrudniać raportowanie wyników planowanego monitoringu. Zdaniem autorów konieczne jest opracowanie nowej regionalizacji wód podziemnych zaliczonych do kopalin, uwzględniającej przede wszystkim warunki hydrodynamiczne.

4.2. Warunki występowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin

Wody podziemne zaliczone do kopalin występują dość powszechnie niemal na całym obszarze Polski, za wyjątkiem skrajnie wschodniej części platformy prekambryjskiej, paleozoicznego cokołu Gór Świętokrzyskich, pienińskiego pasa skałkowego oraz Tatr. Szczególne nagromadzenie złóż wód leczniczych obserwuje się w Sudetach oraz w Karpatach wraz z zapadliskiem przedkarpackim, gdzie zlokalizowanych jest ponad 70% ich ogólnej liczby (Sokołowski, Skrzypczyk, 2020a). W nawiązaniu do regionalizacji hydrogeologicznej kraju (Paczyński, Płochniewski, 1996; Dowgiałło, Paczyński, 2002) występowanie wód

podziemnych zaliczonych do kopalin omówiono w ujęciu regionalnym w podziale na poszczególne prowincje: platformy prekambryjskiej (A), platformy paleozoicznej (B), sudecką (C) i karpacką (D).

4.2.1. Prowincja platformy prekambryjskiej (A)

Na obszarze platformy prekambryjskiej wody podziemne zaliczone do kopalin zostały rozpoznane jedynie w obrębie syneklizy perybałtyckiej (basenu bałtyckiego) oraz wyniesienia Łeby (fig. 4.5). Stosunkowo płytkie zaleganie wychłodzonego fundamentu krystalicznego, wpływ zlodowaceń oraz intensywne procesy infiltracyjne warunkujące głębokie wysłodzenie wód podziemnych powodują, iż omawianą prowincję uznaje się za mało zasobną w wody lecznicze, termalne i solanki (Kolago, Płochniewski, 1977; Dowgiałło, 2007b). Wody zmineralizowane występują tu głównie w obrębie utworów paleozoicznych, w mniejszym zaś stopniu, z uwagi na redukcję na przeważającej części obszaru, w osadach mezozoiku. Najpłycej wody zmineralizowane rozpoznano w przypowierzchniowych poziomach czwartorzędowych strefy przymorskiej oraz na Żuławach Wiślanych, gdzie występują młodoreliktowe wody słone Morza Bałtyckiego oraz wody pochodzące z ingresji wód morskich; najgłębiej – do głębokości ponad 1000 m – na obszarze basenu bałtyckiego oraz obniżenia podlaskiego. Pod względem chemicznym są to wody typu Cl–Na, zawierające niekiedy takie składniki swoiste jak jod i fluor, chłodne lub o temperaturze nieznacznie przekraczającej na wypływie z ujęć 20°C. Mineralizacja ogólna wód zależy od głębokości występowania poziomu wodonośnego, a także stopnia jego odizolowania od powierzchni przez utwory nadległe.

Region wyniesienia Łeby (AI)

Wody zmineralizowane na obszarze wyniesienia Łeby występują w utworach kambru, permu, triasu, kredy oraz lokalnie w osadach czwartorzędu (rejon Łeby i jeziora Żarnowieckiego). Na omawianym obszarze brak jest utworów dewonu i karbonu, natomiast utwory jury występują jedynie w skrajnie wschodniej części wyniesienia. Warstwy ordowiku, podobnie jak skały podłoża krystalicznego, są praktycznie bezwodne. Występujące tu wody typu chlorkowego są na ogół silnie zmineralizowane, a ich geneza jest związana m.in. z ługowaniem osadów solonośnych cechsztynu. W poziomach wodonośnych kredy i jury mineralizacja ogólna wód nie przekracza kilku g/dm³, choć lokalnie może sięgać do 50 g/dm³ (rejon Łeby). W utworach triasu (pstry piaskowiec) mineralizacja ogólna wód wynosi od 5 g/dm³ w rejonie Ustki do ponad 200 g/dm³ w szczytowej części wyniesienia Łeby (rejon

Łeba–Wicko–Lebień). Warstwy triasu pozostają tu w bezpośrednim kontakcie z pokładami soli cechsztyńskich (Bojarski, Sadurski, 2000). Wysoką mineralizacją ogólną charakteryzują się wody występujące na znacznych głębokościach (kilku tysięcy metrów) w poziomach wodonośnych permu (160–250 g/dm³, lokalnie 72–102 g/dm³ – otw. Lębork IG-1, Chłapowo IG-5, Hel IG-1) oraz kambru (180–240 g/dm³). Wysoko zmineralizowane wody z utworów kambru są izolowane miąższą serią nieprzepuszczalnych iłowców i łupków sylurskich.

Jedyną miejscowością na obszarze wyniesienia Łeby, na terenie której udokumentowano występowanie wód leczniczych jest Ustka. Z piaskowców i zlepieńców permu ujęto tu wody chlorkowe, jodkowe, termalne o temperaturze na wypływie 21°C i mineralizacji ogólnej dochodzącej do 34,4 g/dm³.

Region syneklizy perybałtyckiej (AII)

W obrębie syneklizy perybałtyckiej (basenu bałtyckiego) wody zmineralizowane są związane przede wszystkim z poziomami wodonośnymi triasu dolnego, a także kambru, syluru, permu, jury i kredy oraz lokalnie czwartorzędu (na Żuławach Wiślanych). Uważa się, iż zasolenie płytkich poziomów przypowierzchniowych na terenie Żuław ma związek z wodami morskimi Bałtyku (wody reliktove, ingresja wód morskich). Utwory wodonośne kredy stanowią strefę przejściową pomiędzy wodami zwykłymi i mineralnymi. Występują w nich zarówno wody zwykłe (rejon Gdańska), jak i słabo zmineralizowane, których mineralizacja ogólna dochodzi do 1,4 g/dm³ (Kętrzyn). Poziomy wodonośny w utworach jury rozpoznano we wszystkich jej piętrach, z czego najlepszymi parametrami hydrogeologicznymi charakteryzują się piaskowce jury dolnej. Występują tu wody typu Cl–Na, na ogół termalne, których mineralizacja ogólna wynosi od około 30 do 50 g/dm³ w zachodniej części regionu, stopniowo malejąc do 6–10 g/dm³ w części wschodniej (otw. Gołdap IG-1, Kętrzyn IG-1, Kętrzyn IG-2, Bartoszyce IG-1). Największe znaczenie dla występowania wód leczniczych w obrębie obniżenia bałtyckiego mają utwory pstrego piaskowca (trias dolny). Poziom wodonośny triasu dolnego występuje na głębokości od około 520 do 1150 m, a występujące w nim wody zalicza się przeważnie do typu Cl–Na. Składnikiem swoistym wód z tego poziomu jest często jod, miejscami może pojawiać się w nich także radon. Mineralizacja ogólna wód wynosi na ogół 35–60 g/dm³, a ich temperatura na wypływie z ujęć osiąga przeważnie od kilkunastu do 40°C. W rejonie Zatoki Gdańskiej charakterystyczne są samowypływy wód z ujęć o wydajności 30–50 m³/h. Na obszarze basenu bałtyckiego osady kajpru (trias górny) uległy całkowitej redukcji, a utwory wapienia muszlowego (trias środkowy) występują głównie w zachodniej części jednostki i są

praktycznie bezwodne (Paczyński, Płochniewski, 1996). W osadach czerwonego spągowca, cechsztynu oraz syluru stwierdzono wody o mineralizacji ogólnej 100–130 g/dm³, natomiast utwory ordowiku, podobnie jak utwory wapienia muszlowego, nie tworzą poziomów wodonośnych. Stosunkowo dobre właściwości zbiornikowe mają utwory kambru, zwłaszcza środkowego. Pod względem chemicznym występują w nich termalne wody chlorkowe, zawierające składnik swoisty w postaci jodu. W zachodniej i centralnej części basenu temperatura wód podziemnych w stropie utworów kambru osiąga 70–100°C, a ich mineralizacja ogólna wynosi 150–200 g/dm³. We wschodniej, płytszej części basenu kambryjskiego, temperatura wód spada do 30–50°C. Podobnie jest z mineralizacją ogólną, która zmniejsza się w kierunku wschodnim do 90–120 g/dm³ (Górecki red., 2006). W obrębie syneklizy perybałtyckiej wody lecznicze i termalne zostały ujęte z piaskowców dolnego triasu (Frombork, Krynica Morska i Sopot), piaskowców jury dolnej (Lidzbark Warmiński) oraz piaskowców jury dolnej i środkowej (Gołdap). Ich mineralizacja ogólna mieści się w przedziale od 1,4 g/dm³ w Gołdapi do 44,8 g/dm³ w Sopocie. We wszystkich złożach, poza Gołdapią (gdzie występują wody fluorkowe) są to wody jodkowe, natomiast we Fromborku także radonowe. Temperatura wód termalnych na wypływie z ujęć nieznacznie przekracza 20°C, maksymalnie wynosząc 24°C we Fromborku i Krynicy Morskiej.

Region wyniesienia mazursko-suwańskiego (AIII)

Region wyniesienia mazursko-suwańskiego, ze względu na płytko występujące podłoże krystaliczne (od kilkuset metrów na wschodzie do około 2000 m w części zachodniej), niemal w całości jest pozbawiony wód leczniczych i termalnych. Znaczna jego część charakteryzuje się niekorzystnymi parametrami hydrogeologicznymi. We wschodniej części regionu (Augustów), ze względu na całkowity brak występowania wód potencjalnie leczniczych, wydzielono rejon augustowski (Paczyński, Płochniewski, 1996). Możliwości ujęcia wód zmineralizowanych przewiduje się jedynie na skłonach wyniesienia, gdzie najlepszymi warunkami odznaczają się poziomy wodonośne kambru i jury. Skały krystaliczne pozostają praktycznie bezwodne, choć miejscami, w spękanych częściach masywu, mogą występować wody swoiste, na przykład radonowe, o niskiej mineralizacji ogólnej (<0,5 g/dm³). Lokalnie, wody o mineralizacji ogólnej dochodzącej do kilku g/dm³ rozpoznano w utworach kredy dolnej. Na ogół jednak skały te w większości pełnią rolę izolującą i nie stanowią dobrego zbiornika wód podziemnych.

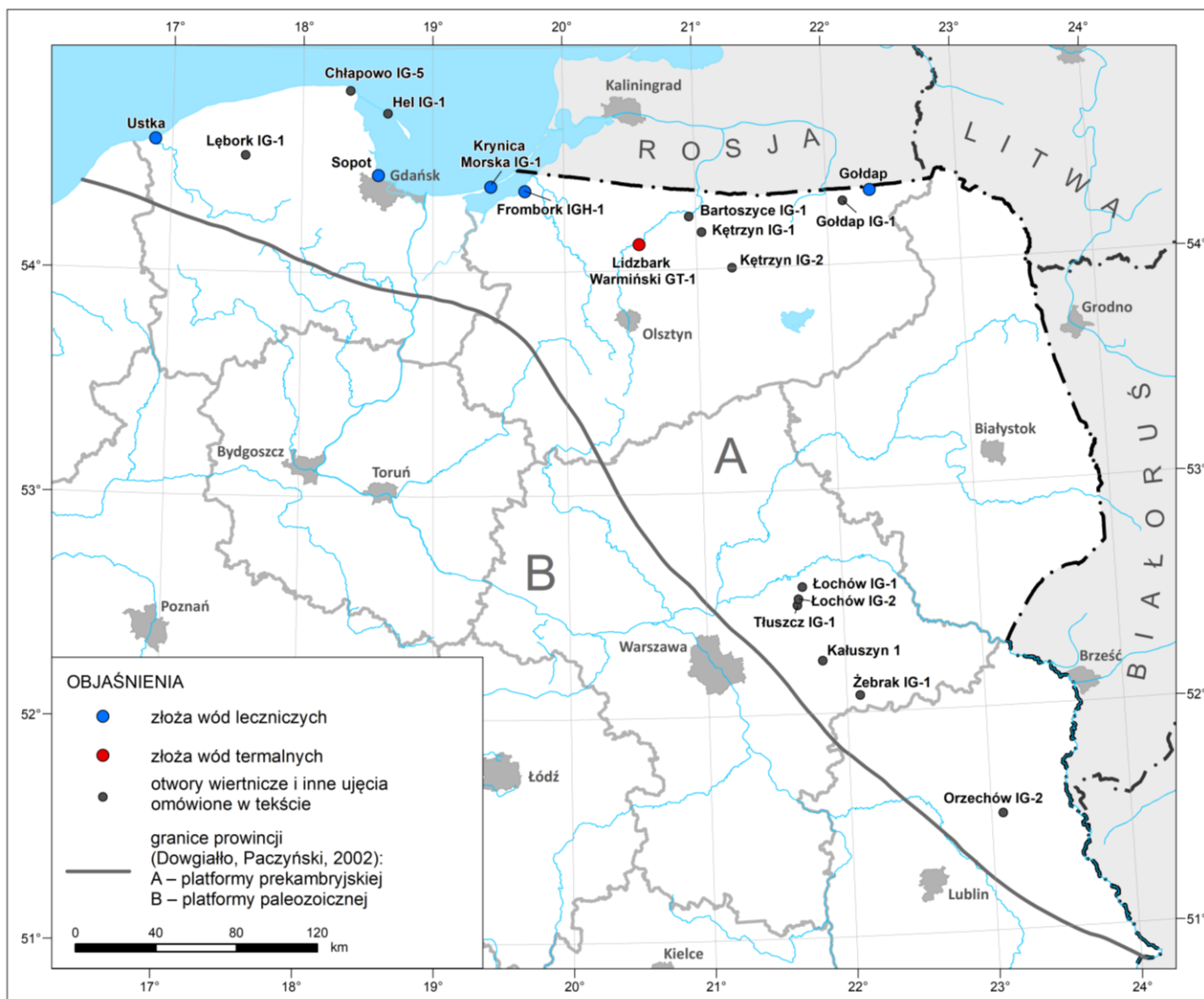


Fig. 4.5. Lokalizacja złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin w prowincji platformy prekambryjskiej

W zachodniej części regionu, w poziomach wodonośnych jury i triasu, występują wody chlorkowe o mineralizacji ogólnej wzrastającej od 10 g/dm³ do około 50 g/dm³ w utworach triasowych. Korzystnymi warunkami zbiornikowymi w obrębie wyniesienia mazursko-suwalskiego wyróżniają się lokalnie utwory kambru. Na skłonie wyniesienia, na pograniczu z zapadliskiem podlaskim, występują w nich wody zwykłe, natomiast w pobliżu platformy paleozoicznej, pojawiają się wody chlorkowe o mineralizacji ogólnej przekraczającej 100 g/dm³. Niemal na całym obszarze wyniesienia brak jest utworów permu, syluru i ordowiku.

W granicach omawianego regionu nie występują złoża wód podziemnych zaliczonych do kopalin.

Region zapadliska podlaskiego (AIV)

W obrębie zapadliska podlaskiego wody zmineralizowane występują zarówno w utworach mezozoicznych, jak i głębszych – paleozoicznych. Są to wody chlorkowe o różnym stopniu mineralizacji ogólnej, wzrastającej wraz z głębokością: do 10 g/dm³ w obrębie utworów jurajskich, do 50 g/dm³ w osadach triasowych i do około 100 g/dm³ w warstwach wodonośnych permu. W utworach kredy występują wyłącznie wody zwykłe, natomiast utwory syluru pełnią rolę warstw izolujących o niskiej przepuszczalności. Najbardziej zasobne w wody mineralne są piaskowce kwarcowe kambru środkowego oraz częściowo piaskowce ordowiku (tremadoku), w mniejszym zaś stopniu utwory triasu i jury. W kierunku wschodnim mineralizacja wód maleje, natomiast poprawie ulega przepuszczalność piaskowców (Drwięga, 1972). Lokalnie w osadach kambru (otw. Kałuszyn 1, Żebrak IG-1) zaobserwowano inwersję mineralizacji, prawdopodobnie spowodowaną infiltracją wód słabiej zmineralizowanych z płytszych poziomów wodonośnych. Z otworów w rejonie Tłuszcz (otw. Tłuszcz IG-1) i Łochowa (otw. Łochów IG-1, Łochów IG-2) z utworów kambru dolnego uzyskano samowypływ wód chlorkowych o mineralizacji ogólnej 120–190 g/dm³. Cechą wyróżniającą omawiany region jest głębokie wysłodzenie wód, które sięgać może utworów kambru lub nawet prekambru, tj. do głębokości ponad 1000 m. Strefa głębokiego wysłodzenia została wydzielona jako rejon białowieski, rozciągający się na wschód od linii Międzyrzec Podlaski–Łosice–Stadniki–Ciechanowiec (Paczyński, Płochniewski, 1996).

W granicach regionu brak jest złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin.

Region wyniesienia lubelskiego (AV)

Zarówno płytkie zaleganie powierzchni stropowej krystaliniku, jak również silne zaangażowanie tektoniczne wyniesienia lubelskiego, odegrały decydującą rolę w procesie kształtowania się warunków hydrogeologicznych tego regionu. Wody mineralne, podobnie jak w zapadlisku podlaskim, są związane z utworami mezozoicznymi i paleozoicznymi. Są to głównie wody typu Cl-Na i Cl-Ca-Na, występujące w północnej części wyniesienia na głębokości około 800 m oraz 300–500 m w pozostałej części jednostki. Poziomy wodonośne czwartorzędu oraz kredy górnej stanowią strefę aktywnej wymiany i zawierają wyłącznie wody zwykłe. Spąg osadów kredy górnej jest zbudowany z utworów nieprzepuszczalnych, izolujących pozostałe poziomy wodonośne. Zmineralizowane wody chlorkowe rozpoznano w rejonie Lubelskiego Zagłębia Węglowego (LZW) w obrębie utworów kredy dolnej (mineralizacja ogólna od 0,2 g/dm³ w otworze Orzechów IG-2 do 3 g/dm³) oraz jury (mineralizacja ogólna 0,4–5 g/dm³). Na pozostałym obszarze wyniesienia lubelskiego osady jurajskie uległy znacznej redukcji i nie tworzą istotnego piętra wodonośnego. Występujące jedynie na północy jednostki utwory triasu i permu są pozbawione wód mineralnych. W poziomach wodonośnych karbonu do głębokości 800 m rozpoznano wody typu HCO₃-Cl-Na o mineralizacji ogólnej dochodzącej do 3 g/dm³. Wraz z głębokością mineralizacja ogólna tych wód wzrasta do 10 g/dm³, zmianie ulega również ich typ chemiczny na Cl-Na. Dopływy wód do otworów są tu niewielkie i nie przekraczają 1 m³/h. Ze szczelinowych i szczelinowo-porowych utworów dewonu uzyskano niewielkie dopływy wód chlorkowych o wysokiej mineralizacji ogólnej (powyżej 100 g/dm³). Niskie wartości gradientów ciśnień wskazują na słabą dynamikę wód i utrudnione warunki dla głębokiego krążenia. Rozpoznane w północnej części wyniesienia utwory syluru i ordowiku są nieprzepuszczalne i stanowią warstwy izolujące. Korzystne warunki zbiornikowe wykazują piaskowce kambru, przeławicone iłwami i mułowcami. Wodonośne są także piaskowce i zlepieńce eokambru. W utworach kambru występują wody typu Cl-Na i Cl-Ca-Na o mineralizacji ogólnej w północnej części jednostki 6–78 g/dm³, wzrastającej w kierunku południowym do około 140–150 g/dm³. Wydajności otworów są zróżnicowane i wynoszą od 0,1 do 9,0 m³/h. W rejonie wisznickim, wyodrębnionym w północno-wschodniej części wyniesienia lubelskiego, ze względu na tektonikę blokową oraz wyniesienie podłoża krystalicznego do głębokości około 300–700 m, wody zmineralizowane praktycznie nie występują. Możliwość napotkania wód o podwyższonej mineralizacji istnieje tylko w lokalnych obniżeniach tektonicznych w utworach dolnego paleozoiku i proterozoiku

(Paczyński, Płochniewski, 1996). Dotychczas w regionie nie udokumentowano złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin.

4.2.2. Prowincja platformy paleozoicznej (B)

Platforma paleozoiczna charakteryzuje się występowaniem głównych poziomów wód leczniczych i termalnych w obrębie formacji mezozoicznych. Do najbardziej zasobnych należą baseny sedymentacyjne kredy dolnej, jury dolnej oraz, w mniejszym stopniu, triasu. Osady tych pięter wyróżniają się dużym rozprzestrzeniem i stosunkowo słabym zaangażowaniem tektonicznym. Utwory paleozoiczne, zalegające na znacznych głębokościach (z wyjątkiem Gór Świętokrzyskich i zapadliska górnośląskiego), charakteryzują się zdecydowanie słabszymi właściwościami zbiornikowymi. Wody zmineralizowane reprezentują na ogół typ Cl–Na lub Cl–Na–Ca, często zawierając składniki swoiste w postaci jodu, a niekiedy żelaza (II) i siarki. W zależności od głębokości występowania wody te mogą mieć charakter wód termalnych. W mniejszym stopniu na obszarze prowincji występują wody siarczanowe, związane z obecnością ewaporatów (Wieniec-Zdrój, Krzeszowice). Zawartość siarkowodoru w wodach chlorkowych stwierdzono lokalnie, m.in. w Kotowicach oraz Inowrocławiu. Jony siarczanowe powstają w wyniku ługowania gipsów i anhydrytów, podczas gdy występowanie siarkowodoru wiąże się z redukcją bakteryjną siarczanów w obecności materii organicznej (Dowgiałło, 2007a). Istotną rolę w procesie kształtowania składu chemicznego wód podziemnych platformy paleozoicznej odegrała formacja salinarna cechsztynu, zwłaszcza w strefach ługowania soli ze struktur halokinetycznych. Procesy halokinezy najsilniej zachodziły na terenach antyklinorium kujawskiego, w północno-wschodniej części synklinorium szczecińskiego i północnej części synklinorium mogileńsko-łódzkiego. W wielu rejonach platformy paleozoicznej o złożonej budowie geologicznej, m.in. na Kujawach, Pomorzu czy Wielkopolsce, charakterystyczne jest płytkie lub powierzchniowe występowanie wód mineralnych, związane z ascencją słonych wód z głębszych poziomów wodonośnych. Występujące w tych rejonach wody pod względem genetycznym są mieszaniną wód reliktowych i wód infiltrujących pochodzenia atmosferycznego (Krawiec, 2012). Uwarunkowania geologiczno-strukturalne platformy paleozoicznej sprawiają, iż obserwuje się tu dużą zmienność parametrów zbiornikowych oraz odmienne warunki krążenia wód w jej poszczególnych częściach. Lokalizację złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin w prowincji platformy paleozoicznej przedstawiono na fig. 4.6.

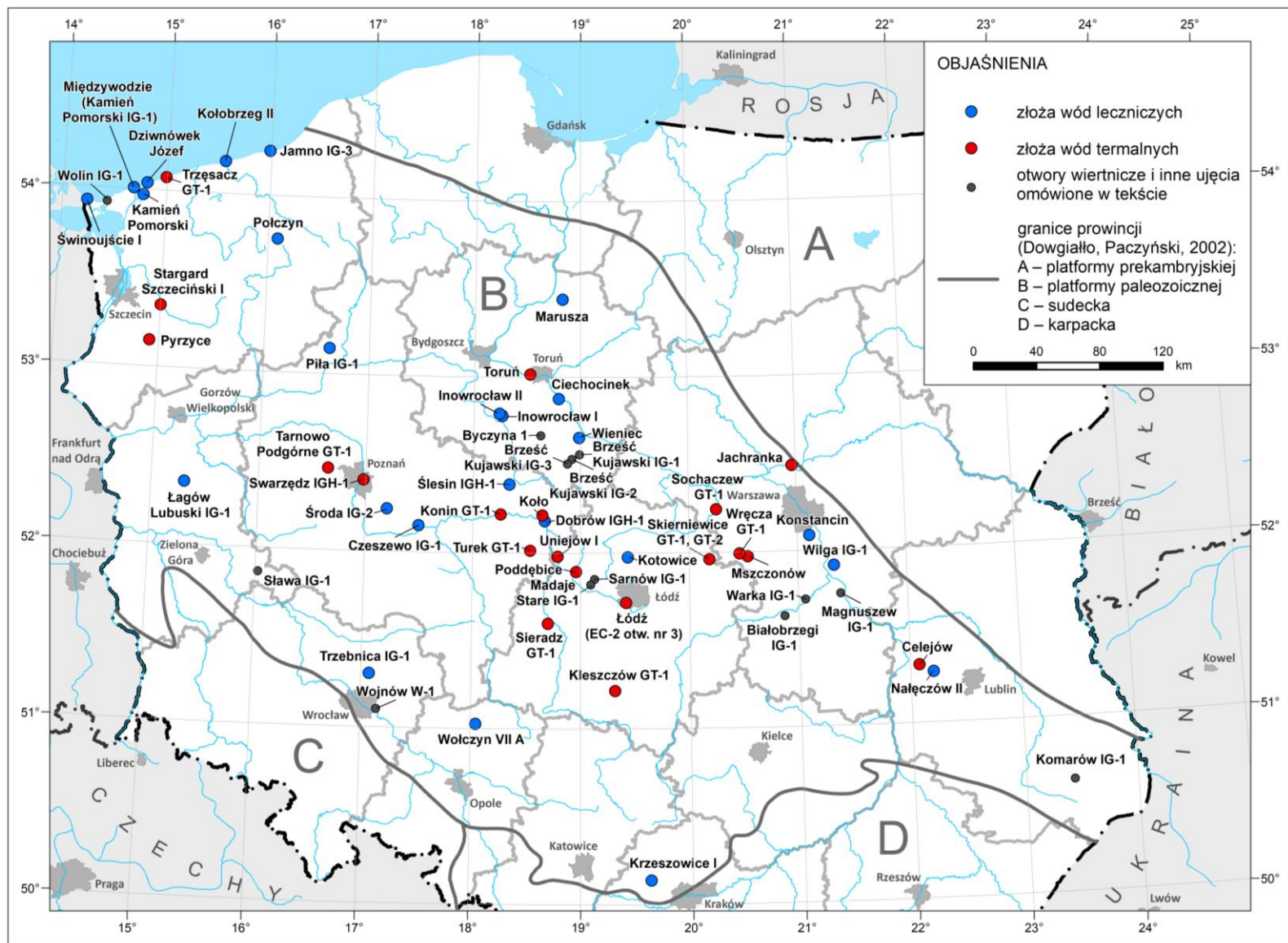


Fig. 4.6. Lokalizacja złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin w prowincji platformy paleozoicznej

Region synklinorium brzeżnego (BI)

Wody lecznicze i termalne stwierdzone w synklinorium brzeżnym w przeważającej większości reprezentują typ Cl–Na, na ogół z podwyższoną zawartością jodu i żelaza. W północnej i środkowej części regionu (niecka pomorska i warszawska) wody te występują w utworach mezozoiku, natomiast na południu (niecka lubelska) w osadach karbonu i dewonu. Głębokość zalegania stropu poziomów wodonośnych jest zróżnicowana i wynosi od około 150–200 m w niecce pomorskiej, 200–400 m w obrębie niecki warszawskiej do 300–500 m w części południowej synklinorium (Paczyński, Płochniewski, 1996).

Szczególnie korzystnymi parametrami zbiornikowymi w obrębie niecki brzeżnej wyróżniają się kompleksy piaskowcowe kredy dolnej i jury dolnej. W utworach kredy dolnej w północnej części regionu występują wody typu Cl–Na lub HCO₃–Na o mineralizacji ogólnej od 1 do 35 g/dm³ i temperaturze dochodzącej do 35°C na wypływie z ujęcia przy wydajności od kilku do 30 m³/h. Obszar niecki warszawskiej charakteryzuje się występowaniem wód o niższej mineralizacji ogólnej (do 20 g/dm³) oraz wyższych temperaturach (do 45°C) i większych wydajnościach otworów (do 180 m³/h). W składzie chemicznym wód dominują jony chlorkowe i wodorowęglanowe. W południowo-zachodniej części niecki stwierdzono wody o mineralizacji ogólnej poniżej 1 g/dm³ i temperaturze przekraczającej 40°C na wypływie z ujęcia. W Mszczonowie oraz pobliskiej Wręczy z poziomu kredy dolnej ujęto wody typu HCO₃–Ca–Na i HCO₃–Ca–(Mg), których temperatura na wypływie z ujęć wynosi około 40°C, zaś mineralizacja ogólna wody około 0,4 g/dm³. W Sochaczewie ujęto wody termalne (temperatura na wypływie z ujęcia 44,3°C) typu Cl–HCO₃–Ca–Na o mineralizacji ogólnej około 1 g/dm³. Zasoby eksploatacyjne otworu ustalono w wysokości 180 m³/h. W kierunku wschodnim i północno-wschodnim mineralizacja wód w obrębie niecki wzrasta, zmianie ulega też ich typ chemiczny na Cl–Na. Ze względu na płytsze zaleganie utworów kredy temperatura wód osiąga tu na wypływie z ujęć średnio około 30°C. Wysokie ciśnienia złożowe istnieją w rejonie Warki (otw. Warka IG-1) i Magnuszewa (otw. Magnuszew IG-1), gdzie z okolicznych otworów stwierdzono samowypływy wód. Głębokość zalegania stropu kredy dolnej na obszarze niecki warszawskiej wynosi od nieco ponad 1000 m w okolicach Wilgi do 1600 m w rejonie Mszczonowa. Miąższość warstw wodonośnych jest zmienna i wynosi od kilku do 300 m, rosnąc w kierunku zachodnim. Na obszarze niecki lubelskiej poziomy wodonośne kredy dolnej stwierdzono na głębokości do 1000 m w piaszczystych utworach albu. Są to wody chlorkowe o temperaturze na wypływie z ujęć dochodzącej do 30°C. Ich mineralizacja ogólna zmienia się w szerokim zakresie od poniżej 1 g/dm³ do 30,9 g/dm³ (Komarów IG-1).

Wydajność otworów mieści się w przedziale od 0,4 do 15,0 m³/h i jest najniższa w całym synklinorium brzeżnym. Piętro kredowe pozostaje w kontakcie hydraulicznym z poziomami jurajskimi.

Węglanowe utwory jury górnej, z uwagi na obecność ilastych przewarstwień, nie stanowią poziomu wodonośnego o znaczeniu użytkowym. Korzystniejszymi parametrami hydrogeologicznymi odznaczają się piaskowce jury środkowej oraz dolnej występujące na obszarze całego regionu, z wyjątkiem Lubelszczyzny. Szczególnie korzystne warunki hydrogeologiczne panują w utworach jury dolnej, w związku z czym zbiornik ten stanowi główny poziom wodonośny wód leczniczych i termalnych w obrębie synklinorium brzeżnego. Warstwy wodonośne są zbudowane z kompleksów piaskowcowych przedzielonych nieciągłymi seriami słaboprzepuszczalnych lub praktycznie nieprzepuszczalnych iłowców i mułowców. Strop osadów jury dolnej zalega najczęściej powyżej głębokości 1000 m, w strefach centralnych niecek pomorskiej i warszawskiej osiągając maksymalnie głębokość, odpowiednio 1900 m i 2900 m. Całkowita miąższość utworów jurajskich jest zmienna i dochodzi do 200 m w północnej części regionu oraz do 500 m w części warszawskiej. W utworach jury dolnej stwierdzono występowanie wód typu Cl–Na,(I),(Fe), których temperatura może sięgać na wypływie z ujęć do 40–50°C w niecce pomorskiej oraz do ponad 60°C w niecce warszawskiej (Górecki red., 2006). Mineralizacja ogólna wód wzrasta wraz z głębokością od kilku do ponad 100 g/dm³. W obrębie niecki warszawskiej najkorzystniejsze parametry zbiornikowe stwierdzono w części sąsiadującej z antyklinorium kujawskim, gdzie wydajność ujęć przekracza 40 m³/h, a temperatura wód na wypływie z ujęć osiąga ponad 60°C.

W porównaniu do utworów jury środkowej i dolnej mniej korzystnymi parametrami zbiornikowymi charakteryzują się poziomy wodonośne triasu. Jest to spowodowane ich wykształceniem litologicznym w postaci osadów mułowcowo-ilastych. Warstwy wodonośne zbudowane z cienkich pakietów piaskowców występują lokalnie. Obecność zawodnionych piaskowców stwierdzono głównie w utworach kajpru, wapienia muszlowego i pstrego piaskowca. Występują w nich wody typu Cl–Na bądź Cl–Na–Ca o zmiennej mineralizacji ogólnej. W niecce pomorskiej, w warstwach kajpru i wapienia muszlowego, mineralizacja ogólna wód mieści się w przedziale od 40 do 90 g/dm³, rosnąc wraz z głębokością do ponad 200 g/dm³ w osadach pstrego piaskowca. W Maruszy, w otworze Grudziądz IG-1, z warstw pstrego piaskowca uzyskano wody o znacznie wyższej mineralizacji ogólnej, wynoszącej 360 g/dm³. W niecce warszawskiej wartość mineralizacji ogólnej zmienia się na ogół od 30 g/dm³ na południu do 200 g/dm³ w części centralnej i północnej. Jedynie w skrajnie

południowej części niecki (otw. Białobrzegi IG-1) rozpoznano wody o mineralizacji ogólnej $1,4 \text{ g/dm}^3$. Temperatury wód w stropie zbiornika triasowego wzrastają w kierunku osi niecek i wynoszą od $40\text{--}50^\circ\text{C}$ do $80\text{--}100^\circ\text{C}$. Największą zasobnością odznaczają się warstwy pstręgo piaskowca. W pomorskiej części synklinorium dopływy wód do otworów wiertniczych osiągały $40 \text{ m}^3/\text{h}$, zaś w części warszawskiej wartość ta przekraczała niekiedy $50 \text{ m}^3/\text{h}$. W niecce lubelskiej utwory triasu występują fragmentarycznie jedynie w północno-zachodniej części jednostki i nie odgrywają znaczenia jako zbiorniki wód podziemnych.

Paleozoiczne poziomy wodonośne w granicach synklinorium brzeżnego zostały rozpoznane w słabym stopniu. Wody mineralne i termalne występują tu głównie w osadach permu (dolomitu głównego), karbonu oraz dewonu. Są to najczęściej wody o wysokiej mineralizacji ogólnej (ponad 200 g/dm^3). Znaczna głębokość zalegania oraz niekorzystne parametry hydrogeologiczne warstw wodonośnych, objawiające się niewielkimi dopływami wód do otworów, powodują, iż paleozoiczne poziomy wodonośne nie mają znaczenia użytkowego.

Na obszarze regionu za lecznicze (w tym lecznicze termalne) zostały uznane wody występujące w utworach jury dolnej ze złóż: Jamno IG-3, Marusza, Wilga IG-1 oraz Konstancin, gdzie ujęto poziom wodonośny w obrębie warstw jury środkowej i dolnej. Wody lecznicze (żelaziste) występują również w utworach kredy górnej w Nałęczowie. Na terenie niecki brzeżnej udokumentowano ponadto 6 złóż wód termalnych w: Mszczonowie, Sochaczewie i Wręczy (poziom wodonośny kredy dolnej), Celejowie (poziom wodonośny jury górnej i środkowej) oraz Skierniewicach i Jachrance (poziom wodonośny jury dolnej).

Region antyklinorium środkowopolskiego (BII)

Główne zbiorniki wód zmineralizowanych i termalnych antyklinorium środkowopolskiego, podobnie jak w synklinorium brzeżnym, są związane z kompleksami skał mezozoicznych, a zwłaszcza z utworami jury oraz triasu (pstry piaskowiec). Osady kredy na omawianym obszarze zostały zerodowane niemal w całości (z wyjątkiem kujawskiej części regionu oraz synkliny Trzebiatowa) i jako zbiorniki wód podziemnych nie mają istotnego znaczenia. Wody mineralne i termalne występują także w starszych piętrach wodonośnych (perm, karbon i dewon), jednak z uwagi na słabe rozpoznanie hydrogeologiczne oraz niekorzystne parametry zbiornikowe nie mają one znaczenia użytkowego. Szczególnym obszarem położonym w południowej części antyklinorium są Góry Świętokrzyskie, gdzie dotychczas nie stwierdzono występowania wód zmineralizowanych i termalnych. Z tego względu obszar ten wyróżniono jako subregion świętokrzyski (Paczyński, Płochniewski,

1996). Zjawiskiem charakterystycznym dla omawianego regionu jest współwystępowanie wód zmineralizowanych z wodami zwykłymi w warstwach przypowierzchniowych, będące efektem ascenzji tych pierwszych z głębszego podłoża mezozoicznego (m.in. Kołobrzeg, Kamień Pomorski, Ciechocinek). Migracji wód sprzyjają liczne dyslokacje tektoniczne w obrębie antyklinorium środkowopolskiego. Szczególnie podatna na ascenzję jest strefa brzegowa Bałtyku oraz obszary nizin nadmorskich i głębokich dolin rzecznych. Płytkie przejawy silnie zmineralizowanych wód chlorkowych obserwuje się także w miejscach występowania struktur halokinetycznych (m.in. Kotowice). W profilu zaznacza się również wyraźnie inwersja głębokościowa mineralizacji wód. Najwyższa mineralizacja ogólna, sięgająca blisko 400 g/dm^3 , została stwierdzona w utworach cechsztynu. Wody występujące w głębszych poziomach, jak i powyżej utworów permu, wykazują niższą mineralizację.

W obrębie antyklinorium środkowopolskiego najbardziej zasobnym zbiornikiem wód zmineralizowanych i termalnych są utwory jury oraz triasu. W odcinku kujawskim z utworów węglanowych jury górnej są eksploatowane wody lecznicze w Wieńcu-Zdroju (otw. 3E), Inowrocławiu (Źródło Królowej Jadwigi i Źródło Solankowe) oraz Ciechocinku (otw. 19A). Są to wody o zróżnicowanym składzie jonowym: w Wieńcu typu $\text{SO}_4\text{-Cl-Ca-(Na)}$ z zawartością H_2S , natomiast w Ciechocinku i Inowrocławiu Cl-Na-(Ca) . Wody ze Źródła Solankowego w Inowrocławiu charakteryzują się ponadto zawartością siarkowodoru w ilości powyżej 1 mg/dm^3 oraz temperaturą na wypływie z ujęcia $23,5^\circ\text{C}$. Występowanie wód siarczkowych na Kujawach uważa się za lokalne, związane z obecnością ewaporatów: gipsów i anhydrytów (Felter i in., 2015a). W rejonie Aleksandrowa Kujawskiego w górnourajskich poziomach wodonośnych występują wyłącznie wody zwykłe. Zawodnione utwory jury środkowej ujęto m.in. w Kołobrzegu, gdzie lecznicze wody chlorkowe typu Cl-Na,I o mineralizacji ogólnej $45\text{--}59 \text{ g/dm}^3$ i łącznych zasobach eksploatacyjnych około $50 \text{ m}^3/\text{h}$ udostępniono czterema otworami (B-1, nr 6, nr 7, Gustaw). W Ciechocinku, środkowourajskie warstwy wodonośne ujęto otworami nr 11E i nr 14. Są to wody typu Cl-Na,I,(Fe) o mineralizacji ogólnej około $40\text{--}65 \text{ g/dm}^3$ oraz temperaturze na wypływie z ujęcia dochodzącej maksymalnie do 34°C , przy zasobach rzędu $40\text{--}60 \text{ m}^3/\text{h}$. Wody tego samego typu lecz o wyższej temperaturze, dochodzącej do 40°C , stwierdzono w Brześciu Kujawskim (otw. Brześć Kujawski IG-1, IG-2 i IG-3). W rejonie Barcina z utworów jury środkowej, zalegających na głębokości $50\text{--}80 \text{ m}$, są eksploatowane również wody zwykłe. Osady jury górnej z uwagi na znaczną redukcję w pomorskim odcinku regionu nie tworzą użytkowych poziomów wodonośnych. Zdecydowanie najlepszymi parametrami hydrogeologicznymi wyróżniają się piaskowcowe kompleksy jury dolnej, występujące niemal

na całym obszarze antyklinorium. W północnej części regionu głębokość zalegania warstw dolnojurajskich wynosi od kilkudziesięciu do kilkuset metrów, w pozostałej części jednostki przekracza miejscami 1500 m, często osiągając miąższość powyżej 400–600 m. Wody mineralne reprezentują jeden główny typ hydrochemiczny Cl–Na, często z podwyższoną zawartością jodu, żelaza i niekiedy fluoru. Temperatury wód wykazują znaczną zmienność. Najczęściej są to wody chłodne, tylko w nielicznych przypadkach ich temperatura przekracza 20°C na wypływie z ujęcia. W pomorskiej części antyklinorium udokumentowano wody hipotermalne. W Dziwnówku, z nieczynnego obecnie otworu Józef, uzyskano wodę osiągającą przy swobodnym wypływie temperaturę około 21°C (Krawiec, 2012). W rejonie Trzęsacza oraz Piły temperatura wód na wypływie z ujęcia wzrasta do 25°C. Jeszcze wyższe temperatury wód na wypływie z ujęć stwierdzono w odcinku kujawskim w Ciechocinku (37°C), Toruniu (60°C) oraz w otworach Brześć Kujawski IG-1 (47°C) i Buczyna 1 (97°C). Dużą zmiennością charakteryzują się również wydajności poszczególnych ujęć, wynoszące od około 10 m³/h do 180 m³/h w Trzęsaczu oraz 320 m³/h w Toruniu. Mineralizacja ogólna wód krążących w zbiorniku dolnojurajskim zmienia się w szerokim zakresie od kilku do ponad 100 g/dm³ w rejonie Torunia. Wody słabo zmineralizowane występują na ogół w południowej części antyklinorium i są zasilane od strony obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. Zjawiskiem obserwowanym na omawianym obszarze jest występowanie na znacznych głębokościach wód zwykłych. W północnej części jednostki wysłodzenie poziomów wodonośnych jury dolnej ma miejsce w osiowej strefie odcinka pomorskiego, m.in. w rejonie Piła–Krajenka oraz Łobez–Resko. W okolicach Połczyna-Zdroju wody zwykle nawiercono w dolnojurajskich piaskowcach w dwóch interwałach: na głębokości 580–620 m oraz 711–767 m. W obu przypadkach są to wody typu HCO₃–Na o mineralizacji ogólnej 0,5–0,7 g/dm³ (Krawiec, Dulski, 2004). Wody zwykłe do głębokości około 800 m rozpoznano również w rejonie Jarkowo–Gościno–Dźwirzyno. Głębokie występowanie wód zwykłych w utworach jury dolnej wiąże się z obecnością w ich podłożu ilastych serii triasu, stanowiących miąższy kompleks izolujący silnie zmineralizowane i będące pod wysokim ciśnieniem wody dolnego triasu i permu. Od powierzchni terenu natomiast wymianie wód podziemnych sprzyjają duże deniwelacje terenu oraz urozmaicona morfologia. Głęboko wcięte doliny rzek i rynny jezior na Pojezierzu Drawskim ułatwiają dopływ wód współczesnej infiltracji do starszych warstw wodonośnych (Krawiec, Dulski, 2004).

Utworami wodonośnymi triasu o dobrych właściwościach zbiornikowych są warstwy pstrego piaskowca oraz kajpru i retyku. Zawodnione osady wapienia muszlowego występują lokalnie. Występujące w nich wody mineralne i termalne należą głównie do typu Cl–Na,(I)

o zmiennej mineralizacji ogólnej w granicach od poniżej 10 g/dm³ w utworach retyku w skrajnie południowej, brzeżnej części antyklinorium do ponad 280–300 g/dm³ w osadach pstrygo piaskowca (Bojarski, 1987). Najwyższą mineralizacją odznaczają się wody w osiowej części odcinka kujawskiego antyklinorium. Wody o anomalnie wysokiej mineralizacji ogólnej, wynoszącej 299 g/dm³, udokumentowano w osadach triasu górnego w otworze Piła IG-1 (Bojarski, 1990). Dużą różnicę mineralizacji wód zaobserwowano w Połczynie-Zdroju, gdzie w otworze Połczyn 2 w piaskowcach retyku na głębokości 711–767 m stwierdzono wody zwykłe typu HCO₃-Na o mineralizacji ogólnej 0,74 g/dm³, zaś w otworze Połczyn IG-1 z utworów kajpru z interwału 1175–1235 m otrzymano wodę o mineralizacji ogólnej 75 g/dm³ (Krawiec, Dulski, 2004). Temperatury wód w stropie poziomym wodonośnego w północnej części antyklinorium kujawskiego mogą osiągać około 60–70°C, natomiast na południowych obrzeżach zaledwie 20–30°C (Górecki red., 2006). Najwyższe temperatury wód w stropie osadów triasu występują w centralnej i północnej części odcinka kujawskiego, gdzie wynoszą 100–120°C.

Zawodnione utwory permu występują na głębokości od 2500 m do ponad 4500 m w piaskowcowych przewarstwieniach pośród serii anhydrytów i soli kamiennych. Z uwagi na niewielką miąższość piaskowców oraz ich silne zdiagenezowanie poziomy wodonośne wykazują bardzo słabe parametry zbiornikowe. Dopływy wód do otworów są zazwyczaj niewielkie i wynoszą od 0,02 do 0,7 m³/h. Większe wartości (6–60 m³/h) obserwuje się w strefach dyslokacyjnych (Bojarski, 1998). W utworach permu występują nasycone, silnie stężone solanki i ługi o mineralizacji ogólnej sięgającej do 400 g/dm³. Starsze poziomy wodonośne paleozoiku na obszarze antyklinorium są słabo rozpoznane i nie mają znaczenia użytkowego ze względu na bardzo duże głębokości zalegania, słabe właściwości zbiornikowe skał oraz wysoką mineralizację wód.

W granicach antyklinorium śródkowopolskiego wody lecznicze zostały udokumentowane w: Ciechocinku, Dziwnówku, Inowrocławiu, Kamieniu Pomorskim, Kołobrzegu, Kotowicach, Międzywodziu, Kotuniu, Połczynie-Zdroju i Wieńcu-Zdroju, natomiast wody termalne udokumentowano w Toruniu i Trzęsaczu.

Region synklinorium szczecińsko-miechowskiego (BIII)

Jednym z najbardziej zasobnych w wody mineralne i termalne obszarów w kraju jest synklinorium szczecińsko-miechowskie. Głębokość występowania wód mineralnych w poszczególnych rejonach tej jednostki jest bardzo zróżnicowana. W północnej części regionu, w strefie przymorskiej, wody te pojawiają się stosunkowo płytko, już na głębokości

od kilku do 200 m w utworach kenozoicznych. W okolicy Łodzi, gdzie wody te występują w utworach kredy oraz częściowo jury, głębokość ta wzrasta do ponad 1600 m. Istotne znaczenie w kształtowaniu warunków hydrogeologicznych synklinorium odegrała zaawansowana tektonika solna. W wyniku procesów halokinetycznych w profilu geologicznym obserwuje się lokalne nieciągłości warstw oraz wyraźne zmiany ich miąższości (Dadlez, Marek, 1969).

Najkorzystniejsze warunki hydrogeologiczne panują w utworach kredy dolnej i jury dolnej. Stosunkowo niska mineralizacja wód przy ich wysokiej temperaturze oraz duże wydajności ujęć sprawiają, iż są to najbardziej perspektywiczne zbiorniki geotermalne w niżowej części kraju. Warstwy dolnokredowe są wykształcone jako osady piaszczysto-piaskowcowe. Ich powierzchnia stropowa wykazuje znaczne deniwelacje, powstałe w wyniku lokalnego przemieszczania się ku górze warstw solnych, tworzących w ten sposób formy antyklinalne, m.in. antykliny Koła i Poddębic. W Świnoujściu zawodnione utwory dolnokredowe nawiercono na głębokości 201 m, natomiast w okolicach Szczecina osady te zalegają na głębokości przekraczającej 1000 m, a w centralnej części synklinorium (na NE od Konina) na głębokości ponad 2500 m. W poziomie wodonośnym kredy dolnej przeważają zmineralizowane wody typu Cl–Na, niekiedy zawierające w swoim składzie podwyższone ilości jodu i żelaza. Mineralizacja ogólna wód w obrębie zbiornika kredy dolnej zmienia się w szerokim zakresie od 2 do 100 g/dm³ i wzrasta od stref wychodni synklinorium ku osi jednostki oraz z południa na północ (Płochniewski, Stachowiak, 1980). Charakterystycznym zjawiskiem obserwowanym w niecce mogileńsko-łódzkiej jest głęboki zasięg wód zwykłych, który w strefie osiowej może sięgać ponad 1600 m. Obszar niecki łódzkiej uważa się za najbardziej depresyjną strefę wód zwykłych w kraju. Fakt ten potwierdzają wyniki wiercenia otworu Poddębice GT-2, w którym z utworów kredy dolnej na głębokości 1962–2063 m uzyskano samowypływ wody termalnej w ilości 116,5 m³/h typu HCO₃–Na–Ca o mineralizacji ogólnej 0,5 g/dm³, a także głębokich otworów badawczych Sarnów IG-1 i Madaje Stare IG-1. Wody zwykłe z głębokości 500–900 m są eksploatowane również w okolicach Łodzi i Piotrkowa Trybunalskiego. W rejonie aglomeracji łódzkiej obserwuje się ponadto ascenzję lateralną wód słonych (Bojarski red., 1996). Znaczne zróżnicowanie głębokościowe zalegania warstw wodonośnych kredy dolnej wpływa na dużą zmienność temperatur występujących w nich wód, która przyjmuje wartości od 20°C w rejonie Łodzi i Piotrkowa Trybunalskiego do ponad 75°C w części mogileńskiej synklinorium (w stropie poziomym wodonośnego). Maksymalne wartości temperatur wód odnotowano na NE od Konina oraz na SW od Poddębic. W północnej części niecki szczecińskiej, w rejonie

Stargardu, temperatura wód sięga do 50–70°C na wypływie z ujęć. Niższe temperatury, związane z płytszym zaleganiem utworów wodonośnych, występują w strefie między Szczecinem (40–50°C), a Gorzowem Wielkopolskim (30–35°C) (Paczyński, Płochniewski, 1996; Górecki red., 2006). W strefach brzeżnych niecki mogileńsko-łódzkiej temperatura wód rzadko przekracza 40°C, wzrastając ku osi struktury do około 75°C. Korzystne parametry temperaturowe udokumentowano zwłaszcza w okolicach Uniejowa (otw. Uniejów PIG/AGH2 – 69,2°C na wypływie z ujęcia) i Poddębic (otw. Poddębice GT-2 – 71,0°C na wypływie z ujęcia). W Ozorkowie koło Łodzi wody o podwyższonej temperaturze (23°C) pojawiają się już na głębokości około 100 m (Dadak, 1973). W obrębie niecki miechowskiej w zbiorniku dolnokredowym występują wody zwykle o temperaturze poniżej 20°C na skłonach jednostki do około 25–30°C w części centralnej. Wydajność ujęć zafiltrowanych w utworach kredy dolnej na obszarze synklinorium wynosi od 50 m³/h do ponad 250 m³/h w Poddębicach.

Utwory jury górnej nie stanowią istotnego zbiornika wód zmineralizowanych i termalnych. W węglanowych osadach oksfordu występują wody typu Cl–Na o mineralizacji ogólnej sięgającej 120 g/dm³. W rejonie Łodzi z wapieni jury górnej eksploatuje się wody zwykle. Stosunkowo niskie wartości współczynników filtracji i wodoprzewodności warstw wodonośnych determinują wydajność ujęć na poziomie około 20 m³/h. Wyższych wydajności (80–90 m³/h) można spodziewać się lokalnie w rejonie Konina (Paczyński, Płochniewski, 1996; Hajto, 2008).

Obok utworów dolnokredowych szczególnie korzystne własności kolektorskie mają poziomy piaskowcowe jury środkowej (keloweju) i jury dolnej. W utworach jury środkowej występują na ogół wody typu Cl–Na bądź Cl–Na–Ca, często zawierające podwyższoną ilość jodu. Ich mineralizacja ogólna wzrasta w kierunku osiowej strefy synklinorium od poniżej 50 do 150 g/dm³. Temperatury wód w stropie poziomym na ogół wynoszą ponad 50°C, zaś w okolicach Konina mogą przekraczać 100°C. Wydajność potencjalna otworów ujmujących zbiornik środkowojurajski osiąga przeważnie 10–50 m³/h, w centralnych częściach niecki szczecińskiej oraz łódzkiej 100 m³/h (Hajto, 2008).

Zbiornik dolnojurajski tworzą drobno- i różnoziarniste piaskowce o zmiennej miąższości. W szczecińskiej części synklinorium ich miąższość osiąga od 100 do 500 m. W niecce mogileńsko-łódzkiej miąższość poniżej 100 m stwierdzono w centralnej oraz południowej części jednostki, natomiast wartość maksymalną, około 850 m, zaobserwowano przy granicy z antyklinorium kujawskim. Lokalnie, w południowej i wschodniej części niecki mogileńsko-łódzkiej brak jest utworów jury dolnej. W stosunku do całego regionu najmniejszą miąższość wykazują warstwy wodonośne w obrębie niecki miechowskiej, gdzie

średnia miąższość wynosi około 100 m, tylko lokalnie przekraczając 200 m. Głębokość występowania poziomów zbiornikowych zmienia się od 750 m do ponad 3000 m, osiągając maksimum 3750 m w osiowej strefie niecki mogileńsko-łódzkiej.

Pod względem chemicznym zmineralizowane wody zbiornika dolnojurajskiego zalicza się do typu Cl–Na, niekiedy o podwyższonej zawartości jodu i żelaza. Ich mineralizacja jest wyraźnie większa od wód występujących w zbiorniku kredy dolnej. Najwyższą mineralizacją ogólną odznaczają się wody w północnej i wschodniej części niecki mogileńsko-łódzkiej, gdzie lokalnie dochodzi ona do 250 g/dm^3 . W niecce szczecińskiej mineralizacja ogólna wód mieści się w przedziale $20\text{--}150 \text{ g/dm}^3$. Wartości najniższe są notowane w peryferyjnych częściach jednostki, zaś strefa występowania wód o mineralizacji ogólnej powyżej 100 g/dm^3 rozciąga się od północy wzdłuż centralnego odcinka niecki, aż do jej wschodniego obrzeżenia (Sowiżdżał, 2010). W strefie osiowej niecki mogileńsko-łódzkiej mineralizacja ogólna osiąga 200 g/dm^3 . W kierunku południowym wartości te maleją, dochodząc do kilkunastu g/dm^3 . Na wychodniach warstw, będących obszarami zasilania infiltracyjnego zbiornika jury dolnej, występują wody zwykle lub słabo zmineralizowane (mineralizacja ogólna $0,2\text{--}2,0 \text{ g/dm}^3$). W miechowskiej części synklinorium mineralizacja ogólna wód jest niższa niż na pozostałych obszarach i nie przekracza 10 g/dm^3 . Często też w utworach jury dolnej pojawiają się tam wody zwykłe. Temperatury wód podziemnych w obrębie synklinorium wzrastają w kierunku osi poszczególnych niecek od około 20°C do ponad 100°C . W niecce szczecińskiej zakres temperatur wód zmienia się w granicach $20\text{--}90^\circ\text{C}$. Najniższe wartości temperatur zarejestrowano w północnej części niecki (otw. Wolin IG-1 – 25°C), zaś strefa wód o temperaturach powyżej 50°C rozciąga się wzdłuż wschodniego obrzeżenia w kierunku osi niecki i jest związana z obecnością struktur solnych. Maksymalne temperatury wód, rzędu $70\text{--}90^\circ\text{C}$, stwierdzono lokalnie. Wody termalne z utworów jury dolnej są eksploatowane w Stargardzie ($69\text{--}89^\circ\text{C}$), Pyrzycach (62°C) i Tarnowie Podgórnym (43°C). Na przeważającym obszarze niecki szczecińskiej występują wody o temperaturze $40\text{--}50^\circ\text{C}$ (Sowiżdżał, 2010). W części mogileńsko-łódzkiej rozkład temperatur zmienia się w zakresie $30\text{--}100^\circ\text{C}$. W strefach brzeżnych temperatury wód wynoszą $30\text{--}40^\circ\text{C}$, z kolei najwyższe wartości (120°C) mogą występować w centralnym odcinku niecki łódzkiej (Hajto, 2008). Wody termalne z utworów jury dolnej na obszarze niecki mogileńsko-łódzkiej udokumentowano w Koninie (92°C) i Sieradzu (52°C). W Kleszczowie (otw. Kleszczów GT-1) z połączonych poziomów jury dolnej i triasu górnego eksploatuje się wodę o temperaturze 52°C na wypływie z ujęcia. W niecce miechowskiej temperatury wód z poziomów dolnojurajskich w porównaniu do pozostałej części regionu są niższe i osiągają $40\text{--}60^\circ\text{C}$.

Potencjalna wydajność otworów w synklinorium szczecińsko-miechowskim jest zmienna i wynosi od kilkudziesięciu do ponad 450 m³/h. Najwyższą wydajność (300–450 m³/h) prawdopodobnie mogą osiągać ujęcia w północno-wschodniej części niecki łódzkiej oraz w rejonie Koła. Na dominującym obszarze regionu, wydajności ujęć przekraczają zazwyczaj 100 m³/h. W zbiorniku panują warunki artezyjskie lub subartezyjskie.

W obrębie synklinorium utwory triasu występują na znacznych głębokościach, od 700 m na jego skrzydłach do 4000 m i głębiej w osi struktury. W większości są to osady ilasto-mułowcowe z przewarstwieniami piaskowców, wapieni i dolomitów. W zależności od wykształcenia litologiczno-facjalnego oraz procesów erozyjno-tektonicznych zachodzących na obszarze jednostki, poziomy wodonośne charakteryzują się zmiennością właściwości zbiornikowych. Występujące w utworach triasu wody podziemne należą zazwyczaj do typu Cl–Na lub Cl–Na–Ca o znacznej zawartości jodu i odznaczają się wysoką mineralizacją ogólną w granicach 200–300 g/dm³, w utworach triasu dolnego do 350 g/dm³. Temperatura wód, szczególnie w osiowych partiach jednostki, osiąga 100°C, lokalnie dochodzi do 140°C w poziomie wodonośnym. Utwory triasu wykształcone w facji mułowcowo-ilastej charakteryzują się niską przepuszczalnością i wodoprzewodnością, co przekłada się na małe wydajności ujęć. Średnia wydajność ujęć nie przekracza na ogół 50 m³/h, miejscami wynosi 75 m³/h (okolice Piotrkowa Trybunalskiego), zaś maksymalnie 100 m³/h (Konin). Najniższą wydajność, rzędu 20 m³/h, odnotowuje się na obrzeżach synklinorium.

Wody zaliczone do leczniczych w obrębie synklinorium szczecińsko-miechowskiego występują w: Czeszewie, Dobrowie, Ślesinie, Środzie i Świnoujściu. Wody termalne zostały udokumentowane w: Kleszczowie, Koninie, Łodzi, Poddębicach, Pyrzycach, Sieradzu, Stargardzie, Poznaniu, Tarnowie Podgórny, Turku i Uniejowie.

Monoklina przedsudecka (BIV)

Poziomy zbiornikowe wód mineralnych i termalnych monokliny przedsudeckiej są związane z kompleksem skał permsko-mezozoicznych. Najmłodszymi utworami, w obrębie których występują omawiane rodzaje wód, są piaskowce jury dolnej, zalegające wzdłuż północnej i północno-wschodniej granicy regionu. Młodsze piętra jury na omawianym obszarze uległy całkowitej redukcji lub nie są zawodnione. Głębokość występowania warstw wodonośnych jury dolnej wynosi od kilkuset do około 1000 m, a ich maksymalna miąższość przekracza 250 m. Wody podziemne jury dolnej zalicza się do typu Cl–Na o niewielkiej mineralizacji ogólnej, zazwyczaj od kilku do 10 g/dm³, w północnej części monokliny do 50 g/dm³. Wody te charakteryzują się znaczną zawartością jodu oraz temperaturą sięgającą

40°C. Maksymalną wydajność ujęć, wynoszącą ponad 70 m³/h, uzyskano w rejonie Poznania. W kierunku południowym i południowo-wschodnim obserwuje się wyraźny spadek temperatury wód, ich mineralizacji oraz głębokości zalegania i miąższości warstw wodonośnych. W okolicach Kalisza i Częstochowy w utworach jury dolnej występują wody zwykłe lub słabo zmineralizowane o mineralizacji ogólnej do 3 g/dm³ (Paczyński, Płochniewski, 1996).

Utwory triasu tworzą trzy poziomy wodonośne, zasilane na obszarze bloku przedsudeckiego oraz w południowej części monokliny (Bojarski, Sadurski, 2000). Spośród utworów kajpru stosunkowo dobre właściwości hydrogeologiczne wykazują warstwy piaskowca trzciniowego, choć tylko w płytszej części basenu sedymentacyjnego. Z uwagi na słabą przepuszczalność oraz niską wodoprzewodność utworów wodonośnych wielkość dopływów wód do otworów szacuje się na kilka do kilkunastu m³/h (Paczyński, Płochniewski, 1996). Zróżnicowanymi parametrami zbiornikowymi charakteryzują się utwory wapienia muszlowego. Na znacznym obszarze są one bezwodne, jednak lokalnie, w miejscach o większej szczelinowatości ośrodka skalnego, dopływy wód do otworów mogą osiągać nawet kilkadziesiąt m³/h. W Trzebnicy (otw. Trzebnica IG-1) z warstw wapienia muszlowego uzyskano lecznicze wody termalne (32°C) typu SO₄-Cl-Ca-Na w ilości 9 m³/h, zaś w Wojnowie (otw. Wojnow W-1) wydajność ujęcia osiągnęła 45 m³/h przy temperaturze 33°C na wypływie. Pod względem chemicznym w utworach triasu i starszych, występują unikatowe w skali regionu wody typu SO₄-Cl i Cl-SO₄, charakterystyczne szczególnie dla południowej części monokliny. Spośród wszystkich poziomów triasu najkorzystniejsze własności zbiornikowe wykazują osady pstrego piaskowca. Głębokość zalegania stropu tych utworów wynosi od około 300 m w części południowej do ponad 2500 m w części północnej i północno-wschodniej monokliny. Warstwy wodonośne są zbudowane z pakietów piaskowców o różnej miąższości. Wydajność ujęć jest niska i nie przekracza zazwyczaj 10 m³/h. Mineralizacja wód wzrasta wraz z głębokością. Na południu regionu występują wody zwykłe lub słabo zmineralizowane (mineralizacja ogólna do 3 g/dm³), zaś na północy mineralizacja ogólna przekracza 300 g/dm³. Wody zbiornika dolnotriasowego monokliny przedsudeckiej cechują się podwyższonymi stężeniami jodu i kwasu metakrzemowego (Bojarski red., 1996). W centralnej części monokliny, w Trzebnicy, z głębszego horyzontu na głębokości ponad 1000 m, ujęto wody o temperaturze na wypływie z ujęcia 37°C typu Cl-Na-Ca i mineralizacji ogólnej 18 g/dm³. W położonym na północ od Trzebnicy otworze Sława IG-1 ze zbliżonej głębokości uzyskano dopływ wody o mineralizacji ogólnej

wynoszącej 196 g/dm³. W okolicach Poznania, w otworze Środa IG-2, mineralizacja ogólna wód wzrasta do 327 g/dm³ (Kiełczawa, 2010).

Utwory permu występują niemal na obszarze całej monokliny, z wyjątkiem jej południowo-wschodniej części oraz częściowo na peryklinie Żar. W ich obrębie poziomy wodonośne są związane z utworami dolomitu głównego (cechsztyń) oraz piaskowcami czerwonego spągowca. Osady cechsztyńskie zalegają na głębokości od 1000 do ponad 4000 m w północno-wschodniej części jednostki, będąc podstawowym poziomem roponośnym i drugorzędym (po permie dolnym) poziomem gazonośnym (Bojarski, Sadurski, 2000). Warstwy wodonośne osiągają sumaryczną miąższość do 50 m i charakteryzują się zmiennymi parametrami hydrogeologicznymi. Występujące w nich wody zalicza się do typu Cl-Na o wysokiej zawartości jodu (do 70 mg/dm³) oraz temperaturze przekraczającej 100°C. Mineralizacja ogólna wód zmienia się na ogół od kilkudziesięciu do ponad 300 g/dm³, w strefach dyslokacyjnych do 400 g/dm³ (Bojarski i in., 1979). Zróznicowanie parametrów kolektorskich w obrębie poziomów czerwonego spągowca jest ściśle związane z jego wykształceniem litologicznym. Relatywnie dobrymi własnościami zbiornikowymi cechują się utwory facji piaskowcowo-zlepieńcowej. Łączna miąższość warstw wodonośnych osiąga wartości od kilkunastu do około 200 m i tylko lokalnie, na zachód i północny-zachód od Poznania, dochodzi do 600 m. Występujące w tych utworach wody wykazują wysoką mineralizacją ogólną, wzrastającą wraz z głębokością, od 250 do 370 g/dm³. Na obszarze monokliny przedsudeckiej utwory czerwonego spągowca stanowią podstawowy zbiornik gazu ziemnego.

W obrębie monokliny przedsudeckiej udokumentowano trzy złoża wód podziemnych zaliczonych do kopalni (lecznicych wód termalnych) w miejscowościach Łągów Lubuski, Trzebnica i Wołczyn.

Region górnośląski (BV)

Spośród pozostałych jednostek prowincji region górnośląski charakteryzuje się znacznym przeobrażeniem naturalnych stosunków wodnych, wywołanym drenażem kopalnianym górotworu. Ponadto roboty górnicze powodują rozluźnienie ośrodka skalnego w zasięgu wpływu eksploatacji, zwiększając jego właściwości filtracyjne. Wskutek drenażu górniczego obniża się ciśnienie piezometryczne oraz następują zmiany kierunków i prędkości przepływu wód podziemnych (Rózkowski, 2001; Rózkowski, Rózkowski, 2011; Szczepański, Rózkowski, 2007). Między naturalnie izolowanymi warstwami wodonośnymi może tworzyć się sztuczna więź hydrauliczna. Następstwem przekształceń hydrodynamicznych masywu

skalnego są anomalie hydrochemiczne. Proces formowania się chemizmu wód podziemnych następuje w warunkach zmiennego oddziaływania czynników antropogenicznych, stąd na sąsiadujących ze sobą obszarach może występować znaczne zróżnicowanie mineralizacji wody oraz ich typów chemicznych (Labus, 2003; Rózkowski, 2008). Podstawowym czynnikiem antropogenicznym odpowiadającym za modyfikację naturalnej strefowości hydrochemicznej jest wspomniana eksploatacja górnicza. Jej efektem są zawały, spękania oraz odprężania górotworu, prowadzące do zwiększenia przepuszczalności skał, a także drenaż górotworu i łączenie różnych poziomów wodonośnych na skutek przerwania izolacji. Zmiany te umożliwiają mieszanie się słabiej zmineralizowanych wód poziomów kenozoicznych i mezozoicznych oraz wód technologicznych wprowadzanych do wyrobisk z silnie zmineralizowanymi wodami w utworach karbonu. Oprócz spadku mineralizacji wraz ze wzrostem głębokości obserwuje się mniejszą zawartość chlorków i wapnia, w miejsce których pojawiają się w wodach w większej ilości jony siarczanowe (Cl–Na–Ca → Cl–SO₄–Na).

Obecność wód zmineralizowanych stwierdzono niemal w całym profilu geologicznym. W utworach neogenu i paleozoiku (karbon, dewon, lokalnie kambr) wody te występują w strefach utrudnionej wymiany lub stagnacji hydrodynamicznej, natomiast w osadach triasu – w strefie aktywnej. Miąższość osadów kenozoicznych wzrasta z północy ku południowi. W części północnej regionu warstwy wodonośne są związane z osadami mioceńskiej serii chemicznej (głównie gipsami, anhydrytami i lokalnie solami), zaś na południu – z kompleksem utworów ilasto-mułowcowych przewarstwionych wkładkami piasków, piaskowców i mułków. Zróżnicowanie litologii przejawia się poziomą strefowością hydrochemiczną – w części północnej zapadliska występują wody siarczanowe i siarczanowo–chlorkowe, zaś w południowej wody chlorkowe. Mineralizacja ogólna wód wraz z głębokością wykazuje tendencję wzrostową: od kilkuset mg/dm³ po kilkadziesiąt g/dm³. Najkorzystniejsze parametry hydrauliczne obserwuje się w południowej części obszaru oraz w strefach wychodni utworów wodonośnych, gdzie stopień spękania skał wzrasta. W Krzeszowicach, w utworach miocenu, stwierdzono występowanie wód leczniczych typu SO₄–Ca–Mg,S o mineralizacji ogólnej 2,6–3,0 g/dm³.

Zawodnione utwory węglanowe triasu (wapienie i dolomity) występują lokalnie. W skałach tych stwierdzono zarówno wody zwykłe jak i nisko zmineralizowane, o mineralizacji ogólnej dochodzącej maksymalnie do 3 g/dm³, siarczanowe lub siarczanowo–wodorowęglanowe. W okolicy Lublińca, w utworach wapienia muszlowego, stwierdzono występowanie swoistych wód fluorkowych o zawartości fluoru w stężeniu około 2,0 mg/dm³.

Wydajność ujęć zafiltrowanych w osadach triasu osiąga kilkadziesiąt m³/h przy kilkunastometrowej depresji.

Zbiornik karboński jest zbudowany z występujących w sposób nieciągły skał piaskowcowo-iłowcowych z pokładami węgla kamiennego. Ośrodek skalny jest niejednorodny, a właściwości kolektorskie piaskowców są zróżnicowane. Wskutek diagenety wraz z głębokością maleje współczynnik filtracji, a piaskowce stają się utworami półprzepuszczalnymi lub praktycznie nieprzepuszczalnymi o przepływie szczelinowym. W obrębie zbiornika karbońskiego uwidacznia się wyraźna strefowość hydrochemiczna, związana z występowaniem w profilu dwóch genetycznie odmiennych typów wód. Obok słabo lub średnio zmineralizowanych wód współczesnej infiltracji stwierdzono tu wody reliktowe, najczęściej paleoinfiltracyjne, różnych cykli hydrogeologicznych o mineralizacji ogólnej maksymalnie przekraczającej 370 g/dm³ (Szczepański, Rózkowski, 2007) i zawartość fluoru oraz jodu w stężeniach powyżej progowych wartości farmakodynamicznych. Wysoko zmineralizowane wody chlorkowe wykazują również podwyższoną promieniotwórczość. Strefa przejściowa, powstała między tymi rodzajami wód, jest rezultatem ich wzajemnego mieszania się. Naturalne warunki hydrodynamiczne i hydrochemiczne zbiornika karbońskiego są modyfikowane wskutek drenażu prowadzonego w związku z odwadnianiem kopalń. Wydajność otworów drenujących omawiany zbiornik wynosi od kilku do kilkadziesiąt m³/h przy depresji rzędu kilkadziesiąt metrów. Temperatura wód w utworach karbonu produktywnego wzrasta wraz z głębokością, osiągając wartości w granicach od 25 do ponad 80°C. W warunkach naturalnych wody te występują na ogół w strefie stagnacji hydrodynamicznej, a ich zasoby są nieodnawialne. W rejonach działalności górniczej obecność wód zmineralizowanych jest związana zarówno ze strefą utrudnionej wymiany, jak i strefą stagnacji.

W dolomitach i wapieniach karbonu dolnego oraz dewonu górnego i środkowego, a także klastycznych osadach dewonu dolnego i kambru, stwierdzono wody o silnie przeobrażonym składzie chemicznym, występujące w środowisku redukcyjnym, typu Cl–Na oraz Cl–Na–Ca i mineralizacji ogólnej 110–220 g/dm³. Wody te charakteryzują się podwyższonymi stężeniami jodu i żelaza.

W zapadlisku górnośląskim dotychczas udokumentowano jedno złożo wód leczniczych w Krzeszowicach.

4.2.3. Prowincja sudecka (C)

Prowincja sudecka, obejmująca region sudecki oraz bloku przedsudeckiego, jest obszarem szczególnym pod względem występowania złóż wód leczniczych i termalnych. W złożach tych, często położonych w niewielkiej odległości od siebie, stwierdzono zróżnicowane warunki hydrodynamiczne, a występujące w nich wody odznaczają się odmiennym składem chemicznym. Zasadnicze znaczenie w kształtowaniu warunków hydrogeologicznych w Sudetach odgrywa złożona budowa geologiczna (tzw. budowa mozaikowa) odpowiedzialna za zróżnicowanie obszaru pod względem litologii i wykształcenia facjalnego oraz stopnia diagenety budujących go formacji skalnych, a także zaangażowania tektonicznego. Omawiany obszar wyróżnia się na tle pozostałych prowincji tektoniką blokową oraz silnie rozwiniętą siecią spękań i stref nieciągłości. Bloki te są utworzone ze zmetamorfizowanych w różnym stopniu przedpermskich skał wulkaniczno-osadowych i magmowych, na których w nieckach śródsudeckiej i zewnętrznosudeckiej zalegają skały osadowe młodszego paleozoiku i mezozoiku, a na obszarze bloku przedsudeckiego dodatkowo utwory kenozoiczne. Spękania górotworu tworzą połączone systemy szczelin umożliwiających krążenie wód podziemnych na znacznych głębokościach, rzędu 2000 m (Ciężkowski, 1990; Dowgiałło, Fistek, 2007). W obrębie prowincji wydziela się kilka zróżnicowanych głębokościowo stref wodonośnych, nie tworzących izolowanych zbiorników, lecz wzajemnie połączony, wielostrefowy układ hydrodynamiczny. Warstwy wodonośne mają tu przeważnie charakter szczelinowy i szczelinowo-porowy, a ich właściwości filtracyjne, spadek hydrauliczny i układ ciśnień piezometrycznych zależy przede wszystkim od zaangażowania tektonicznego rejonu i wykształcenia litofacjalnego utworów zawodnionych. Wody szczelinowe są związane głównie ze skałami krystalicznymi (granity, gnejsy), natomiast zbiorniki szczelinowo-porowe utworzyły się w obrębie utworów osadowych, głównie piaskowców. Dzięki rozległym strefom uskokowym oraz szczelinowatości skał, wody lecznicze i termalne wypływają zazwyczaj samoczynnie w postaci źródeł lub są eksploatowane za pomocą otworów wiertniczych, często z samowypływem (Ciężkowski i in., 2016a). Strefami drenażu, zarówno dla lokalnych, jak i regionalnych systemów przepływu są struktury obniżone, takie jak: niecki, synkliny, rowy i zapadliska (Staśko, Michniewicz, 2007). W obrębie bloku przedsudeckiego wody zmineralizowane i termalne występują w utworach proterozoiczno-paleozoicznych. Istotne znaczenie dla warunków występowania wód podziemnych na tym obszarze mają kompleksy metamorficznych skał prekambryjskich i staropaleozoicznych, intruzje waryscyjskie oraz

głębokie struktury dysjunktywne. Obecność wód jest tu związana głównie z rejonami obniżen podłoża krystalicznego, wypełnionych osadami kenozoicznymi (Przylibski red., 2007). Elewacje strukturalne, zręby i wyniesienia, charakteryzują się niewielką zasobnością, w przeciwieństwie do niecek i rowów tektonicznych, wypełnionych głównie utworami neogenu.

Obecność głębokich rozłamów tektonicznych umożliwia migrację juwenilnego dwutlenku węgla, który rozpuszcza się w krążących wodach, a także pozwala na ogrzanie się wód. W prowincji sudeckiej wyróżnia się trzy podstawowe rodzaje wód: szczawy i wody kwasowęglowe (często żelaziste), wody termalne (na ogół fluorkowe, krzemowe) oraz unikatowe na innych obszarach kraju wody radonowe. Poza wymienionymi rodzajami lokalnie stwierdzono także wody siarczkowe. Charakterystyczną cechą prowincji sudeckiej jest występowanie mieszanin wyżej wymienionych rodzajów wód, tworzących wody o złożonym składzie chemicznym, jak również niemal całkowity (z wyjątkiem niecki zewnętrznosudeckiej) brak wód chlorkowych (Ciężkowski, 1990; Paczyński, Płochniewski, 1996). Wody podziemne zaliczone do kopalin zazwyczaj reprezentują typ $\text{HCO}_3\text{-Ca-(Mg)-(Na)}$ oraz $\text{HCO}_3\text{-Na-(Ca)-(Mg)}$, miejscami pojawiają się również wody typu $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Na-Ca}$ lub $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca-Na-(Mg)}$. Cechą wspólną wód sudeckich jest na ogół ich bardzo niska mineralizacja, związana ze słabo rozpuszczalnymi skałami krystalicznymi. Wśród wód leczniczych są spotykane wody o mineralizacji ogólnej poniżej 1 g/dm^3 . W obrębie masywu krystalicznego strefa wód o mineralizacji ogólnej poniżej 1 g/dm^3 może sięgać w głąb górotworu do około 800 m. Częstym zjawiskiem jest też współwystępowanie wód zwykłych z wodami leczniczymi (Ciężkowski, 1990; Przylibski, 2005). Wody o największej mineralizacji udokumentowano w Zdrojowisku w regionie sudeckim (mineralizacja ogólna $19,2 \text{ g/dm}^3$) oraz w Grabinie w regionie bloku przedsudeckiego (mineralizacja ogólna $9,6 \text{ g/dm}^3$).

Badania izotopowe wód leczniczych i termalnych Sudetów wskazują na ich infiltracyjne pochodzenie, choć „wiek” wód jest zróżnicowany. Najkrócej w ośrodku skalnym przebywają wody radonowe płytkiego krążenia, dla których średni czas przepływu wynosi od około roku do kilku lat. Dla większości szczaw czas przepływu określono na dziesiątki lub setki lat, natomiast wody termalne Jeleniej Góry-Cieplic i Łącka-Zdroju charakteryzują się średnim czasem przepływu rzędu kilku tysięcy lat.

Lokalizację złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin przedstawiono na fig. 4.7.

Region sudecki (CI)

Podstawowe znaczenie w procesie formowania się sudeckich szczaw i wód kwasowęglowych odgrywają rozległe strefy dyslokacyjne, wyprowadzające z dużych głębokości dwutlenek węgla, nasycający wody podziemne pochodzenia infiltracyjnego. Gaz ten nadaje wodom charakter agresywny w stosunku do otaczających skał, co prowadzi do wzrostu ich mineralizacji. W Sudetach wody zawierające wolny dwutlenek węgla występują w subregionie śródsudeckim (obszar kłodzki i obszar wałbrzyski) (Paczyński, Płochniewski, 1996; Przylibski, 2005). Na Ziemi Kłodzkiej szczawy i wody kwasowęglowe występują w rowie Nysy Kłodzkiej (Polanica-Zdrój, Stary Wielisław Dolny, Gorzanów, Szalejów Górny, Krosnowice, Stara Łomnica). Poziomem wodonośnym są tu silnie spękane piaskowce kredy górnej, zasilane infiltracyjnie na wychodniach rozciągających się na obrzeżach rowu Nysy Kłodzkiej. Pod względem chemicznym wody te zalicza się do typu $\text{HCO}_3\text{-Ca-(Na)}$ o mineralizacji ogólnej wynoszącej od 0,3 do 2,7 g/dm³. Wystąpienia szczaw są znane także z obszaru metamorfiku Gór Bystrzyckich (Duszniki-Zdrój, Bobrowniki – źródła Maria i Teresa, Szczytna – otw. nr 3, Nowa Łomnica – źródła Dolne i Górne, Szczawina, Nowa Bystrzyca – źródło, Długopole-Zdrój), gdzie krążą w spękanych gnejsach i łupkach łyszczykowych. Wody te należą przeważnie do typu $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ lub $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na-(Mg)}$, a ich mineralizacja ogólna wynosi 0,2–2,7 g/dm³. W synklinie Kudowy wody lecznicze z dwutlenkiem węgla udokumentowano w Kudowie-Zdroju i Jeleniowie. W tym przypadku poziomy wodonośne są zbudowane z osadów kredy górnej, podścielonych utworami karbonu i permu o niewielkiej miąższości. Proces formowania się szczaw sudeckich zachodzi zarówno w obrębie podłoża krystalicznego, gdzie wody te wzbogacają się w składniki specyficzne i sód, jak i w skałach osadowych, z których wypłukiwane są jony wapniowe. Mineralizacja ogólna wód leczniczych omawianego obszaru wynosi od 1,1 do 6,0 g/dm³.

W rejonie wałbrzyskim szczawy krążą w skałach osadowych karbonu, zwłaszcza w strefach zaangażowanych tektonicznie, w rejonach intruzji porfirowych (Jedlina-Zdrój, Stare Rochowice, Stare Bogaczowice, Szczawno-Zdrój). Są to przeważnie wody typu $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na-(Mg)}$ o mineralizacji ogólnej w przedziale 0,6–6,7 g/dm³. Wyjątek stanowią wody typu $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na-Ca}$ (tzw. wody glauberskie) ujęte w Starych Rochowicach. W rejonie izerskim występowanie wód zawierających wolny dwutlenek węgla jest związane z krzyżującymi się strefami uskokowymi w obrębie prekambryjskich granitognejsów (Czerniawa-Zdrój, Świeradów-Zdrój). Wody te charakteryzują się typem $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ i mineralizacją ogólną od 0,2 do ponad 3,0 g/dm³. Charakterystyczna dla szczaw omawianego

rejonu jest powszechna zawartość w nich radonu, wynikająca z mieszania się wód zawierających CO₂ z występującymi tuż pod powierzchnią ziemi wodami radonowymi.

Wody radonowe w Sudetach występują dość powszechnie (Przylibski, 2005). Ich obecność jest związana ze skałami krystalicznymi. Gaz ten w największych ilościach występuje głównie w słabo zmineralizowanych wodach płytkiego krążenia. Spotyka się go też w szczawach i wodach siarczkowych wskutek mieszania się płytkich wód radonowych z wodami głębokiego krążenia o podwyższonej mineralizacji i zawartości innych składników swoistych. Maksymalne stężenia radonu (2005 Bq/dm³) w wodach prowincji sudeckiej stwierdzono w Świeradowie-Zdroju. Obszary zasilania wód radonowych są zazwyczaj mniejsze niż obszary zasilania innych wód leczniczych i ograniczone do bezpośredniego otoczenia strefy drenażu. Wody radonowe zaliczone do leczniczych lub termalnych zostały udokumentowane w: Łądku-Zdroju, Czarniawie-Zdroju, Świeradowie-Zdroju, Sosnówce, Jeleniej Górze-Cieplicach, Jedlinie-Zdroju, Karpnikach, Staniszowie, Długopole-Zdroju, Szczawinie i Szczawnie-Zdroju. Ponadto w dużym nagromadzeniu ich wypływy występują w rejonie masywu Śnieżnika i w okolicy Kowar (np. źródło nr 26) oraz Szklarskiej Poręby (np. źródło nr 5).

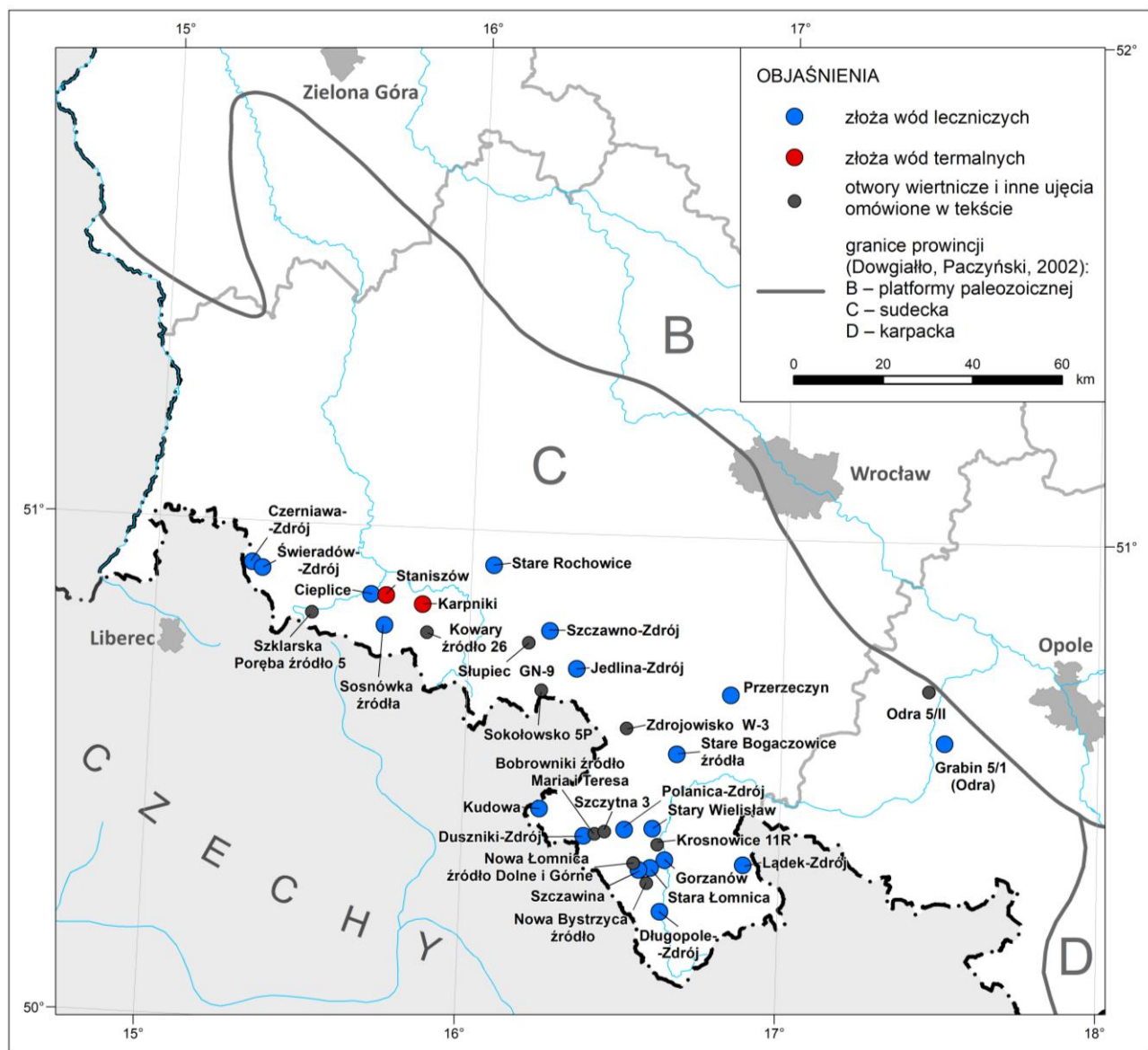


Fig. 4.7. Lokalizacja złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin w prowincji sudeckiej

Głęboka infiltracja wód opadowych w obrębie masywu krystalicznego stwarza dogodne warunki dla ich ogrzania, efektem czego są szczególnie korzystne warunki geotermiczne na obszarze regionu sudeckiego. Głębokość przepływu wód termalnych Sudetów oszacowano na podstawie średniego gradientu geotermicznego, wynoszącego około $2,5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, na co najmniej 2500–3000 m, a w okolicach Łądka-Zdroju na ponad 4000 m (Ciężkowski i in., 2011). W Sudetach wody termalne zostały stwierdzone w Stanisławowie i Karpnikach. Temperatura na wypływie z ujęć wynosi odpowiednio 37°C i 56°C . Podwyższoną temperaturę mają też wody lecznicze Dusznik-Zdroju (temperatura wody na wypływie z ujęcia GT-1 wynosi 36°C), Łądka-Zdroju (maksymalna temperatura na wypływie z poszczególnych ujęć 45°C) oraz Jeleniej Górze-Cieplicach, gdzie stwierdzono dotychczas najwyższą temperaturę wód podziemnych w Sudetach ($87,8^{\circ}\text{C}$ na wypływie z ujęcia). Z uwagi na specyficzne warunki formowania się i występowania wód termalnych w obrębie prowincji sudeckiej wyznaczony został sudecki region geotermiczny (Dowgiałło, 2001).

Ponadto w regionie występują punktowo wody swoiste, na przykład fluorkowe (otw. Słupiec GN-9, Sokołowsko 5P) oraz jodkowe i żelaziste (otw. Zdrojowisko W-3).

Z uwagi na styl budowy geologicznej rozpoznanie warunków występowania wód leczniczych i termalnych w Sudetach ma charakter punktowy, zazwyczaj ograniczony do stref drenażu. Jak dotąd w regionie sudeckim udokumentowano 19 złóż: 17 złóż wód leczniczych (Jelenia Góra-Cieplice, Czerniawa-Zdrój, Długopole-Zdrój, Duszniki-Zdrój, Gorzanów, Jedlina-Zdrój, Kudowa, Łądek-Zdrój, Polanica-Zdrój, Sosnówka, Stara Łomnica, Stare Bogaczowice, Stare Rochowice, Stary Wielisław, Szczawina, Szczawno-Zdrój, Świeradów-Zdrój) i 2 złoża wód termalnych (Karpniki, Stanisłów).

Region bloku przedsudeckiego (CII)

W obrębie bloku przedsudeckiego wody lecznicze występują jedynie w dwóch złożach, w Grabinie koło Niemodlina oraz w Przerzeczynie-Zdroju. W Grabinie, z zaburzonych tektonicznie paragenez, zalegających pod pokrywą osadową zbudowaną z utworów kredy, ujęto unikatowe w skali kraju termalne szczawy. Pod względem chemicznym są to wody typu $\text{HCO}_3\text{-Na-Mg,Si}$ o mineralizacji ogólnej około 9 g/dm^3 i temperaturze na wypływie z ujęcia wynoszącej $31,4^{\circ}\text{C}$ (Przylibski, 2005; Przylibski red., 2007; Ciężkowski i in., 2011). W Przerzeczynie-Zdroju natomiast występują niskozmineralizowane wody radonowe i siarczkowe typu $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ (Dowgiałło, Fistek, 2007; Przylibski red., 2007). Ich kolektorem są spękane, staropaleozoiczne granodioryty, serpentyny oraz gnejsy znajdujące się w strefie dyslokacji Niemczy (Dowgiałło, Fistek,

2007; Przylibski red., 2007). Obecność skał krystalicznych odpowiada za obecność w wodach radonu, natomiast źródłem siarkowodoru jest rozproszony piryt. Wody o podwyższonej mineralizacji ogólnej (1224–1690 mg/dm³) nawiercono także we Wrocławiu (Leśnica) i Osieku Grodkowskim – otw. Odra 5/II (3762 mg/dm³). W tym ostatnim przypadku wody zawierają także dwutlenek węgla w stężeniu pozwalający zaliczyć je do wód kwasowęglowych. W Trzebini pod Prudnikiem ujęto z kolei wody żelaziste o mineralizacji ogólnej 820 mg/dm³.

4.2.4. Prowincja karpacka (D)

Warunki występowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin w obrębie prowincji karpackiej, podobnie jak w Sudetach, charakteryzują się znacznym zróżnicowaniem wskutek wyjątkowo urozmaiconej budowy geologicznej poszczególnych regionów oraz silnego zaangażowania tektonicznego omawianego obszaru. Wody te występują niemal w całej prowincji, z wyjątkiem pienińskiego pasa skałkowego i Tatr (fig. 4.8). W Karpatkach zewnętrznych są to głównie szczawy i wody kwasowęglowe oraz wody chlorkowe, w niecce podhalańskiej wody termalne, natomiast w zapadlisku przedkarpackim wody siarczkowe.

Region zapadliska przedkarpackiego (DI)

Decydujące znaczenie w kształtowaniu warunków hydrogeologicznych zapadliska przedkarpackiego odgrywa blokowo-fałdowy styl budowy geologicznej. Liczne spękania w strefach uskokowych i inne nieciągłości tektoniczne stanowią dogodne drogi migracji dla wód podziemnych oraz stwarzają warunki mieszania się wód z różnych warstw wodonośnych, zawierających różne składowe genetyczne. W związku z powyższym wody lecznicze, termalne i solanki charakteryzują się różnorodnością typów chemicznych oraz złożoną genezą. Wody zmineralizowane zapadliska są związane z utworami miocenu, kredy, jury, karbonu oraz dewonu (Chowaniec i in., 2007). Wody siarczkowe występują przede wszystkim w utworach miocenu, wykształconych jako piaski, piaskowce i wapień oraz ewaporaty gipsowo-solne, sole kamienne oraz anhydryty (Paczyński, Płochniewski, 1996). Wzdłuż północnej granicy zasięgu utworów miocenu wody siarczkowe występują płytko, na głębokości około 20–40 m. Ich złoża udokumentowano w Krakowie (Łagiewniki, Mateczny, Swoszowice, Opatkowice) oraz w Krzeszowicach, Latoszynie i Lusinie. Mineralizacja ogólna tamtejszych wód dochodzi do 4 g/dm³, zaś w Opatkowicach przekracza 7 g/dm³. Wody siarczkowe są znane także m.in. z otworów Długołęka P-6 i Jeziórko 0-238.

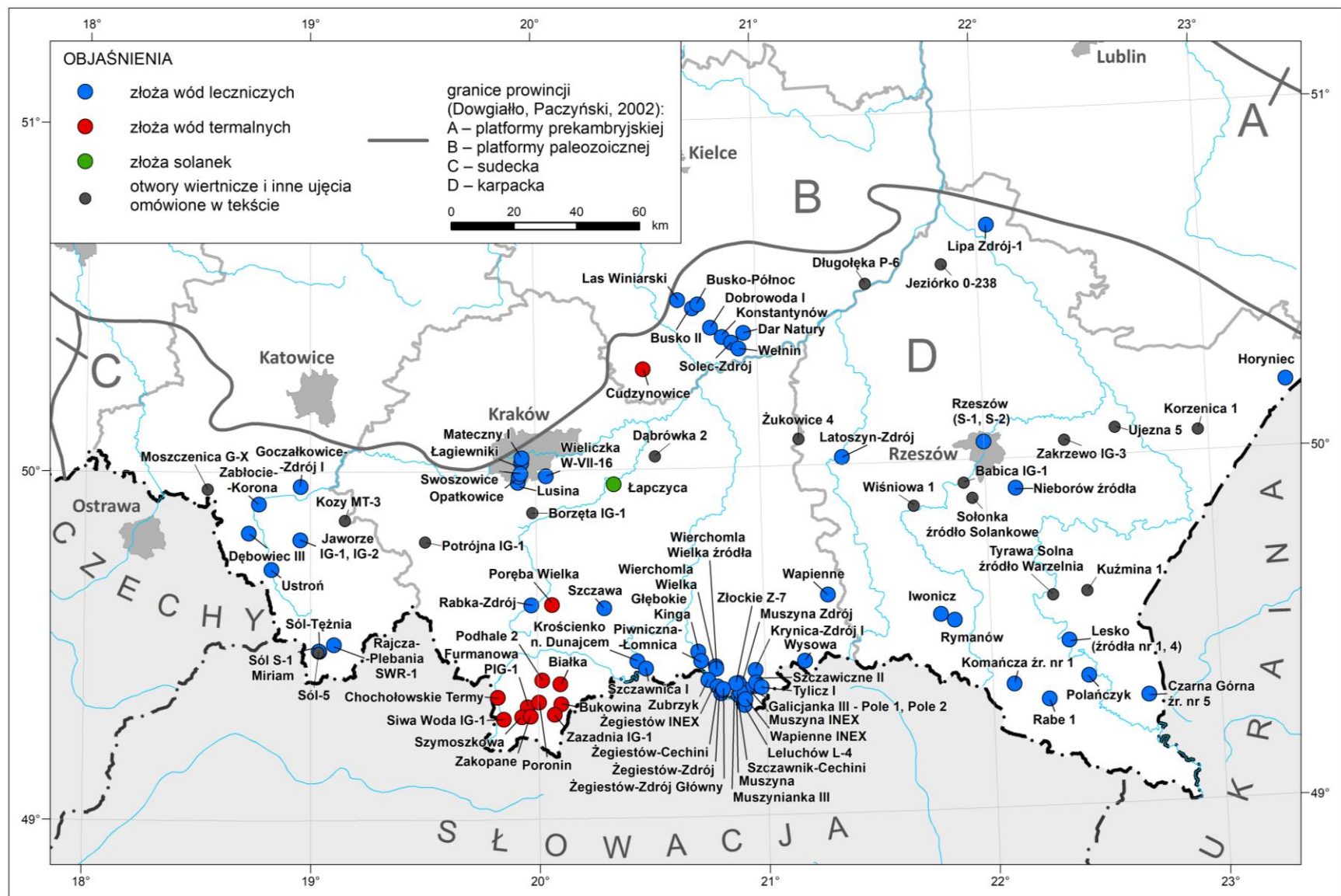


Fig. 4.8. Lokalizacja złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin w prowincji karpackiej

W południowej części zapadliska dominują silnie zmineralizowane wody typu Cl–Na lub Cl–Na–Ca związane z warstwami dębowieckimi oraz piaszczysto-mułkowymi poziomami badenu dolnego. Wody te charakteryzują się wysoką mineralizacją ogólną, osiągająca miejscami ponad 150 g/dm^3 oraz wysoką zawartością jodu, niekiedy o znaczeniu przemysłowym (Chowaniec i in., 2007). Wody tego typu zostały ujęte w Dębowcu, Zabłociu, Wieliczce, Rzeszowie oraz Łapczycy, gdzie zostały zaliczone do solanek. Stwierdzono je także w wielu otworach wiertniczych, m.in. Ujezna 5. Pod względem genetycznym są to zachowane morskie wody sedymentacyjne o znacznie przetworzonym składzie chemicznym, przede wszystkim wskutek redukcji siarczanów. Ich zasolenie jest bliskie wodzie morskiej lub większe, co jest spowodowane ultrafiltracją zachodzącą przy kompaktacji i/lub wskutek wtórnego rozpuszczania soli (Chowaniec i in., 2007; Dowgiałło, 2007a).

W obrębie piętra kredowego wody lecznicze występują przede wszystkim w górnokredowych, spękanych piaskowcach cenomanu, w mniejszym stopniu wapieniach i marglach senonu, tworzących poziom wodonośny na głębokości od kilkudziesięciu do kilkuset metrów. W omawianym poziomie występują wody typu Cl–Na,S,I. Miąższość warstw wodonośnych cenomanu w centralnej części zapadliska osiąga ponad 100 m. Typowe dla tej strefy basenu są powszechnie panujące warunki artezyjskie. Mineralizacja ogólna wód w stropie zbiornika wynosi najczęściej kilkadziesiąt g/dm^3 , przy czym w strefie nasunięcia obserwuje się jej wzrost do ponad 150 g/dm^3 . Wody siarczkowe najliczniej występują w okolicach Buska-Zdroju i Solca-Zdroju. Ich mineralizacja ogólna dochodzi tam do 22 g/dm^3 , a zawartość H_2S w wodach mieści się w przedziale od kilku–kilkunastu do kilkuset mg/dm^3 . W Busku-Zdroju oraz w Cudzynowicach koło Kazimierzy Wielkiej wody siarczkowe odznaczają się podwyższoną temperaturą na wypływie z ujęć, wynoszącą $26\text{--}28^\circ\text{C}$. Lecznicze wody siarczkowe rozpoznane w pasie od Chęcina po Kazimierz Wielką tworzą dwa systemy krążenia (Zardzewiały, 2017). Pochodzenie wód płytszego systemu należy wiązać z okresem ostatniego interglacjału lub interstadiału oraz zasilaniem z odległego obszaru. Wody głębszego krążenia są natomiast związane są z infiltracją w ciepłym klimacie przedplejstoceniowym, panującym po ostatniej transgresji morskiej w miocenie, bądź też są rezultatem mieszania się wód infiltrujących w pliocenie z morskimi wodami sedymentacyjnymi. Zasadnicze formowanie się składu chemicznego wód siarczkowych tego obszaru zachodzi w obrębie osadów węglanowych kredy górnej, w mniejszym stopniu jury, a także w utworach gipsowych stanowiących ich nadkład. Główne składniki wód leczniczych pochodzą z procesów rozpuszczania skał nieistniejącej już facji solnej, siarczanowej oraz węglanowej, dodatkowo także wskutek procesów wymiany jonowej z minerałami ilastymi.

Zasoby tych wód są prawdopodobnie nieodnawialne, jednak aspekt ten w dalszym ciągu jest przedmiotem badań (Lisik, Szczepański, 2014, 2018; Dendys, 2018; Gałuski i in., 2018). Występowanie siarkowodoru w wodach podziemnych jest efektem bakteryjnej redukcji minerałów siarczanowych w obecności materii organicznej (Dowgiałło, 2007a). W utworach kredowych występują także wody chlorkowe pozbawione siarkowodoru (np. w otw. Dąbrówka 2, Żukowice 4).

W obrębie piętra jurajskiego, zbudowanego z wapieni i margli, występują wody typu Cl-Na. W zbiorniku panują zróżnicowane warunki przepływu wód, co jest związane z obecnością zjawisk krasowych oraz znacznym zaangażowaniem tektonicznym obszaru. Miąższość utworów wodonośnych jest duża i w centralnej części basenu przekracza 500 m. Mineralizacja ogólna wód w płytko zalegających osadach jurajskich wschodniej części zapadliska wynosi od kilku do kilkudziesięciu g/dm^3 i wzrasta do ponad 100 g/dm^3 pod nasunięciem karpackim. W Busku-Zdroju zbiornik górnourajski występuje na głębokości kilkuset metrów. Ujęte wody charakteryzują się typem Cl-Na,I,(F),(Fe) oraz mineralizacją ogólną w zakresie $22\text{--}72 \text{ g/dm}^3$. W Welninie z utworów jury górnej ujęto wody o mineralizacji ogólnej od 29 do 38 g/dm^3 i wysokiej zawartości związków siarki. Szczególnie wysokie stężenie siarki (II), osiągające 960 mg/dm^3 , stwierdzono w otworze Welnin W-2 (Lipiec, Wiktorowicz, 2015).

Utwory karbonu w obrębie zapadliska przedkarpackiego zawierają wysoko zmineralizowane wody Cl-Na o podwyższonym stężeniu jodu. Ich mineralizacja ogólna zmienia się w szerokich granicach, od kilkunastu do 250 g/dm^3 . Parametry hydrogeologiczne zbiornika karbońskiego nie są korzystne. Notowana wydajność otworów jest niska, tylko sporadycznie przekracza $10 \text{ m}^3/\text{h}$, a odpowiadająca jej depresja wynosi na ogół kilkadziesiąt metrów. W Goczałkowicach-Zdroju wody lecznicze są eksploatowane z utworów karbonu górnego. Piętro wodonośne tworzą piaskowce występujące wśród iłowców, mułowców i pokładów węgla. Ujęte wody to solanki typu Cl-Na,I,Fe o mineralizacji ogólnej sięgającej około 78 g/dm^3 . Wody chlorkowe tego typu stwierdzono także m.in. w otworach wiertniczych Moszczenica G-X i Kozy MT-3. Starsze piętra wodonośne, ze względu na małe zawodnienie i znaczną głębokość zalegania, nie mają znaczenia praktycznego i nie są ujmowane. Pod względem chemicznym wody te mają zbliżony skład do wód z poziomu mioceńskiego. Są to wody meteoryczne, które infiltrowały w okresie gorącego i suchego klimatu podczas okresowych, obfitych opadów, głównie w permie. Ich zasolenie pochodzi przede wszystkim z ługowania wietrzejących skał oraz wynika z długotrwałej ultrafiltracji. Wody te stwierdzono m.in. w otworach wiertniczych Zakrzewo IG-3 (dewon) i Korzenica 1 (prekambr).

W obrębie zapadliska przedkarpackiego wody podziemne zaliczone do kopalin występują w złożach:

- wody lecznicze: Busko II, Busko-Północ, Dar Natury, Dębowiec III, Dobrowoda I, Goczałkowice-Zdrój I, Horyniec, Konstantynów, Las Winiarski, Latoszyn-Zdrój, Lipa-Zdrój I, Lusina, Łagiewniki, Mateczny I, Nieborów źródła, Opatkowice, Rzeszów, Solec-Zdrój, Swoszowice, Welmin, Wieliczka W-VII-16 i Zabłocie-Korona;
- wody termalne: Cudzynowice;
- solanki: Łapczyca.

Region zewnętrznokarpacki (DII)

Spośród wszystkich regionów prowincji karpackiej największym bogactwem wód leczniczych odznaczają się Karpaty zewnętrzne. Dotychczas udokumentowano tu 40 złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin, w tym 39 złóż wód leczniczych i 1 złożę wód termalnych. Powszechnie występują tu wody typu Cl-Na,I, a w niektórych obszarach cenione w lecznictwie uzdrowiskowym i przemyśle rozlewniczym szczawy i wody kwasowęglowe. Dość często spotyka się tu również wody siarczkowe, głównie w postaci naturalnych, niezagospodarowanych wypływów. Wody zawierające CO₂ oraz wody siarczkowe zazwyczaj spotyka się na niewielkiej głębokości, w strefie przypowierzchniowej, gdzie współwystępują ze zwykłymi wodami podziemnymi.

Zbiornikiem wód zmineralizowanych i swoistych w obrębie omawianego regionu jest miąższy kompleks fliszu łupkowo-piaskowcowego. W mniejszym stopniu wody te występują również w podłożu nasunięcia Karpat – w paleozoicznych osadach dewonu i karbonu. Zasadniczą rolę w kształtowaniu warunków hydrogeologicznych Karpat fliszowych odgrywa silnie rozwinięta sieć spękań i szczelin, powstała wskutek ruchów górotwórczych. Warunki krążenia wód dodatkowo komplikują zaburzenia tektoniczne typu fałdowego i uskokowego. Uskoki te stanowią drogi migracji infiltrujących wód podziemnych oraz umożliwiają przedostawanie się endogenicznego dwutlenku węgla ku powierzchni ziemi. Niekiedy jednak mogą mieć charakter nieprzepuszczalnych barier (Rajchel, 2012). Wraz ze wzrostem głębokości obserwuje się zaciskanie szczelin, utrudniające przepływ i wymianę wód. Na obszarze fliszu karpackiego głębokość strefy aktywnego krążenia wód została określona na około 60 m, maksymalnie 80–100 m w obrębie gruboławicowych piaskowców magurskich. Poniżej tej granicy przepływ wód jest możliwy jedynie w strefach dyslokacji tektonicznych (Małecka, Murzynowski, 1978; Małecka i in., 2007; Chowaniec, 2009). Na podstawie dotychczasowego rozpoznania można uznać, iż zawodnienie masywu w głównej mierze jest

uwarunkowane stopniem zeszcelinowacenia, w mniejszym zaś stopniu porowatością ośrodka skalnego, dlatego też zewnętrzno-karpacki system wodonośny określa się jako szczelinowo-porowy. Generalizując skały fliszowe należą do utworów półprzepuszczalnych, a lokalnie – w miejscach zbudowanych głównie z łupków – do słabo lub praktycznie nieprzepuszczalnych, co przekłada się na niskie wydajności eksploatacyjne ujęć (Hajto, 2011).

Zasilanie wód podziemnych na obszarze Karpat zewnętrznych odbywa się bezpośrednio przez infiltrację opadów atmosferycznych. Wody te przesiąkają przez zwietrzelinę, a także poprzez sieć przypowierzchniowych szczelin wietrzeniowych i tektonicznych (Kleczkowski, 1979). Podrzednie zasilanie odbywa się również w wyniku infiltracji wód powierzchniowych oraz dopływu wód z głębszych stref krążenia. Przepływ wód podziemnych odbywa się w kierunku dolin rzecznych, stanowiących regionalne bazy drenażu. Lokalnie warstwy wodonośne są drenowane przez potoki bądź źródła (Chowaniec, 2009).

Złożona, płaszczowinowo-nasuwcza budowa geologiczna Karpat fliszowych warunkuje powstawanie wód monogenicznych, jak i poligenicznych o zróżnicowanym składzie chemicznym oraz urozmaiconej genezie. Objawia się to pionową i poziomą strefowością ich występowania. Karpackie wody lecznicze charakteryzuje ponadto współwystępowanie z wodami zwykłymi, często w płytkich warstwach wodonośnych (m.in. w dolinie Popradu). Na podstawie zróżnicowanych genetycznie typów wód wyróżnia się tu trzy strefy hydrochemiczne (fig. 4.2): centralną (A), przejściową (B) oraz brzeżną (C). W pierwszych dwóch występują szczawy i wody kwasowęglowe, natomiast w trzeciej przede wszystkim wysoko zmineralizowane wody chlorkowe (Węclawik, 1991; Chowaniec, 2009).

Strefa centralna obejmuje obszar dorzecza Popradu od Tylicza po Głębokie i jest związana z przypowierzchniowym występowaniem szczaw zwykłych pochodzenia infiltracyjnego. Zazwyczaj są to wody o niskiej mineralizacji ogólnej, mieszczącej się w przedziale od 0,6 do 6,0 g/dm³, z przewagą jonu wodorowęglanowego wśród anionów oraz jonów wapniowego i magnezowego wśród kationów, tj. o typie chemicznym HCO₃-Ca-(Mg). Wody te często zawierają także inne składniki swoiste w stężeniach farmakodynamicznie czynnych, na przykład żelazo dwuwartościowe i kwas metakrzemowy. Dwutlenek węgla występuje w ilości od około 0,3 do niespełna 3,0 g/dm³. Na podstawie badań izotopowych stwierdzono, że gaz ten w zdecydowanej większości powstał wskutek metamorfizmu skał węglanowych występujących w głębokim podłożu fliszu (Ciężkowski i in., 2002; Chowaniec, 2009). W strefie centralnej szczawy proste rozpoznano

w miejscowościach: Głębokie, Piwniczna-Zdrój, Łomnica-Zdrój, Wierchomla Wielka, Zubrzyk, Żegiestów-Zdrój, Andrzejówka, Milik, Muszyna, Złockie, Szczawnik, Leluchów, Jastrzębik, Powroźnik, Wojkowa, Tylicz i Krynica-Zdrój. Wody te wypływają samoczynnie w postaci źródeł, jak również ujmowane są otworami eksploatacyjnymi, których głębokość zazwyczaj nie przekracza 200 m.

W strefie przejściowej występują szczawy chlorkowe (złożone) typu $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na-(Ca)}$ o mineralizacji ogólnej w granicach od 1,0 do 28,0 g/dm^3 . Wody te często zawierają także jodki oraz żelazo dwuwartościowe w ilościach farmakodynamicznie czynnych. Stosunkowo płytkie występowanie szczaw chlorkowych wiąże się z ascenzyjnym dopływem wód dehydratacyjnych głębszego krążenia, mieszających się blisko powierzchni z wodami infiltracyjnymi. Wody te są drenowane przez źródła i studnie, także wyrobiska górnicze (szyby, sztolnie i chodniki) w Szczawie, Szczawnicy, Krościenku nad Dunajcem oraz Wysowej-Zdroju (Chowaniec, 2009; Felter i in., 2015a). Szczawy chlorkowe charakteryzujące się unikalnym składem chemicznym, tzw. zuber, rozpoznano m.in. w Krynicy-Zdroju i Zubrzyku. W Krynicy-Zdroju głębokimi otworami wiertniczymi Zuber I-IV ujęto wody typu $\text{HCO}_3\text{-Na}$ z zawartością jodków powyżej 1 mg/dm^3 o mineralizacji ogólnej od 21,7 do 27,0 g/dm^3 . Mieszanie się poszczególnych składowych genetycznych wód, dehydratacyjnej z infiltracyjną, zachodzi w tym przypadku na głębokości kilkuset metrów w warunkach wolnego przepływu i dużych ciśnień dwutlenku węgla (Zuber red., 2007; Chowaniec, 2009). W obrębie płaszczowiny śląskiej (Iwonicz-Zdrój, Rymanów-Zdrój) obecność szczaw chlorkowych jest związana ze złożami ropy naftowej. Są to wody głębszego krążenia, stanowiące mieszaninę wód infiltracyjnych oraz wód synsedymencyjnych i dehydratacyjnych (Porowski, 2006). Reprezentują one typ $\text{Cl-HCO}_3\text{-Na}$ oraz $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na}$, a ich mineralizacja ogólna wynosi od 3,0 do 26,0 g/dm^3 . W porównaniu z rejonem popradzkim zawartość dwutlenku węgla w wodach jest mniejsza i osiąga maksymalnie 1,2 g/dm^3 . W wodach tych występują również inne składniki swoiste (I^- , Fe^{2+}). W Lubatówce (złoże Iwonicz) wody te mają podwyższoną temperaturę, dochodzącą na wypływie z ujęć nr 12 i 14 do 25°C. Nieco odmiennym składem chemicznym charakteryzują się szczawy i wody kwasowęglowe ujęte otworami, niegdyś także źródłami (obecnie zanikłymi, prawdopodobnie wskutek działalności pobliskich kamieniołomów) w miejscowości Rabe. Są to wody typu $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na}$ o mineralizacji ogólnej dochodzącej maksymalnie do 4,8 g/dm^3 i zawartości dwutlenku węgla do 1,4 g/dm^3 (Rajchel, 2012). Ze względu na obecność bituminów oraz niższe zawartości dwutlenku węgla w porównaniu do

pozostałych szczaw w strefie przejściowej, szczawy chlorkowe Iwonicza-Zdroju i Rymanowa-Zdroju oraz Rabego bywają zaliczane do hydrochemicznej strefy brzeżnej.

Na zewnątrz od strefy przejściowej rozciąga się strefa brzeżna, na obszarze której dominują wody typu Cl–Na przy niemal całkowitym braku szczaw i wód kwasowęglowych. Mineralizacja ogólna wód chlorkowych jest na ogół znacznie wyższa niż w strefie przejściowej, osiągając maksymalnie 150 g/dm³. Wody chlorkowe o niższej mineralizacji ogólnej (2,6 mg/dm³) udokumentowano w Rajczy. Wody chlorkowe tej strefy zawierają w swoim składzie również jod (>1 mg/dm³) oraz ślady bituminów. Do kopalni zostały zaliczone wody ze złóż w Rabce-Zdroju, Rajczy i Soli (wody lecznicze) oraz Porębie Wielkiej (wody termalne). Są to wody poligenetyczne o dominującej składowej dehydratacyjnej (Chowaniec, 2009). Temperatura wód na wypływie z ujęcia IG-2 w Rabce-Zdroju wynosi 28°C, zaś w Porębie Wielkiej osiąga 42°C. W Soli wody chlorkowe są zarazem wodami kwasowęglowymi, zawierającymi ponad 900 mg/dm³ rozpuszczonego CO₂. Wcześniej na omawianym obszarze nie stwierdzono występowania wód zgazowanych dwutlenkiem węgla. Wody chlorkowe o podwyższonej temperaturze (>20°C) stwierdzono także m.in. w otworach wiertniczych Sól-5, Wiśniowa 1, Babica IG-1 i Kuźmina 1.

Występowanie wód leczniczych w starszym podłożu stwierdzono na obszarze Karpat zewnętrznych w Ustroniu i Jaworzu. Wody o podobnej charakterystyce występują także w niektórych otworach wiertniczych, na przykład Potrójna IG-1 i Borzęta IG-1. Są to wody chlorkowe o temperaturze na wypływie z ujęć 23–32°C, zawierające składniki swoiste w postaci jodu i żelaza (II), w Ustroniu także fluor. Zbiornikiem wód leczniczych są tu dewońskie dolomity i wapienie. W Jaworzu ujęta woda pochodzi z połączonych horyzontów wodonośnych miocenu i dewonu. Na podstawie wyników badań izotopowych oraz składu chemicznego wód stwierdzono ich paleoinfiltracyjne pochodzenie (Chowaniec, 2009).

Na obszarze Karpat fliszowych występują także złoża wód siarczkowych, udokumentowane w Wapiennym, Komańczy, Lesku i Czarnej Górnej. Są to wody typu HCO₃–(Cl)–Ca–(Mg)–(Na),S o mineralizacji ogólnej nieprzekraczającej 1,6 g/dm³. Stężenie siarkowodoru dochodzi w nich do 12 mg/dm³. Źródła tego typ wód są spotykane na obszarze całej jednostki, jednak formalnie nie zostały uznane za lecznicze (Rajchel, 2000; 2012). Najprawdopodobniej geneza występującego w nich siarkowodoru jest związana z obecnością rozproszonego w osadach fliszowych piryty i gipsu. Proces utleniania siarczków do siarczanów, które w dalszym etapie ulegają redukcji do siarkowodoru, zachodzi w warunkach beztlenowych przy udziale bakterii redukujących. Inna teoria wiąże genezę siarkowodoru,

zwłaszcza występującego w ilości powyżej 50 mg/dm³, ze zjawiskami magmowymi (Rajchel i in., 2002; Chowaniec, 2009).

Występowanie wód termalnych na terenie Karpat zewnętrznych stwierdzono w utworach fliszowych oraz w skałach podłoża. Na podstawie przeprowadzonych dotychczas badań można uznać, iż Karpaty fliszowe stanowią mało perspektywiczny obszar dla uzyskania wód termalnych w znaczących ilościach i o stosunkowo niskiej mineralizacji. Skały fliszu charakteryzują się na ogół słabymi własnościami kolektorskimi, co przekłada się na niewielką wydajność ujęć (kilka–kilkanaście m³/h, np. 16,1 m³/h w Porębie Wielkiej). Na większych głębokościach wysoko zmineralizowane wody termalne występują lokalnie, na ogół w niewielkich strukturach zamkniętych, o ograniczonych zasobach, zwykle odizolowanych od strefy współczesnego zasilania (Chowaniec i in., 2007; Hajto, 2011). Niemniej jednak lokalnie stwierdzono korzystne warunki termalne. Możliwości uzyskania relatywnie dużych wydajności istnieją w rejonie Wiśniowej, gdzie w badawczym, głębokim otworze wiertniczym Wiśniowa 1 uzyskano przyływ wód w ilości 180 m³/h oraz najwyższej temperaturze w regionie, wynoszącej 84°C. Jak już wspomniano w Karpatach fliszowych wody termalne ujęto jedynie w Porębie Wielkiej. Wody lecznicze o podwyższonej temperaturze udokumentowano ponadto w (w nawiasach podano temperaturę wody na wypływie z ujęć): Lubatówce k. Iwonicza-Zdroju (23–25°C), Jaworzu (22–32°C), Rabce-Zdroju (28°C) i Ustroniu (27–32°C).

Region wewnętrznokarpacki (DIII)

W Karpatach wewnętrznych, w subregionie podhalańskim, występują jedynie wody termalne. Formalnie nie zostały one zaliczone do leczniczych, choć niekiedy zawierają siarkowódór w ilości przekraczającej 1 mg/dm³ (Poronin, Furmanowa, Bańska Niżna, Biały Dunajec, Bukowina Tatrzańska, Zakopane). Na omawianym obszarze występują także źródła wód siarczkowych, w których zawartość siarkowodoru dochodzi zazwyczaj do około 3 g/dm³, maksymalnie osiągając 20 mg/dm³ w Szaflarach (Rajchel, 2000).

Subregion podhalański, obejmujący nieckę podhalańską, jest szczególnym rejonem występowania wód termalnych w Polsce, zarazem jednym z najważniejszych zbiorników geotermalnych w kraju. Kolektor wód termalnych zalega na głębokości 1000–3500 m i jest zbudowany z węglanowych utworów eocenu numulitowego, spękanych i skrasowiałych wapieni i dolomitów triasu środkowego oraz piaskowców i skał węglanowych jury, przykrytych izolującym kompleksem fliszu podhalańskiego. Miąższość stref wodonośnych jest zmienna i wynosi od 100 do 700 m. Przepływ wód odbywa się w skałach o niskiej

porowatości, ale o dużej szczelinowatości, która zwykle wzrasta w strefach uskokowych. Wraz z oddalaniem od obszaru zasilania, zmniejsza się prędkość przepływu wód, wskutek czego następuje wydłużenie czasu kontaktu wody ze skałą, co pociąga za sobą zróżnicowanie składu chemicznego wód w północnej i południowej części niecki. W strefie przytatrzańskiej wody termalne reprezentują typ $\text{HCO}_3\text{-Ca}$, zmieniający się wraz z głębokością na $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ i $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$. Mineralizacja ogólna tych wód wynosi około $0,2\text{-}0,3 \text{ g/dm}^3$. W rejonie pienińskiego pasa skałkowego, stanowiącego północną, nieprzepuszczalną granicę zbiornika, dominują natomiast wody typu $\text{SO}_4\text{-Cl-Na-Ca}$ o wyższej mineralizacji ogólnej, mieszczącej się w zakresie $1,0\text{-}3,1 \text{ g/dm}^3$. Jednocześnie ze wzrostem głębokości przepływu wód następuje stopniowe ich ogrzanie. W południowej części zbiornika temperatura wód na wypływie z ujęć wynosi maksymalnie 37°C (otw. Siwa Woda IG-1 i Zazadnia IG-1 – 21°C , otw. Zakopane-2 – 26°C , otw. Szymoszkowa GT-1 – 27°C , otw. Zakopane IG-1 – 37°C), podczas gdy temperatura maksymalna na wypływie z ujęcia w rejonie Bańskiej osiąga 86°C (Chowaniec i in., 2007; Chowaniec, 2009). Wody termalne Podhala występują pod ciśnieniem artezyjskim, co sprzyja ich eksploatacji. Wyjątek stanowią otwory w Furmanowej i Bukowinie Tatrzańskiej, w których zwierciadło wody znajduje się poniżej powierzchni terenu. Wydajność eksploatacyjna otworów ujmujących wody termalne jest zmienna i wynosi od $4 \text{ m}^3/\text{h}$ (otw. Siwa Woda IG-1) do maksymalnie $550 \text{ m}^3/\text{h}$ (otw. Bańska PGP-1). Wysoka wydajność większości ujęć jest związana z dużą szczelinowatością skał w pobliżu uskoków. Uwarunkowania geologiczno-strukturalne niecki podhalańskiej, wysoka temperatura wód na wypływie z ujęć, niska mineralizacja ogólna wód, wysoka wydajność możliwa do uzyskania z pojedynczego otworu, odnawialność zasobów oraz łatwa dostępność terenu, powodują, iż obszar ten wyróżniają najkorzystniejsze w kraju warunki ujęcia wód termalnych. Aktualnie na obszarze Podhala wody termalne występują w 10 złożach: Białka, Bukowina, Chochołowskie Termy, Furmanowa PIG-1, Podhale 2, Poronin, Siwa Woda IG-1, Szymoszkowa, Zakopane, Zazadnia IG-1.

4.3. Charakterystyka właściwości fizyczno-chemicznych wód podziemnych zaliczonych do kopalin

Wody podziemne zaliczone do kopalin, w porównaniu ze zwykłymi wodami podziemnymi, charakteryzują się większym zróżnicowaniem składu chemicznego, objawiającym się różnorodnością typów chemicznych oraz szerokim zakresem zmienności mineralizacji ogólnej. Chemizm wód podziemnych jest kształtowany przede wszystkim przez litologię ośrodka skalnego, głębokość jego występowania, powierzchnię styku wody z materia

skalną oraz czas tego kontaktu, długość drogi krążenia wód w systemie wodonośnym, ciśnienie i temperaturę panującą w złożu, związek ze strefą aktywnej wymiany oraz z wodami powierzchniowymi, obecność gazów i materii organicznej, także czynniki antropogeniczne. Wody lecznicze, termalne i solanki pod względem hydrochemicznym klasyfikuje się poprzez ustalenie ich typu chemicznego na podstawie analizy składu anionowo-kationowego przy wykorzystaniu formuły zaproponowanej przez Kurlowa. Uwzględnia ona składniki główne występujące w ilości nie mniejszej niż 20% miligramorównoważników (%mval) sumarycznej zawartości jonów głównych, którymi są: HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} i Na^+ , przy założeniu, że suma %mval jest liczona oddzielnie dla kationów, jak i dla anionów. Aniony i kationy szereguje się według stężenia w kolejności malejącej. W zapisie typu chemicznego uwzględnia się także składniki swoiste, takie jak jony F^- , Fe^{2+} , I^- , S^{2-} (jako siarczki i/lub siarkowodór), składniki niezdysonowane (H_2SiO_3) oraz gazy: ^{222}Rn i CO_2 występujące w stężeniach farmakologicznie czynnych, a także mineralizację ogólną wody. W przypadku wód termalnych podaje się także ich temperaturę.

4.3.1. Główne typy chemiczne wód

Wody wodorowęglanowe

Wody wodorowęglanowe stanowią dominujący typ wśród płytko występujących wód leczniczych pochodzenia infiltracyjnego, w poziomach wodonośnych odznaczających się odnawialnością zasobów. Do tego typu wód należy większość karpaccich i sudeckich szczaw oraz wód kwasowęglowych. Z uwagi na niewielką głębokość występowania wody tego typu często są ujmowane źródłami lub otworami wiertniczymi o głębokości nieprzekraczającej zwykle 200 m. Lokalnie, szczególnie w strefach głębokiego wysłodzenia (np. rejon Poddębic i Mszczonowa) oraz w strefach rozłamów masywów krystalicznych (np. Jelenia Góra-Cieplice), wody wodorowęglanowe występują na głębokości przekraczającej 1000 m. Mają wówczas charakter wód termalnych. W Poddębicach otworem GT-2 wody wodorowęglanowe ujęto z interwału 1962–2065 m (Tadych i in., 2011). Wodorowęglanowe wody termalne występują także w południowej części niecki podhalańskiej, w strefie szybkiej wymiany wód i bliskiego sąsiedztwa obszaru zasilania. Mineralizacja ogólna wód wodorowęglanowych wynosi od kilkuset mg/dm^3 do kilku g/dm^3 w przypadku wód nasyconych dwutlenkiem węgla. W składzie kationowym wód wodorowęglanowych z reguły przeważają jony wapnia i magnezu, rzadziej sód. Z uwagi na niską mineralizację wód wodorowęglanowych ich właściwości lecznicze wynikają najczęściej z obecności składników swoistych. Niski stopień zmineralizowania sprawia jednak, iż – w przypadku podwyższonej temperatury – nadają się

do wykorzystania w geotermii.

Źródłem jonów HCO_3^- w wodach podziemnych jest atmosferyczny dwutlenek węgla, który rozpuszczony w wodzie dysocjuje na kwas węglowy, a następnie na jon wodorowęglanowy. Obecność wodorowęglanów w wodach wynika także z ługowania minerałów węglanowych, takich jak kalcyt, dolomit i syderyt, w mniejszym stopniu z procesów hydrolitycznego wietrzenia pierwotnych krzemianów i glinokrzemianów oraz desulfatyzacji, czyli redukcji siarczanów z udziałem substancji organicznej (Macioszczyk, Dobrzyński, 2007).

Wody siarczanowe

Wzrost mineralizacji i głębokości występowania wód podziemnych wiąże się najczęściej ze zmniejszeniem zawartości jonów wodorowęglanowych na rzecz siarczanów i chlorków. Wśród kationów dominują, podobnie jak w wodach wodorowęglanowych, jony wapnia. W mniejszym stężeniu pojawiają się natomiast magnez i sód. Zróżnicowanie typów chemicznych wód siarczanowych jest duże i zależy od ich genezy. Wśród wód siarczanowych wyróżnia się m.in. cenne pod względem balneoterapeutycznym wody glauberskie (siarczanowo–sodowe), wody gorzkie (siarczanowo–magnezowe) lub witriolowe (siarczanowo–żelaziste). Typowe wody glauberskie o mineralizacji dochodzącej do 2 g/dm^3 nawiercono w utworach karbonu w otworze badawczym Słupiec GN-9 położonym w regionie sudeckim. Wodami glauberskimi nazywa się również szczawy występujące w Starych Rochowicach i Zdrojowisku, mimo iż reprezentują typ $\text{HCO}_3\text{--SO}_4\text{--Na--(Ca)--(Mg)}$. Ponadto w Zdrojowisku stwierdzono wyjątkowo wysokie stężenie jonu jodkowego, niespotkane dotychczas w żadnym innym ujęciu w Sudetach, dochodzące do $3,8 \text{ mg/dm}^3$ (Ciężkowski, 1990).

Mineralizacja ogólna wód siarczanowych wynosi zazwyczaj od kilkuset mg/dm^3 w skałach krystalicznych Sudetów do kilku g/dm^3 na pozostałym obszarze ich występowania. W zależności od lokalnych warunków hydrogeologicznych wody te wypływają w źródłach, na przykład w zapadlisku przedkarpackim, lub są ujmowane otworami wiertniczymi o głębokości 2000 m i większej (np. Jelenia Góra-Cieplice, Podhale).

Wody siarczanowe zaliczone do kopalin występują lokalnie w pojedynczych złożach w centralnej części antyklinorium środkowopolskiego, w południowej części monokliny śląsko-krakowskiej i monokliny przedsudeckiej, w północnej i zachodniej części zapadliska przedkarpackiego, a także w środkowej i północnej części niecki podhalańskiej. Najczęściej ich występowanie jest związane z ewaporatami miocenu (zapadlisko przedkarpackie) lub

węglanami jury i triasu (antyklinorium środkowopolskie, monoklina przedsudecka). Na ogół z wodami siarczanowymi współwystępuje siarkowodor lub siarka dwuwartościowa w stężeniu farmakologicznie czynnym, stąd są one wykorzystywane w balneoterapii. W Sudetach wody siarczanowe zawierają także fluorki i radon w stężeniach farmakodynamicznie czynnych, a w Jeleniej Górze-Cieplicach i w niecce podhalańskiej zaliczają się do wód termalnych.

Głównym źródłem jonów siarczanowych w wodach podziemnych jest ługowanie łatwo rozpuszczalnych minerałów i skał zawierających siarkę, najczęściej gipsów i anhydrytów. Częstym procesem prowadzącym do wzbogacenia wód podziemnych w jony siarczanowe jest również utlenianie minerałów siarczkowych (pirytu) i wietrzenie złóż siarki rodzimej. W wodach występujących płycej siarczany mogą pochodzić także z rozkładu i utleniania substancji organicznej pochodzenia roślinnego i zwierzęcego (Macioszczyk, Dobrzyński, 2007).

Wody chlorkowe

Wody chlorkowe stanowią dominujący typ wśród głęboko występujących wód podziemnych. Za wyjątkiem Sudetów, Gór Świętokrzyskich, Tatr, pienińskiego pasa skałkowego i niewielkiego obszaru na Niżu Polskim (rejon augustowski) w strefach utrudnionej wymiany wód obserwuje się praktycznie wyłącznie wody chlorkowe. Najczęściej są to wody typu Cl–Na, a w strefach wód metamorficznych, o silnie przeobrażonym pierwotnym składzie chemicznym, wody typu Cl–Na–Ca. Charakterystyczną cechą wód chlorkowych jest wzrost ich mineralizacji wraz z głębokością, a w basenach sedymentacyjnych także wzrost mineralizacji od brzegów basenu ku strefom osiowym (Dowgiałło, 2007a,b). Z uwagi na znaczną głębokość występowania i wysokie ciśnienie złożowe wody te często występują w warunkach artezyjskich. Lokalnie w wyniku ascenzji obserwuje się przejawy wód chlorkowych w strefie przypowierzchniowej, a nawet wypływy na powierzchnię terenu w postaci źródeł (Kołobrzeg, Sól, Tyrawa Solna, Sołonka, Ciechocinek). Właściwości lecznicze wód chlorkowych są związane z ich wysoką mineralizacją ogólną i obecnością składników swoistych, głównie jodu, rzadziej fluorków, żelaza (II) i siarkowodoru. W pobliżu złóż węglowodorów, na przykład w Iwoniczu-Zdroju, Polańczyku, Rabce-Zdroju, wody chlorkowe mogą zawierać metan oraz śladowe ilości bituminów (Węclawik, 1991). Często wody te charakteryzują się podwyższoną temperaturą na wypływie z ujęcia, od 20 do 89°C w Stargardzie. W przypadku ich wykorzystywania w geotermii i rekreacji wysoka mineralizacja stanowi znaczne ograniczenie, sprawia jednak iż

wody te mogą być wykorzystywane do produkcji soli, preparatów farmaceutycznych i kosmetycznych.

Jon chlorkowy w wodach podziemnych może pochodzić z różnych źródeł. Teorie dotyczące jego genezy zmieniały się na przestrzeni lat wraz z rozwojem metod badawczych i pozyskiwaniem nowych danych. Początkowo wody chlorkowe nawiercone w głębokich poziomach wodonośnych traktowano jako reliktowe wody morskie dawnych epok geologicznych (Dowgiałło, 1971). Wraz ze wzrostem rozpoznania warunków hydrogeologicznych i postępowaniem nauk geologicznych teorię tę zawężono tylko do wód występujących w centralnych, najgłębszych częściach zbiorników. Na pozostałym obszarze wykazano ich zasilanie i powolny przepływ (Bojarski red., 1996; Bojarski, Sadurski, 2000). Na drodze długotrwałej migracji wody te wzbogacały się w jony chlorkowe w wyniku ługowania łatwo rozpuszczalnych pokładów soli kamiennej lub inkluzji solnych w obrębie innych utworów (Węclawik, 1991; Bojarski red., 1996). Jednocześnie, z uwagi na powolny przepływ lub stagnację w ośrodku skalnym, wody te ulegały bardzo intensywnym procesom przeobrażeń i zmianom pierwotnego składu chemicznego, w związku z czym zaczęto określać je mianem wód poligenetycznych (Bojarski, Sokołowski, 1996; Bojarski, Sadurski, 2000). Na obszarze Karpat wody chlorkowe mogą również niekiedy zawierać domieszkę wód metamorficznych powstałych w wyniku dehydratacji minerałów ilastych (Węclawik, 1991; Chowaniec i in., 2007). Złożoność procesów prowadzących do powstania wód chlorkowych odzwierciedla się bardzo szerokim zakresem zmienności mineralizacji ogólnej tych wód, wynoszącej w przypadku wód podziemnych zaliczonych do kopalin od kilku do około 220 g/dm^3 w Łapczycy.

4.3.2. Typy chemiczne wód wynikające z zawartości składników swoistych

Obecność składników swoistych w wodach podziemnych ma decydujące znaczenie o zaklasyfikowaniu ich do wód leczniczych i wykorzystaniu w celach balneoterapeutycznych. Zgodnie z ustawą PGiG (Dz.U. 2020 poz. 1064, j.t.) do składników swoistych wód leczniczych należą: jodki, siarczki (lub inne związki siarki dwuwartościowej), fluorki, żelazo dwuwartościowe, kwas metakrzemowy, niezwiązany dwutlenek węgla oraz radon występujące w stężeniach farmakologicznie czynnych, określonych w ustawie.

Szczawy i wody kwasowęglowe

Szczawy i wody kwasowęglowe zawierają rozpuszczony dwutlenek węgla w ilości nie mniejszej niż 1000 mg/dm^3 (szczawy) i 250 mg/dm^3 (wody kwasowęglowe). Są to na ogół

typowe, infiltracyjne wody wodorowęglanowe (tzw. szczawy proste), w Karpatach lokalnie także tzw. szczawy złożone (chlorkowe). Na terenie Polski szczawy i wody kwasowęglowe występują jedynie w Karpatach zewnętrznych i Sudetach wraz z blokiem przedsudeckim. Ich obecność jest związana ze strefami dyslokacji i nieciągłości tektonicznych, które umożliwiają migrację endogenicznego dwutlenku węgla z głębszych części litosfery ku powierzchni ziemi. Gaz ten nasyca napotkane po drodze wody podziemne, powodując wzrost ich agresywności wobec otaczającego środowiska skalnego i tym samym nasilenie procesów rozpuszczania składników mineralnych, głównie węglanowych, a także glinokrzemianów. W konsekwencji następuje wzrost mineralizacji ogólnej wód podziemnych i zróżnicowanie ich składu chemicznego.

Szczawy proste należą do płytkiego systemu przepływu zasilanego przez infiltrację opadów atmosferycznych. Ich złoża charakteryzują się odnawialnością zasobów. Wody te odznaczają się szerokim zakresem mineralizacji i różnorodnością typów chemicznych, co wynika z mieszania się wód płytkiego i głębszego systemu krążenia w różnych proporcjach. Oprócz CO₂ wyróżnia je także obecność innych składników swoistych – żelaza (II), siarki dwuwartościowej, kwasu metakrzemowego, fluorków, w Sudetach dodatkowo radonu. Lokalnie szczawy wykazują podwyższoną temperaturę rzędu 25–35°C na wypływie z ujęcia (Duszniki-Zdrój, Grabin, Krosnowice, Lubatówka). Wody te najczęściej reprezentują typy chemiczne: HCO₃–Ca–(Mg)–(Na), HCO₃–Ca–(Na), HCO₃–Na–(Ca)–(Mg), HCO₃–Mg–(Ca) o mineralizacji ogólnej od około 0,2 do 6,0–7,0 g/dm³. Zawartość rozpuszczonego dwutlenku węgla dochodzi w szczawach do 3,0–3,5 g/dm³. Szczawy złożone powstają w wyniku mieszania się szczaw prostych z wodami powstałymi wskutek procesów dehydratacji minerałów ilastych lub wodami synsedymencyjnymi. Jak już wspomniano wody tego typu występują jedynie w rejonie Karpat, a ich zasoby ocenia się jako praktycznie nieodnawialne. Reprezentują one typ HCO₃–Cl–Na–(Ca) lub Cl–HCO₃–Na i odznaczają się szerokim zakresem mineralizacji od 1 do 28 g/dm³ oraz obecnością jonu żelazawego i jodkowego, niekiedy siarkowodoru, w stężeniach farmakodynamicznie czynnych. Specyficzną i odrębną grupę szczaw chlorkowych stanowią tzw. zuberki. Wyróżniają się one mineralizacją ogólną w zakresie 22–27 g/dm³ i typem chemicznym HCO₃–Na,I.

Geneza dwutlenku węgla rozpuszczonego w wodzie do dnia dzisiejszego nie została jednoznacznie określona (Leśniak, 1985; Kotarba, 1988; Ciężkowski, 1990, Ciężkowski i in., 2002; Rajchel, 2012). Gaz ten może być pochodzenia juwenilnego, jak to prawdopodobnie ma miejsce w Sudetach. Zakłada się, iż źródłem CO₂ może być też rozkład termiczny skał węglanowych i odgazowanie wulkanitów. Jego występowanie łączy się także z procesami

termogenezy zachodzącej w wyniku uwęglania materii organicznej lub, w Karpatach, z procesami dekarbonatyzacji utworów fliszu karpackiego i jego podłoża.

Szczawy i wody kwasowęglowe stanowią bardzo cenny i intensywnie poszukiwany surowiec wykorzystywany w balneoterapii i rozlewnictwie. Zawarty w szczawach dwutlenek węgla znajduje również zastosowanie przy produkcji ciekłego CO₂ w Dusznikach-Zdroju i Krynicy-Zdroju.

Wody siarczkowe

Wody siarczkowe, zgodnie z ustawą PGiG, zawierają nie mniej niż 1 mg/dm³ siarki dwuwartościowej, mogącej występować w formie siarkowodoru lub w postaci produktów jego dysocjacji, tj. siarczków wodoru, jonu siarczkowego lub wielosiarczków wodoru. Obecność oraz stosunek stężeń poszczególnych form siarki w wodach podziemnych zależą od odczynu wody oraz panujących w niej warunków redukcjno-utleniających (Macioszczyk, Dobrzyński, 2007). Siarkowodor powstaje najczęściej jako wynik redukcji siarczanów (ich desulfatyzacji) obecnych w wodach wskutek rozpuszczania skał siarczanowych (gipsów i anhydrytów) lub pochodzi z rozkładu siarczków metali (np. pirytu) przy udziale mikroorganizmów utleniających substancję organiczną bądź w obecności cząsteczek wodoru (Rajchel, 2000). Siarkowodor występuje najczęściej w wodach kwaśnych, a jego obecność przejawia się charakterystycznym, nieprzyjemnym zapachem, który może być wyczuwalny nawet przy jego śladowym stężeniu. W wodach wypływających ze źródeł jego obecność przejawia się ponadto w postaci charakterystycznego osadu kolonii bakterii siarkowych.

Wody siarczkowe uznane za lecznicze występują w większości na obszarze zapadliska przedkarpackiego, przeważnie w utworach neogenu (ewaporatach miocenu) lub kredy, rzadziej w osadach jury. W pozostałej części kraju wody tego typu występują punktowo. Ich zasoby udokumentowano zarówno otworami wiertniczymi, jak i w miejscach ich naturalnego drenażu źródłami. Pod względem chemicznym są to wody wodorowęglanowe, siarczanowe lub chlorkowe, charakteryzujące się szerokim zakresem mineralizacji, od 0,6 do 40 g/dm³. Zmienna jest także zawartość siarkowodoru, która mieści się w granicach 3–960 mg/dm³. W wodach siarczkowych typu chlorkowego często występują także inne składniki swoiste, takie jak jodki, żelazo (II) i fluorki, a miejscami także dwutlenek węgla (szczawy siarczkowe). Wody siarczkowe mają istotne znaczenie gospodarcze – w coraz większym zakresie są wykorzystywane w balneoterapii oraz do produkcji preparatów leczniczych i kosmetyków.

Wody radonowe

Wody radonowe to swoiste wody lecznicze zawierające promieniotwórczy izotop radonu (^{222}Rn) w ilości nie mniejszej niż 74 Bq/dm^3 (zgodnie z ustawą PGiG). Gaz ten powstaje w wyniku rozpadu promieniotwórczego α izotopu radu (^{226}Ra). Radon jest gazem dobrze rozpuszczalnym w wodzie i może być z nią transportowany, jednak na stosunkowo niewielkie głębokości (czas połowicznego rozpadu 3,8 doby), maksymalnie do 200 m (Przylibski, 2007; Przylibski red., 2007). Radon gromadzi się tuż pod powierzchnią ziemi stąd zwykle występuje w płytkich poziomach wodonośnych. Jego największe stężenia są związane ze złożami uranu i kruchymi deformacjami skał krystalicznych, okruszczowanych minerałami uranu (Przylibski, 2005). Ponadto wpływ na zawartość radonu w wodzie ma współczynnik emanacji, który wzrasta w strefach spękań, objętość i prędkość przepływu wód, a także mieszanie się różnych składowych wód na drodze przepływu.

Na obszarze Polski wody radonowe występują niemal wyłącznie w obrębie prowincji sudeckiej. W Sudetach zawartość radonu w wodach podziemnych na ogół zawiera się w przedziale od 3 do 1000 Bq/dm^3 , jednak maksymalna stwierdzona wartość wynosi 3000 Bq/dm^3 na wypływie z jednej ze sztolni na zboczach Śnieżnika (Ciężkowski, 1990). Wody zawierające radon zalicza się do wód wodorowęglanowych lub siarczanowych. Charakteryzują się one zróżnicowanym składem chemicznym i mineralizacją. W większości przypadków zawierają także inne składniki swoiste, które mają decydujące znaczenie w ich przydatności do celów leczniczych, przede wszystkim CO_2 (szczawy radonowe), miejscami zalicza się je także do wód termalnych.

Wody jodkowe

Wody jodkowe, zgodnie z ustawą PGiG zawierają nie mniej niż 1 mg/dm^3 jonu jodkowego. Jod w środowisku skalnym łatwo poddaje się procesom ługowania w związku z czym jest dość powszechnym składnikiem wód podziemnych. Jego źródłem są najczęściej osady sedymentujące w środowisku morskim (głównie ility) oraz produkty rozkładu materii organicznej. Ze względu na podobną genezę jon jodkowy towarzyszy najczęściej głębokim, synsedymencyjnym wodom chlorkowym typu Cl-Na, występującym w złożach o znikomym stopniu odnawialności zasobów i pozbawionych kontaktu ze współczesnymi wodami infiltracyjnymi. Najwyższymi stężeniami jodków odznaczają się stagnujące, mocno przeobrażone solanki pochodzenia reliktoowego, wyłączone z aktywnego obiegu wody. Wysoką zawartość jodu obserwuje się także w solankach towarzyszących złożom ropy naftowej, w związku z czym wykorzystuje się go jako jeden ze wskaźników przy

poszukiwaniu złóż węglowodorów. W wodach infiltracyjnych pierwiastek ten występuje jedynie w ilościach śladowych.

Najwyższe stężenia jodu w wodach podziemnych stwierdzono w utworach miocenu zapadliska przedkarpackiego, gdzie jego stężenie często przekracza 50 mg/dm^3 , maksymalnie osiągając 199 mg/dm^3 , co jest zarazem najwyższym stężeniem jodu udokumentowanym na obszarze Polski. Na obszarach nizinnych Polski stężenie jodu w wodach podziemnych jest zdecydowanie niższe i zazwyczaj nie przekracza kilku mg/dm^3 . Wyższe wartości ($15\text{--}30 \text{ mg/dm}^3$) odnotowano lokalnie w utworach kambru, dewonu, karbonu, triasu i jury oraz w utworach permu, gdzie zawartość jodu dochodzi do 70 mg/dm^3 . Maksymalne stężenie jodu na Niżu Polskim, wynoszące 150 mg/dm^3 , stwierdzono w silnie zmineralizowanych solankach dewonu niecki pomorskiej.

Wody żelaziste

Żelazo dwuwartościowe jest jednym z najpowszechniej występujących składników swoistych wód leczniczych. Zgodnie z ustawą PGiG wody żelaziste zawierają co najmniej 10 mg/dm^3 tego składnika. Źródłem żelaza w wodach są przede wszystkim procesy wietrzenia minerałów skał magmowych (piroksenów, amfiboli, biotyту) i metamorficznych zawierających krzemiany i glinokrzemiany oraz w mniejszym stopniu minerałów skał osadowych (pirytu, markasytu, syderytu i hematytu) (Macioszczyk, Dobrzyński, 2007). Obecność żelaza często jest związana także z procesami wietrzenia krzemianów, glinokrzemianów i węglanów oraz utlenianiem i hydrolizą minerałów siarczkowych (Rajchel, 2012). Niewielkie ilości żelaza mogą pochodzić również z rozkładu substancji organicznej. Występowanie żelaza dwuwartościowego w wodach podziemnych jest warunkowane ich odczynem i potencjałem utleniająco-redukcyjnym. W warunkach utleniających, na przykład w wodach płytkich poziomów lub podczas wypływu wód z większych głębokości na powierzchnię następuje utlenienie Fe^{2+} do Fe^{3+} , objawiające się w postaci kłaczkowatego osadu wodorotlenku żelaza trójwartościowego. Charakterystyczny rudo-brązowy osad (tzw. rudawka) tworzy się najczęściej przy źródłach szczaw i wód kwasowęglowych (Świdziński, 1972; Rajchel, 2012).

Żelazo dwuwartościowe w stężeniu farmakologicznie czynnym towarzyszy zwykle szczawom i wodom kwasowęglowym Karpat zewnętrznych i Sudetów. Jego zawartość w wodach podziemnych zaliczonych do kopalin może dochodzić do 65 mg/dm^3 , jednak najczęściej nie przekracza 20 mg/dm^3 . Maksymalną zawartość żelaza dwuwartościowego odnotowano w Żegiestowie-Zdroju (82 mg/dm^3). Żelazo jako główny składnik leczniczy wód

wodorowęglanowych typu $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ jest wykorzystywane w Nałęczowie. Wody żelaziste o mineralizacji $0,5\text{--}0,7\text{ g/dm}^3$ i zawartości Fe^{2+} w przedziale $10\text{--}14\text{ mg/dm}^3$ są tam eksploatowane ze źródła Żelaziste-Celińskiego oraz z otworu Barbara. Charakter żelazistych mają także wysoko zmineralizowane wody chlorkowe na obszarze prowincji platformy paleozoicznej i prowincji karpackiej. Najwyższe stężenia żelaza w tych rejonach udokumentowano w Goczałkowicach-Zdroju (do 70 mg/dm^3), Świnoujściu (do 60 mg/dm^3) i Busku-Zdroju (do 44 mg/dm^3).

Wody fluorkowe

Zgodnie z zapisami ustawy PGiG wody podziemne zawierające fluorki w stężeniu co najmniej 2 mg/dm^3 określane są mianem wód fluorkowych. Fluor przedostaje się do wód podziemnych w wyniku procesów wietrzenia minerałów bogatych we fluor – głównie fluorytu, fluoroapatytu, kriolitu oraz fluoronośnych biotyту, hornblendy i turmalinu. Jego stężenie zależy przede wszystkim od ilości rozpuszczonego w wodzie wapnia, gdyż wody bogate w ten składnik znacznie utrudniają rozpuszczanie fluorytu, co przekłada się na znikomą zawartość jonów fluorkowych w zwykłych wodach podziemnych (Macioszczyk, Dobrzyński, 2007).

Wody fluorkowe są ujmowane stosunkowo rzadko, głównie w rejonie sudeckim. Największe stężenie fluoru, rzędu $12\text{--}14\text{ mg/dm}^3$, występuje w leczniczych wodach termalnych Jeleniej Góry-Cieplic i Łądko-Zdroju. Fluor w ilości $2\text{--}5\text{ mg/dm}^3$ jest obecny także w szczawach Jedliny-Zdroju oraz w wodach kwasowęglowych Bystrzycy Kłodzkiej. W Karpatach podwyższone zawartości fluoru stwierdzono w wysoko zmineralizowanych leczniczych wodach termalnych Ustronia (6 mg/dm^3) oraz w chlorkowych wodach siarczkowych Buska-Zdroju (5 mg/dm^3). W utworach czwartorzędu i kredy w rejonie pomiędzy Gdańskiem a Tczewem występuje tzw. anomalia fluorkowa Żuław, w obrębie której zawartość fluorków w wodach podziemnych przekracza 3 mg/dm^3 , a lokalnie na ujęciu w Mieścieńcu nawet 5 mg/dm^3 .

Wody krzemowe

Wody krzemowe charakteryzują się obecnością kwasu metakrzemowego (H_2SiO_3) w ilości nie mniejszej niż 70 mg/dm^3 . Do wód podziemnych przedostaje się on w wyniku rozpuszczania kwarcu, amorficznej krzemionki i chalcedonu oraz wskutek wietrzenia minerałów krzemianowych. Wzrost intensywności rozpuszczania następuje wraz ze wzrostem temperatury wód oraz przy kwaśnym odczynie wód, stąd jego wyższe stężenia są często

spotykane w wodach termalnych. Procesom wzbogacania wód podziemnych w kwas metakrzemowy sprzyja także obecność w nich fluorków i mikroorganizmów, m.in. okrzemek (Macioszczyk, Dobrzyński, 2007).

W Polsce wody krzemowe są ujmowane rzadko. Wody tego typu występują w niektórych ujęciach wód termalnych i szczaw rejonu sudeckiego. Najwyższe stężenie kwasu metakrzemowego, dochodzące do 140 mg/dm^3 , udokumentowano w źródłach i otworach wiertniczych ujmujących lecznicze wody termalne Jeleniej Góry-Cieplic oraz w szczawach Dusznik-Zdroju. Kwas metakrzemowy w ilości powyżej 100 mg/dm^3 występuje w szczawach termalnych w Grabinie (127 mg/dm^3) oraz w szczawach Kudowy-Zdroju, Czerniawy-Zdroju, Długopola-Zdroju i Bobrowników (Szczytnej), gdzie jego zawartość wynosi $100\text{--}120 \text{ mg/dm}^3$. W Karpat zewnętrznych występowanie wód krzemowych stwierdzono jedynie w szczawach dorzecza Popradu. Jego maksymalne stężenie dochodzi tam do 110 mg/dm^3 .

4.3.3. Wody termalne i wody lecznicze o podwyższonej temperaturze

Wody termalne są zdefiniowane w ustawie PGiG jako wody podziemne, których temperatura na wypływie z ujęcia jest nie mniejsza niż 20°C . Ze względu na właściwości fizyczno-chemiczne wody termalne są często zaliczane do wód leczniczych. Temperatura wód podziemnych zależy przede wszystkim od głębokości ich występowania, gęstości ziemskiego strumienia ciepłego oraz właściwości termicznych skał, a zwłaszcza ich przewodnictwa ciepłego (Szewczyk, 2007). Mniejsze znaczenie ma rozpad pierwiastków promieniotwórczych obecnych w skałach magmowych. Formowaniu się wód termalnych sprzyja obecność wyniesionych obszarów zasilania (Tary, Karkonosze) oraz głębokich rozłamów i nieciągłości tektonicznych, umożliwiających infiltrację wód opadowych w głąb górotworu i jej ogrzanie.

W Polsce występowanie wód termalnych jest związane z trzema głównymi jednostkami geologicznymi: paleozoiczną platformą zachodnioeuropejską, Sudetami i blokiem przedsudeckim oraz Karpatami wraz z zapadliskiem przedkarpackim. Udokumentowano je także w utworach mezozoiku i permu północnej części prekambryjskiej platformy wschodnioeuropejskiej, w regionie basenu bałtyckiego i wyniesienia Łeby, jednak temperatura wód na tych obszarach osiąga maksymalnie 24°C . Wody termalne reprezentują różne typy chemiczne, na Niżu Polskim najczęściej Cl–Na,(I),(F). W pobliżu brzeżnych części basenów, stanowiących obszary zasilania, ujęte wody termalne zalicza się do wód wodorowęglanowych lub chlorkowo-wodorowęglanowych (Łódź, Mszczonów, Wręcza,

Sochaczew, Poddębice). W obszarach górskich zazwyczaj są to wody wodorowęglanowe lub siarczanowe. Mineralizacja ogólna wód termalnych mieści się w granicach 0,2–130 g/dm³, a ich temperatura zmienia się od 20 do około 92°C (Konin).

4.4. Charakterystyka hydrodynamiczna systemów wodonośnych

Na potrzeby monitoringu zwykłych wód podziemnych dokonano systematyzacji poziomów wodonośnych pod kątem panujących w nich warunków hydrodynamicznych. Wydzielono trzy kompleksy wodonośne różniące się między sobą m.in. charakterem zwierciadła wód podziemnych, stopniem izolacji od powierzchni terenu i sposobem zasilania. Pierwszy kompleks wodonośny obejmuje tzw. wody gruntowe (pierwszy poziom wodonośny) o zwierciadle swobodnym, na ogół pozbawione izolacji od powierzchni terenu lub izolowane pakietem nieciągłych utworów słabo przepuszczalnych o niewielkiej miąższości (< 2 m), zasilane przez bezpośrednią infiltrację opadów atmosferycznych. Drugi kompleks to tzw. wody głębokie, tworzące użytkowe poziomy wodonośny o zwierciadle napiętym, zasilane w wyniku przesączania się wód z wyżej położonego poziomu o zwierciadle swobodnym. Lokalnie poziomy ten mogą być pozbawione izolacji od powierzchni terenu i charakteryzować się swobodnym zwierciadłem wody. Kompleks trzeci (wody głębinowe) obejmuje najgłębszy użytkowy poziom wodonośny, kontaktujący się lub mogący się kontaktować z niżej występującymi poziomami wód zmineralizowanych, podatny na ascenzję wód słonych i solanek, stanowiącą zagrożenie dla jakości wód użytkowych poziomów wodonośnych. Zagrożenie jest szczególnie wysokie w obszarach gdzie oba rodzaje wód współwystępują ze sobą (np. dorzecze Popradu) lub gdzie są eksploatowane w dużych ilościach, na przykład w niecce łódzkiej, a także w sąsiedztwie wysadów solnych na Niziu.

W przypadku złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin jednoznaczne przypisanie ich do jednego z trzech wymienionych kompleksów hydrodynamicznych na etapie projektu wydaje się niemożliwe. Szczegółowy podział złóż na poszczególne kompleksy powinien zostać przedstawiony w opracowanych dla nich modelach pojęciowych. Dla wód leczniczych, termalnych i solanek należałoby wydzielić kolejne kompleksy, obejmujące strefę utrudnionej wymiany, w której występują wody będące mieszaniną składowych różnej genezy, z wyraźną domieszką wód infiltracyjnych, o zasobach w pewnym stopniu odnawialnych (kompleks IV) oraz strefę wód stagnujących, wyłączonych z aktywnego obiegu, o zasobach praktycznie nieodnawialnych (kompleks V).

Rozpatrując warunki hydrodynamiczne panujące w poszczególnych złożach wód podziemnych zaliczonych do kopalin uwidacznia się ich duże zróżnicowanie. Są one

zazwyczaj zależne od lokalnych uwarunkowań (budowy geologicznej, tektoniki), stąd próby jakiegokolwiek ich systematyzacji są z góry skazane na niepowodzenie. W związku z powyższym projekt monitoringu zakłada indywidualne podejście do każdego ze złóż w zakresie lokalizacji i gęstości punktów pomiarowych. Niemniej, można przedstawić ogólną charakterystykę hydrodynamiczną poszczególnych rejonów występowania wód leczniczych, termalnych i solanek, uwzględniającą różne rodzaje systemów wodonośnych i zróżnicowanie struktur hydrogeologicznych.

W platformowej części kraju wody podziemne zaliczone do kopalin występują przeważnie w różnego rodzaju kolektorach porowych (w pasie nizin) zalegających na dużej głębokości, w pełni lub w dużej mierze izolowanych od strefy aktywnej wymiany, o różnym stopniu odnawialności zasobów, zazwyczaj o zasobach nieodnawialnych lub praktycznie nieodnawialnych. W pasie wyżyn przeważają kolektory węglanowe, a udział składowej infiltracyjnej w zasilaniu poziomów wodonośnych jest większy. Wody te występują w rozległych strukturach o zasięgu regionalnym, stosunkowo słabo zaburzonych tektonicznie, w których brak jest barier hydrodynamicznych lub uprzywilejowanych dróg krążenia (fig. 4.9). W strukturach tych panują warunki subartezyjskie lub artezyjskie. Obszary zasilania, jeśli występują, znajdują się w znacznej odległości od złóż. Brak jest też stref naturalnego drenażu. Przedstawiony powyżej ogólny schemat warunków hydrodynamicznych może być lokalnie modyfikowany obecnością w strefach przypowierzchniowych struktur solnych, odpowiadających za płytkie występowanie wód leczniczych. Nieco odmienne warunki hydrodynamiczne panują w pasie nadmorskim, gdzie zachodzi zjawisko ingresji zasolonych wód morskich oraz w rejonie górnośląskim, gdzie odwadnianie wyrobisk górniczych powoduje wytworzenie rozległych lejów depresji i często odwrócenia naturalnych kierunków przepływu wód podziemnych.

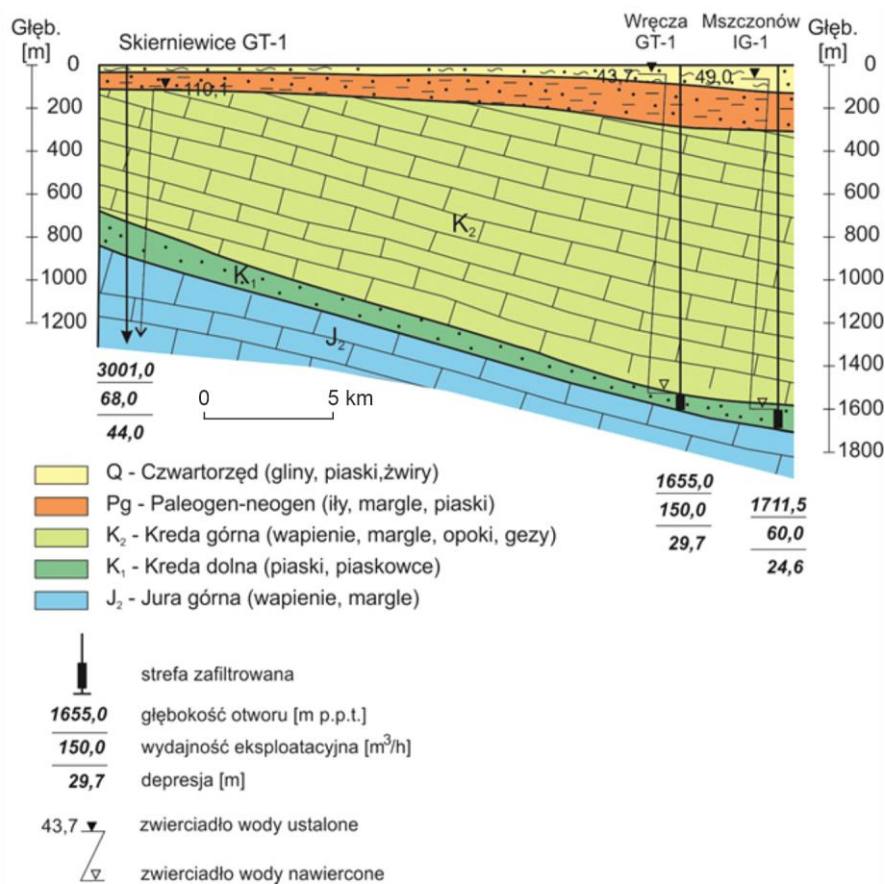


Fig. 4.9. Przekrój hydrogeologiczny przez synklinorium brzeżne – nieckę warszawską (na podst. Kapuścińskiego i in., 2019)

W Sudetach, z uwagi na znaczne zaangażowanie tektoniczne i wynikający z tego mozaikowy styl budowy geologicznej, a także zaburzenia naturalnych warunków hydrogeologicznych działalnością górnictwem, mamy do czynienia ze znacznym skomplikowaniem warunków hydrodynamicznych. Występują tu zarówno systemy szczelinowe w skałach krystalicznych i metamorficznych, jak i szczelinowo-porowe w skałach osadowych paleozoiku i mezozoiku. Systemy te odznaczają się znacznie większą prędkością przepływu wód niż w przypadku poziomów porowych, a czas przebywania wód w ośrodku skalnym jest wielokrotnie krótszy niż ma to miejsce na Niżu Polskim. W przypadku skał krystalicznych i metamorficznych krążenie wód odbywa się szczelinami tektonicznymi, tworzącymi kilka zróżnicowanych głębokościowo systemów przepływu, zarówno lokalnego jak i regionalnego (fig. 4.10). Dodatkowo, systemy te w warunkach eksploatacji, wykazują łączność hydrauliczną między sobą (Ciężkowski i in., 2016a). W systemach szczelinowo-porowych, uformowanych najczęściej w obniżeniach powierzchni stropowej metamorfiku (niecka śródsudecka, rów górnej Nysy) występuje wiele nieciągłości – w części przypowierzchniowej wietrzeniowych, a głębiej tektonicznych, odgrywających

istotną rolę w przepływie wód podziemnych. W systemach wodonośnych Sudetów panują najczęściej warunki subartezyjskie, często artezyjskie. Poziomy wodonośne są zasilane infiltracyjnie, zazwyczaj na wzniesieniach otaczających złoża, a przepływ wód odbywa się ku dolinom rzecznych. W odróżnieniu od części platformowej, obszary zasilania znajdują się w stosunkowo niewielkim oddaleniu od strefy drenażu, i z dużym prawdopodobieństwem są one możliwe do wyznaczenia. Natomiast drogi przepływu, których generalny kierunek jest znany, są skomplikowane i trudne do szczegółowego określenia. Poziomy wodonośne są też często drenowane przez źródła, zlokalizowane zazwyczaj wzdłuż głównych stref uskokowych. Specyficzne warunki hydrodynamiczne panują w rejonie Wałbrzycha, gdzie w wyniku wieloletniej działalności górniczej naturalne pole hydrodynamiczne uległo zaburzeniu.

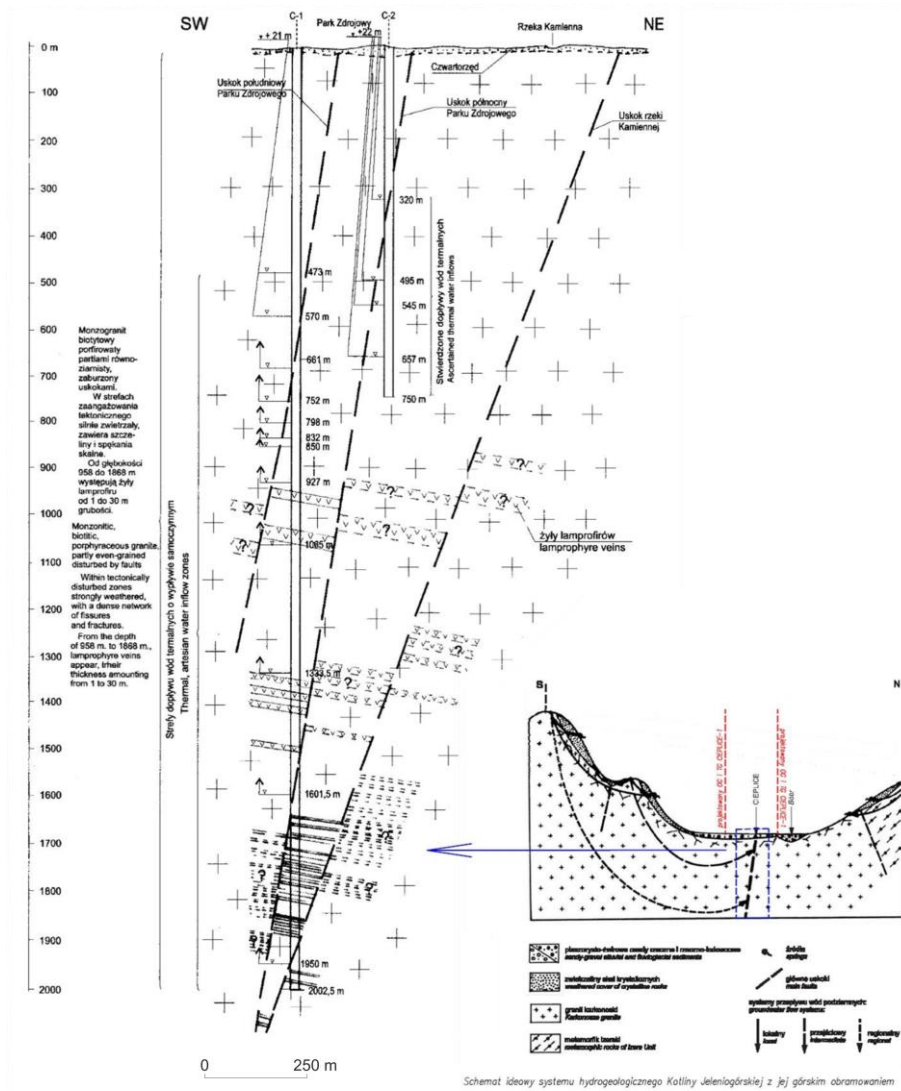


Fig. 4.10. Przekrój hydrogeologiczny przez masyw krystaliczny Karkonoszy (na podst. Liber-Makowskiej i Ciężkowskiego, 2018 za Fistkiem i Dowgiąłło, 2003)

W Karpatach zewnętrznych wody podziemne zaliczone do kopalin występują głównie w utworach fliszowych. Jest to szczelinowy system wodonośny, zawodniony zazwyczaj w strefie przypowierzchniowej do głębokości niespełna 100 m (Chowaniec, 2009). Ujęcia głębsze, sięgające 200 m i więcej, zdarzają się sporadycznie. Z uwagi na płaszczowinową budowę geologiczną utwory te są silnie zaburzone tektonicznie i wewnątrznie sfałdowane, zwłaszcza w strefach czołowych poszczególnych nasunięć (fig. 4.11). Obecność licznych uskoków dzieli omawiany obszar na poszczególne bloki, w których panują zróżnicowane warunki hydrodynamiczne i odmienne warunki zasilania. Z racji wykształcenia litologicznego, tj. naprzemianległych pakietów piaskowcowo-łupkowych, uskoki (drożne) stanowią uprzywilejowane drogi przenikania wód w głąb górotworu oraz ich przepływu ku powierzchni. Przepływ wód siecią mikroszczelin i fug międzyławicowych odbywa się ze znacznie mniejszą prędkością. Porowatość masywu skalnego odgrywa podrzędną rolę w kształtowaniu warunków hydrodynamicznych kompleksu fliszowego. Płytsze poziomy wodonośne nie są na ogół izolowane od powierzchni terenu i pozostają w łączności hydraulicznej z nadległymi poziomami wód zwykłych. Niekiedy stanowią pierwszy poziom wodonośny o zwierciadle swobodnym. Wraz ze wzrostem głębokości występowania poziomów wodonośnych wzrasta miąższość izolującego nadkładu, pojawiają się warunki subartezyjskie lub artezyjskie, jednocześnie zmniejsza się stopień odnawialności zasobów i maleje współczynnik filtracji utworów zawodnionych, przy czym w przypadku współczynnika filtracji jest zauważalne zróżnicowanie jego wartości w poszczególnych strefach litofacjalnych (Koślacz, Krawczyk i in., 2014). Szacuje się, iż udział składowej współczesnej infiltracji w wodach leczniczych Karpat fliszowych zmienia się od kilku do 100%. Obszary zasilania, podobnie jak w Sudetach, występują w otoczeniu złóż na terenach wyniesionych morfologicznie, skąd zgodnie z rozciągłością warstw skalnych spływają systemem szczelin ku dolinom rzecznych, gdzie są ujmowane lub drenowane przez źródła. W podłożu Karpat zewnętrznych występują wody stagnujące, o zasobach nieodnawialnych.

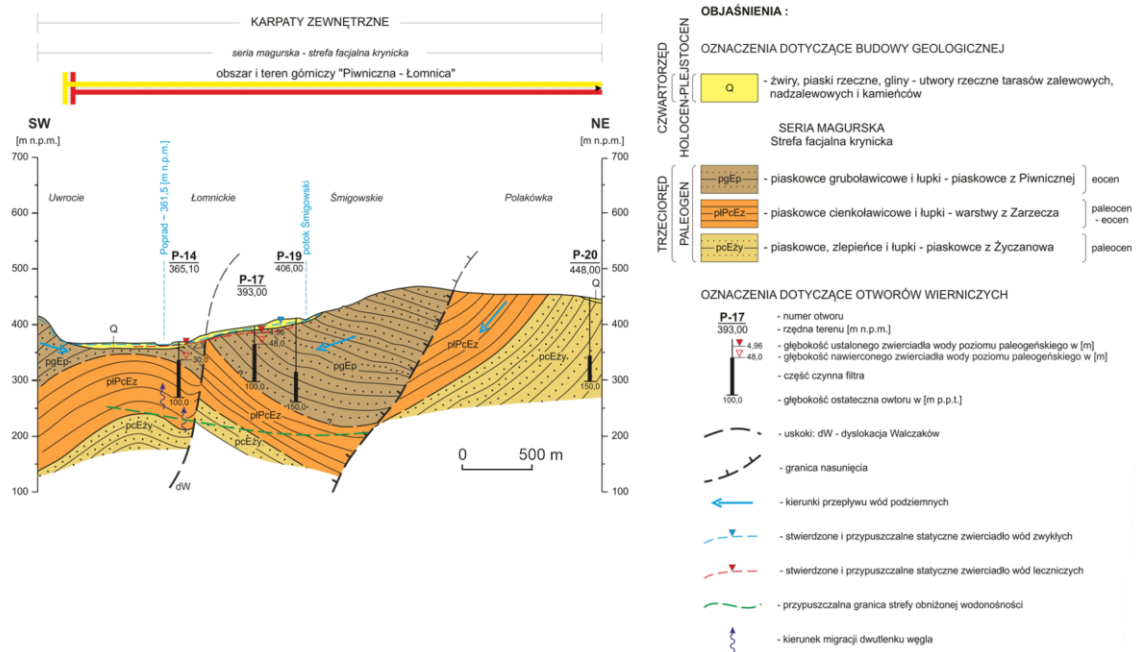


Fig. 4.11. Przekrój hydrogeologiczny przez fliszowy system wodonośny (na podst. Bielca i Operacz, 2019)

Podobny charakter mają wody w porowych warstwach miocenu południowej i centralnej części zapadliska przedkarpacciego. Wody podziemne zaliczone do kopalni występują w utworach porowych (cenoman) także w północnej części zapadliska, w rejonie Buska-Zdroju i Solca-Zdroju (fig. 4.12), przy czym stopień odnawialności ich zasobów i rola, jaką odgrywają uskoki w zasilaniu i przepływie wód, nie została jednoznacznie wyjaśniona (Gągulski i in., 2018; Dendys, 2018). Występowanie stref uskokowych pełniących rolę barier hydrodynamicznych może odpowiadać za lokalny wzrost ciśnienia (Różkowski, Różkowski, 2010), podobnie jak obecność współczesnego zasilania (Zuber i in., 2010). Prędkość przepływu wód jest tu również zróżnicowana, podobnie jak w Karpatach fliszowych. W strefach uprzywilejowanych (uskoki, kras, strefy erozji i denudacji w stropie utworów wodonośnych) może to być filtracja o podwyższonej prędkości (połączona z ascenzją), na innym obszarze zaś wolne przesączanie (Różkowski, Różkowski, 2010).

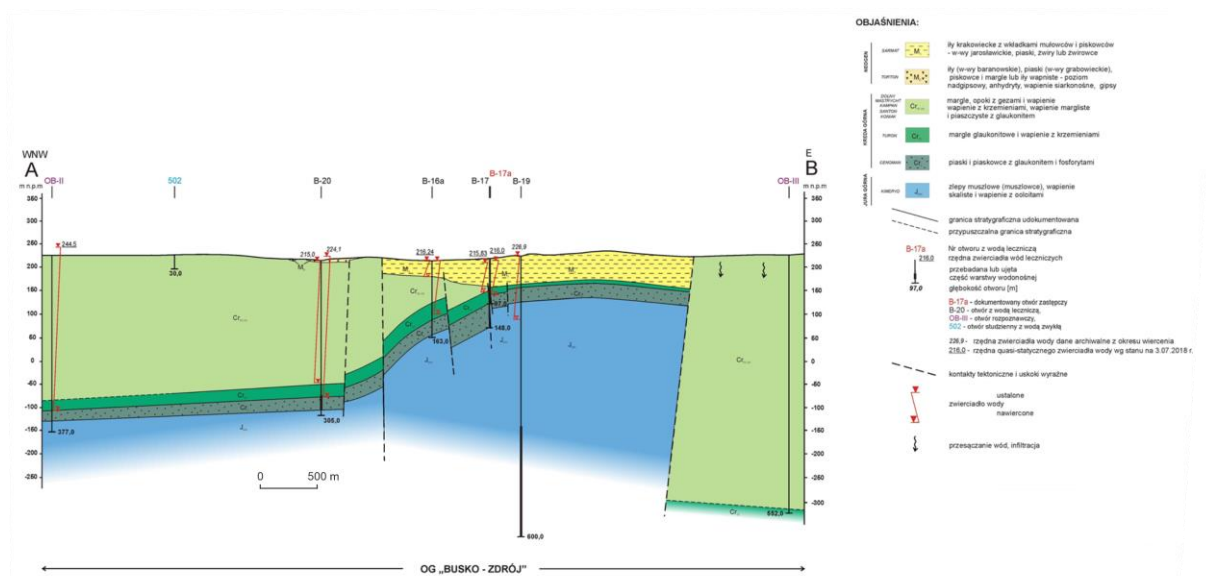


Fig. 4.12. Przekrój hydrogeologiczny przez rejon Buska-Zdroju (na podst. Krawczyka i Manieckiej, 2018 za Gorczycą i in., 2008)

Na tym tle specyficznymi warunkami odznacza się niecka podhalańska. Jest to typowa struktura basenowa, o stosunkowo dobrze rozpoznanych warunkach krążenia wód podziemnych. Zasilanie infiltracyjne ma miejsce w Tatrach, skąd strumień wód migruje ku północy silnie rozbudowanym systemem szczelin, a po napotkaniu nieprzepuszczalnej bariery w postaci pienińskiego pasa skałkowego zmienia kierunek na wschodni i zachodni (Chowanec, 2009). Przepływ wód w kierunku wschodnim i zachodnim ma charakter transgraniczny.

Złoża wód podziemnych zaliczonych do kopalin można podzielić także pod względem rodzajów struktur wodonośnych, w których występują (fig. 4.13):

- otwartych (SA);
- półotwartych (SB);
- półzakrytych (SC);
- zakrytych (SD).

Złoża występujące w strukturach otwartych (SA) są zasilane w wyniku współczesnej infiltracji opadów atmosferycznych, a ich zasoby mają charakter odnawialny. Zwierciadło wód występuje tu zwykle na niewielkiej głębokości, często wody te wypływają w postaci źródeł. Poziomy wodonośne są drenowane głównie jednak przez rzeki i cieki powierzchniowe. Z racji na ogół płytkiego występowania wody podziemne są narażone w znacznym stopniu na antropopresję i zanieczyszczenia przenikające z powierzchni terenu.

W szczególnych przypadkach poziomy wodonośne struktur otwartych mogą zasilać bezpośrednio w wodę ekosystemy lądowe i wody powierzchniowe.

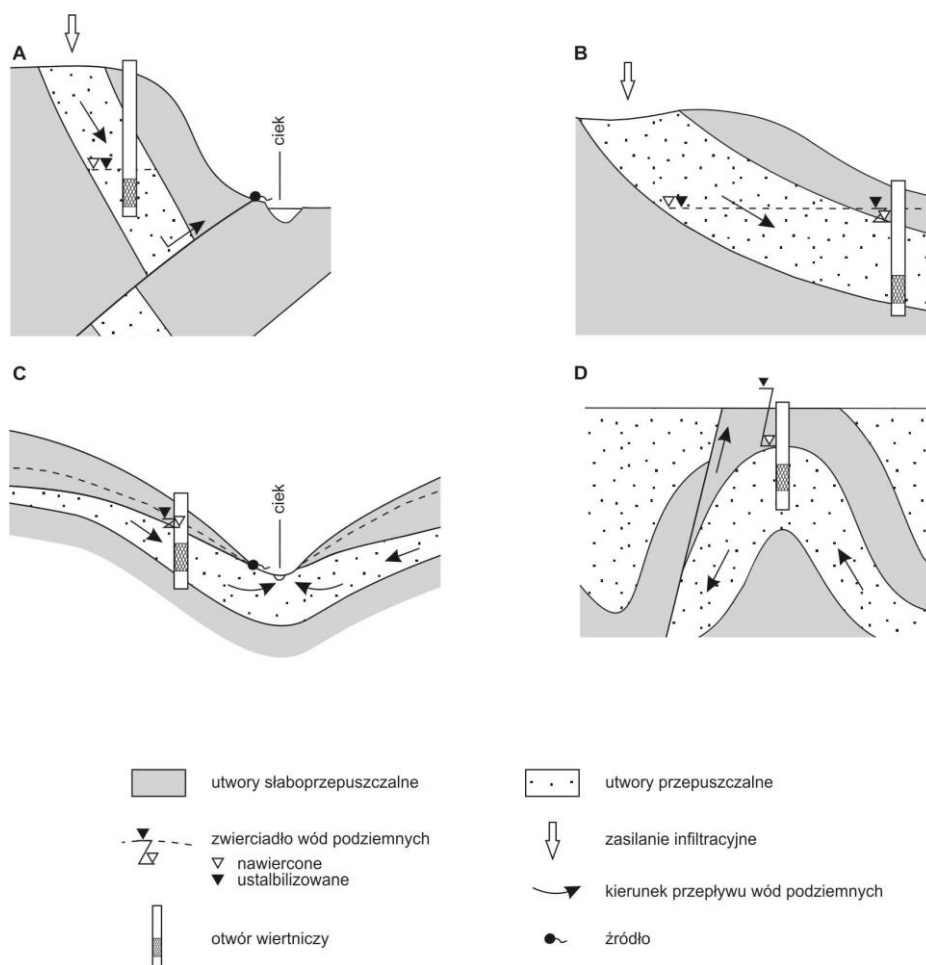


Fig. 4.13. Przykłady struktur wodonośnych, w których występują wody podziemne zaliczone do kopalin (na podst. Sokołowskiego, 2022)

A – struktury otwarte, B – struktury półotwarte, C – struktury półzakryte, D – struktury zakryte

Wody podziemne występujące w strukturach półotwartych (SB) są zagrożone na zanieczyszczenia terenu w mniejszym stopniu, niż w przypadku struktur otwartych. Wynika to z faktu, iż nie mają one naturalnych stref drenażu, a eksploatacja wód – występujących pod przykryciem izolującego nadkładu – jest możliwa tylko przy pomocy ujęć wierconych. Poziomy wodonośne są tu zasilane wodami infiltracyjnymi, lecz obszary zasilania są na ogół oddalone od stref ujmowania wód.

W strukturach półzakrytych (SC) i zakrytych (SD) obszary zasilania nie są znane lub nie występują. Zasoby wód podziemnych występujących w tego typu strukturach uznaje się za nieodnawialne lub odnawialne w niewielkim stopniu. Pod względem genetycznym są to mieszaniny różnego rodzaju wód, zawierające także składową infiltracyjną w różnych

proporcjach, zależnie od lokalnych uwarunkowań hydrostrukturalnych. Wody ze struktur zakrytych są wyłączone ze strefy aktywnej wymiany, występują na znacznej głębokości, są w pełni izolowane od powierzchni terenu osadami słabo przepuszczalnymi o dużej miąższości, a ich eksploatacja (na niewielką skalę) odbywa się na ogół głębokimi otworami wiertniczymi.

Tab. 4.3. Ogólne założenia sieci monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin z uwzględnieniem warunków hydrodynamicznych

Struktura	Zasoby	Lokalizacja punktów badawczych w strefach			Rodzaj punktów badawczych	Potencjalne zagrożenie zasobów
		zasilania	przepływu	drenażu		
otwarta (SA)	odnawialne	+	+	+	źródła, otwory wiertnicze (studnie)	zagrożone, bardzo zagrożone
półotwarta (SB)	odnawialne	+	+	-	otwory wiertnicze (studnie)	zagrożone
półzakryta (SC)	słabo odnawialne	-	+	+	źródła, otwory wiertnicze (studnie), głębokie otwory wiertnicze	słabo zagrożone
zakryta (SD)	nieodnawialne	-	+	-	głębokie otwory wiertnicze	praktycznie niezagrożone

Przytoczona powyżej synteza warunków hydrodynamicznych złóż wód leczniczych, termalnych i solanek pokazuje ich różnorodność, niezwykle istotną w kontekście metodologicznego podejścia do monitorowania poszczególnych rodzajów złóż (tab. 4.3, fig. 4.14). Z powodu silnego narażenia na antropopresję oraz powiązania z ekosystemami lądowymi i wodami powierzchniowymi struktury otwarte i półotwarte powinny zostać objęte monitoringiem w pierwszej kolejności, a liczba/gęstość punktów obserwacyjnych w ich obrębie powinna być większa niż w przypadku struktur zakrytych i półzakrytych. Monitoring powinien tu obejmować zarówno strefę drenażu, jak i zasilania oraz przepływu wód. Zasoby złóż uformowanych w strukturach półzakrytych i zakrytych są najmniej podatne na zagrożenia, zarówno stanu jakościowego, jak i ilościowego, co przy częstym braku rozpoznania obszarów zasilania i dróg przepływu, pozwala ograniczyć monitoring jedynie do strefy przepływu. Jednocześnie systemy szczelinowe, będące w porównaniu z poziomami porowymi ośrodkiem bardziej anizotropowym, w którym przepływ wód podziemnych odbywa się z większą prędkością, będą wymagały docelowo większego zagęszczenia punktów pomiarowych.

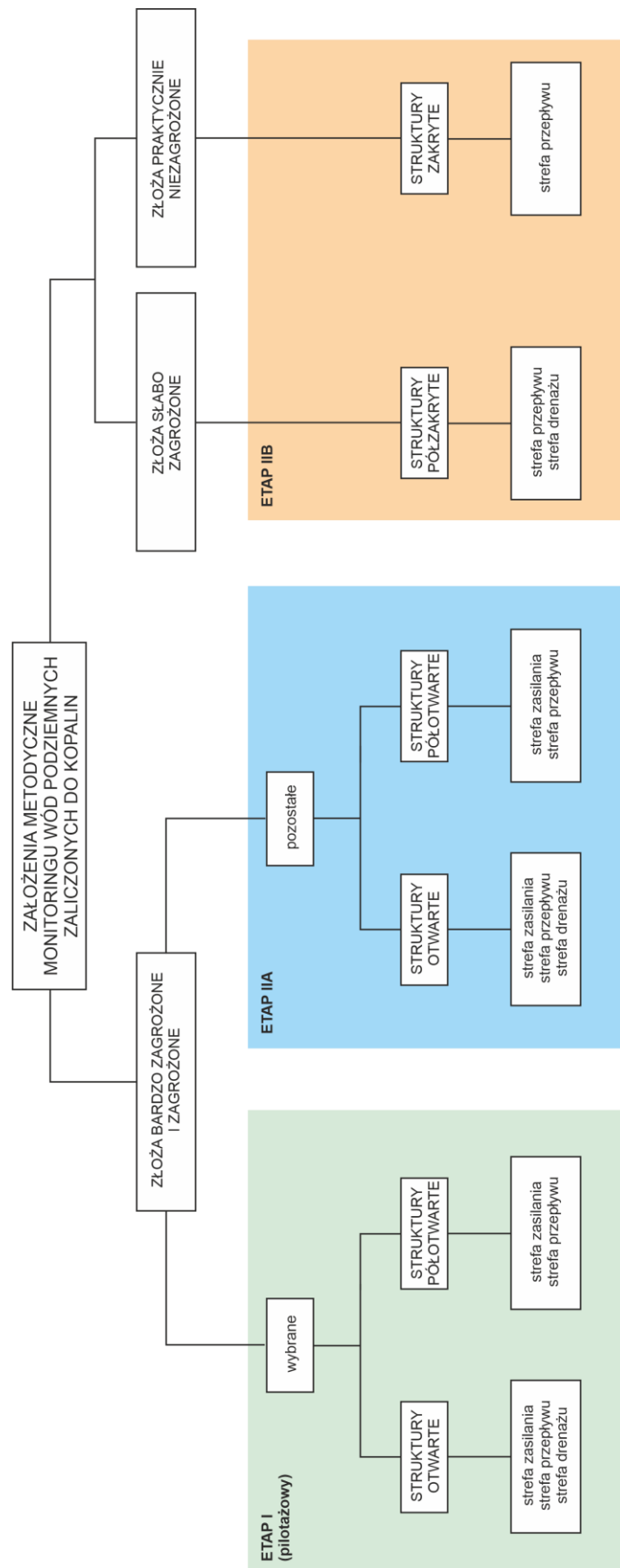


Fig. 4.14. Schemat koncepcyjny organizacji monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin

Streszczenie

Projekt monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin opiera się na podziale regionalnym wód leczniczych i solanek zaproponowanym przez Paczyńskiego i Płochniewskiego w 1996 r. Regionalizacja ta wyróżnia cztery prowincje hydrogeologiczne: platformy prekambryjskiej, platformy paleozoicznej, sudecką i karpacką. Wody podziemne zaliczone do kopalin występują na znacznym obszarze Polski, za wyjątkiem skrajnie wschodniej części platformy prekambryjskiej, paleozoicznego cokołu Gór Świętokrzyskich, pienińskiego pasa skałkowego oraz Tatr. Największa liczba złóż wód leczniczych, termalnych i solanek występuje w prowincji karpackiej i sudeckiej. Wody podziemne zaliczone do kopalin występują na różnych głębokościach, przeważnie głębiej niż poziomy wód zwykłych. Z uwagi na zmienność budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych (różne rodzaje systemów i struktur hydrogeologicznych), a także skomplikowaną genezę wód (wody poligenetyczne), charakteryzują się one bardzo szerokim zakresem mineralizacji ogólnej, od poniżej 1 g/dm³ do ponad 150 g/dm³ oraz różnorodnością typów chemicznych, wśród których najczęściej wyróżnia się silnie zmineralizowane wody chlorkowe (jodkowe, termalne o szerokim zakresie temperatur od 20 do 90°C), wody wodorowęglanowe (szczawy i wody kwasowęglowe) oraz średnio lub nisko zmineralizowane wody siarczkowe, a także wody swoiste o różnym stopniu zmineralizowania (np. żelaziste, radonowe). Na potrzeby monitoringu zwykłych wód podziemnych dokonano systematyzacji poziomów wodonośnych pod kątem panujących w nich warunków hydrodynamicznych, wydzielając trzy kompleksy wodonośne różniące się między sobą m.in. charakterem zwierciadła wód podziemnych, stopniem izolacji od powierzchni terenu i sposobem zasilania. W przypadku złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin systematyzacja warunków hydrodynamicznych wydaje się niemożliwa, dlatego też projekt monitoringu zakłada indywidualne podejście do każdego ze złóż (grupy złóż) w zakresie lokalizacji i gęstości punktów pomiarowych. Złoża wód podziemnych zaliczonych do kopalin można jednak pogrupować względem struktur wodonośnych, w których występują (otwartych, półotwartych, półzakrytych i zakrytych).

5. Przegląd dotychczasowych badań monitoringowych wód podziemnych

5.1. Monitoring zwykłych wód podziemnych

Obserwacje wód podziemnych w sposób cykliczny prowadzono w Polsce jeszcze przed II wojną światową, głównie na obszarze kresów wschodnich. Po 1945 r. ówczesny Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny, dzisiejszy Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMiGW) rozpoczął budowę sieci monitoringowej pokrywającej równomiernie teren całego kraju. Obserwacjami i badaniami objęto tylko wody pierwszego poziomu wodonośnego, czyli tzw. wody gruntowe. Pod koniec lat 70. XX wieku, w szczytowym okresie funkcjonowania sieci w jej skład wchodziło około 1680 studni kopanych i 50 piezometrów (Przytuła i in., 2019). Wraz z utworzeniem przez ówczesny PIG, na zlecenie Centralnego Urzędu Geologii (CUG), nowej sieci obserwacyjnej dotychczasowy monitoring zaczął stopniowo tracić na znaczeniu. W latach 90. XX wieku podjęto decyzję o redukcji posterunków obserwacyjnych, tak iż w 2003 r. wynosiła ona jedynie około 60 punktów i dalej malała, aż do całkowitej likwidacji sieci w 2013 r. Wyniki pomiarów, do końca istnienia sieci, były publikowane w Biuletynie Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej. Poza wspomnianą siecią IMiGW inne badania monitoringowe miały charakter lokalny lub krótkotrwały. Prowadzono je głównie w obszarach aglomeracji miejskich, wyrobisk górniczych, rejonach prac hydrotechnicznych i na terenach meliorowanych (Kolago, 1959).

Obecnie prowadzeniem monitoringu zwykłych wód podziemnych zajmuje się psh, której rolę pełni PIG-PIB. Historia monitoringu wód podziemnych w PIG-PIB sięga przełomu lat 50. i 60. XX w. (Przytuła i in., 2019). W 1959 r. nakreślono potrzebę utworzenia sieci obserwacyjnej wód podziemnych oraz ustalono wstępne zasady jej organizacji (Kolago, 1959). Decyzją CUG w 1969 r. utworzenie sieci stacjonarnych obserwacji zwykłych wód podziemnych powierzono PIG. Od zaszczepienia idei do organizacji sieci minęło ponad 10 lat, bowiem uruchomiono ją na początku lat 70. XX w. w oparciu o uprzednio przygotowany projekt sieci obserwacyjnej wód podziemnych (Pich, Załuski, 1972; Pich, 1979) i zarządzenie nr 27 Prezesa CUG z dnia 7 lipca 1972 r. w sprawie organizacji podstawowej sieci obserwacyjnej wód podziemnych (Przytuła i in., 2019). Zarządzenie to nakładało obowiązek objęcia obserwacjami wody podziemne nadające się do wykorzystania komunalnego, przemysłowego i rolniczego. Projektowany monitoring miał na celu:

- ochronę zasobów wód podziemnych przed nadmierną eksploatacją i degradacją poprzez ocenę w skali regionalnej zmian położenia głębokości zwierciadła wody i składu

chemicznego wód podziemnych wraz z ustaleniem wielkości zasilania i drenażu poziomów wodonośnych;

- określenie związków hydraulicznych między poszczególnymi piętrami bądź poziomami wodonośnymi i wodami powierzchniowymi;
- określenie oddziaływania na wody podziemne czynników antropogenicznych i geogenicznych.

Uzyskane informacje miały dodatkowo na celu uszczegółowienie hydrogeologicznego podziału regionalnego kraju. Zakres podstawowych obserwacji miał obejmować przede wszystkim pomiary głębokości występowania zwierciadła wody, badania radiometryczne wód oraz analizę ich właściwości fizycznych i składu chemicznego (Przytuła i in., 2019). Pierwsza sieć badawcza miała funkcjonować w trzech systemach obserwacji: sieci podstawowej, tj. stałego systemu obserwacji regionalnych, sieci specjalnej oraz sieci okresowej. Zadaniem punktów sieci podstawowej, rozmieszczonych równomiernie na terenie całego kraju (około 2 punkty na 1000 km²), była obserwacja zwykłych wód podziemnych wszystkich użytkowych pięter i poziomów wodonośnych w warunkach naturalnych. Punkty monitoringowe lokalizowano więc z dala od obszarów intensywnej eksploatacji wód podziemnych lub objętych antropopresją oraz poza strefami występowania wód leczniczych, termalnych i solanek. Poszczególne punkty skategoryzowano, przypisując je do jednej z trzech klas (Przytuła i in., 2019):

- punkty I rzędu (tzw. stacje hydrogeologiczne), będące głównymi, reperowymi punktami sieci podstawowej, umożliwiającymi prowadzenie obserwacji i badań hydrogeologicznych w pełnym zakresie, w obrębie wszystkich poziomów wodonośnych zwykłych wód podziemnych występujących w danym regionie;
- punkty II rzędu, stanowiące uzupełnienie stacji hydrogeologicznych, zwłaszcza w rejonach szczególnie ważnych z punktu widzenia badawczego bądź gospodarczego;
- punkty III rzędu, lokalizowane w miarę potrzeb zagęszczenia sieci.

Punkty sieci specjalnej były lokalizowane w wytypowanych rejonach, związanych m.in. z odwodnieniem kopalń czy też intensywnym drenażem ujęć. Ich celem było uszczegółowienie obserwacji na określonym obszarze, pozwalające na prowadzenie pomiarów ukierunkowanych na rozwiązywanie problemów lokalnych, o niewielkim zasięgu, występujących w ściśle oznaczonym czasie. Ten rodzaj sieci miał działać w systemie stałym lub wieloletnim.

Za początek zorganizowanych, cyklicznych pomiarów głębokości do zwierciadła wody lub wydajności źródeł w punktach sieci monitoringu wód podziemnych przyjmuje się

1974 r. (Woźnicka, Sadurski, 2020). Początkowo obejmowały one pomiary głębokości zwierciadła wody podziemnej bądź wydajność źródeł w około 150 punktach. Z upływem czasu liczba ta systematycznie rosła, osiągając pod koniec dekady blisko 400 punktów pomiarowych. Do sieci włączono ponadto punkty znajdujące się w obrębie monitoringów działających już wcześniej, m. in. w ramach prowadzenia prac związanych z badaniami naukowymi czy obserwacjami regionalnych lejów depresji (Pacholewski, Rózkowski, 1982; Małecka, 1985; Małecka, Lipniacka, 1989). W latach 80. XX w. nastąpiła znaczna rozbudowa infrastruktury sieci, głównie poprzez wykonanie otworów studziennych wchodzących w skład stacji hydrogeologicznych oraz punktów II rzędu. W efekcie tych działań liczba otworów badawczych wzrosła do 600. Był to również czas, w którym dokonano pierwszych analiz oraz interpretacji wyników badań (Malinowski, Przytuła, 1991; Malinowski i in., 1991). W 1989 r. w ramach sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych rozpoczęto prowadzenie badań monitoringowych w Karpatach (Witek, 2000; Witek, Patorski, 2015). Specyfiką sieci karpackiej jest duży udział źródeł w ogólnej liczbie punktów monitoringowych, sięgający prawie 40% (Freiwald i in., 2013).

W 1991 r. zapoczątkowano ogólnokrajowe badania monitoringowe w zakresie elementów fizyczno-chemicznych wód podziemnych. Był to tzw. monitoring jakości wód podziemnych, również zorganizowany i realizowany przez PIG, przy współudziale Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (GIOŚ), jako podsystem PMŚ. Jego wdrożenie było poprzedzone opracowaniem koncepcji (Błaszczuk i in., 1991) oraz programu badań monitoringowych w sieci podstawowej (reperowej). Po weryfikacji terenowej punktów badawczych funkcjonujących w ramach dotychczasowej sieci obserwacyjnej zwierciadła wód podziemnych, wytypowano 930 punktów (studnie, piezometry, źródła) z zamiarem prowadzenia w nich jednoczesnych badań stanu jakościowego. Zakres oznaczeń fizyczno-chemicznych wód podziemnych dostosowano do zakresu ustalonego przez GIOŚ (Błaszczuk, Macioszczyk, 1993; Hordejuk, 1993). W następnych latach monitoring ten został włączony do PMŚ, utworzonego w 1992 r. przez Państwową Inspekcję Ochrony Środowiska (PIOŚ). Program PMŚ wdrożono w życie na mocy ustawy z dnia 20 lipca 1991 r. o Inspekcji Ochrony Środowiska (Dz.U. 2021 poz. 1070, j.t.). W przeciągu kilku miesięcy dokonano korekty założeń programowych, w tym rezygnacji z sieci podstawowej, wprowadzając Krajową Sieć Monitoringu Jakości Zwykłych Wód Podziemnych PIOŚ (Hordejuk, Płochniewski, 1995). Z końcem lat 90. XX w. na zlecenie GIOŚ opracowano nowy Program PMŚ na lata 1998–2002. Przewidywał on obserwacje zarówno płytkich, jak i głębokich systemów wodonośnych, z częstotliwością raz w roku, w okresie letnim. Analizy fizyczno-chemiczne wód

podziemnych obejmowały ponad 40 wskaźników, zaś ich wykonawcą było Centralne Laboratorium Chemiczne PIG (Jakimowicz-Hnatyszak, Pasławski, 1996). Zebrane dane gromadzono, analizowano i interpretowano w Monitoringowej Bazie Danych (MONBADA) prowadzonej przez PIG. Opracowane wyniki przekazywano następnie do GIOŚ w formie rocznych sprawozdań lub raportów, zawierających tekst z komentarzem, statystyką, zestawieniami tabelarycznymi, wykresami i mapami przeglądowymi (Hordejuk, 1993, 1999; Hordejuk, Płochniewski, 1995; Kazimierski, Sadurski, 2002). Ocenę stanu jakości wód podziemnych na podstawie uzyskanych wyników publikowano w raportach z serii Biblioteka Monitoringu Środowiska (Hordejuk, Gawin, 1994) oraz w raportach o stanie środowiska dla poszczególnych województw (np. Prażak i in., 1996).

W wyniku przemian ustrojowych, których skutkiem było m.in. utworzenie nowych jednostek administracji gospodarki wodnej (Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej, w skrócie KZGW) oraz powołanie PMSŚ, na początku lat 90. XX w. opracowano nowy projektu sieci stacjonarnych obserwacji zwierciadła wód podziemnych (Hordejuk i in., 1992; Pich, Kazimierski, 1994). Siecią objęto wówczas rejony występowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin, rejony znajdujące się w zasięgu regionalnych lejów depresji, obszary występowania wód o zdegradowanej jakości, poziomy wód gruntowych, a także wprowadzono pomiary wilgotności strefy aeracji. Znaczącą zmianą organizacyjną było uproszczenie klasyfikacji punktów obserwacyjnych, redukujące liczbę ich rodzajów do dwóch: I rzędu – stacje hydrogeologiczne i II rzędu – pozostałe (Przytuła i in., 2019) oraz redukcja ich liczby w rejonach, gdzie zagęszczenie punktów uznano za zbyt duże. Jednocześnie został zwiększony zakres obserwacji i badań prowadzonych w obrębie stacji hydrogeologicznych, a wybrane z nich objęto systemem automatycznej rejestracji pomiarów oraz wyposażono w automatyczne stacje meteorologiczno-hydrologiczne. W kolejnych latach sieć rozwijała się dynamicznie, a koncepcja jej funkcjonowania wraz z zakresem prowadzonych obserwacji wielokrotnie ewoluowała (Pich, 1993; Kazimierski, Sadurski, 2002).

Kolejnym, ważnym okresem w historii funkcjonowania sieci monitoringowej, było wejście w życie przepisów ustawy z dnia 18 lipca 2001 r. PW (Dz.U. 2001 nr 115 poz. 1229, z późn. zm.), na mocy których powołano psh. Do zadań służby należało m.in. wykonywanie pomiarów i obserwacji hydrogeologicznych. Służba ta miała posiadać i utrzymywać sieć stacjonarnych obserwacji wód podziemnych oraz zespoły do spraw ocen i prognoz hydrogeologicznych, a także sprawować nadzór nad funkcjonowaniem krajowej sieci monitoringu jakości wód podziemnych i sieci monitoringów regionalnych. W wyniku

przeprowadzonej w 2005 r. nowelizacji ustawy sieć monitoringu jakości wód podziemnych oraz sieć stacjonarnych obserwacji wód podziemnych zostały połączone w jedną sieć obserwacyjno-badawczą wód podziemnych i w takiej formie funkcjonuje ona do dnia dzisiejszego.

Przełom w podejściu do badań monitoringowych nastąpił w 2004 r. i był związany z akcesją Polski do UE oraz obowiązkiem wdrożenia dyrektyw unijnych, przede wszystkim implementacji zapisów RDW (Kazimierski i in., 2006, 2011; Kazimierski i in. red., 2014; Kazimierski, Gidziński, 2011). Zmianie uległo podejście do monitoringu wód podziemnych, m.in. położono większy nacisk na badanie związków przyczynowo-skutkowych oddziaływania presji antropogenicznych, jak również oddziaływań między wodami podziemnymi i powierzchniowymi, a także ekosystemami zależnymi od wód podziemnych. Zdefiniowano pojęcia monitoringu stanu ilościowego, będącego kontynuacją pomiarów i badań realizowanych w sieci stacjonarnych obserwacji wód podziemnych, czyli pomiarów głębokości zwierciadła wód podziemnych oraz wydajności źródeł, a także monitoringu stanu chemicznego, będącego kontynuacją pomiarów i badań realizowanych w sieci krajowej monitoringu jakości zwykłych wód podziemnych. W ramach monitoringu stanu chemicznego uruchomiono monitoring diagnostyczny, prowadzony co najmniej raz na 6 lat, mający na celu stwierdzenie aktualnego chemizmu wód podziemnych oraz wczesne wykrycie ewentualnych zmian ich jakości. W pozostałych latach, z częstotliwością dwa razy do roku, jest wykonywany monitoring operacyjny w obrębie JCWPd uznanych za zagrożone nieosiągnięciem ustalonych dla nich celów środowiskowych. Ponadto zorganizowano monitoring badawczy, który przejął zadania dotychczas wykonywane w ramach sieci specjalnej, a sieć okresową wcielono do zespołu do spraw badań zasięgów zanieczyszczeń zaistniałych w wyniku zdarzeń incydentalnych, awarii lub katastrof (Janica i in., 2013). Monitoring badawczy podzielono na dwie części. W skład pierwszej z nich wszedł monitoring badawczy obszarów przygranicznych, którego organizacja wynika z realizacji zapisów umów międzynarodowych, a także uzgodnień pomiędzy grupami roboczymi międzynarodowych komisji do spraw współpracy na wodach granicznych. Przykładowo, od 2008 r. funkcjonuje sieć monitoringu wód podziemnych w strefie przygranicznej (o szerokości do 5 km) Polski i Słowacji, w skład której wchodzi ponad 20 punktów badawczych, będących zarazem punktami sieci krajowej (Freiwald i in., 2013). Obecnie jest on realizowany w trzynastu obszarach wzdłuż granicy państwa w granicznych JCWPd, w których stwierdzono lub przypuszcza się, iż występuje transgraniczny przepływ wód podziemnych. Zadaniem drugiej części, prowadzonej od 2009 r., jest monitoring badawczy na

terenach obciążonych silną antropopresją, na przykład w rejonach będących w zasięgu oddziaływania górnictwa i powiązanego z nim przemysłu oraz na obszarach aglomeracji miejsko-przemysłowych. Monitoring badawczy jest realizowany w oparciu o indywidualne programy badań opracowywane dla poszczególnych obszarów.

Implementacja zapisów RDW wymagała również prowadzenia monitoringu obszarów chronionych, za które uznano:

- obszary, w których pobierane są lub mogą być pobierane wody podziemne dla zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia;
- obszary chronionych ekosystemów lądowych bezpośrednio zależnych od wód podziemnych (tzw. tereny podmokłe i mokradła);
- obszary wód powierzchniowych i podziemnych wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych;
- obszary szczególnie narażone (OSN), z których odpływ azotu ze źródeł rolniczych do tych wód należy ograniczyć.

W warunkach polskich, z uwagi na wykształcenie warstw wodonośnych, ich parametry i rozprzestrzenienie, przyjęto, iż wody podziemne dla zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia są pobierane ze wszystkich JCWPd. A zatem punktami monitoringu wód służących do zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia są wszystkie punkty monitoringu ujmujące użytkowe poziomy wodonośne. W przypadku monitorowania obszarów chronionych ekosystemów lądowych nie wskazano odpowiednich punktów monitoringu. Monitoring mokradeł, z uwagi na ich liczebność i zróżnicowanie siedlisk oraz roślinności, wymaga bowiem organizacji odrębnego systemu, na wzór funkcjonujących sieci monitoringu poszczególnych obszarów, na przykład w parkach narodowych. Jednakże dla potrzeb oceny wpływu stanu chemicznego i ilościowego JCWPd na te ekosystemy wyodrębniono grupę punktów monitoringu zlokalizowanych w obszarze dopływu wód podziemnych do określonego ekosystemu, co pozwoli ocenić oddziaływanie na nie stanu wód podziemnych. Obszary szczególnie narażone (OSN) na zanieczyszczenie azotem są natomiast monitorowane w ramach odrębnego systemu monitoringu wód podziemnych i powierzchniowych prowadzonego przez WIOŚ. Wyniki tego monitoringu powinny być wykorzystywane w planowanej sieci do oceny oddziaływań rolnictwa na wody podziemne, zwłaszcza iż ich interpretacja jest prowadzona przez PIG-PIB.

Wyniki pomiarów i badań wód podziemnych są gromadzone w cyfrowej bazie danych Monitoring Wód Podziemnych (MWP), będącej jedną z dziedzinowych baz danych, tworzących System Przetwarzania Danych psh (spd psh), udostępniony odbiorcom na stronie

internetowej psh (<http://spd.pgi.gov.pl/PSHv8/Psh.html>). Obecna baza danych powstała wskutek połączenia grupy programów służących do archiwizowania i przetwarzania wyników stacjonarnych obserwacji hydrogeologicznych (SOH) (Przytuła i in., 1997) z utworzoną w 1991 r. bazą MONBADA. Wyniki pomiarów i obserwacji wykonywanych w ramach MWP od 1994 r. do dziś są publikowane w Roczniku Hydrogeologicznym wydawanym przez PIG–PIB. Od 2003 r. jest wydawana także seria kwartalnych Biuletynów Informacji Wód Podziemnych, początkowo drukiem, obecnie w wersji elektronicznej na stronie internetowej psh. Od lat 90. XX w. wyniki monitoringu jakości wód podziemnych ukazują się w serii Biblioteka Monitoringu Środowiska, zaś od 2003 r. są wykorzystywane w komunikatach psh o bieżącej sytuacji hydrogeologicznej oraz prognozach i ostrzeżeniach przed niebezpiecznymi zjawiskami zachodzącymi w strefach zasilania bądź poboru wód podziemnych.

Od momentu utworzenia do dnia dzisiejszego, niezależnie od nazwy i struktury organizacyjnej, sieć obserwacyjno-badawcza wód podziemnych jest prowadzona i rozwijana przez PIG–PIB (Przytuła i in., 2019; Woźnicka, Sadurski, 2020). Obecnie sieć liczy ponad 1200 punktów monitoringu stanu ilościowego i około 1300 punktów monitoringu stanu chemicznego oraz ponad 500 punktów monitoringu badawczego. Omówienie historii monitoringu zwykłych wód podziemnych ma też na celu uświadomienie, jak czasochłonne jest przygotowanie i wdrożenie sieci badań monitoringowych wód podziemnych o ogólnopolskim zasięgu oraz jak duży nakład sił i środków (organizacyjnych, finansowych, formalno-prawnych) jest potrzebny do jej uruchomienia. Realizacja niniejszego zadania, polegającego na przygotowaniu projektu państwowej sieci monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni jest zaledwie pierwszym krokiem ku stworzeniu rzeczywistego projektu takiej sieci, określanego mianem programu monitoringu.

5.2. Monitoring wód podziemnych zaliczonych do kopalni

Pierwsze wzmianki dotyczące ochrony ujęć wód leczniczych na obszarze znajdującym się w obecnych granicach Polski pochodzą z 1794 r., kiedy to w Świeradowie-Zdroju zabroniono na mocy zarządzenia wznoszenia domów w sąsiedztwie źródeł wód radonowych bez uprzedniego zbadania wpływu budowy na ich reżim i jakość (Ciężkowski, Kapuściński, 2011). Najstarszą formą ochrony ujęć wód leczniczych były okręgi ochrony wód mineralnych. Pierwszy z nich utworzono dla Źródła Głównego w Krynicy-Zdroju. Do czasu odzyskania przez Polskę niepodległości okręgi ochrony wyznaczono dla ujęć w: Krynicy-Zdroju, Żegiestowie-Zdroju, Głębokim, Iwoniczu-Zdroju, Swoszowicach, Krościenku nad

Dunajcem, Szczawnicy, Matecznym, Jeleniej Górze-Cieplicach, Łądku-Zdroju i Świeradowie-Zdroju.

Pierwszym polskim aktem prawnym regulującym zagadnienia ochrony źródeł wód leczniczych była Ustawa o uzdrowiskach z 23 marca 1922 r. (Dz.U. 1922 nr 31 poz. 254, z późn. zm.). Na jej mocy wprowadzono obowiązek sporządzania projektów ochrony górniczej, które powinny zawierać granicę okręgów ochrony sanitarnej, względnie okręgów ochrony górniczej. Wielkość i kształt okręgu ochrony sanitarnej był uzależniony od budowy geologicznej. W granicach tej strefy nie można było prowadzić robót mogących mieć negatywny wpływ na jakość wód leczniczych. Wyznaczone strefy miały na celu ochronę sanitarną źródeł oraz całokształtu środowiska przyrodniczego na terenie uzdrowisk. Okręg górniczy, w zależności od lokalnych warunków, miał zostać wyznaczony jako jeden obszar wokół sąsiadujących ze sobą źródeł, bądź też jako kilka obszarów, oddzielnych dla każdego źródła. W granicach okręgu ochrony górniczej nie można było prowadzić robót górniczych i ziemnych oraz innych mogących mieć ujemny wpływ na ilość i jakość wód leczniczych. W 1930 r. weszło w życie rozporządzenie Prezydenta Rzeczypospolitej Prawo górnicze (Dz.U. 1930 nr 85 poz. 654), nakazujące zapewnienie „bezpieczeństwa leczniczych źródeł mineralnych”, dla których został ustalony okręg górniczy. Był to zarazem pierwszy zapis w aktach prawnych określający wody mineralne mianem leczniczych. Istnienie okręgów ochrony górniczej podtrzymywał uchwalony w latach powojennych dekret Prawo górnicze (Dz.U. 1953 nr 29 poz. 113, z późn. zm.).

Kilka lat później zwrócono uwagę na konieczność prowadzenia systematycznych badań w ujęciach wód leczniczych (Damsé, 1956, 1961; Fistek, 1956). Badania i pomiary źródeł zostały podzielone na cztery grupy:

- pomiary meteorologiczne, obejmujące pomiary temperatury otoczenia, ciśnienia barometrycznego oraz wielkości dobowych opadów atmosferycznych;
- pomiary hydrogeologiczne, obejmujące pomiary głębokości zwierciadła wód w otworach wiertniczych i pomiary wydajności źródeł wraz z pomiarami temperatury wód podziemnych (dodatkowo rejestracji podlegał poziom wody w rzece przepływającej w pobliżu źródła);
- pomiary chemiczne, polegające na wykonywaniu oznaczeń zawartości jednego z charakterystycznych składników wód, tzw. składnika kontrolnego (zazwyczaj były to jony wodorowęglanowe i chlorkowe, jodki, siarkowodór oraz dwutlenek węgla);
- pomiary fizyczno-chemiczne, obejmujące określenie zawartości dwutlenku węgla w szczawach i wodach kwasowęglowych oraz pomiar radoczynności w wodach

radonowych, a także we wszystkich rodzajach wód przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW) i odczynu.

Wyniki wszystkich pomiarów miały być zapisywane w dzienniku, następnie przenoszone do zestawień tabelarycznych oraz przedstawiane w formie wykresów (Damsé, 1961). Poza wyżej wymienionymi pomiarami należało prowadzić kontrolę stanu sanitarnego źródeł oraz ogólny przegląd stanu środowiska w uzdrowiskach.

W tym samym czasie zwrócono uwagę na potrzebę ochrony niezagospodarowanych (nieujętych) i nieeksploatowanych źródeł wód mineralnych (Jarocka, Kłosowska, 1961). Źródła te uznano za szczególnie ważne z uwagi na obecność naturalnego, niezmiennego środowiska mikroflory i mikrofauny. Objęcie ich badaniami umożliwiłoby poznanie procesów przebiegających w środowisku naturalnym oraz porównania ich z warunkami panującymi na obszarach przeobrażonych.

Jako pierwszy wyniki analiz zmienności badanego parametru – wydajności mierzonej przez 10 miesięcy w otworze Zakopane IG-1 – opublikował Sławiński (1967). Spostrzeżenia na temat badań kontrolnych wykonywanych w ujęciach wód leczniczych, na przykładzie ujęcia „Pitoniakówka” w Szczawnicy, opisał także Damsé (1967). Zagadnienia dotyczące badań stacjonarnych pojawiły się również w pracy Dowgiałły (1969).

Pierwsze dokumentacje hydrogeologiczne ustalające zasoby eksploatacyjne ujęć wód leczniczych ujawniły trudności w wyznaczaniu granic stref ochrony górniczej źródeł. W celu ustalenia jednolitych kryteriów projektowania granic stref ochrony sanitarnej i górniczej powołany został zespół specjalistów działający z upoważnienia Dyrektora Centralnego Zarządu Uzdrowisk (Fistek, Dowgiałło, 1961). W ramach prac zespołu opracowano wytyczne projektowania stref ochrony sanitarnej źródeł, przy okazji rozszerzając dotychczasowy wykaz kryteriów mających wpływ na wielkość i kształt stref ochrony sanitarnej. Instrukcja zakładała, że sposób wyznaczania obszarów ochronnych powinien być zróżnicowany w zależności od regionu geologicznego, sposobu występowania złoża oraz od rzeczywistych zagrożeń. Zakładała wyznaczanie trzech stref ochrony górniczej i dwóch ochrony sanitarnej dla płytkich złóż, zaś dla złóż głębokich dwóch stref ochrony górniczej i jednej ochrony sanitarnej.

W wyniku nowelizacji przepisów wody lecznicze zostały uznane za kopalinę. W 1963 r. Minister Zdrowia i Opieki Społecznej wydał zarządzenie w sprawie określenia wód leczniczych (kopalin), których wydobywanie podlega prawu górnictwu (M.P. 1963 nr 28 poz. 145, z późn. zm.), w którym znajdował się wykaz 52 złóż wód leczniczych dla których obligatoryjnie utworzono obszary górnicze. Dla wszystkich złóż wymienionych w zarządzeniu wprowadzono obowiązek prowadzenia pomiarów stacjonarnych. Ich zakres

i częstotliwość były określone przez Zjednoczenie „Uzdrowiska Polskie” w uzgodnieniu z poszczególnymi uzdrowiskami. Badania stacjonarne obejmowały pomiary wykonywane nie rzadziej niż raz na dwa tygodnie. Wyniki obserwacji przesyłano co miesiąc do Inspektoratu Geologii Zjednoczenia „Uzdrowiska Polskie” i uwzględniano w sporządzanym corocznie planie ruchu. Za jego wykonanie było odpowiedzialne kierownictwo zakładu górniczego.

Wyniki pomiarów stacjonarnych z lat 1966–1970 poddano analizie w celu ich przydatności do określenia zasobów wód ziemnych, kontroli stanu technicznego ujęć oraz kontroli poprawności prowadzonej eksploatacji (Dowgiałło, Kulikowska, 1972). Przeanalizowany został zakres i wyniki obserwacji ze 106 ujęć znajdujących się w 31 miejscowościach. Badania te były prowadzone z różną częstotliwością (tab. 5.1) i obejmowały takie parametry, jak: wydajność ujęcia, głębokość położenia statycznego i dynamicznego zwierciadła wody, ciśnienie na głowicy otworu, właściwości fizykochemiczne wody (temperatura, zawartość głównych jonów, na ogół HCO_3^- i Cl^- , zawartość składników gazowych, najczęściej CO_2 i H_2S). W zależności od jakości prowadzonych pomiarów podzielono je na trzy grupy: wzorowe, dostateczne oraz nie odpowiadające wymogom minimalnym. W celu poprawy w przyszłości jakości zbioru danych zalecono m.in. aby obserwacje stacjonarne były prowadzone w jednym, wybranym ujęciu reprezentatywnym dla złoża, natomiast w pozostałych ujęciach zakres badań mógłby zostać ograniczony do okresowych pomiarów kontrolnych. Postulowano także, aby wyniki pomiarów ze wszystkich uzdrowisk były przechowywane w jednym miejscu. Do tej pory taka sytuacja dotyczyła jedynie uzdrowisk podlegających Zjednoczeniu „Uzdrowiska Polskie”, co nie pozwalało na analizę i kontrolę danych z całego kraju.

Tab. 5.1. Zakres i częstotliwość stacjonarnych pomiarów złożowych w ujęciach wód leczniczych według stanu na 31.12.1970 r. (Dowgiałło, Kulikowska, 1972)

Parametr	Częstotliwość							
	Raz dziennie (źródło)	Raz dziennie (otwór)	Raz w tygodniu (źródło)	Raz w tygodniu (otwór)	Dwa razy dziennie (otwór)	Dwa razy w tygodniu (otwór)	Raz na 10 dni (otwór)	Raz na miesiąc (otwór)
Wydajność	Szczawnica: Dzikie Żegiestów-Zdrój: Anna Krynica-Zdrój: Zdrój Główny Rymanów-Zdrój: Tytus, Klaudia, Celestyna Łądek-Zdrój: Jerzy Długopole-Zdrój: Reneta Jeleniów: Waclaw Szczawno-Zdrój: Dąbrówka Świeradów-Zdrój: Górne Kołobrzeg: 18	Rabka-Zdrój: Helena Dębowiec: Dębowiec Busko-Zdrój: 4a, 8a Solec-Zdrój: Zdrój Solec Polanica-Zdrój: Wielka Pieniawa, P-300 Duszniki-Zdrój: Pieniawa Chopina Kudowa-Zdrój: Marchlewski, Moniuszko Połczyn-Zdrój: Połczyn IG-1 Świnoujście: IV Kamień Pomorski: Edward I Kołobrzeg: 1-B Zakopane: Zakopane IG-1 Piwniczna-Zdrój: I, II	Krynica-Zdrój: Karol, Józef, Jan, Słotwinka Łądek-Zdrój: Wojciech, Curie-Skłodowska, Dąbrówka Długopole-Zdrój: Emilia, Kazimierz Szczawno-Zdrój: Mieszko, Mieszki 14, Młynarz, Marta Jelenia Góra-Cieplce: Sobieski, Antoni-Waclaw, Basenowe Damskie, Basenowe Męskie Świeradów-Zdrój: Dolne, Zofia Czernaia-Zdrój: Maria, Radoczynne	Rabka-Zdrój: Rafaela Krynica-Zdrój: 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 14, Zuber, Zuber II, Zuber III Gorzanów: 5, 6 Polanica-Zdrój: Pieniawa Józefa Duszniki-Zdrój: Zimny Zdrój, Jan Kazimierz, Agata Ciechocinek: 8-bE, 14, 16, 18 Świnoujście: V Kołobrzeg: 16				
Głębokość zwierciadła wody	statyczne	Rabka-Zdrój: Krakus Szczawnica: Stefan, Józefina Jeleniów: Waclaw	Rabka-Zdrój: Geo-350, Pod Łazienkami, Warzelnia, Bolesław Busko-Zdrój: 4a, 8a, 15 Kudowa-Zdrój: Marchlewski, Moniuszko Ciechocinek: 11 Połczyn-Zdrój: Połczyn IG-1 Kołobrzeg: 2 Piwniczna-Zdrój: I, II Muszyna: Milusia	Szczawnica: Szymon, Wanda Iwonicz-Zdrój: Karol, Amelia	Rabka-Zdrój: Rafaela, 18, 19, Geo-350 Krynica-Zdrój: 14 Świnoujście: V		Złockie: Z-1	Iwonicz-Zdrój: Iwonicz II, Elin-7
	dynamiczne	Jeleniów: Waclaw	Busko-Zdrój: 4a, 8a, 13, 15, 16 Solec-Zdrój: Zdrój Solec, Solec 2 Kudowa-Zdrój: Marchlewski, Moniuszko Ciechocinek: 11 Połczyn-Zdrój: Połczyn IG-1 Świnoujście: IV		Świnoujście: V			Iwonicz-Zdrój: Elin-7
Ciśnienie na głowicy otworu	zamkniętej		Rabka-Zdrój: Rafael, 18, 19 Krynica-Zdrój: 1, Zuber II, Zuber III Dębowiec: Dębowiec Polanica-Zdrój: P-300 Ciechocinek: 14, 16, 18		Krynica-Zdrój: 8, 9 Gorzanów: 5, 6	Zakopane: Zakopane IG-1		
	otwartej		Dębowiec: Dębowiec Ciechocinek: 14, 16, 18		Krynica-Zdrój: 8, 9			
HCO ₃ ⁻	Szczawnica: Stefan, Józefina, Dzikie Żegiestów-Zdrój: Anna Krynica-Zdrój: Zdrój Główny Rymanów-Zdrój: Tytus, Klaudia, Celestyna Długopole-Zdrój: Renata Kudowa-Zdrój: Śniadecki Jeleniów: Waclaw Szczawno-Zdrój: Mieszko, Mieszko 14, Dąbrówka, Młynarz, Marta Świeradów-Zdrój: Górne Nałęczów: Miłość, Żelaziste	Iwonicz-Zdrój: Iwonicz II, Elin-7 Polanica-Zdrój: Wielka Pieniawa, P-300 Duszniki-Zdrój: Pieniawa Chopina Kudowa-Zdrój: Marchlewski, Moniuszko Czernaia-Zdrój: Jan Ciechocinek: 8-bE, 11, 14, 16, 18 Kołobrzeg: 1-B Zakopane: Zakopane IG-1	Rabka-Zdrój: Krakus Szczawnica: Szymon, Wanda Krynica-Zdrój: Karol, Józef, Jan, Słotwinka Iwonicz-Zdrój: Karol, Amelia, Józef Długopole-Zdrój: Emilia, Kazimierz Jelenia Góra-Cieplce: Sobieski, Antoni-Waclaw, Nowe, Basenowe Damskie, Basenowe Męskie Świeradów-Zdrój: Dolne, Zofia Czernaia-Zdrój: Maria	Rabka-Zdrój: 18, 19, Geo-350, Helena, Pod Łazienkami, Warzelnia, Bolesław Żegiestów-Zdrój: Andrzej Krynica: 1, 5, 6, 7, 8, 9, 14, Zuber I, Zuber II Gorzanów: 5, 6 Polanica-Zdrój: Pieniawa Józefa Duszniki-Zdrój: Zimny Zdrój, Jan Kazimierz, Agata Jelenia Góra-Cieplce: Marysieńka Świnoujście: IV, V Piwniczna-Zdrój: I, II Muszyna: Milusia Złockie: Z-1				
Cl ⁻	Rymanów-Zdrój: Tytus, Klaudia, Celestyna Nałęczów: Miłość, Żelaziste	Iwonicz-Zdrój: Iwonicz II, Elin-7 Ciechocinek: 8-bE, 11, 14, 16, 18 Połczyn-Zdrój: Połczyn IG-1 Kamień Pomorski: Edward I Kołobrzeg: 1-B, 16	Rabka-Zdrój: Krakus Iwonicz-Zdrój: Karol, Amelia, Józef Kołobrzeg: 18	Rabka-Zdrój: 18, 19, Geo-350, Helena, Pod Łazienkami, Warzelnia, Bolesław Busko-Zdrój: 4a, 8a, 13, 15, 16 Solec-Zdrój: Zdrój Solec, Solec 2 Świnoujście: IV, V				
CO ₂	Szczawnica: Stefan, Józefina, Dzikie Żegiestów-Zdrój: Anna Krynica-Zdrój: Zdrój Główny Rymanów-Zdrój: Tytus, Klaudia, Celestyna Długopole-Zdrój: Renata	Polanica-Zdrój: Wielka Pieniawa, P-300 Duszniki-Zdrój: Pieniawa Chopina Kudowa-Zdrój: Marchlewski, Moniuszko Czernaia-Zdrój: Jan	Szczawnica: Szymon, Wanda Krynica-Zdrój: Karol, Józef, Jan, Słotwinka Długopole-Zdrój: Emilia, Kazimierz Szczawno-Zdrój: Mieszko, Mieszko 14, Młynarz, Marta Świeradów-Zdrój: Dolne, Zofia	Żegiestów-Zdrój: Andrzej Krynica-Zdrój: 1, 5, 6, 7, 8, 9, 14, Zuber I, Zuber II Gorzanów: 5, 6 Polanica-Zdrój: Pieniawa Józefa Duszniki-Zdrój: Zimny Zdrój, Jan Kazimierz, Agata				

Parametr	Częstotliwość							
	Raz dziennie (źródło)	Raz dziennie (otwór)	Raz w tygodniu (źródło)	Raz w tygodniu (otwór)	Dwa razy dziennie (otwór)	Dwa razy w tygodniu (otwór)	Raz na 10 dni (otwór)	Raz na miesiąc (otwór)
	Kudowa-Zdrój: Śniadecki Jeleniów: Waclaw Szczawno-Zdrój: Dąbrówka Świeradów-Zdrój: Górne		Czarniawa-Zdrój: Maria	Piwniczna-Zdrój: I, II Muszyna: Milusia Złockie: Z-1				
H ₂ S				Ciechocinek: 14, 16, 18			Zakopane: Zakopane IG-1	
Temperatura	Szczawnica: Stefan, Józefina, Dzikie Żegiestów-Zdrój: Anna Krynica-Zdrój: Zdrój Główny Rymanów-Zdrój: Tytus, Klaudia, Celestyna Łądek-Zdrój: Jerzy Długopole-Zdrój: Renata Kudowa-Zdrój: Śniadecki Jeleniów: Waclaw Szczawno-Zdrój: Mieszko, Mieszko 14, Dąbrówka, Młynarz, Marta Świeradów-Zdrój: Górne Nałęczów: Miłość, Żelaziste Kołobrzeg: 18	Iwonicz-Zdrój: Iwonicz II, Elin-7 Zabłocie: Korona, Tadeusz Dębowiec: Dębowiec Polanica-Zdrój: Wielka Pieniawa, P-300 Duszniki-Zdrój: Pieniawa Chopina Kudowa-Zdrój: Marchlewski, Moniuszko Czarniawa-Zdrój: Jan Ciechocinek: 8-bE, 11, 14, 16, 18 Połczyn-Zdrój: Połczyn IG-1 Świnoujście: IV Kamień Pomorski: Edward I Kołobrzeg: 1-B, 16 Zakopane: Zakopane IG-1	Szczawnica: Szymon, Wanda Krynica-Zdrój: Karol, Józef, Jan, Słotwinka Iwonicz-Zdrój: Karol, Amelia, Józef Łądek-Zdrój: Wojciech, Curie-Skłodowska, Chrobry, Dąbrówka Długopole-Zdrój: Emilia, Kazimierz Jelenia Góra-Cieplice: Sobieski, Antoni-Waclaw, Nowe, Basenowe Damskie, Basenowe Męskie Świeradów-Zdrój: Dolne, Zofia Czarniawa-Zdrój: Maria	Żegiestów-Zdrój: Andrzej Krynica-Zdrój: 1, 5, 6, 7, 8, 9, 14, Zuber I, Zuber II Busko-Zdrój: 4a, 8a, 13, 15, 16 Solec-Zdrój: Zdrój Solec, Solec 2 Gorzanów: 5, 6 Polanica-Zdrój: Pieniawa Józefa Duszniki-Zdrój: Zimny Zdrój, Jan Kazimierz, Agata Jelenia Góra-Cieplice: Marysiénka Świnoujście: V Piwniczna-Zdrój: I, II Muszyna: Milusia Złockie: Z-1				

Rosnąca liczba danych otrzymywana w efekcie prowadzenia systematycznych pomiarów sprawiła, iż większą wagę zaczęto przykładać do interpretacji uzyskanych wyników. Na mocy zarządzenia Prezesa CUG z dnia 13 maja 1965 r. w sprawie ustalania zasobów wód podziemnych do celów leczniczych i przedstawiania dokumentacji do zatwierdzenia (M.P. nr 25 poz. 125) wskazano, że zasoby wód leczniczych mogą być ustalone jedynie w wypadku, gdy ujęte wody wykazują stabilność cech fizycznych i składu chemicznego. Podobne sformułowanie, mówiące o niewielkich wahaniami właściwości fizycznych i składu chemicznego wód leczniczych, w 1990 r. zamieszczono w Polskiej Normie BN-90/9560-05 – Wody lecznicze. Podział, nazwy, określenia i podstawowe wymagania.

W późniejszym okresie analizą statystyczną wyników obserwacji stacjonarnych ujęć wód leczniczych zajmowały się głównie trzy ośrodki badawcze: Instytut Balneoklimatyczny, Uniwersytet Warszawski oraz Uniwersytet Wrocławski (Ciężkowski i in., 2007). Prace skupiały się głównie na dwóch aspektach: analizie korelacji między stężeniami poszczególnych składników wód leczniczych oraz między składem chemicznym tych wód a wydajnością ujęć i czynnikami zewnętrznymi oraz na badaniu tendencji zmian właściwości fizyczno-chemicznych wód leczniczych w czasie (Kozłowski, 1997, 1998, 1999a, 1999b; Ciężkowski i in., 2007).

Od 1994 r. obszary występowania wód leczniczych i termalnych zostały objęte prowadzoną przez PIG–PIB siecią stacjonarnych obserwacji zwykłych wód podziemnych (Pich, Kazimierski, 1994), co umożliwiło monitorowanie stref współwystępowania wód zwykłych i zaliczonych do kopaliny. Wytypowano 13 rejonów występowania wód leczniczych i termalnych, w obrębie których włączono do sieci obserwacyjnej 2–3 otwory. Prowadzono w nich zarówno pomiary zmian głębokości położenia zwierciadła wody, jak i badano cyklicznie właściwości fizyczne i skład chemiczny. Mniej więcej w tym samym czasie, na przełomie lat 80. i 90. XX w., Oddział Karpacki PIG, w ramach sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych, rozpoczął obserwacje zwierciadła wód mineralnych w Karpatach, włączając do sieci cztery otwory zlokalizowane w Krynicy-Zdroju, Rabce-Zdroju, Szczawie i Szczawnicy (Witek, 2000; Witek, Patorski, 2015).

5.2.1. Zmienność parametrów wód podziemnych zaliczonych do kopaliny

Wyniki badań (Ciężkowski i in., 2007; Felter i in., 2015b, 2018b) potwierdzają znacznie większą niż dotychczas sądzono zmienność właściwości fizyczno-chemicznych wód leczniczych. Zmienność ta jest powszechnie występującą cechą wód podziemnych

zaliczonych do kopalin, zwłaszcza wód leczniczych o zasobach odnawialnych, co wynika z faktu, iż są to najczęściej mieszaniny wód różnej genezy, o różnym składzie chemicznym, które w warunkach wymuszonego drenażu (eksploatacji) mieszają się ze sobą w różnych proporcjach. Wykazano, iż skład chemiczny ulega zmianom nawet w głębokich poziomach wodonośnych Niżu Polskiego, objawiając się na przykład wzrostem zawartości chlorków i sodu wskutek zwiększenia zasilania ascenzyjnego w warunkach eksploatacji.

Zmienność właściwości fizyczno-chemicznych jest na tyle istotną cechą wód leczniczych, iż została ona wprowadzona do definicji, która zgodnie z ustawą PGiG brzmi: „wodą leczniczą jest woda podziemna, która pod względem chemicznym i mikrobiologicznym nie jest zanieczyszczona, cechuje się naturalną zmiennością cech fizycznych i chemicznych...”. Zapis ten jednak budzi liczne kontrowersje, m.in. z uwagi na trudności ze zdefiniowaniem naturalnej zmienności, która powinna wynikać tylko z przyczyn przyrodniczych. Większość wód podziemnych zaliczonych do kopalin jest wydobywana za pomocą otworów wiertniczych, które w przeciwieństwie do źródeł, nie są naturalną bazą drenażu. Rodzi to pytanie, czy zmiany właściwości fizyczno-chemicznych wód wydobywanych wymuszoną eksploatacją mają charakter naturalny. Ustawa PGiG oraz związane z nią akty wykonawcze poruszają tylko kwestię zmienności parametrów jakościowych wód, pomijając zagadnienia dotyczące zmienności ilościowej, choć sposób ujęcia i wydajność wpływają bezpośrednio na wahania parametrów fizyczno-chemicznych wód.

Zmienność właściwości fizyczno-chemicznych wód podziemnych zaliczonych do kopalin, głównie wód leczniczych, była przedmiotem licznych badań od wielu lat, jednak kompleksową ocenę ilościową wahań parametrów wód leczniczych z podaniem zakresów dopuszczalnych zmian przedstawiono w 2007 r. w formie poradnika metodycznego (Ciężkowski i in., 2007). Efektem tych prac była propozycja schematu postępowania przy określaniu dopuszczalnego zakresu zmienności parametrów eksploatacyjnych i fizyczno-chemicznych wód leczniczych, opracowana na podstawie analizy zbioru danych pochodzących ze 124 ujęć w 21 miejscowościach. Przyjęto, że dopuszczalny zakres tych wahań nie powinien przekraczać granic wyznaczonych przez średnią arytmetyczną pomniejszoną i powiększoną o dwa odchylenia standardowe. Zaproponowany sposób ustalania dopuszczalnych wahań jest oparty na metodach statystycznych i pozwala jednoznacznie określić typ chemiczny badanych wód. Przeanalizowano ujęcia eksploatowane samowypływem lub samoczynnie (charakteryzujące się naturalną zmiennością wydajności) o zasilaniu infiltracyjnym (największe wahania), a badane wody podzielono na typy

względem reżimu (szczawy Sudetów, szczawy Karpat, wody termalne głębokiego systemu w Sudetach, sudeckie wody radonowe płytkiego systemu). Główne jony i temperatura wykazywały zmienność dochodzącą do 50%, natomiast składniki swoiste i mineralizacja ogólna do 100%. Niektóre składniki swoiste, takie jak Fe (II), H_2SiO_3 i Rn, w każdym badanym przypadku wykazywały zmienność powyżej 20%. Ogólnie ponad 80% wyników wykazywała zmienność parametrów fizyczno-chemicznych do 50%, w tym ponad połowa wyników do 20%. Wydajność ujęć w większości zmieniała się w zakresie 20–70%. Podsumowaniem pracy był m.in. wniosek dotyczący ujednoczenia metod badawczych wód leczniczych oraz ich kontroli, ze szczególnym uwzględnieniem badań stacjonarnych. Opracowanie niniejszego projektu ogólnokrajowego monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin jest pierwszym krokiem do realizacji tego postulatu. W poradniku zasygnalizowano także konieczność weryfikacji zasobów eksploatacyjnych ujęć wód leczniczych w zakresie typu chemicznego wód z częstotliwością nie rzadziej niż raz na dziesięć lat.

W oparciu o ww. metodykę w ramach prac wykonanych w PIG–PIB w latach 2013–2018 przeprowadzono ocenę stanu jakościowego wód leczniczych charakteryzujących się istotną zmiennością parametrów fizycznych i składu chemicznego podczas wieloletniej eksploatacji, uwzględniając przy tym zagrożenia jakości zasobów tych wód wynikających z procesów antropogenicznych (Felter i in., 2015b, 2018b). Do analizy wytypowano 79 ujęć wód leczniczych z 20 złóż, zlokalizowanych głównie w południowej części kraju, występujących w różnowiekowych (od proterozoiku do kenozoiku) systemach wodonośnych o charakterze szczelinowo-porowym i szczelinowym, w większości przypadków uformowanych w odkrytych strukturach hydrogeologicznych, najbardziej narażonych na zanieczyszczenia z powierzchni terenu. Pod względem genetycznym wody te są mieszaninami „różnowiekowych” wód pochodzenia infiltracyjnego lub z dominującym udziałem składowej infiltracyjnej, w większości przypadków zawierające komponentę współczesnego zasilania po 1952 r. (wody zawierające tryt). Badaniom poddano wody ujęte 80 obiektami zlokalizowanymi przeważnie w strefach drenażu, zarówno otworami wiertniczymi, jak i wypływające w postaci źródeł. Dla każdego z ujęć wykonano szczegółową analizę danych hydrochemicznych oraz ocenę stałości właściwości fizyczno-chemicznych, zwłaszcza tych decydujących o właściwościach leczniczych wód. Określono także kierunki i trendy zmian składu chemicznego wód oraz korelacje pomiędzy wybranymi składnikami. Uwzględniono również stan ilościowy zasobów, a także wrażliwość poziomów wodonośnych na zanieczyszczenia pochodzenia antropogenicznego. W grupie złóż wybranych do analizy

występują wody o różnych typach chemicznych i zróżnicowanej mineralizacji ogólnej wynoszącej od około 0,2 do 12,0 g/dm³.

Wyniki badań wykazały, że w ponad 80% ujęć występują zmiany składu chemicznego wód lub przesłanki świadczące o możliwości ich wystąpienia, a w przypadku 4 ujęć (w Nałęczowie i Wapiennem) stwierdzono utratę właściwości leczniczych wód. W ponad 30% ujęć zaobserwowano zmniejszenie zawartości składników leczniczych lub mineralizacji ogólnej wód prowadzące do zmiany ich typu chemicznego. W 15 ujęciach zidentyfikowano znaczące, malejące (w tym w 5 krytyczne) trendy czasowe zawartości składników decydujących o właściwościach leczniczych wód. Dotyczyły one głównie mineralizacji ogólnej i dwutlenku węgla, w mniejszym stopniu pozostałych składników. W blisko połowie przypadków dolny zakres dopuszczalnych wahań wyznaczony dla składników swoistych decydujących o właściwościach leczniczych wód znajdował się poniżej wartości progowych, co wskazuje na potencjalne (lub stwierdzone) zagrożenia właściwości leczniczych wód. Największą zmienność stwierdzono w złożach wód leczniczych w Długopolu-Zdroju, Dusznikach-Zdroju, Horyńcu-Zdroju, Iwoniczu-Zdroju, Krynicy-Zdroju, Muszynie, Piwnicznej-Zdroju, Polanicy-Zdroju, Rymanowie-Zdroju (rozd. 8.8.5) i Szczawnie-Zdroju. W przypadku stwierdzenia niekorzystnych zmian dla ilości lub jakości wód leczniczych przedstawiono możliwe działania zapobiegawcze mające na celu ochronę zasobów złoża. Do złóż o zasobach najbardziej podatnych na zagrożenie jakości i ilości zaliczono złoża niskozmineralizowanych wód zasilanych wspólnie poprzez infiltrację opadów atmosferycznych, zawierających jeden składnik swoisty, którego wahania mogą pozbawić wody, okresowo lub stale, właściwości leczniczych.

Zaobserwowane niekorzystne zmiany właściwości fizyczno-chemicznych wód leczniczych lub zjawiska wskazujące na prawdopodobieństwo ich wystąpienia wynikają na ogół z nakładania się na siebie wielu czynników, najczęściej naturalnej zmienności, przemian hydrochemicznych w strefie spływu wód do ujęć, intensywności eksploatacji wód i innych oddziaływań antropogenicznych. W związku z powyższym zachodzi konieczność weryfikacji parametrów fizyczno-chemicznych wód leczniczych, zwłaszcza gdy pierwotna wartość poszczególnych cech jest niska i może nie gwarantować ich farmakodynamicznej aktywności.

Wyniki dotychczasowych badań wskazują na istnienie znacznych wahań poszczególnych parametrów, co uniemożliwia przyjęcie jednolitego kryterium ilościowego do określenia zakresu tych zmian, jak to ma miejsce na przykład w Niemczech, gdzie dopuszczalne wahania względem wartości średniej wynoszą 50% dla CO₂ i 20% dla reszty wskaźników. Jako rozwiązanie autorzy poradnika proponują, aby przyjąć dopuszczalne

wahania w pewnym zakresie, opisującym ich naturalną zmienność. Zakres ten mógłby być opisywany wartością graniczną określoną jako wartość średnia z wielu badań danego parametru pomniejszona o podwójne odchylenie standardowe (fig. 5.1). Proponuje się, aby takie podejście było stosowane w planowanej do realizacji państwowej sieci obserwacyjnej wód podziemnych zaliczonych do kopalin. Obliczone zakresy wahań poszczególnych parametrów wód leczniczych, termalnych i solanek powinny być corocznie weryfikowane w ramach funkcjonowania sieci, a w przypadku przekroczenia określonych granic powinny stanowić podstawę do podjęcia czynności zaradczych, na przykład wykonania dodatkowych analiz fizyczno-chemicznych wód. W przypadku utrzymywania się niekorzystnej tendencji zmian, wskazującej na jej stały charakter, woda nie powinna być nadal uznawana za leczniczą.

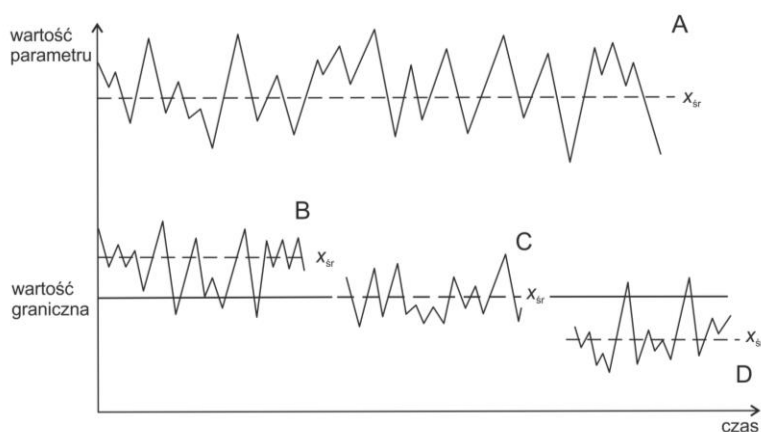


Fig. 5.1. Schematyczne położenie zakresów wahań poszczególnych parametrów wód względem wartości granicznych (na podst. Ciężkowskiego i in., 2007)

- A – wszystkie wartości parametru powyżej wartości granicznej (nie wymaga dodatkowych badań)
- B – większość wartości parametru powyżej wartości granicznej (okresowo wymaga dodatkowych badań)
- C – wartości parametru powyżej i poniżej wartości granicznej (wymaga dodatkowych badań)
- D – niektóre wartości parametru powyżej wartości granicznej (woda nie powinna być zaliczona do kopalin)

Na potrzeby oceny dopuszczalnego zakresu wahań parametrów fizyczno-chemicznych wód podziemnych zaliczonych do kopalin zaleca się wykonywanie jednej analizy rocznie, za wyjątkiem nowych ujęć, dla których przez okres pierwszych trzech lat powinny być wykonywane 4 analizy rocznie przy ustalonych warunkach eksploatacji, w miarę możliwości w nawiązaniu do programów badań stacjonarnych danych złóż. Archiwalne dane hydrochemiczne należy pozyskać z Banku Danych Wód Podziemnych Zaliczonych do Kopalin (Bank MINERALNE), po uprzedniej ich weryfikacji, lub bezpośrednio od użytkowników złóż. Nawiązanie do obserwacji archiwalnych wydaje się uzasadnione, pozwoli bowiem na identyfikację cyklu (trendu) hydrogeologicznego. W Karpatach, na

podstawie monitoringu wód zwykłych wyróżniono cztery takie cykle, trwające około 20 lat (Freiwald i in., 2013):

- cykl 1 – obniżanie się zwierciadła w okresie posuszonym;
- cykl 2 – równowaga hydrodynamiczna w okresie posuszonym;
- cykl 3 – podnoszenie się zwierciadła wody w okresie mokrym;
- cykl 4 – równowaga hydrodynamiczna w okresie mokrym.

Wprowadzenie ogólnokrajowego monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek realizowanego przez psg może zmniejszyć zakres obserwowanych wahań poprzez usunięcie błędów wynikających ze zróżnicowanej analityki.

Podsumowując, w świetle przytoczonych informacji wynika, że warunki eksploatacji ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalin, przede wszystkim wód leczniczych, powinny być weryfikowane nie tylko wielkością zasobów eksploatacyjnych, lecz również stabilnością właściwości fizyczno-chemicznych wydobywanych wód, do czego jest niezbędna stała kontrola tych parametrów. W przeciwnym wypadku może dojść do nieodwracalnych lub długotrwałych zmian stanu jakościowego lub ilościowego zasobów. W przypadku wód termalnych zmienność właściwości fizyczno-chemicznych jest na ogół mniejsza, co wynika z warunków ich występowania (zakryte struktury hydrogeologiczne, izolacja od powierzchni terenu utrudniająca zasilenie infiltracyjne, brak fazy gazowej).

Z uwagi na zagrożenia jakości i ilości zasobów wód podziemnych zaliczonych do kopalin nadzór nad ich monitorowaniem powinien być jednym z elementów zadań Państwa w zakresie gospodarki i ochrony zasobów wodnych oraz surowcowych. Nadzór ten powinien być sprawowany poprzez utworzenie i uruchomienie państwowej sieci monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek, stanowiącej kontrolno-decyzyjny system oceny dynamiki zachodzących procesów zmian, jak ma to miejsce w przypadku wód zwykłych. Zadaniem systemu powinno być prowadzenie w wybranych punktach systematycznych pomiarów i obserwacji hydrodynamicznych i hydrochemicznych oraz interpretacja uzyskanych wyników pod kątem ochrony wód i wspomagania działań zmierzających do likwidacji lub ograniczenia niepożądanych procesów, zagrażających ich ilości lub jakości.

5.2.2. Program obserwacji stacjonarnych

Z powyższego przeglądu działań w zakresie monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin wynika, że – w przeciwieństwie do zwykłych wód podziemnych – nie są one objęte ogólnokrajową siecią obserwacji. Aktualnie, za prawidłową gospodarkę

złożową odpowiedzialne są zakłady górnicze, czyli zgodnie z definicją zawartą w ustawie PGiG wyodrębnione technicznie i organizacyjnie zespoły środków służące bezpośrednio do wykonywania działalności regulowanej ustawą (PGiG) w zakresie wydobywania kopalin ze złóż, w tym ujęcia wód podziemnych i towarzyszące im obiekty budowlane, urządzenia oraz instalacje. Jednym z obowiązków zakładu górniczego, wynikającym z rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 25 kwietnia 2014 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu zakładów górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi (Dz.U. 2014 poz. 812), jest prowadzenie w ujęciach obserwacji stacjonarnych i badań kontrolnych w celu rejestrowania ewentualnych, niekorzystnych zmian ilościowych i jakościowych wód, związanych z eksploatacją złóż, i określenia zakresu zmienności badanych parametrów. Obserwacje i badanie prowadzi się na podstawie tzw. programu obserwacji stacjonarnych, obejmującego badania, pomiary i oznaczenia hydrodynamiczne oraz fizyczno-chemiczne prowadzone bezpośrednio na ujęciach i w laboratorium, a także pomiary meteorologiczne. Za przygotowanie programów badań stacjonarnych są odpowiedzialne poszczególne zakłady górnicze, a ich zatwierdzenia dokonuje właściwy miejscowo okręgowy urząd górniczy (OUG), będący terenowym organem administracji rządowej podległym Prezesowi Wyższego Urzędu Górniczego. Do zadań OGU należy – zgodnie z ustawą PGiG – sprawowanie nadzoru i kontrola nad ruchem zakładów górniczych, w szczególności w zakresie:

- bezpieczeństwa i higieny pracy;
- bezpieczeństwa pożarowego;
- ratownictwa górniczego;
- gospodarki złożami kopalin w procesie ich wydobywania;
- ochrony środowiska i gospodarki złożem;
- zapobiegania szkodom;
- budowy i likwidacji zakładu górniczego, w tym rekultywacji gruntów po działalności górniczej.

W praktyce działalność OUG polega m.in. na:

- przeprowadzaniu kontroli w siedzibach przedsiębiorcy;
- przeprowadzaniu kontroli w zakładach górniczych;
- przeprowadzaniu kontroli w miejscach wydobywania kopalin;
- nakazywaniu usunięcia nieprawidłowości powstałych wskutek naruszenia przepisów stosowanych w ruchu zakładu górniczego lub warunków określonych w planie ruchu zakładu górniczego;

- wstrzymywaniu w całości lub w części ruchu zakładu górniczego lub jego urządzeń oraz określanie warunków wznowienia ruchu tego zakładu lub urządzeń, w przypadku bezpośredniego zagrożenia dla zakładu górniczego, jego pracowników, bezpieczeństwa powszechnego lub środowiska;
- nakazywaniu podjęcia niezbędnych środków związanych z ruchem zakładu górniczego, stanu bezpieczeństwa pracy oraz stanu rozpoznania i zwalczania zagrożeń w zakładach górniczych;
- badaniu prawidłowości rozwiązań stosowanych lub przewidzianych przez przedsiębiorcę do stosowania;
- dokonywaniu pomiarów służących ocenie stanu bezpieczeństwa w zakładzie górniczym oraz ocenie stanu bezpieczeństwa powszechnego lub środowiska w związku z ruchem zakładu górniczego;
- ustalaniu stanu faktycznego i przyczyn niebezpiecznego zdarzenia, zaistnienia wypadku lub zaistnienia zgonu naturalnego w ruchu zakładu górniczego;
- sprawowaniu nadzoru nad prowadzeniem akcji ratowniczych;
- zatwierdzaniu planów ruchu zakładów górniczych.

Zgodnie z wytycznymi zawartymi w polskiej normie PN-Z-11002:1997 – Ujęcia wód mineralnych i leczniczych badania stacjonarne są opisane jako „pomiary parametrów złożowych, meteorologicznych i podstawowych właściwości fizyczno-chemicznych wody, prowadzone w ujęciu w sposób ciągły w regularnych odstępach czasu w celu kontroli prawidłowej eksploatacji złoża lub źródła oraz kontroli jakości wody w ujęciu”. Norma ta dotyczy wód mineralnych i leczniczych, jednak w praktyce jej zapisy są stosowane także dla pozostałych wód podziemnych zaliczonych do kopalin, tj. wód termalnych i solanek. Zaproponowany w normie zakres badań stacjonarnych obejmował:

- pomiar głębokości występowania zwierciadła wody przed rozpoczęciem eksploatacji oraz przed jej zakończeniem;
- pomiar ciśnienia wody na zamkniętej głowicy otworu (w przypadku samoczynnego wypływu wody);
- pomiar wydajności ujęcia przy określonej depresji;
- pomiar temperatury wody mierzonej na wypływie z ujęcia;
- określenie czasu eksploatacji ujęcia;
- oznaczenie wybranych, charakterystycznych składników chemicznych wody i gazów w niej rozpuszczonych.

Dodatkowo, przy źródłach, zalecono wykonywanie pomiarów poziomu wód gruntowych oraz poziomu wód w ciekach powierzchniowych i zbiornikach wodnych. Uzupełnieniem obserwacji wód podziemnych powinny być pomiary meteorologiczne: temperatury powietrza atmosferycznego – odczytanej jednocześnie z pomiarem temperatury wody podziemnej, ciśnienia atmosferycznego oraz rodzaju i wielkości opadów atmosferycznych.

Dla wód leczniczych, termalnych i solanek są wykonywane trzy rodzaje analiz właściwości fizyczno-chemicznych:

- kontrolna (wskaźnikowa);
- mała;
- duża.

Analiza kontrolna obejmuje oznaczenie składników charakterystycznych dla danego rodzaju wody, na przykład głównych jonów decydujących o jej typie chemicznym (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) i składników swoistych (Fe^{2+} , F^- , I^- , HBO_2 , H_2SiO_3 , CO_2 , H_2S , Rn).

Mała analiza obejmuje oznaczenie czterech rodzajów składników:

- cech organoleptycznych: barwa, mętność, zapach, smak;
- cech fizyczno-chemicznych: odczyn, PEW, temperatura;
- zawartości podstawowych jonów: Na^+ , K^+ , Li^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_2^- , NO_3^- ;
- stężenia składników swoistych, w tym także gazów rozpuszczonych w wodzie: Fe^{2+} , F^- , I^- , HBO_2 , H_2SiO_3 , CO_2 , H_2S , Rn.

Zakres dużej analizy jest rozszerzony względem małej o:

- zawartość jonów metali: Ag^+ , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} , Cd^{2+} , Se^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Mo^{4+} , V^{4+} , Zr^{4+} , Ti^{4+} ;
- cyjanków (CN^-);
- zanieczyszczeń organicznych: fenoli, detergentów, pestycydów, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych – WWA, lotnych węglowodorów monoaromatycznych – BTEX);
- promieniotwórczość: całkowitą aktywność alfa i beta.

Analizy kontrolne są wykonywane ze zróżnicowaną częstotliwością (codziennie, raz na miesiąc), przeważnie przez pracowników zakładów górniczych w laboratoriach użytkowników złóż. Małe analizy są wykonywane zazwyczaj co 3 lata, wcześniej – od połowy lat 60. do przełomu lat 80. i 90. XX w. – częściej, przeważnie corocznie. Duże

analizy wykonuje się przeważnie raz na 5 lat. Badaniami laboratoryjnymi wód leczniczych, termalnych i solanek zajmuje się obecnie kilka akredytowanych laboratoriów (podkreślono laboratoria uprawnione do wydawania świadectw potwierdzających właściwości lecznicze wód), m.in.:

- Zakładu Tworzyw Uzdrawiskowych Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego – Państwowego Zakładu Higieny w Poznaniu;
- Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie;
- Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie;
- Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach;
- Ośrodka Badań i Kontroli Środowiska w Katowicach;
- Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej;
- przedsiębiorstwa geologicznego Polgeol (obecnie HPC Polgeol S.A.) w Warszawie.

W tym miejscu należy zaznaczyć, iż brak jest jednoznacznie określonej metodyki wykonywania analiz laboratoryjnych wód podziemnych, zwłaszcza w odniesieniu do wód leczniczych, które charakteryzują się znacznym zróżnicowaniem mineralizacji ogólnej. Fakt, iż materiał badawczy jest niejednorodny, będzie stanowić utrudnienie w porównywaniu między sobą wyników analiz właściwości fizyczno-chemicznych z poszczególnych lat, pobieranych przez różne osoby i wykonywanych w różnych laboratoriach z wykorzystaniem różnych metodyk. Omawiane zagadnienie, niezwykle istotne z punktu widzenia analizy wyników badań monitoringowych, pokazano na przykładzie ujęcia wód leczniczych K-2 w Powroźniku (tab. 5.2). Problem niejednorodności zbioru danych analitycznych dla wód leczniczych został omówiony szczegółowo przez Lipiec (2020). Wydaje się, iż na etapie rozruchu sieci monitoringu wskazane byłoby przeprowadzenie testu porównawczego pomiędzy wybranymi ośrodkami laboratoryjnymi w celu identyfikacji, które z różnic wynikają ze zmienności badanych właściwości, a które z zastosowanej metodyki. Badania testowe należy przeprowadzić dla różnych rodzajów wód, przede wszystkim o zróżnicowanej mineralizacji.

Tab. 5.2. Zestawienie wyników analiz wody leczniczej z ujęcia K-2 w Powroźniku (Bielec, 2022)

L.p.	Data	Parametr [mg/dm ³]												
		Suma skł. stałych	Na ⁺	K ⁺	Li ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	H ₂ SiO ₃
1	11.2016	1596	11,7	2,7	0,03	0,3	279	52	3,9	0,75	3,1	9,8	1179	50,0
2	12.2016	1705	13,7	2,8	0,05	0,1	297	56	6,8	0,91	4,6	4,6	1253	62,7
3	11.2019	1751	14,7	3,2	0,04	0,1	307	55	1,1	0,98	2,0	5,0	1303	54,0
4	11.2020	1877	16,5	3,2	-	0,2	339	59	3,5	0,84	6,4	6,1	1385	56,0
5	12.2021	1880	16,7	3,1	0,06	0,1	346	57	0,9	1,01	2,8	5,0	1390	0,53

L.p. 1–3 Analizy wykonane przez AGH, Kraków

L.p. 4 Analiza wykonana przez PZH, Warszawa

L.p. 5 Analiza wykonana przez GIG, Katowice

Do początku lat 90. XX w. większość wód była badana w Warszawie lub Szczawnie-Zdroju w laboratoriach nieistniejącego już Biura Projektów i Usług Branży Uzdrawiskowej „Balneoprojekt”, wcześniej Przedsiębiorstwa Państwowego Obsługa Techniczna Uzdrawisk (PP OTU). Wyniki pomiarów i badań są gromadzone w archiwach poszczególnych zakładów górniczych (w lokalnych bazach danych, zazwyczaj w formie cyfrowej, najczęściej w postaci różnego rodzaju zestawień tabelarycznych oraz wykresów) i interpretowane na potrzeby bieżącej analizy wpływu eksploatacji na stan zasobów. Zebrane na przestrzeni lat dane pomiarowe stanowią pokaźny zbiór informacji, jednak są one własnością koncesjodawcy i nie są standardowo udostępniane psh i psg. Dane te są wykorzystywane wyłącznie do obserwacji zmian zachodzących w poszczególnych złożach, w granicach wyznaczonych dla nich obszarów górniczych, z pominięciem analiz regionalnych, na przykład dla całej struktury/systemu wodonośnego. Wykorzystanie danych uzyskanych z obserwacji stacjonarnych do oceny warunków hydrogeologicznych struktury/systemu wodonośnego utrudnia też brak przyjętej jednolitej metody ich wykonywania przez zakłady górnicze poszczególnych złóż oraz wykonywanie oznaczeń właściwości fizyczno-chemicznych odmiennymi metodami przez różne laboratoria chemiczne. Przykładowy zestaw danych dla otworu RZ-6 w Rymanowie-Zdroju, ujmującego wody kwasowęglowe o mineralizacji ogólnej 3,4 g/dm³ i typie chemicznym Cl–HCO₃–Na,I przedstawiono w tabeli 5.3 oraz na figurze 5.2. Wykonywane na przestrzeni lat oznaczenia składu chemicznego wód leczniczych mogą również stanowić pokaźne zbiory danych. Przykładowo dla źródła Klaudia w Rymanowie-Zdroju od 1880 r. zebrano dane z ponad 50 analiz fizyczno-chemicznych (fig. 5.3), obejmujących takie elementy jak: temperatura wody, odczyn, suma rozpuszczonych składników stałych, zawartość CO₂, Na⁺, K⁺, Li⁺, NH₄⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Sr²⁺, Ba²⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, F⁻, Cl⁻, Br⁻, I⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, H₃SiO₃ i HBO₂.

Tab. 5.3. Wyniki pomiarów stacjonarnych dla ujęcia RZ-6 w Rymanowie-Zdroju we wrześniu 2004 r. (na podst. danych „Uzdrowisko Rymanów S.A.”)

Data	Zw. wody w Taborze [cm]	Opady atm. [mm/d]	Temp. pow. [°C]	Ciśn. atm. [kPa]	Ciśn. głow. przed pomp [b]	Ciśn. głow. po pomp [b]	Czas pracy ujęcia [godz.]	Wielk. wydob. [m ³]	Wydajność [m ³ /h]	Temp. wody [°C]	Wydob. gazu [m ³]	HCO ₃ ⁻ [g/dm ³]	Cl ⁻ [g/dm ³]
1.09	14	19,50	13,00	9,82	2,5	2,0	2,0	10	5,0	14	8,0		
2.09		0,00	7,00	9,84	2,5	2,2	2,0	10	5,0	14	8,0		
3.09	10	0,00	8,00	9,87	2,0	1,8	8,0	46	5,8	14	36,8	1,23	1,12
4.09		0,00	10,00	9,98	2,5	2,2	1,0	5	5,0	14	4,0		
5.09		0,00	15,00	9,92	2,5	2,2	4,2	23	5,5	14	18,4		
6.09		0,00	10,00	9,92	2,7	2,3	4,2	23	5,5	14	18,4		
7.09	7	0,00	10,00	9,90	2,3	2,0	7,0	35	5,0	14	28,0	1,26	1,14
8.09		0,00	15,00	9,84	2,1	1,8	4,0	20	5,0	14	16,0		
9.09		1,50	7,00	9,90	2,6	2,2	4,0	18	4,5	14	14,4		
10.09	10	0,00	7,00	9,92	2,5	2,0	7,0	28	4,0	13	22,4	1,26	1,14
11.09		0,00	7,00	9,86	2,6	2,0	6,5	28	4,3	13	22,4		
12.09		0,00	12,00	9,82	2,6	2,0	3,0	15	5,0	13	12,0		
13.09	9	0,20	12,00	9,80	2,4	2,0	4,0	22	5,5	12	17,6		
14.09		0,00	11,00	9,80	2,0	1,6	7,0	36	5,1	13	28,8		
15.09		0,00	16,00	9,78	2,4	1,8	6,0	31	5,2	13	24,8		
16.09		10,50	13,00	9,80	2,6	2,0	7,0	34	4,9	14	27,2		
17.09	8	0,00	2,00	9,88	2,4	1,8	3,0	15	5,0	14	12,0		
18.09		0,00	2,00	9,88	2,5	2,0	3,0	15	5,0	14	12,0	1,27	1,14
19.09		0,00	5,00	9,82	2,5	2,0	4,0	20	5,0	13	16,0		
20.09	8	0,00	12,00	9,80	2,0	1,8	7,5	38	5,1	13	30,4		
21.09		0,00	14,00	9,74	2,0	1,6	9,0	46	5,1	13	36,8		
22.09		0,50	9,00	9,72	2,6	1,8	5,5	27	4,9	12	21,6		
23.09		2,20	7,00	9,68	2,5	1,8	5,5	27	4,9	13	21,6		
24.09	8	2,80	8,00	9,66	2,4	1,7	14,0	72	5,1	12	57,6		
25.09		0,00	7,00	9,73	2,4	1,7	1,2	6	5,0	12	4,8		
26.09		0,00	9,00	9,77	2,4	1,7	2,0	7	3,5	12	5,6	1,28	1,15
27.09		0,00	7,00	9,80	2,4	1,7	2,0	10	5,0	12	8,0		
28.09	7	4,50	8,00	9,80	2,4	1,7	8,0	39	4,9	12	31,2		
29.09		0,00	11,00	9,80	2,4	1,7	7,0	35	5,0	12	28,0		
30.09		3,50	11,00	9,79	2,4	1,7	3,0	18	6,0	12	14,4		
Razem		45,2					151,6	759,0			607,2		
Średnia	9,0	1,5	9,5	9,8	2,4	1,9	5,1	25,3	5,01	13,1	20,2	1,3	1,1

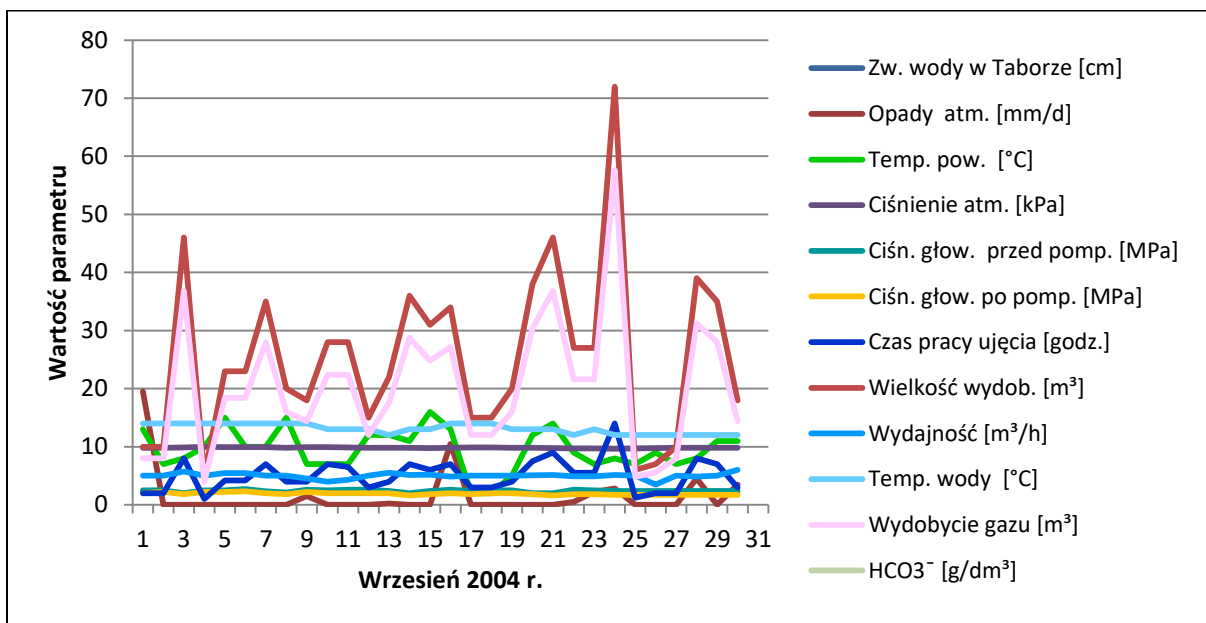


Fig. 5.2. Wykres zmian parametrów eksploatacyjnych w czasie dla ujęcia RZ-6 w Rymanowie-Zdroju

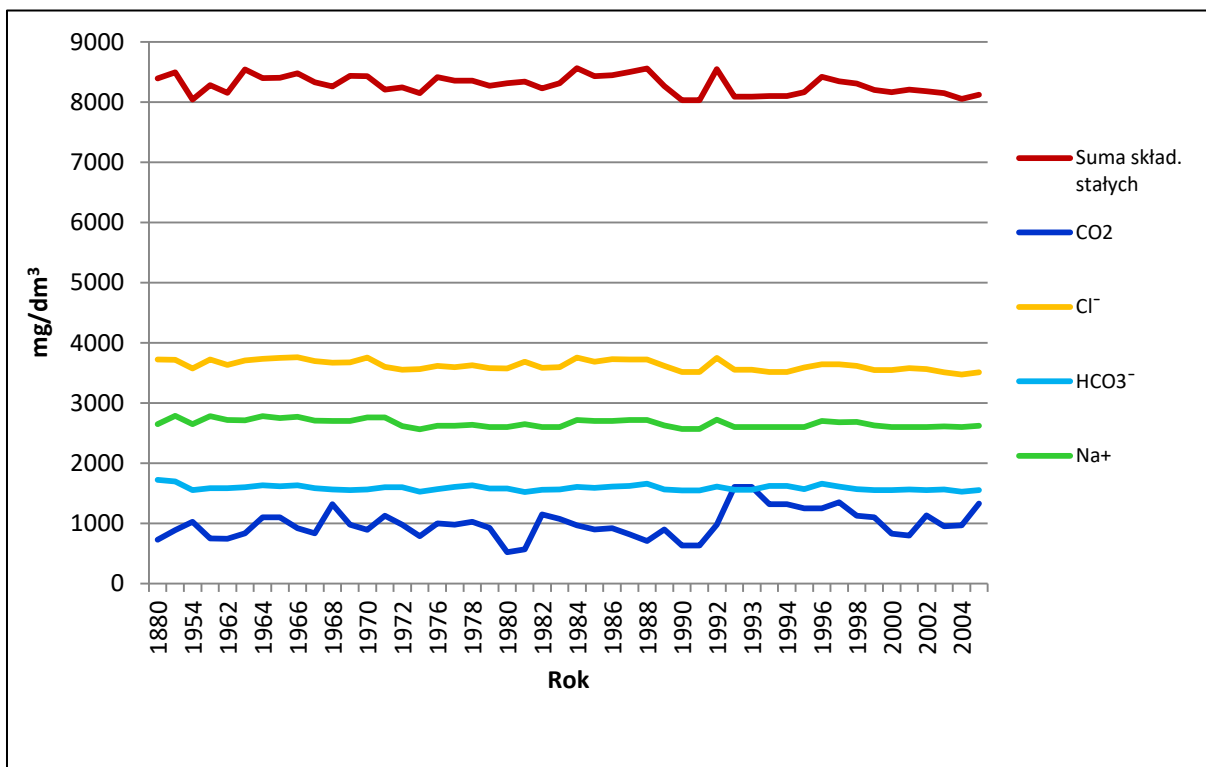


Fig. 5.3. Wykres zawartości sumy składników stałych, dwutlenku węgla oraz głównych jonów w czasie dla źródła Klaudia w Rymanowie-Zdroju

W zależności od warunków hydrogeologicznych, podatności systemu wodonośnego na zanieczyszczenia i obecności potencjalnych ognisk zanieczyszczeń niektóre złoża są objęte monitoringiem lokalnym, prowadzonym przez użytkowników złóż. Obejmują one na ogół bezpośrednie sąsiedztwo wybranych ujęć i są prowadzone w specjalnie do tego celu zaprojektowanych piezometrach (np. monitoring lokalny źródła Słotwinka w Krynicy-Zdroju lub otworów LW-1 i LW-2 w Lesie Winiarskim). Monitoring lokalny służy kontroli oddziaływania ujęć własnych przedsiębiorcy na środowisko, jak i pełni rolę systemu ostrzegania przed zbliżającym się do eksploatowanych ujęć frontem wód zanieczyszczonych, bądź o zmienionym chemizmie, które mogłyby mieć negatywny wpływ na właściwości lecznicze ujmowanych wód.

Zakres i częstotliwość pomiarów wykonywanych w ramach programów obserwacji stacjonarnych powinny być określone indywidualnie dla każdego ujęcia, po szczegółowym rozpoznaniu warunków geologicznych i hydrogeologicznych, a także inwentaryzacji istniejących i potencjalnych ognisk zanieczyszczeń (Paczyński red., 2002). Do podstawowych czynników wpływających na zróżnicowanie programu są:

- głębokość występowania poziomu wodonośnego;
- miąższość warstwy izolującej złożę od powierzchni terenu;
- kontakt ze zwykłymi wodami podziemnymi;
- intensywność współczesnego zasilania infiltracyjnego;
- liczba i rodzaj ognisk zanieczyszczeń mających wpływ na eksploatowany poziom wodonośny;
- rodzaj struktury hydrogeologicznej;
- typ ośrodka wodonośnego.

W zależności od tego czy wody występują w ośrodku porowym, szczelinowym, szczelinowo-porowym lub szczelinowo-krasowym badania i pomiary wykonuje się z różną częstotliwością. Cechą charakterystyczną ośrodków szczelinowych i szczelinowo-porowych jest szybszy przepływ wód w ich obrębie, dlatego też częstotliwość obserwacji powinna być w takich przypadkach większa niż dla ujęć eksploatujących ośrodki porowe. Zalecany zakres badań, z uwzględnieniem podziału na rodzaje struktur hydrogeologicznych, został zaproponowany w pracy pod redakcją Paczyńskiego (2002) (tab. 5.4). Zakres ten jest próbą standaryzacji wytycznych dla prowadzenia badań stacjonarnych, jednak na potrzeby planowanego monitoringu wskazane byłoby jego dostosowanie indywidualne do każdego ze złóż w oparciu o ustalenia poszczególnych dokumentacji hydrogeologicznych, koncesji na

wydobywanie kopaliny i analizę gospodarki złożem prowadzonej na podstawie aktualnie wykonywanych obserwacji stacjonarnych.

Tab. 5.4. Proponowana częstotliwość obserwacji stacjonarnych ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalin w zależności od typu struktury hydrogeologicznej (Paczyński red., 2002)

Rodzaj badania	Struktura hydrogeologiczna			
	otwarta (SA)	półotwarta (SB)	półzakryta (SC)	zakryta (SD)
Wydajność otworu	codziennie	codziennie	codziennie	codziennie
Wydajność źródła	codziennie	codziennie	codziennie	raz na 3 miesiące
Głębokość zwierciadła statycznego*	codziennie	raz na 3 miesiące	raz na 3 miesiące	raz na 3 miesiące
Głębokość zwierciadła dynamicznego	codziennie	codziennie	codziennie	codziennie
Zawartość jonów wskaźnikowych**	codziennie	codziennie	codziennie	codziennie
Kontrolna analiza fizyczno-chemiczna wody	raz na 3 miesiące	raz na 6 miesięcy	raz na 6 miesięcy	raz na rok
Pełna analiza fizyczno-chemiczna wody	raz na 3 lata	raz na 5 lat	raz na 5 lat	raz na 10 lat
Zawartość gazu rozpuszczonego w wodzie**	codziennie	codziennie	codziennie	codziennie
Głębokość zwierciadła wody w piezometrze	codziennie	codziennie	codziennie	codziennie
Temperatura wody**	codziennie	codziennie	codziennie	codziennie
Temperatura otoczenia	codziennie	codziennie	codziennie	codziennie
Wielkość opadów atmosferycznych	codziennie	codziennie	codziennie	codziennie
Stan wody w pobliskim cieku***	codziennie	codziennie	codziennie	-
Kierunek i prędkość wiatru****	codziennie	codziennie	codziennie	-

* w przypadku wypływu samoczynnego pomiar ciśnienia złożowego (nie dotyczy źródeł)

** tylko w okresach eksploatacji ujęcia

*** jeśli istnieje konieczność

**** tylko w miejscowościach nadmorskich

Zakres wykonywanych oznaczeń wskaźnikowych zależy od typu chemicznego wód, a w szczególności od ich mineralizacji ogólnej i zawartości składników swoistych. Przykładowy zakres oznaczeń wykonywanych aktualnie w ujęciach wód leczniczych przedstawiono w tab. 5.5. Odczyt stanu wodomierza, a także pomiar chwilowej wydajności eksploatacyjnej, PEW, głębokości położenia zwierciadła wody, ciśnienia na głowicy, temperatury wody oraz zawartości rozpuszczonego w niej dwutlenku węgla są wykonywane przeważnie w cyklu tygodniowym. Stężenie radonu określa się na ogół w cyklu miesięcznym lub kwartalnym, a fluorków, żelaza dwuwartościowego, jodków, kwasu metakrzemowego w cyklu kwartalnym, półrocznym lub rocznym. Analiza mikrobiologiczna oraz mała analiza fizyczno-chemiczna wody są wykonywane raz do roku, natomiast duża analiza fizyczno-chemiczna zazwyczaj raz na pięć lat.

Szczegółowy zakres oraz częstotliwość wykonywania pomiarów stacjonarnych powinien być dostosowany do warunków hydrogeologicznych oraz bieżących potrzeb

i obserwowanych zmian. W celu skutecznej ochrony wód podziemnych zaliczonych do kopalin, ich złoża powinny zostać objęte kontrolno-decyzyjnym systemem oceny zachodzących procesów i dynamiki ewentualnych zmian, jak ma to miejsce w przypadku zwykłych wód podziemnych objętych ogólnokrajową siecią obserwacyjno-badawczą. Obecnie Skarb Państwa, będący właścicielem złóż wód leczniczych, termalnych i solanek, nie ma niezbędnych danych i narzędzi umożliwiających podejmowanie decyzji w celu skutecznej ochrony wód podziemnych zaliczonych do kopalin, na przykład w zakresie wdrażania działań ochronnych mających na celu likwidację bądź ograniczenie niepożądanych zjawisk i procesów zachodzących w złożach.

Tab. 5.5. Aktualny program obserwacji zmian parametrów hydrochemicznych i hydrodynamicznych w wybranych ujęciach wód leczniczych (na podst. Felter i in., 2015a)

Ujęcie	Typ chemiczny wody	Odczyty	Pomiary					Oznaczenia wskaźnikowe						Analizy			
		Stan wodomierza	Wyd. ekspl.	PEW	Głęb. zw.	Ciśn. głow.	Temp. wody	CO ₂	H ₂ S	Rn	F	Fe	I	Si	Mikro-biologiczna	Fiz.-chem. mała	Fiz.-chem. duża
C2 (Jelenia Góra-Cieplice)	SO ₄ -HCO ₃ -Na, F,(Si),T	T	T	T		T	T							K	R	R	5 lat
Marysieńka (Jelenia Góra-Cieplice)	SO ₄ -HCO ₃ -Na, F,(Si),T	T	T	T	T		T							K	R	R	5 lat
Nowe (Jelenia Góra-Cieplice)	HCO ₃ -SO ₄ -Na, F,T	T	T	T	T		T							K	R	R	5 lat
Sobieski (Jelenia Góra-Cieplice)	HCO ₃ -SO ₄ -Na-Ca, F,T	T	T	T			T								R	R	5 lat
Emilia (Długopole-Zdrój)	HCO ₃ -Ca-Mg, CO ₂ ,Rn	T	T	T			T	T			K				R	R	5 lat
Kazimierz (Długopole-Zdrój)	HCO ₃ -Ca-Mg-Na, CO ₂	T	T	T			T	T							R	R	5 lat
Renata (Długopole-Zdrój)	HCO ₃ -Ca-Mg, CO ₂ ,Fe	T	T	T			T	T				K			R	R	5 lat
Chrobry (Łądek-Zdrój)	HCO ₃ -SO ₄ -Na, F,S,Rn,T	T	T	T			T		K	M	R				R	R	5 lat
Dąbrówka (Łądek-Zdrój)	HCO ₃ -SO ₄ -Na, F,S,Rn	T	T	T			T		K	M	R				R	R	5 lat
Jerzy (Łądek-Zdrój)	HCO ₃ -SO ₄ -Na, F,S,Rn,T	T	T	T			T		K	M	R				R	R	5 lat
L-2 (Łądek-Zdrój)	HCO ₃ -Na, F,S,Rn,T	T	T	T		T	T		K	M	R				R	R	5 lat
Maria Skłodowska Curie (Łądek-Zdrój)	HCO ₃ -SO ₄ -Na, F,Rn,T	T	T	T			T		K	M	R				R	R	5 lat
Wojciech (Łądek-Zdrój)	HCO ₃ -SO ₄ -Na, F,S,Rn,T	T	T	T			T		K	M	R				R	R	5 lat
Antoni (Muszyna)	HCO ₃ -Mg, CO ₂	T	T	T	T		T	T							R	R	5 lat
Milusia (Muszyna)	HCO ₃ -Mg-Na-Ca, CO ₂	T	T	T	T		T	T							R	R	5 lat
P-2 (Muszyna)	HCO ₃ -Ca-Mg,CO ₂	T	T	T	T		T	T							R	R	5 lat

Częstotliwość wykonywania pomiarów: T – cykl tygodniowy; M – cykl miesięczny; K – cykl kwartalny; P – cykl półroczny; R – cykl roczny

Streszczenie

Państwowy monitoring zwykłych wód podziemnych jest prowadzony w Polsce przez psh, której rolę pełni PIG–PIB. Za początek monitoringu ilościowego, polegającego na pomiarach głębokości zwierciadła wody/wydajności źródeł w punktach sieci monitoringu zwykłych wód podziemnych przyjmuje się 1974 r., natomiast monitoring jakościowy (badania parametrów fizyczno-chemicznych wód podziemnych) uruchomiono w 1991 r. Obie sieci stacjonarnych obserwacji wód podziemnych zostały połączone w jedną sieć obserwacyjno-badawczą wód podziemnych i w takiej formie funkcjonuje ona do dnia dzisiejszego. Punkty sieci monitoringowej są rozmieszczone równomiernie na terenie całego kraju. Obecnie sieć liczy ponad 1200 punktów monitoringu stanu ilościowego i około 1300 punktów monitoringu stanu chemicznego oraz ponad 500 punktów monitoringu badawczego. Zebrane dane są gromadzone, analizowane i interpretowane w cyfrowej bazie danych Monitoring Wód Podziemnych prowadzonej przez PIG–PIB. W miarę rozwoju sieci punkty monitoringowe objęto systemem automatycznej rejestracji pomiarów oraz wyposażono w automatyczne stacje meteorologiczno-hydrologiczne. Wyniki pomiarów i obserwacji wykonywanych w ramach monitoringu są publikowane w Roczniku Hydrogeologicznym wydawanym przez PIG–PIB oraz w kwartalnych Biuletynach Informacji Wód Podziemnych. Najstarszą formą ochrony ujęć wód leczniczych były okręgi ochrony wód mineralnych, a pierwszym polskim aktem prawnym regulującym zagadnienia ochrony źródeł wód leczniczych była Ustawa o uzdrowiskach z 23 marca 1922 r. W 1963 r. wody lecznicze zostały uznane za kopalinę, której wydobywanie podlega prawu górnictwu. Dla wszystkich złóż wprowadzono obowiązki utworzenia obszarów górniczych oraz prowadzenia pomiarów stacjonarnych. Ich zakres i częstotliwość były określone przez Zjednoczenie „Uzdrowiska Polskie” w uzgodnieniu z poszczególnymi uzdrowiskami. W przeciwieństwie do zwykłych wód podziemnych wody podziemne zaliczone do kopalin nie są objęte ogólnokrajową siecią obserwacji. Od 1994 r. obszary występowania wód leczniczych i termalnych zostały objęte prowadzoną przez PIG–PIB siecią stacjonarnych obserwacji zwykłych wód podziemnych, co umożliwiło monitorowanie stref współwystępowania wód zwykłych i zaliczonych do kopalin. Prowadzono w nich zarówno pomiary zmian głębokości położenia zwierciadła wody, jak i badano cyklicznie właściwości fizyczne i skład chemiczny. Wyniki badań stacjonarnych potwierdziły znacznie większą niż dotychczas sądzono zmienność właściwości fizyczno-chemicznych wód leczniczych oraz wydajności ujęć. Aktualnie za prawidłową gospodarkę złożami wód leczniczych, termalnych i solanek odpowiedzialne są zakłady górnicze, do obowiązków których należy m.in. prowadzenie w ujęciach obserwacji stacjonarnych i badań

kontrolnych w celu rejestrowania ewentualnych, niekorzystnych zmian ilościowych i jakościowych wód, związanych z eksploatacją złóż, i określenia zakresu zmienności badanych parametrów. Badania stacjonarne są prowadzone zgodnie z programem badań stacjonarnych, zatwierdzonym przez okręgowy urząd górniczy sprawujący nadzór nad prowadzącym eksploatację. Program badań stacjonarnych obejmuje badania, pomiary i oznaczenia hydrodynamiczne oraz fizyczno-chemiczne prowadzone bezpośrednio na ujęciach i w laboratorium, a także pomiary meteorologiczne. Niektóre zakłady górnicze prowadzą także monitoring lokalny, którego celem jest kontrola oddziaływania ujęć własnych przedsiębiorcy na środowisko, jak i pełni ochrona tych ujęć przed frontem wód zanieczyszczonych lub o zmienionym chemizmie, które mogłyby mieć negatywny wpływ na właściwości ujmowanych wód. Uzyskiwane wyniki badań stacjonarnych (udostępniane psg dobrowolnie przez niektórych użytkowników złóż) i monitoringowych wskazują na konieczność ujednoczenia metod badawczych wód leczniczych, termalnych i solanek oraz ich kontroli. Opracowanie projektu monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin jest pierwszym krokiem do realizacji tego celu.

II. Podstawy formalno-prawne i metodyczne organizacji i prowadzenia monitoringu wód podziemnych

6. Podstawy prawne i metodyczne monitoringu wód podziemnych

6.1. Prawo Unii Europejskiej

Ramowa Dyrektywa Wodna (RDW)

Głównym aktem prawnym UE dotyczącym polityki wodnej, w tym m.in. monitoringu wód podziemnych, jest Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r., zwana w skrócie RDW (ang. *WFD*). Jednym z celów Dyrektywy jest ograniczanie zanieczyszczeń wód podziemnych wraz z zapobieganiem ich zanieczyszczeniu. Osiągnięciu tego celu przez poszczególne państwa członkowskie UE powinien służyć monitoring stanu wszystkich wód, który w przypadku wód podziemnych winien być nadzorowany i prowadzony w zakresie oceny stanu ilościowego i chemicznego.

Dyrektywa RDW zawiera opis podstawowych wymagań i procedur dotyczących organizacji monitoringu, zarówno na poziomie ogólnoeuropejskim, jak i w zakresie opracowania programu monitoringu, będącego szczegółowym opracowaniem o charakterze wykonawczym, m.in. zawiera zalecenia dotyczące mierzonych parametrów, lokalizacji punktów badawczych, częstości wykonywania pomiarów i prowadzenia obserwacji, itp. Zalecenia te mają charakter ogólny, zwłaszcza w odniesieniu do monitoringu ilościowego, który ma być zorganizowany w taki sposób, aby gęstość sieci i częstotliwość opróbowania była wystarczająca, aby scharakteryzować wahania zwierciadła wód podziemnych. W przypadku monitoringu stanu chemicznego nakazują one pomiar PEW i określenie stężeń wskaźników zanieczyszczeń w sposób umożliwiający otrzymanie spójnego i całościowego obrazu stanu chemicznego wód podziemnych oraz wykrycie długoterminowych, antropogenicznych trendów wzrostu zanieczyszczeń.

Dyrektywa rozróżnia dwa podstawowe rodzaje monitoringu: diagnostyczny i operacyjny. Głównymi celami monitoringu diagnostycznego są:

- dostarczenie informacji niezbędnych do weryfikacji analizy presji;
- dostarczenie informacji niezbędnych do przeprowadzenia analizy długoterminowych tendencji zmian stężeń wskaźników zarówno występujących naturalnie jak i wynikających z działalności człowieka;

- wskazanie, w połączeniu z wynikami analizy presji, JCWPd zagrożonych nieosiągnięciem dobrego stanu do objęcia monitoringiem operacyjnym.

Punkty badawcze w monitoringu diagnostycznym powinny być zlokalizowane w JCWPd zagrożonych nieosiągnięciem dobrego stanu oraz w transgranicznych JCWPd. Zestaw obserwowanych wskaźników fizyczno-chemicznych powinien obejmować pięć tzw. kluczowych parametrów: zawartość tlenu, odczyn, PEW, stężenie azotanów i azotu amonowego oraz, w odniesieniu do JCWPd uznanych za zagrożone, dodatkowe parametry tzw. indykatywne, które na etapie analizy presji przesądziły o uznaniu tych JCWPd za zagrożone. W odniesieniu do JCWPd transgranicznych wskazano, iż należy monitorować te parametry, które są istotne, aby woda mogła być wykorzystywana ze swoim aktualnym przeznaczeniem. Program monitoringu diagnostycznego winien być sporządzony dla tego samego okresu, w którym obowiązuje plan gospodarowania wodami w dorzeczu. RDW nie definiuje częstotliwości monitoringu diagnostycznego, lecz jedynie wskazuje na konieczność ustanowienia jego programu na okres cyklu wodnego.

Główne cele monitoringu operacyjnego według RDW to:

- dostarczenie informacji do wykonania oceny stanu JCWPd;
- dostarczenie informacji niezbędnych do przeprowadzenia analizy długoterminowych tendencji zmian stężeń wskaźników zanieczyszczeń wynikających z działalności człowieka;
- wskazanie, w połączeniu z wynikami analizy presji, JCWPd zagrożonych nieosiągnięciem dobrego stanu do objęcia monitoringiem operacyjnym.

Punkty badawcze, podobnie jak w monitoringu diagnostycznym, powinny być zlokalizowane w JCWPd uznanych za zagrożone (zarówno w wyniku przeprowadzonej analizy presji jak i na podstawie wyników monitoringu diagnostycznego), w miejscach reprezentatywnych dla oceny danej JCWPd lub grupy JCWPd. Program monitoringu operacyjnego powinien być ustalany na podstawie wyników monitoringu diagnostycznego. RDW wskazuje, że winien być on przeprowadzony w okresach między programami monitoringu diagnostycznego z częstotliwością wystarczającą dla wykrycia wpływu poszczególnych oddziaływań, nie rzadziej jednak niż raz na rok.

Niezależnie od zapisów szczegółowych RDW zawiera dodatkowe zalecenie, aby objąć monitoringiem JCWPd, z których średnie wydobycie wody wynosi powyżej 100 m³/d. W warunkach krajowych dotyczy to całego obszaru Polski.

Programy monitoringu powinny być aktualizowane w zależności od stopnia osiągnięcia celu i dostosowane do bieżącej sytuacji. Projektowanie sieci monitoringu nie jest więc działaniem jednorazowym, lecz procesem ciągłym, który powinien zachodzić zawsze, gdy spodziewane jest nieosiągnięcie celów. RDW ustala także sposób raportowania wyników badań monitoringowych, które powinno mieć formę sprawozdania zawierającego m.in. mapę sieci monitoringu oraz mapy prezentujące wyniki programu monitoringu wraz z zamieszczeniem informacji dotyczących poziomu ufności i dokładności wyników otrzymanych w ramach monitoringu.

Dyrektywa Wód Podziemnych (DWP)

Dyrektywa 2006/118/WE z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu, zwana w skrócie DWP (ang. *GWD*) została uchwalona w celu uzupełnienia przepisów RDW oraz ustanowienie szczególnych środków, obejmujących głównie zasady określania stanu JCWPd. We wstępie do dyrektywy położono nacisk na odpowiednie zaprojektowanie i wykorzystywanie monitoringu wód podziemnych. Zapewnienie porównywalnych metod monitorowania wód podziemnych jest ważnym narzędziem oceny jakości wód podziemnych oraz wyboru najbardziej odpowiednich środków do ochrony ich zasobów. Dyrektywa podkreśla także konieczność prowadzenia współpracy międzynarodowej w przypadkach, gdy JCWPd znajduje się na terytorium więcej niż jednego państwa członkowskiego, zaznaczając potrzebę prowadzenia zarówno wspólnego monitoringu, jak również wspólnego ustalenia wartości progowych oraz identyfikacji odpowiednich substancji niebezpiecznych.

DWP zawiera następujące regulacje dotyczące monitoringu wód podziemnych:

- monitoring wód podziemnych jest konieczny do zakwalifikowania JCWPd do dobrego stanu chemicznego;
- wybór punktów badawczych wchodzących w skład sieci monitorowania wód podziemnych musi odpowiadać wymogom RDW;
- celem monitoringu jest ocena trendów i umieszczenie wyników zgromadzonych danych i analiz w planach gospodarowania wodami;
- wyniki uzyskane w ramach sieci monitoringu wód podziemnych są podstawą do oceny stanu chemicznego wód;
- częstotliwość i lokalizacja punktów monitoringowych powinna umożliwić identyfikację znaczących i utrzymujących się trendów wzrostowych zanieczyszczeń wód podziemnych.

Przedstawione powyżej przepisy dotyczą wszystkich rodzajów wód podziemnych, bez rozróżnienia na zwykłe wody podziemne, wody lecznicze, wody termalne i solanki.

6.2. Wytyczne poradników Komisji Europejskiej

Zarówno RDW, jak i DWP, zawierają jedynie ogólne wskazania dotyczące zasad organizacji sieci monitoringu oraz częstości, zakresu i metodyki pomiarów, definiując przede wszystkim cele jakie należy osiągnąć w gospodarce wodnej kraju. Bardziej szczegółowe regulacje wraz z interpretacją przepisów pozostawiono prawodawstwu państw członkowskich UE. Wskazówki dotyczące ich wprowadzania zawarto jednak w poradnikach KE, mających na celu zunifikowanie (czyli uwspólnianie metod badawczych) implementacji zapisów prawa europejskiego. W 2001 r. przedstawiono wspólną strategię wdrażania RDW (*Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive*), zawierającą propozycje rozwiązania problemów zgłaszanych przez poszczególne kraje. Efektem tych prac jest zbiór dokumentów zawierających wytyczne/zalecenia/zbiory wskazówek (przewodniki, ang. *guidances*) dotyczących praktycznych aspektów wdrażania prawa RDW i DWP oraz raporty techniczne (ang. *technical reports*) podsumowujące różne podejścia wdrażania poszczególnych zapisów prawa europejskiego stosowane przez kraje członkowskie. Z ponad 40 przewodników metodycznych i raportów technicznych część jest poświęcona implementacji zagadnień monitoringu w RDW i DWP. W tab. 6.1 zebrano podstawowe dane o najważniejszych z nich.

Tab. 6.1. Zestawienie poradników KE dotyczących monitoringu wód podziemnych

L.p.	Tytuł	Data wydania	Liczba stron
1	Guidance document no 3. Analysis of Pressures and Impacts	b.d.	12
2	Guidance document no 7. Monitoring under the Water Framework Directive	2003	160
3	Policy summary to Guidance Document No. 7. Monitoring under the Water Framework Directive	2003–2006	20
4	Groundwater Monitoring-Technical report on groundwater monitoring as discussed at the workshop of 25 th June 2004	2004	63
5	Guidance Document No. 15. Guidance on Groundwater Monitoring	2006	54
6	Guidance document no 16. Guidance on Groundwater in Drinking Water Protected Areas	2006	34
7	Guidance document no 17. Guidance on preventing or limiting direct and indirect inputs in the context of the groundwater directive 2006/118/EC	2007	40
8	Guidance document no 18. Guidance on groundwater status and trend assessment	2009	84

Opracowania metodyczne dotyczące monitoringu nie zawierają konkretnych wskazówek dotyczących organizacji sieci, za wyjątkiem zagadnień związanych z jej projektowaniem od podstaw przy pomocy nowo wykonanych piezometrów we wskazanych lokalizacjach (ang. *initial design*), dlatego też ich przydatność jest niewielka. W warunkach polskich sieć monitoringu wód podziemnych ma wieloletnią historię (rozdz. 5.1) i dopasowanie jej struktury do wymogów stawianych przez prawodawstwo unijne nie jest zadaniem prostym. Wymienione w tab. 6.1 opracowania zawierają szereg zaleceń ogólnych, m.in. wskazujących, iż prawidłowa sieć monitoringu powinna dostarczać wystarczających danych do oceny JCWPd, oceny zagrożeń i zaprojektowania działań ochronnych. Poniżej zebrano zalecenia z opracowań KE i poradników, które mogą mieć znaczenie przy reorganizacji sieci monitoringu wód podziemnych.

Podstawowym elementem warunkującym właściwe funkcjonowanie sieci monitoringowej powinno być opracowanie dla każdej JCWPd modelu konceptualnego (pojęciowego), pozwalającego na identyfikację hydrodynamiki systemu wodonośnego (zasilanie–strefa przepływu–strefa drenażu, ang. *recharge–pathway–discharge*), przede wszystkim schematu krążenia wód, bilansu wodnego, związków JCWPd z wodami powierzchniowymi i ekosystemami lądowymi zależnymi od wód podziemnych. Jednym z celów monitoringu jest m.in. dostarczenie danych do budowy takiego modelu, a następnie modyfikacja sieci w nawiązaniu do ustaleń modelu. Aby właściwie zlokalizować punkty pomiarowe monitoringu należy oprzeć się na wynikach modelu konceptualnego. Tworzenie modelu konceptualnego powinno więc być procesem iteracyjnym. Modele mogą być regionalne – dla całej JCWPd lub lokalne, dla wydzielonych obszarów. Stopień skomplikowania modelu powinien być uzależniony m.in. od presji występującej na danym obszarze. Informacja o presjach powinna determinować schemat sieci. Przykładowo, monitoring mający wykryć zagrożenie pochodzące ze źródła punktowego będzie inny od takiego, który ma wykryć zanieczyszczenia rozproszone. Szczególną uwagę należy zwrócić na obszary stref ochronnych ujęć wody (ang. *Drinking Water Protected Areas, DWPA*). W prawidłowo skonstruowanym modelu powinien zostać zachowany bilans wodny, tzn. w dłuższym okresie czasu zasilanie powinno być równoważne z wydajnością ujęcia lub odpływem podziemnym w przekroju kontrolowanym.

Poradniki zawierają także zbiór podstawowych zasad modyfikowania sieci obserwacyjno-pomiarowej:

- weryfikacja sieci powinna być przeprowadzana najrzadziej co 6 lat, ale pożądane jest by odbywała się częściej;

- weryfikacja sieci powinna uwzględniać wyniki monitoringu, w tym wariacje w wartościach mierzonych parametrów;
- sieć monitoringu powinna być tak skonstruowana, by umożliwiać obserwacje wpływu działalności człowieka na jakość i ilość wód, trendy zmian wskaźników i zagrożenia;
- sieć powinna uwzględniać czasowy aspekt transferu zanieczyszczeń w stosunku do „wieku” – czasu przepływu pobieranej wody, tj. czy i kiedy zanieczyszczenie dotrze do punktu poboru wody;
- jednym z kryteriów lokalizacji punktów pomiarowych powinna być łatwość dostępu do nich;
- należy unikać usuwania istniejących punktów monitoringowych.

Sieć monitoringowa powinna być zintegrowana, tj. w miarę możliwości punkty pomiarowe powinny spełniać więcej niż jedną rolę, na przykład pełnić funkcję punktu monitoringu jakościowego i ilościowego. Wskazana jest także integracja sieci monitoringu wód podziemnych i powierzchniowych. Łączny monitoring wód podziemnych i powierzchniowych pozwoli na lepsze zrozumienie związku tych wód jak również ograniczy koszty monitoringu.

Wytyczne zawarte w poradnikach KE dopuszczają grupowanie JCWPd o podobnych właściwościach, tak aby zminimalizować liczbę punktów pomiarowych. Ponadto, wytyczne KE zezwalają na agregację JCWPd zarówno tych, które są w stanie dobrym, jak również tych uznanych za słabe bądź zagrożone nieosiągnięciem dobrego stanu, pod warunkiem spełnienia określonych wymogów RDW dotyczących wykonania rzetelnej i wiarygodnej oceny stanu z uwzględnieniem analizy trendów zmian.

Monitoring chemiczny, obok swojego podstawowego celu, powinien także dostarczać danych dla oceny efektywności programów działań mających zapobiegać wprowadzaniu zanieczyszczeń do wód podziemnych lub ich ograniczaniu. W niektórych przypadkach dopuszcza się utworzenie dodatkowego monitoringu, badającego wpływ zanieczyszczeń punktowych (ang. *prevent and limit monitoring*). Nie musi on spełniać standardów jakości określonych zapisami RDW, a jego wyniki nie powinny być wykorzystywane do oceny stanu JCWPd i analizy trendów, choć mogą zasilać te oceny. Przy projektowaniu sieci monitoringu należy pamiętać, że celem RDW jest ochrona całego obszaru JCWPd, a nie monitoring zjawisk lokalnych, nie mających wpływu na większą skalę (regionalną).

Istotne jest, aby unikać monitorowania parametrów, które nie stanowią zagrożenia, w tym również te, które naturalnie występują w podwyższonych stężeniach. Oznacza to, że

monitoring powinien być ukierunkowany na konkretne problemy, w szczególności na zidentyfikowaną presję antropogeniczną. Takie rozwiązania wpływają na koszt organizacji i utrzymania sieci, która oprócz spełnienia swojego celu powinna być ekonomicznie uzasadniona.

6.3. Prawo krajowe

Implementacja zapisów RDW do prawa krajowego została wprowadzona ustawą z dnia 18 lipca 2001 r. PW, obecnie zastąpiona ustawą z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne dotyczy całej gospodarki wodnej w Polsce i tylko w niewielkiej części jest poświęcone wodom podziemnym, zwłaszcza ich monitoringowi. Zapisy odnoszące się do monitoringu wód podziemnych są zawarte w części dotyczącej psh, której zadaniem jest m.in. wykonywanie pomiarów i obserwacji hydrogeologicznych oraz analiz i ocen sytuacji hydrogeologicznej w kraju. Ustawa zawiera także wskazania dotyczące konieczności utrzymania sieci obserwacyjno-badawczej oraz szczegółowe zasady ochrony infrastruktury sieci i zapewnienia swobody pomiarów, a także określa zasady własności i udostępniania wyników pomiarów. Prawo wodne reguluje również zagadnienia dotyczące sprawozdawczości z organizacji sieci i wyników pomiarów monitoringu, nakazując opracowanie programu monitoringu wód i umieszczenia go w dokumentach planistycznych, na przykład w programie wodno-środowiskowym kraju i w planie gospodarowania wodami na obszarze dorzecza. Ustawa nakłada przy tym obowiązek uwzględnienia w dokumentach planistycznych oddziaływań zmian poziomów wód podziemnych. Ustawa zawiera także ogólne ustalenia dotyczące monitoringu wód podziemnych, takie jak zdefiniowanie celu monitoringu i określenie podmiotów odpowiedzialnych za jego organizację i prowadzenie.

Podstawowym wykonawczym aktem prawnym do ustawy PW jest rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 13 lipca 2021 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2021 poz. 1576). Rozporządzenie to określa:

- rodzaje monitoringu i cele ich ustanowienia;
- kryteria wyboru JCWPd do monitorowania;
- kryteria wyznaczania punktów pomiarowych;
- zakres i częstotliwość monitoringu;
- metodyki referencyjne oraz warunki zapewnienia jakości monitoringu.

Rozporządzenie definiuje trzy podstawowe cele monitoringu, rozumiane jako:

- ocenę stanu JCWPd, w tym określenie zasobów dostępnych do zagospodarowania;
- wykrycie znaczących i utrzymujących się antropogenicznych trendów wzrostu zanieczyszczeń;
- ustalenie wpływu stanu JCWPd na obszary chronione bezpośrednio zależne od wód podziemnych.

Podobnie jak ma to miejsce w RDW monitoring został podzielony na monitoring stanu chemicznego i ilościowego, a ten pierwszy dodatkowo na monitoring diagnostyczny, operacyjny i monitoring badawczy, przy czym monitoring operacyjny ma być ustalany na podstawie wyników monitoringu diagnostycznego. Rozporządzenie ustala następujące cele monitoringu stanu chemicznego wód podziemnych:

- dla monitoringu diagnostycznego:
 - uzupełnienie i sprawdzenie procedury oceny wpływu oddziaływań wynikających z warunków naturalnych i oddziaływań antropogenicznych;
 - dokonanie oceny znaczących i utrzymujących się trendów wynikających zarówno z warunków naturalnych, jak i oddziaływań antropogenicznych.
- dla monitoringu operacyjnego:
 - ustalenie stanu chemicznego wszystkich JCWPd uznanych za zagrożone niespełnieniem określonych dla nich celów środowiskowych;
 - ustalenie obecności znaczących i utrzymujących się trendów wzrostu stężenia wszelkich zanieczyszczeń spowodowanych oddziaływaniami antropogenicznymi.
- dla monitoringu badawczego:
 - wyjaśnienie przyczyn nieosiągnięcia celów środowiskowych określonych dla danej JCWPd, jeżeli wyjaśnienie tych przyczyn jest niemożliwe na podstawie danych oraz informacji uzyskanych w wyniku pomiarów i badań prowadzonych w ramach monitoringu diagnostycznego i operacyjnego stanu chemicznego JCWPd;
 - wyjaśnienie przyczyn niespełnienia celów środowiskowych przez daną JCWPd, jeżeli z monitoringu diagnostycznego stanu chemicznego wynika, że cele środowiskowe wyznaczone dla danej JCWPd nie zostaną osiągnięte, i gdy nie rozpoczęto realizacji monitoringu operacyjnego stanu chemicznego JCWPd dla tej części;
 - zidentyfikowanie zasięgu i stężeń zanieczyszczeń, jeżeli nastąpiło przypadkowe zanieczyszczenie JCWPd.

Rozporządzenie określa również kryteria wyboru JCWPd do monitorowania:

- diagnostyczny monitoring stanu chemicznego oraz monitoring stanu ilościowego należy prowadzić dla JCWPd, z których średnia roczna wielkość poboru wody przeznaczonej do spożycia przekracza 100 m³/d;
- operacyjny monitoring stanu chemicznego powinien być prowadzony dla JCWPd uznanych, na podstawie monitoringu diagnostycznego oraz oceny wpływu oddziaływań, zagrożone niespełnieniem określonych dla nich celów środowiskowych.

W rozporządzeniu zamieszczono także wskazania dotyczące lokalizacji i liczby punktów pomiarowych, umożliwiające:

- pozyskanie spójnego i całościowego obrazu stanu chemicznego wód podziemnych oraz reprezentatywnych danych z monitorowania;
- identyfikację znaczących i utrzymujących się trendów wzrostu stężenia zanieczyszczeń w sposób wystarczający do ich odróżnienia, na odpowiednim poziomie pewności i precyzji, od zmian naturalnych i w czasie pozwalającym na zastosowanie środków mających na celu zapobieżenie lub co najmniej jak największe złagodzenie istotnych dla środowiska niekorzystnych zmian w jakości wód podziemnych.

Poniżej przedstawiono warunki, jakim powinny odpowiadać punkty pomiarowe na potrzeby prowadzenia monitoringu wód podziemnych w JCWPd:

- lokalizacja punktów powinna uwzględniać dynamikę wód, w szczególności strefy zasilania i drenażu, położenie obszarów chronionych, zasięg rolniczych zanieczyszczeń obszarowych, w tym w szczególności pochodzących ze źródeł rolniczych oraz położenie JCWPd względem granic państwa;
- liczba punktów pomiarowych w JCWPd powinna zależeć od jej powierzchni, stopnia złożoności warunków hydrogeologicznych, intensywności presji antropogenicznej oraz podatności warstw wodonośnych na przenikanie zanieczyszczeń;
- punkty pomiarowe powinny umożliwiać selektywne pobieranie wody z badanego poziomu wodonośnego, być zabezpieczone przed ingerencją osób niepowołanych, być wykonane z materiałów nie zmieniających składu chemicznego wody i posiadać dokumentację geologiczną oraz dokumentację konstrukcji i wyposażenia otworu.

Rozporządzenie ściśle określa zakres i częstotliwość monitoringu stanu chemicznego i ilościowego. Obowiązkowy zakres diagnostycznego monitoringu stanu chemicznego obejmuje 33 parametry fizyczno-chemiczne. Badania należy wykonywać co najmniej raz na 3 lata dla wód o zwierciadle swobodnym i co najmniej raz na 6 lat dla wód o zwierciadle

napiętym. Rozporządzenie daje również możliwość uzupełniania zakresu monitoringu diagnostycznego o inne elementy fizyczno-chemiczne, charakteryzujące rodzaj oddziaływań antropogenicznych mających wpływ na badane wody podziemne. W odróżnieniu od monitoringu diagnostycznego, rozporządzenie nie wskazuje minimalnego zakresu dla monitoringu operacyjnego. Zakres ten powinien być ustalony dla poszczególnych JCWPd w zależności od rodzaju zidentyfikowanych oddziaływań antropogenicznych mających wpływ na badane wody podziemne oraz uwzględnić te elementy fizyczno-chemiczne, których wartości stwierdzone na podstawie monitoringu diagnostycznego stanu chemicznego JCWPd są wyższe od wartości progowych stanu dobrego. W ramach monitoringu operacyjnego pomiary należy wykonywać co najmniej 2 razy w roku z wyłączeniem roku, gdy jest prowadzony monitoring diagnostyczny – wówczas monitoring operacyjny jest wykonywany raz w roku. Zakres i częstotliwość monitoringu badawczego nie są ściśle regulowane rozporządzeniem. Powinny być one dostosowane do lokalnych przyczyn wymuszających jego wprowadzenie.

W odniesieniu do monitoringu stanu ilościowego rozporządzenie nakazuje monitorowanie położenia zwierciadła wody oraz ustalenie wielkości zasobów dostępnych i poboru rzeczywistego. Pomiary głębokości występowania zwierciadła wód podziemnych powinny być wykonywane z częstotliwością raz w tygodniu dla wód o zwierciadle swobodnym i raz w miesiącu dla wód o zwierciadle napiętym. Ustalanie wielkości zasobów dostępnych i poboru rzeczywistego powinno być wykonywane w cyklu rocznym.

W rozporządzeniu określono również referencyjne metodyki pomiarów i badań. Ich wykaz zawiera ponad 260 metod ustandaryzowanych Polskimi Normami lub normami branżowymi. Jakość pomiarów i badań powinna być ponadto zapewniona m.in. poprzez wprowadzenie dwustopniowego systemu kontroli (wewnętrznej i zewnętrznej), przyjęcie we wszystkich etapach prowadzenia pomiarów i badań odpowiednich systemów zarządzania określonych w normach PN oraz podawanie z wynikami poziomów niepewności lub ufności i dokładności.

Szczegółowe zasady gromadzenia i przetwarzania wyników pomiarów hydrogeologicznych i hydrogeochemicznych, w tym danych dotyczących położenia zwierciadła wody, jakości wody oraz aktualizacji zasobów wód podziemnych i informacji o poborze wód podziemnych były regulowane nieobowiązującym już rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie standardowych procedur zbierania i przetwarzania informacji przez państwową służbę hydrologiczno-meteorologiczną oraz psh (Dz.U. 2008 nr 225 poz. 1501). Obecnie kwestie te reguluje ustawa PW. Przepisy wymieniają

łącznie ponad 20 procedur dotyczących opracowywania wyników pomiarów położenia zwierciadła wody lub wydajności źródeł i kilka procedur standardowych dotyczących sposobu opracowywania właściwości fizyczno-chemicznych wód podziemnych i testu jakości oraz dotyczących aktualizacji informacji o dostępnych zasobach i poborze wód podziemnych. Lista procedur standardowych obejmuje także opracowanie oceny stanu ilościowego i chemicznego wód podziemnych w JCWPd oraz aktualizację oceny stanu ilościowego i chemicznego wód podziemnych w JCWPd zagrożonych ryzykiem nieosiągnięcia celów środowiskowych. Zgodnie z przepisami pomiary położenia zwierciadła wody w stacjach hydrogeologicznych I rzędu powinny być wykonywane codziennie o godzinie 6 czasu UTC, natomiast w stacjach hydrogeologicznych II rzędu – raz na tydzień, w każdy poniedziałek, również o godzinie 6 UTC. Wszystkie zebrane w ten sposób dane powinny być opracowywane w miesiącu następującym po wykonaniu pomiaru. Pozostałe procedury standardowe regulują sposób zbierania, przetwarzania i udostępniania (publikowania) danych hydrogeologicznych, lecz nie mają bezpośredniego odniesienia do projektu monitoringu wód podziemnych.

Streszczenie

Głównym aktem prawnym UE dotyczącym polityki wodnej, w tym m.in. monitoringu wód podziemnych, jest Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r., zwana w skrócie RDW (Ramowa Dyrektywa Wodna). Jednym z celów RDW jest ograniczanie zanieczyszczeń wód podziemnych wraz z zapobieganiem ich zanieczyszczeniu, czemu powinien służyć monitoring stanu wszystkich wód. Dyrektywa rozróżnia dwa podstawowe rodzaje monitoringu: diagnostyczny i operacyjny. RDW nie definiuje częstotliwości monitoringu, lecz jedynie wskazuje na konieczność ustanowienia jego programu na okres cyklu wodnego. Programy monitoringu powinny być aktualizowane w zależności od stopnia osiągnięcia celu i dostosowane do bieżącej sytuacji. Uzupełnienie przepisów RDW zawiera Dyrektywa 2006/118/WE z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu, zwana w skrócie DWP (Dyrektywa Wód Podziemnych). DWP kładzie nacisk na odpowiednie zaprojektowanie i wykorzystywanie monitoringu wód podziemnych oraz zapewnienie porównywalnych metod monitorowania wód podziemnych. Obie dyrektywy dotyczą wszystkich rodzajów wód podziemnych, bez rozróżnienia na zwykle wody podziemne, wody lecznicze, wody termalne i solanki. Zawierają one ogólne wskazania dotyczące zasad organizacji sieci monitoringu oraz częstości, zakresu i metodyki pomiarów. Szczegółowe regulacje wraz z interpretacją przepisów pozostawiono w gestii państw członkowskich UE. Wskazówki dotyczące ich wprowadzania zawarto jednak w poradnikach KE, mających na celu zunifikowanie (u Wspólnianie metod badawczych) implementacji zapisów prawa europejskiego. Implementacja zapisów RDW do prawa krajowego została wprowadzona ustawą Prawo wodne z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne dotyczy całej gospodarki wodnej w Polsce i tylko w niewielkiej części jest poświęcone wodom podziemnym, zwłaszcza ich monitoringowi, którego prowadzenie jest zadaniem psh. Prawo wodne reguluje również zagadnienia dotyczące sprawozdawczości z organizacji sieci i wyników pomiarów monitoringu, nakazując opracowanie programu monitoringu wód. Podstawowym aktem prawnym do ustawy Prawo wodne jest rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 13 lipca 2021 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i jednolitych części wód podziemnych, które określa m.in. rodzaje monitoringu i cele ich ustanowienia, kryteria wyboru JCWPd do monitorowania, kryteria wyznaczania punktów pomiarowych, zakres i częstotliwość monitoringu oraz metodyki referencyjne oraz warunki zapewnienia jakości monitoringu.

7. Wody lecznicze, termalne i solanki w świetle przepisów prawnych wybranych krajów europejskich

Na potrzeby projektu monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin przeprowadzono badania ankietowe w wybranych krajach europejskich dotyczące uwarunkowań formalno-prawnych i środowiskowych wydobywania wód będących odpowiednikiem wód określonych w Polsce jako lecznicze, termalne i solanki. Rola ankietowanych instytucji zajmujących się wodami leczniczymi, termalnymi i solankami w badanych aspektach ograniczała się zazwyczaj do konsultingu interesariuszy, w tym inwestorów i odbiorców końcowych, zapewnienia podstaw naukowych i metodologicznych prowadzonych badań oraz archiwizacji ich wyników. Szczegółowe wyniki badań ankietowych wraz z obszernym komentarzem, opracowane w 2020 r. przez M. Kłonowskiego, zamieszczono na końcu niniejszego opracowania w formie załącznika (zał. 2). W tym miejscu przytoczono jedynie najważniejsze wnioski, które można sformułować na podstawie analizy uzyskanych wyników.

Ponieważ większość krajów objętych badaniami ankietowymi należy do UE, narzuca to stosowanie przez nie nadrzędnych przepisów UE, w tym obowiązek dostosowania do nich krajowych regulacji prawnych oraz obowiązujących strategii. Przepisy krajów ubiegających się o członkostwo w UE (np. Serbia i Ukraina) różnią się wyraźnie od pozostałych krajów, państwa te są bowiem na etapie negocjacji i konwergencji przepisów prawnych. Zupełnie osobny przypadek dotyczy Wielkiej Brytanii, która od niedawna nie jest już krajem członkowskim UE.

Poszczególne aspekty prawno-administracyjne są silnie uzależnione od narodowych tradycji stanowienia prawa, jak również struktury państwa, stopnia suwerenności poszczególnych jego regionów oraz rozwoju administracji regionalnej i kompetencji jej organów. Formalne uznanie wód leczniczych, termalnych i solanek za kopaliny, tak jak ma to miejsce w Polsce, nie jest powszechne, jednak w każdym z badanych krajów kwestie związane z ich poszukiwaniem, wydobywaniem i monitoringiem podlegają regulacjom prawnym i administracyjnym, w tym w znakomitej większości licencjonowaniu i/lub koncesjonowaniu.

Procedowanie wniosków dotyczących poszukiwania i wydobywania przedmiotowych wód oraz przekazywanie raportów z prac eksploatacyjnych wymaga zazwyczaj dostarczenia dokumentacji geologicznej (hydrogeologicznej). Ułatwienia w procedowaniu wniosków, w tym stosowanie środków elektronicznych, nie jest powszechnie stosowane, co niewątpliwie

przekłada się na wydłużenie czasu oczekiwania na decyzje. Do krajów charakteryzujących się stosunkowo skomplikowaną strukturą prawno-administracyjną regulującą kwestie związane z poszukiwaniem, wydobywaniem i ochroną wód leczniczych, solanek i termalnych należą Polska i Ukraina. Największa ilość regulacji odnośnie wód termalnych i leczniczych wynika z dziedziny prawa dotyczącego wód podziemnych i powierzchniowych, w mniejszym stopniu – w przeciwieństwie do tego, jak ma to miejsce w Polsce – geologii. Unifikacja ta jest zapewne spowodowana powszechnie obowiązującymi dyrektywami w obrębie krajów UE, a niektóre różnice wynikają z pozostawienia wielu aspektów traktujących o geologii w kompetencji regulacji narodowych.

Głównymi źródłami zagrożenia jakości i ilości wód leczniczych, termalnych i solanek są: przemysł, rolnictwo i urbanizacja. Społeczna świadomość potrzeb ochronnych ich zasobów, odpowiedniego zarządzania środowiskiem i monitoringu nie jest wcale powszechna, mimo iż w ostatnich latach, tj. w przeciągu ostatniej dekady, rynek wód termalnych cechował się ewidentną tendencją wzrostową wielkości wydobycia w większości ankietowanych krajów. Rynki pozostałych rodzajów wód pozostawały zazwyczaj na stabilnym poziomie. W celu poprawy sytuacji w większości ankietowanych krajów na szczeblu krajowym opracowano strategie ochrony zasobów wód leczniczych, termalnych i solanek. Niniejszy projekt monitoringu, z uwagi na określone w nim kierunki przyszłych działań w zakresie ochrony zasobów wód podziemnych zaliczonych do kopalin, może pełnić rolę odpowiednika takiej strategii w Polsce.

W większości ankietowanych krajów badane wody są przedmiotem monitoringu, lecz w większości przypadków nie istnieje jednolita krajowa sieć obserwacyjno-pomiarowa wód leczniczych, termalnych i solanek. Powszechne jest jednak zrozumienie potrzeby rozwoju takiej sieci monitoringowej. Aktualny zakres monitorowanych elementów i parametrów jest w dużej mierze regulowany przez przepisy UE i prawa krajowego. Udostępnianie danych pochodzących z monitoringu badanych wód nie jest zjawiskiem powszechnym – najczęściej udostępniane są wyłącznie metadane. Istnieje jednak społeczna potrzeba szerszego udostępniania wymienionych danych.

Streszczenie

W ramach prac zmierzających do utworzenia monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin przeprowadzono badania ankietowe w wybranych krajach europejskich dotyczące uwarunkowań formalno-prawnych i środowiskowych wydobywania wód będących odpowiednikami wód określanych w Polsce jako lecznicze, termalne i solanki. Działalność instytucji zajmujących się wodami leczniczymi, termalnymi i solankami w wybranych krajach w zakresie monitoringu dotyczy przeważnie konsultingu interesariuszy, zapewnienia podstaw naukowych i metodologicznych monitoringu oraz archiwizacji wyników badań. Poszczególne aspekty prawno-administracyjne są dostosowane do nadrzędnych przepisów UE, jednak uwidacznia się silnie uzależnienie od narodowych tradycji, jak również struktury państwa. Formalne uznanie wód leczniczych, termalnych i solanek za kopaliny nie jest powszechne, jednak ich poszukiwanie, wydobywanie i monitoring podlegają regulacjom prawnym i administracyjnym, w tym w większości licencjonowaniu i/lub koncesjonowaniu. Regulacje te wynikają głównie z dziedziny prawa dotyczącego wód podziemnych i powierzchniowych, w mniejszym stopniu geologii, jak to ma miejsce w Polsce. Na tle badanych krajów Polska odznacza się stosunkowo skomplikowaną strukturą prawno-administracyjną regulującą kwestie związane z poszukiwaniem, wydobywaniem i ochroną wód leczniczych, solanek i termalnych. W większości ankietowanych krajów nie istnieje krajowa sieć obserwacyjno-pomiarowa wód leczniczych, termalnych i solanek, jednak kraje te opracowały strategie ochrony zasobów wód leczniczych, termalnych i solanek.

III. Koncepcja monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin

8. Koncepcja monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin

Wody podziemne zaliczone do kopalin nie są objęte w Polsce ogólnokrajową siecią obserwacji monitoringowych. Jednym z pierwszych działań zmierzających do objęcia wód leczniczych, termalnych i solanek państwową siecią obserwacji stacjonarnych jest przygotowanie koncepcji monitoringu i taki charakter ma niniejsza część opracowania. Celem pracy, poza przedstawieniem ogólnych informacji na temat wód podziemnych zaliczonych do kopalin oraz charakterystyki dotychczasowych badań monitoringowych wód podziemnych w Polsce, zarówno zwykłych jak i zaliczonych do kopalin, jest przede wszystkim określenie celów strategicznych planowanego monitoringu, zwłaszcza celu organizacji takiej sieci, nakreślenie ram organizacyjnych takiego przedsięwzięcia oraz wskazanie szeregu działań niezbędnych do zrealizowania przed właściwym uruchomieniem sieci.

Koncepcja monitoringu powstała w oparciu o analizę aktualnego stanu udokumentowania zasobów wód podziemnych zaliczonych do kopalin, lecz z uwagi na zmieniający się stan rozpoznania oraz uwarunkowania (potrzeby badawcze, bariery i ograniczenia) zakłada jego rozwój, nie tylko w odniesieniu do infrastruktury sieci, ale także poprzez powiązania pomiędzy różnymi sektorami gospodarki, identyfikację zależności rynkowych oraz trendów, zjawisk i technologii, a także wzmacnianie obszarów badań strategicznych, oferujących korzyści ekonomiczne i społeczne w przyszłości.

Ponieważ monitoring wód podziemnych jest działalnością z pogranicza nauk przyrodniczych i technicznych, przygotowując organizację sieci obserwacyjno-badawczej uwzględniono:

- ochronę środowiska, rozumianą jako zrównoważoną gospodarkę zasobami wód leczniczych, termalnych i solanek;
- zaawansowany rozwój technologii, wymuszający doskonalenie obecnie stosowanych i rozwój nowych metod obserwacji środowiska mających dostarczać wiarygodnych danych, a także umożliwiający rozwój metod prognozowania;
- istniejące punkty monitoringu zwykłych wód podziemnych i punkty monitoringu oraz przekroje kontrolowane rzek i potoków górskich.

8.1. Cele strategiczne organizacji i funkcjonowania monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin

Niniejszy rozdział jest zbiorem najważniejszych (strategicznych) kwestii związanych z prowadzeniem badań monitoringowych, zawartych w koncepcji monitoringu. Należą do nich w szczególności:

- cele stawiane przed monitoringiem;
- informacje o istniejących już monitoringach i źródłach danych (komputerowych bazach danych), które można wykorzystać dla realizacji planowanego monitoringu i traktować jako materiał uzupełniający, ułatwiający w niektórych przypadkach interpretację wyników i umożliwiający szybsze podjęcie czynności ochronnych i modyfikację schematu obserwacji poprzez dostosowanie do warunków panujących w środowisku;
- pozyskanie danych zewnętrznych, które, uwzględniając zakres uzyskanych w monitoringu danych, będą niezbędne dla wykonania odpowiedniej interpretacji raportów z badań;
- rodzaj i techniki realizacji monitoringu;
- użyte zasoby ludzkie (wraz z określeniem odpowiedzialności), techniczne i finansowe, oceny ryzyka, modele, wskaźniki stanu wód i systemów wodonośnych przyjęte w monitoringu.

Prawidłowo sformułowane cele strategiczne uwzględniają:

- istniejące systemy informacyjne (bazy danych) i monitoringu, zarówno dotyczące wód podziemnych, jak i innych elementów środowiska, o których dane lub informacje są niezbędne dla przeprowadzenia oceny stanu złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin i realizacji innych zadań monitoringu;
- wymagany zakres informacji w celu oceny ilościowej i jakościowej zasobów wód badanych w ramach monitoringu;
- sposób (metodykę) i techniki realizacji monitoringu;
- przyjęte w monitoringu wskaźniki oceny ilościowej i jakościowej;
- rodzaj materiałów i urządzeń zalecanych do stosowania w konstrukcji punktów pomiarowych;
- możliwość stopniowania (etapowości) wprowadzania monitoringu i formułowania ocen;
- wskazanie osób/zespołów/instytucji odpowiedzialnych za poszczególne zadania (przedstawienie struktury zespołu wykonującego monitoring i wskazanie instytucji lub przedsiębiorców współpracujących w realizacji monitoringu);
- możliwość integracji systemu z innymi systemami monitoringu i bazami danych.

Poszczególne cele strategiczne zostały rozwinięte w dalszych rozdziałach niniejszej koncepcji monitoringu, stąd poniżej przedstawiono jedynie zagadnienia o charakterze kluczowym.

Podstawowe cele strategiczne

Głównym celem stawianym przed monitoringiem wód podziemnych zaliczonych do kopalin jest:

- dostarczenie danych niezbędnych do oceny ilościowej i jakościowej zasobów wód leczniczych, termalnych i solanek w granicach ich złóż na potrzeby racjonalnego gospodarowania ich zasobami, a także ochrony środowiska i raportowania dla instytucji KE i Europejskiej Agencji Środowiska;
- realizacja zadań z zakresu hydrogeologii, dla których niezbędne są wyniki monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin.

Dane niezbędne dla osiągnięcia tych celów będą pochodzić z planowanej do realizacji sieci monitoringu, prowadzonej przez psg. Część danych, w szczególności wyniki monitoringu zwykłych wód podziemnych, monitoringu przyrody oraz innych komponentów środowiska niezbędnych dla oceny stanu wód podziemnych (hydrologicznych – stan ilościowy i jakościowy wód powierzchniowych; meteorologicznych – wielkość opadów atmosferycznych) będą pozyskiwane z innych źródeł, na przykład z państwowej sieci monitoringu zwykłych wód podziemnych, państwowego monitoringu środowiska, monitoringu sanitarnego wód pobieranych dla zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia oraz z sieci pomiarowo-obszaryjnej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej–Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW–PIB).

Dane te będą interpretowane w całości lub częściowo dla potrzeb realizacji zadań stawianych przed monitoringiem wód leczniczych, termalnych i solanek. Inne dane będą pozyskiwane jako informacje zinterpretowane, na przykład o stanie ekosystemów lądowych bezpośrednio zależnych od wód podziemnych, presji gospodarki wywieranej na środowisko, itp.

Pozyskiwanie, gromadzenie i przetwarzanie wyników badań i obserwacji hydrogeologicznych wód podziemnych zaliczonych do kopalin oraz ich integracji z danymi i informacjami z innych hydrogeologicznych baz danych wymusza prowadzenie dedykowanej bazy danych. Koncepcja zakłada, iż do gromadzenia i przetwarzania wyników badań monitoringowych wód leczniczych, termalnych i solanek może zostać przystosowana istniejąca baza danych Bank MINERALNE, prowadzona przez psg i zawierająca informacje

o ujęciach wód podziemnych zaliczonych do kopalin oraz wód potencjalnie leczniczych. Aby spełnić zakładany cel musiałaby ona zostać rozbudowana o odpowiednie komponenty umożliwiające szczegółową charakterystykę, zarówno punktów badawczych (w tym ich dokumentację techniczną i ocenę sprawności) jak i złoża, archiwizowanie wyników cyklicznych badań i obserwacji oraz ich późniejsze analizowanie i raportowanie w postaci zestawień tabelarycznych, wykresów i map. Decyzja o rozbudowie bazy danych MINERALNE lub utworzeniu nowej bazy, dedykowanej tylko i wyłącznie badaniom monitoringowym, powinna zostać podjęta po analizie zakresu przewidzianych do gromadzenia danych i wymagań funkcjonalnych, określonych przez jednostkę odpowiedzialną za prowadzenie monitoringu oraz architektury obecnej bazy.

Dla wykonania zadań stawianych przed monitoringiem wód podziemnych zaliczonych do kopalin powinny być wykorzystywane w szczególności następujące, zewnętrzne bazy danych:

- baza danych monitoringu wód podziemnych psh;
- bazy danych państwowego monitoringu środowiska (PMŚ);
- bazy danych o zagospodarowaniu przestrzennym i użytkowaniu terenu.

W wyniku planowanego monitoringu będą pozyskiwane dane o wskaźnikach charakteryzujących ilość i jakość (chemizm) wód. Przez pojęcie wskaźników opisujących zmiany ilościowe zasobów rozumie się:

- głębokość położenia zwierciadła wód podziemnych lub wydajność źródeł;
- wielkość poboru wód z ujęć w obrębie danego złoża (rocznego, średniego z wielolecia) lub ilości wody wydobywającej się samoczynnie na skutek naturalnego drenażu, wyrażone w m^3/r ;
- ilość dostępnych zasobów do zagospodarowania w granicach złoża i obszaru bilansowego, wraz z określeniem dostępnej do zagospodarowania rezerwy zasobów eksploatacyjnych ujęć (zasobów perspektywicznych), wyrażone w m^3/h i m^3/d .

Wskaźnikami chemicznymi w przypadku wód podziemnych zaliczonych do kopalin są przede wszystkim:

- główne jony stanowiące o typie chemicznym wody;
- składniki swoiste w postaci jonowej, gazowej i niezdysocjowanej;
- wskaźniki fizyczno-chemiczne wskazujące na zanieczyszczenia antropogeniczne.

Realizację wymienionych wyżej zadań ma umożliwić system monitoringu wód podziemnych o pogłądowej strukturze przedstawionej na fig. 8.1.

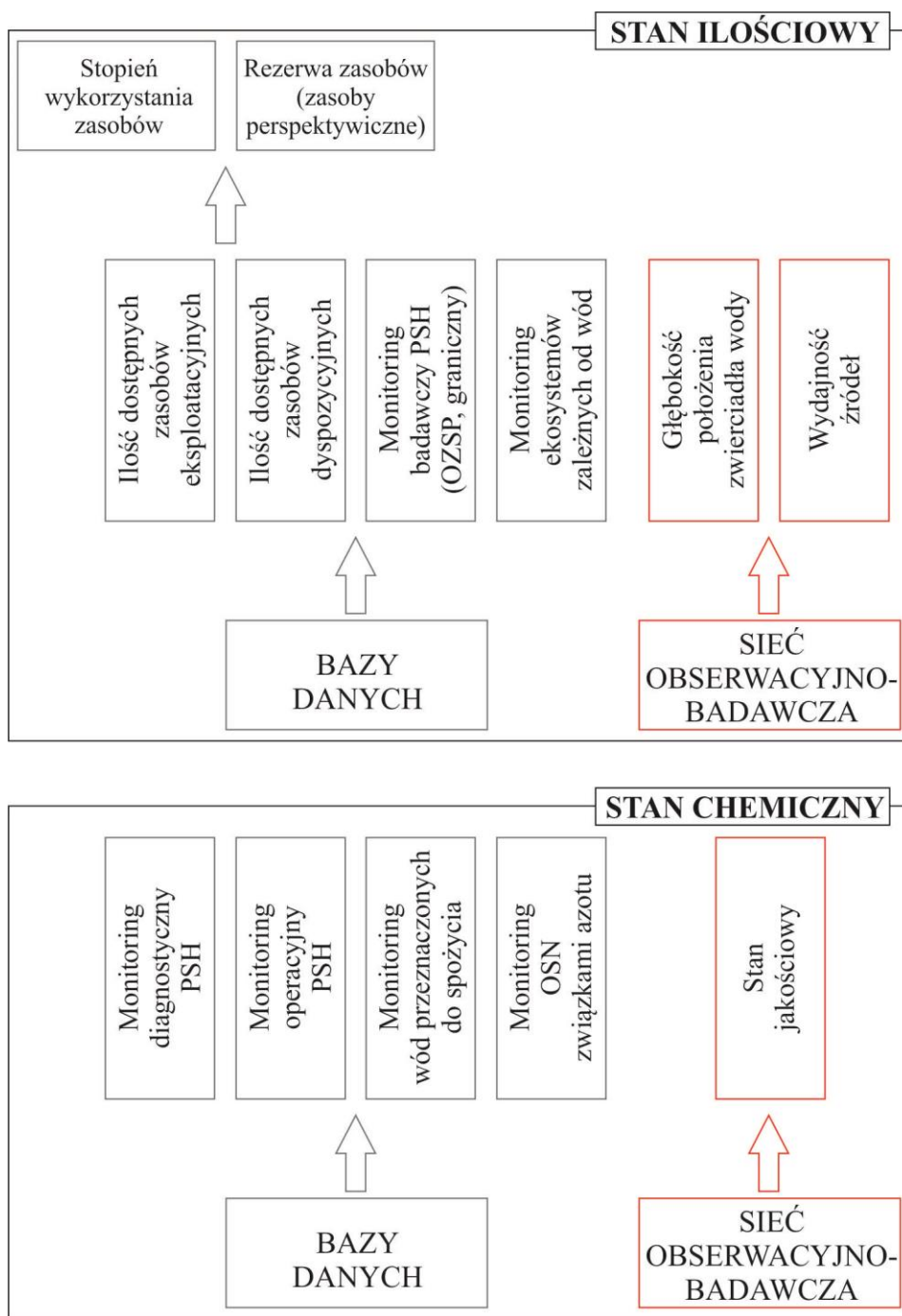


Fig. 8.1. Struktura planowanego monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin

Przedmiotem monitoringu będą wody podziemne zaliczone do kopalin, tj. wody lecznicze, termalne i solanki występujące w obrębie udokumentowanych złóż według Bilansu zasobów złóż kopalin w Polsce na dany rok kalendarzowy. Aktualnie, według stanu na 31.12.2020 r., takich złóż jest 146 (tab. 8.1, zał. 1).

Tab. 8.1. Złoża wód podziemnych zaliczonych do kopalin wg stanu na 31.12.2020 r.
(na podst. Sokołowskiego i Skrzypczyka, 2020a i NAG)

1.	Białka	49.	Krzeszowice I	98.	Sól-Tężnia
2.	Bukowina	50.	Kudowa	99.	Staniszów
3.	Busko II	51.	Las Winiarski	100.	Stara Łomnica
4.	Busko-Północ	52.	Latoszyn-Zdrój	101.	Stare Bogaczowice
5.	Celejów	53.	Łądek-Zdrój	102.	Stare Rochowice
6.	Chochołowskie Termy	54.	Leluchów L-4	103.	Stargard Szczeciński I
7.	Ciechocinek	55.	Lesko	104.	Stary Wielisław
8.	Cieplice	56.	Lidzbark Warmiński GT-1	105.	Swarzędz IGH-1
9.	Cudzynowice	57.	Lipa Zdrój-1	106.	Swoszowice
10.	Czarna Górna źr. nr 5	58.	Lusina	107.	Szczawa
11.	Czerniawa-Zdrój	59.	Łagiewniki	108.	Szczawiczne II
12.	Czeszewo IG-1	60.	Łągów Lubuski IG-1	109.	Szczawina
13.	Dar Natury	61.	Łapczyca	110.	Szczawnica I
14.	Dębowiec III	62.	Łódź	111.	Szczawnik-Cechini
15.	Długopole-Zdrój	63.	Marusza	112.	Szczawno-Zdrój
16.	Dobrowoda I	64.	Mateczny I	113.	Szymoszkowa
17.	Dobrów IGH-1	65.	Międzywodzie	114.	Ślesin IGH-1
18.	Duszniki-Zdrój	66.	Mszczonów	115.	Środa IG-2
19.	Dziwnówek Józef	67.	Muszyna	116.	Świeradów-Zdrój
20.	Frombork IGH-1	68.	Muszyna INEX	117.	Świnoujście I
21.	Furmanowa PIG-1	69.	Muszyna Zdrój	118.	Tarnowo Podgórne GT-1
22.	Galiczanka III	70.	Muszynianka III	119.	Toruń
23.	Głębokie Kinga	71.	Nałęczów II	120.	Trzebnica IG-1
24.	Goczałkowice-Zdrój I	72.	Nieborów źródła	121.	Trzęsacz GT-1
25.	Gołdap	73.	Opatkowice	122.	Turek GT-1
26.	Gorzanów	74.	Piła IG-1	123.	Tylicz I
27.	Grabín 5/1 (Odra)	75.	Piwniczna-Łomnica	124.	Uniejów 1
28.	Horyniec	76.	Poddebice	125.	Ustka
29.	Inowrocław I	77.	Podhale 2	126.	Ustroń
30.	Inowrocław II	78.	Polanica-Zdrój	127.	Wapienne
31.	Iwonicz	79.	Polańczyk	128.	Wapienne INEX
32.	Jachranka	80.	Połczyn	129.	Wełnin
33.	Jamno IG-3	81.	Poręba Wielka	130.	Wieliczka W-VII-16
34.	Jaworze IG-1, IG-2	82.	Poronin	131.	Wieniec
35.	Jedlina-Zdrój	83.	Przerzeczyn	132.	Wierchomla Wielka
36.	Kamień Pomorski	84.	Pyrzyce	133.	Wierchomla Wielka źródła
37.	Karpniki	85.	Rabe 1	134.	Wilga IG-1
38.	Kleszczów GT-1	86.	Rabka-Zdrój	135.	Wołczyn VII A
39.	Koło	87.	Rajcza – Plebania SWR-1	136.	Wręcza
40.	Kołobrzeg II	88.	Rymanów	137.	Wysowa
41.	Komańcza źr. nr 1	89.	Rzeszów	138.	Zabłocie-Korona
42.	Konin GT-1	90.	Sieradz GT-1	139.	Zakopane
43.	Konstancin	91.	Siwa Woda IG-1	140.	Zazadnia IG-1
44.	Konstantynów	92.	Skierniewice GT-1, GT-2	141.	Złockie Z-7
45.	Kotowice	93.	Sochaczew GT-1	142.	Zubrzyk
46.	Krościenko n/Dunajcem	94.	Solec-Zdrój	143.	Żegiestów INEX
47.	Krynica Morska IG-1	95.	Sopot	144.	Żegiestów-Cechini
48.	Krynica-Zdrój I	96.	Sosnowka źródła	145.	Żegiestów-Zdrój
		97.	Sól S-1 Miriam	146.	Żegiestów-Zdrój Główny

Koncepcja zakłada stałą rozbudowę sieci wynikającą z dokumentowania nowych złóż, których liczba wzrasta o kilka nowych niemal każdego roku. Tempo tego przyrostu obrazuje fig. 8.2. Z uwagi na skomplikowaną budowę geologiczną i warunki hydrogeologiczne

większości złóż oraz częste występowanie w ich obrębie wód podziemnych w strukturach wielopoziomowych, nierzadko w kilku piętrach wodonośnych, objęcie monitoringiem wszystkich poziomów nie jest możliwe. Dlatego też co do zasady przyjmuje się, iż siecią obserwacyjno-badawczą będą objęte jedynie poziomy złożowe (jeden lub kilka w przypadku ujmowania wód z różnych poziomów wodonośnych), a informacje dotyczące pozostałych, głównie płytszych poziomów wodonośnych, będą pochodziły z monitoringu wód zwykłych, na potrzeby którego zostały one pogrupowane na trzy kompleksy wodonośne (rozdz. 4.4) z uwzględnieniem warunków hydrodynamicznych i wywieranej na nie antropopresji.

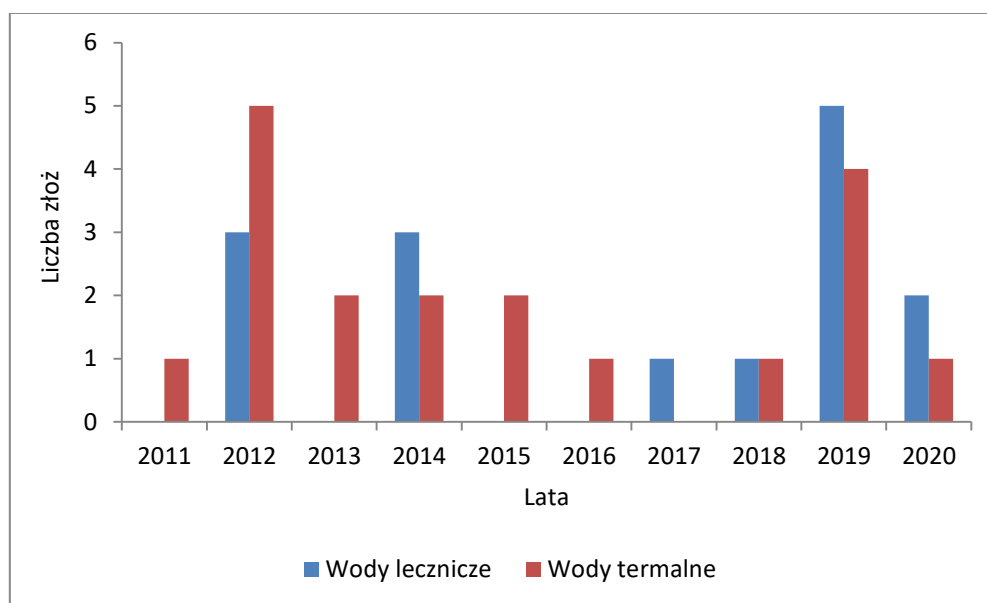


Fig. 8.2. Liczba udokumentowanych nowych złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin w latach 2011–2020 (dane na podst. NAG)

Punktami pomiarowo-badawczymi w planowanej sieci monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin będą w pierwszej kolejności hydrogeologiczne otwory eksploatacyjne i źródła, spełniające określone dla nich kryteria reprezentatywności, odpowiednio przystosowane i wyposażone do pomiarów położenia zwierciadła wody lub wydajności źródła oraz poboru próbek wody. Głębokie występowanie części złóż, zwłaszcza w nizinnej części kraju, oraz punktowe rozpoznanie większości z nich sprawia, iż planowanie otworów obserwacyjnych (piezometrów) jest ekonomicznie nieuzasadnione. Z kolei ich wykonanie w szczelinowych systemach wodonośnych (Karpaty fliszowe, Sudety) jest obarczone dużym ryzykiem geologicznym związanym z wykonaniem otworu negatywnego. Nie wyklucza to jednak możliwości uzupełnienia sieci opartej na ujęciach eksploatacyjnych o wykonane specjalnie w tym celu piezometry, jednak każdorazowo powinno to wynikać z analizy stopnia

rozpoznania poszczególnych złóż i panujących w ich obrębie lokalnych warunków hydrogeologicznych.

Pomiary głębokości położenia zwierciadła wody i wydajności źródeł planuje się prowadzić zarówno metodą manualną jak i z wykorzystaniem automatycznych urządzeń pomiarowych z systemem transmisji danych, przy czym ich użycie będzie uzależnione od warunków hydrogeologicznych, intensywności eksploatacji i właściwości fizyczno-chemicznych wód, przede wszystkim ich agresywności. Zakłada się, że w miarę możliwości metody pomiarów manualnych będą sukcesywnie zastępowane metodą pomiarów automatycznych ze zdalną transmisją danych. Pobór próbek wody będzie wykonywany metodą manualną, z wykorzystaniem odpowiedniego sprzętu o parametrach spełniających kryteria opracowanego dla monitoringu programu kontroli i zapewnienia jakości. Szczegółowe informacje na ten temat zawarto w rozdziale zawierającym wskazania do programu sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych zaliczonych do kopalin.

W strukturze planowanej sieci obserwacyjnej przewiduje się, że wszystkie punkty monitoringowe będą pełniły zarówno funkcję monitoringu ilościowego, jak i chemicznego, niezależnie od wielkości rzeczywistego poboru wód. Będą dla nich obowiązywały zatem te same kryteria reprezentatywności. W przypadku wód zwykłych jednocześnie objęcie JCWPd zarówno monitoringiem stanu ilościowego, jak i chemicznego, wynika z wielkości poboru wód podziemnych przekraczającego 100 m³/d (wymagania RDW). Według stanu na koniec 2019 r. złóż, dla których łączna wielkość wydobycia wody ze wszystkich czynnych ujęć przekraczała 100 m³/d, było 27, tj. 19% ich ogólnej liczby (tab. 8.2). W przypadku wód podziemnych zaliczonych do kopalin wydaje się, iż wskaźnikiem lepiej charakteryzującym stan ilościowy ich zasobów jest stosunek wielkości wydobycia do zasobów eksploatacyjnych (tab. 8.3).

Tab. 8.2. Złoże wód podziemnych zaliczonych do kopalin o średnim dobowym wydobyciu wód >100 m³ w 2019 r. (na podst. Sokołowskiego i Skrzypczyka, 2020a)

L.p.	Złoże	Rodzaj Wody	Wydobycie całkowite [m ³ /r]	Średnie wydobycie dobowe [m ³ /d]
1	Mszczonów	termalna	307 256,00	841,80
2	Ciechocinek	lecznicza	79 591,00	218,06
3	Trzęsacz GT-1	termalna	296 016,00	811,00
4	Poddębice	termalna	980 647,00	2686,70
5	Pyrzyce	termalna	1 019 687,00	2793,66
6	Stargard Szczeciński I	termalna	1 546 060,00	4235,78
7	Uniejów I	termalna	650 734,00	1782,83
8	Cieplice	lecznicza	168 208,00	460,84
9	Duszyni-Zdrój	lecznicza	242 739,60	665,04
10	Gorzanów	lecznicza	47 944,00	131,35
11	Karpniki	termalna	132 273,00	362,39
12	Kudowa	lecznicza	94 669,00	259,37
13	Lądek-Zdrój	lecznicza	174 400,00	477,81
14	Polanica-Zdrój	lecznicza	224 702,20	615,62
15	Busko II	lecznicza	51 180,80	140,22
16	Krynica-Zdrój I	lecznicza	58 436,00	160,10
17	Muszyna INEX	lecznicza	54 286,00	148,73
18	Muszynianka III	lecznicza	333 981,00	915,02
19	Piwniczna-Łomnica	lecznicza	92 328,90	252,96
20	Szczawiczne II	lecznicza	55 554,00	152,20
21	Szczawnik-Cechini	lecznicza	62 844,00	172,17
22	Białka	termalna	266 407,00	729,88
23	Bukowina	termalna	256 713,00	703,32
24	Chochołowskie Termy	termalna	474 761,00	1300,71
25	Podhale 2	termalna	4 988 684,00	13 667,63
26	Szymoszkowa	termalna	60 078,00	164,60
27	Zakopane	termalna	445 731,00	1221,18

Tab. 8.3. Złoże wód podziemnych zaliczonych do kopalin o największym stopniu szczypania zasobów w 2019 r. (na podst. Sokołowskiego i Skrzypczyka, 2020a)

L.p.	Złoże	Rodzaj Wody	Wydobycie całkowite [m ³ /r]	Zasoby eksploatacyjne [m ³ /h]	Stopień wykorzystania zasobów eksploatacyjnych [%]
1	Białka	termalna	266 407,00	32,00	95,0
2	Szczawno-Zdrój	lecznicza	4442,98	0,54	93,9
3	Stargard Szczeciński I	termalna	1 546 060,00	200,00	88,2
4	Uniejów I	termalna	650 734,00	120,00	61,9
5	Bukowina	termalna	256 713,00	48,00	61,0
6	Mszczonów	termalna	307 256,00	60,00	58,5
7	Solec-Zdrój	lecznicza	4837,00	0,96	57,5
8	Wapienne	lecznicza	27 099,00	5,67	54,6
9	Podhale 2	termalna	4 988 684,00	1070,00	53,2
10	Zubrzyk	lecznicza	31 493,00	6,90	52,1
11	Muszyna INEX	lecznicza	54 286,00	12,30	50,4
12	Polanica-Zdrój	lecznicza	224 702,20	51,00	50,3

Podjęcie polegające na prowadzeniu monitoringu ilościowego i jakościowego w tych samych punktach badawczych, finansowanego – w odróżnieniu od wód zwykłych – z jednego źródła, zapewni spójność całej sieci i umożliwi pełną synchronizację wyników badań.

Zakłada się, że punkty badawcze monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin będą stałe, tzn. każde złożo będzie cyklicznie opróbowane, niezależnie od uzyskanych wyników. Jest to spowodowane tym, że zasoby wód leczniczych, termalnych i solanek nie będą podlegały ocenie w odniesieniu do norm (stan dobry/zły), lecz analizowana będzie zmienność badanych parametrów, mogąca wskazywać na przykład na pojawianie się zanieczyszczeń antropogenicznych lub niekorzystnych z punktu widzenia gospodarki złożowej i ochrony środowiska zmian hydrodynamicznych i hydrochemicznych w systemie wodonośnym.

W celu prawidłowego funkcjonowania sieci monitoringowej oraz stworzenia warunków umożliwiających uzyskanie odpowiedniej jakości wyników badań i pomiarów otwory obserwacyjne będą poddawane okresowym przeglądom. W przypadku wód leczniczych, termalnych i solanek cykliczna ocena stanu technicznego punktów badawczych jest niezwykle istotna ze względu na właściwości fizyczno-chemiczne tych wód. Wysoka mineralizacja ogólna wód i ich agresywny charakter w stosunku do stali wpływają negatywnie na stan zarzucania otworów, powodując korozję rur lub kolmatację części roboczej filtra i wytrącanie się na ścianach otworów faz stałych (mineralnych).

Ocena sprawności technicznej otworów będzie przeprowadzona w momencie włączenia punktu badawczego do sieci obserwacyjnej, a następnie powinna być weryfikowana w cyklach kilkuletnich, określonych szczegółowo w programie monitoringu. Zasady przeprowadzenia oceny stanu technicznego otworów przedstawiono szczegółowo w rozdz. 8.5. W przypadku gdy sprawność otworów ulegnie pogorszeniu i będzie niezadawalająca lub wyniki badań monitoringowych będą wskazywać na możliwość uszkodzenia otworów jednostka odpowiedzialna za prowadzenie monitoringu powinna przystąpić do prac konserwacyjnych. W ogólnym zarysie będą one polegać na inspekcji otworów za pomocą kamery wizyjnej, a następnie dobraniu odpowiedniej techniki i środków chemicznych do ich czyszczenia lub określeniu niezbędnych do przeprowadzenia zabiegów renowacyjnych/rekonstrukcyjnych. W zależności od uzyskanych wyników może zostać podjęta decyzja o wyłączeniu punktu z sieci monitoringowej. Z uwagi na obecność w niektórych wodach leczniczych gazów i niekiedy dużą mętność wysoko zmineralizowanych wód technika kamerowania otworów może nie przynieść rezultatów (słaba widoczność) lub może być niemożliwa do wykonania („wyrzuty” kamery).

Podstawowa konserwacja otworu będzie polegać na mechanicznym i/lub chemicznym usunięciu osadu pokrywającego filtr i kolumnę eksploatacyjną, a następnie na płukaniu otworu i usunięciu z jego dna zasypu. Końcowym etapem prac konserwacyjnych powinna być dezynfekcja otworu.

8.2. Dynamika zmian stanu udokumentowania i zagospodarowania złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin

Coraz większe zapotrzebowanie na wody podziemne zaliczone do kopalin (Felter i in., 2015a, 2017, 2021; Sokołowski, Skrzypczyk, 2020a,b) sprawia, iż zasoby tych wód należy objąć ochroną. Wzrost wydobywania generuje coraz częstsze konflikty pomiędzy poszczególnymi podmiotami gospodarczymi eksploatującymi sąsiednie złoża, na przykład w dorzeczu Popradu lub w rejonie Buska-Zdroju, a także pomiędzy koncesjonariuszami a użytkownikami wód zwykłych, jak to ma miejsce w Gorzanowie i Bystrzycy Kłodzkiej. Wzrost zainteresowania pozyskiwaniem wód podziemnych zaliczonych do kopalin przejawia się systematycznie rosnącą w ostatnim 10-leciu sumaryczną wielkością zasobów eksploatacyjnych ujęć tych wód (fig. 8.3) oraz rosnącą wielkością poboru wód (fig. 8.4). Corocznie marszałkowie województw zatwierdzają około 20 dokumentacji hydrogeologicznych ustalających zasoby eksploatacyjne ujęć, w tym dla złóż nowoodkrytych (tab. 8.4). Na realizację czeka także wiele zatwierdzonych projektów robót geologicznych (tab. 8.5). Dodatkowo, z uwagi na sytuację geopolityczną, w niedalekiej przyszłości należy mieć na uwadze wzrost liczby złóż wód termalnych i zwiększenie stopnia wykorzystania ich zasobów. W niektórych rejonach kraju, m.in. na Podhalu lub w niecce łódzkiej, uwarunkowania środowiskowe wydobywania wód termalnych mogą prowadzić do konfliktów, na przykład pomiędzy poszczególnymi podmiotami eksploatującymi ujęcia wód termalnych lub pomiędzy nimi a użytkownikami ujęć zwykłych wód podziemnych. Prowadzenie cyklicznych badań i obserwacji przez psg umożliwi Skarbowi Państwa, jako właścicielowi złóż wód leczniczych, termalnych i solanek, prowadzenie racjonalnej gospodarki ich zasobami w warunkach rosnącego zainteresowania wydobywaniem wód podziemnych zaliczonych do kopalin.

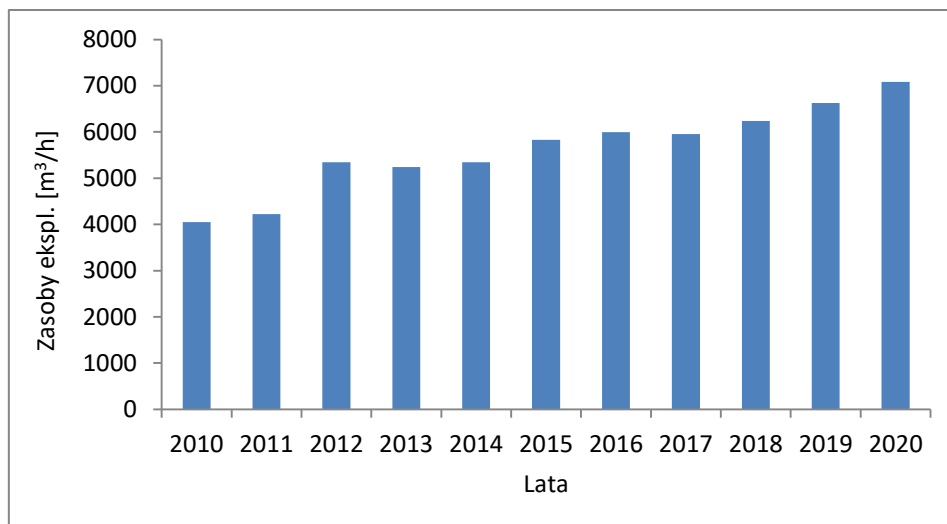


Fig. 8.3. Wielkość zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalni w latach 2010–2020 (dane na podst. Bilansu zasobów złóż kopalni w Polsce)

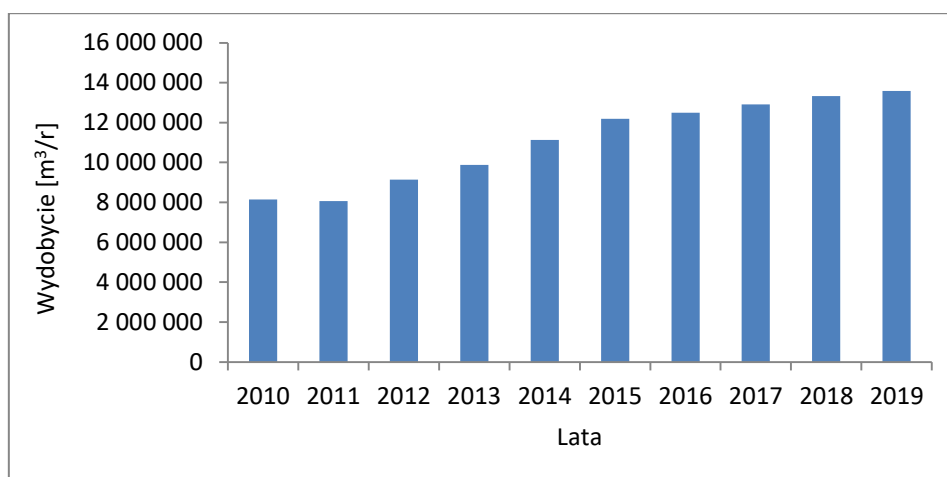


Fig. 8.4. Wydobywanie wód podziemnych zaliczonych do kopalni w latach 2010–2019 (dane na podst. Bilansu zasobów złóż kopalni w Polsce)

Tab. 8.4. Zestawienie nowoodkrytych złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalni w latach 2011–2020 (dane na podst. NAG)

Lp.	Rok	Złoże		
		wody lecznicze	wody termalne	solanki
1	2011	-	Poddębice	-
2	2012	Gołdap, Inowrocław I, Inowrocław II	Kleszczów, Lidzbark Warmiński, Swarzędz, Tarnowo Podgórne, Toruń	-
3	2013	-	Trzęsacz GT-1, Poręba Wielka	-
4	2014	Dar Natury, Lipa Zdrój-1, Wieliczka W-VII-16	Karpniki KT-1, Staniszków ST-1	-
5	2015	-	Celejów, Cudzynowice	-
6	2016	-	Konin GT-1	-
7	2017	Kraków-Misericordia	-	-
8	2018	Konstantynów	Sieradz GT-1	-
9	2019	Lusina, Opatkowice, Rajcza – Plebania SWR-1, Sól-Tężnia, Wierchomla Wielka	Koło, Sochaczew GT-1, Turek GT-1, Wręcza	-
10	2020	Sól S-1 Miriam, Stara Łomnica	Jachranka	-

Tab. 8.5. Zestawienie zatwierdzonych, aktualnie obowiązujących projektów robót geologicznych dotyczących wykonania nowych otworów wiertniczych ujmujących wody podziemne zaliczone do kopalin według stanu na 30.04.2022 (dane na podst. Felter i in., 2021, z mod. autorów)

L.p.	Miejscowość	Nazwa projektowanego otworu	Rodzaj wody	Data wydania decyzji zatw. prg	Termin ważności decyzji zatw. prg
województwo dolnośląskie – liczba projektów: 14					
1	Biała Woda	Przełęcz Puchaczówka CG-T1	termalne	28.06.2018	28.06.2023
2	Duszniki-Zdrój	Duszniki GT-2	termalne	03.07.2019	03.07.2024
3	Głuszycza	Głuszycza GT-1	termalne	26.11.2018	26.11.2023
4	Jedlina-Zdrój	Jedlina GT-1	termalne	29.12.2020	29.12.2025
5	Karpacz	Karpacz GT-1	termalne	25.10.2019	25.10.2024
6	Karpniki	Karpniki KT-2	termalne	24.07.2018	24.07.2023
7	Lipowa	Lipowa GT-1	termalne	29.12.2017	29.12.2022
8	Łomnica	Łomnica GT-1	termalne	10.03.2020	29.04.2024
9	Oława	Oława GT-1	termalne	19.02.2019	19.02.2024
10	Pieszyce	Pieszyce GT-1	termalne	16.11.2018	16.11.2023
11	Polanica-Zdrój	Polanica-Zdrój	lecnicze	13.11.2019	13.11.2024
12	Szczawina	Szczawina	lecnicze	04.12.2020	25.01.2022
13	Szczawina	Szczawina	lecnicze	29.04.2019	31.12.2023
14	Trzebnica	Jadwiga T-1	termalne	12.11.2019	12.11.2024
województwo kujawsko-pomorskie – liczba projektów: 5					
15	Gąsawa	Gąsawa GT-1	termalne	01.10.2018	30.09.2023
16	Inowrocław	Inowrocław GT-1	termalne	11.08.2020	01.08.2025
17	Kobylniki	Kruszwica GT-1	termalne	16.07.2019	30.06.2024
18	Toruń	Toruń TG-2A	termalne	30.12.2020	31.07.2025
19	Włocławek	Włocławek GT-1	termalne	27.11.2017	30.11.2022
województwo lubelskie – liczba projektów: 4					
20	Biszcza	Biszcza GT-1	termalne	21.09.2020	08.09.2025
21	Tomaszów Lubelski	Tomaszów Lubelski GT-1	termalne	17.06.2019	17.06.2024
22	Zamość	Zamość GT-1	termalne	19.08.2020	09.10.2025
23	Zwierzyniec	Zwierzyniec GT-1	termalne	27.06.2018	04.06.2023
województwo łódzkie – liczba projektów: 12					
24	Bełchatów	Bełchatów OB-1	termalne	23.11.2018	23.11.2023
25	Łask	Łask GT-1	termalne	29.10.2018	01.10.2023
26	Łowicz	Łowicz GT-1	termalne	08.09.2020	31.08.2025
27	Łódź	EC Łódź GT-1	termalne	22.05.2019	31.12.2023
28	Łódź	Łódź GT-1	termalne	10.09.2019	31.08.2024
29	Łódź	Łódź Aquapark GT-1	termalne	24.04.2017	24.04.2022
30	Łódź	UM Łódź GT-1	termalne	03.08.2020	31.07.2025
31	Sieradz	Sieradz GT-2	termalne	30.12.2020	31.03.2022
32	Wieluń	Wieluń GT-1	termalne	26.10.2020	31.08.2025
33	Zduńska Wola	Zduńska Wola GT-1	termalne	19.10.2017	01.10.2022
34	Zgierz	Zgierz GT-1	termalne	27.07.2020	30.06.2025
35	Żeromin	Żeromin GT-1J, GT-2J, GT-1K	termalne	10.08.2018	31.12.2022
województwo małopolskie – liczba projektów: 11					
36	Biały Dunajec	Biały Dunajec PGP-5	termalne	20.02.2020	20.02.2025
37	Bukowina Tatrzańska	Bukowina Tatrzańska BTG-1	termalne	20.12.2012	31.12.2023
38	Kraków	Kraków GT-1	termalne	07.09.2020	31.12.2025
39	Krynica-Zdrój	P-25	lecnicze	27.11.2020	31.12.2024
40	Krynica-Zdrój	Krynica GT-2	termalne	16.07.2020	30.07.2025
41	Krzeszowice	Krzeszowice Zdrój 1	lecnicze	16.06.2020	30.06.2025
42	Leluchów, Dubne	M-12, M-15, M-16, M-17, M-18	lecnicze	27.08.2018	27.08.2023
43	Miękinia	Miękinia GT-1	termalne	22.11.2019	22.11.2024
44	Rabka-Zdrój	Rabka GT-1	termalne	23.10.2019	23.10.2024
45	Złockie	SL-7	lecnicze	19.06.2018	30.06.2023
46	Żegiestów	Z-4, Z-5	lecnicze	20.11.2020	31.12.2023

województwo mazowieckie – liczba projektów: 12					
47	Mszczonów	Mszczonów GT-1	termalne	31.01.2019	31.01.2024
48	Mysiadło	Mysiadło GT-1	termalne	28.09.2020	28.09.2025
49	Otwock	Otwock GT-1	termalne	26.10.2018	26.10.2023
50	Piaseczno	Piaseczno GT-2	termalne	15.11.2018	15.11.2023
51	Piastów	Piastów GT-1	termalne	26.08.2020	26.08.2025
52	Sochaczew	Sochaczew GT-2	termalne	05.02.2020	05.02.2025
53	Sokołów Podlaski	Sokołów Podlaski GT-1	termalne	28.09.2020	28.09.2025
54	Stare Babice	Stare Babice GT-1	termalne	10.07.2019	10.07.2024
55	Wołomin	Wołomin GT-1	termalne	31.08.2020	31.08.2025
56	Wręcza	Wręcza MGT-1	termalne	08.11.2017	27.11.2022
57	Zaborów	Zaborów GT-1	termalne	06.04.2017	08.05.2022
58	Żyrardów	Żyrardów GT-1	termalne	17.09.2020	17.09.2025
województwo podkarpackie – liczba projektów: 7					
59	Arlamów	Arlamów GT-1	termalne	04.02.2020	04.02.2025
60	Brzozów	BG-1	termalne	07.08.2020	08.08.2025
61	Sędziszów Małopolski	Sędziszów Małopolski GT-1	termalne	07.09.2020	07.09.2025
62	Solina	Solina POG-1	termalne	26.09.2019	31.12.2023
63	Stany	Stany L-1	lecnicze	21.08.2020	21.08.2025
64	Ustrzyki Dolne	Ustrzyki Dolne GT-1	termalne	01.06.2020	01.06.2025
65	Wiśniowa	Wiśniowa GT-1	termalne	19.02.2019	18.01.2024
województwo podlaskie – liczba projektów: 2					
66	Mielnik n. Bugiem	Mielnik	lecnicze	26.07.2019	25.07.2024
67	Supraśl	Supraśl GT-1	termalne	12.08.2020	31.07.2025
województwo śląskie – liczba projektów: 4					
68	Drogomyśl	Drogomyśl Z-3	lecnicze	15.01.2020	30.11.2024
69	Grodziec	Jasienica GT-1	termalne	28.09.2020	31.08.2025
70	Korbielów	Korbielów GT-1	termalne i lecnicze	02.10.2018	31.08.2023
71	Porąbka	Kozubnik GT-1, Kozubnik GT-2	termalne	27.11.2020	27.11.2025
województwo świętokrzyskie – liczba projektów: 5					
72	Busko-Zdrój	Busko-Zdrój GT-2	termalne	30.09.2020	30.09.2025
73	Busko-Zdrój	B-15a	lecnicza	05.03.2019	31.07.2023
74	Kazimierza Wielka	Kazimierza Wielka GT-1	termalne	11.08.2017	30.06.2022
75	Siesławice	Busko GT-1	termalne	23.08.2017	30.06.2022
76	Wólka Smolana	Smyków GT-1	termalne	16.09.2020	16.09.2025
województwo warmińsko-mazurskie – liczba projektów: 1					
77	Krutyń	Krutyń GT-1	termalne i lecnicze	14.02.2017	14.02.2022
województwo wielkopolskie – liczba projektów: 8					
78	Gniezno	Gniezno GT-1	termalne	18.09.2020	17.09.2025
79	Kalisz	Kalisz GT-1	termalne	04.10.2018	04.10.2023
80	Konin	Konin GT-2	termalne	29.01.2018	24.01.2023
81	Konin	Konin GT-3	termalne	23.05.2018	24.01.2023
82	Nowy Tomyśl	Nowy Tomyśl GT-1	termalne	16.03.2018	16.03.2023
83	Skrajnia Rychnowska	Skrajnia Rychnowska GT-1	termalne	29.11.2018	21.09.2023
84	Szulec	Szulec GT-1	termalne	20.12.2019	20.12.2024
85	Wągrowiec	Wągrowiec GT-1	termalne	10.09.2019	10.09.2024
województwo zachodniopomorskie – liczba projektów: 6					
86	Dębno	Dębno GT-1	termalne	23.09.2020	23.09.2025
87	Dreżewo	Dreżewo GT-1	termalne	12.12.2019	12.11.2023
88	Dreżewo	Janowo GT-1	termalne	05.12.2018	31.07.2022
89	Dźwirzyno	Dźwirzyno HASTON GT-1	termalne	10.05.2019	09.05.2024
90	Szczecin	Szczecin GT-1	termalne	31.10.2017	31.08.2022
91	Świnoujście	Helena (VII)	lecnicze	12.10.2018	31.07.2023

8.3. Wykonawca monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin

W aktualnie obowiązującym stanie prawnym narzędziem do wykonywania zadań państwa na potrzeby rozpoznawania, bilansowania i ochrony wód podziemnych w celu ich racjonalnego wykorzystania przez społeczeństwo i gospodarkę jest utworzona w tym celu psh (Sadurski, 2004). Na mocy ustawy PW pełnienie funkcji psh od 2003 r. zostało powierzone PIG–PIB, który pomimo wielokrotnych zmian zakresu działania służby, organów nadzorujących, źródeł finansowania oraz zmian legislacyjnych, a także organizacyjnych samego Instytutu, pełni ją do dziś (Sadurski i in., 2019). Państwowa służba hydrogeologiczna wykonuje zadania państwa na potrzeby rozpoznawania, bilansowania i ochrony wód podziemnych w celu ich racjonalnego wykorzystania przez społeczeństwo i gospodarkę (art. 369 ust. 2 ustawy PW). Nadzór nad działalnością psh sprawuje obecnie Minister właściwy do spraw gospodarki wodnej (Minister Infrastruktury), a finansowanie zadań służby odbywa się z budżetu państwa.

Organizacja pracy psh opiera się na wyodrębnieniu zadań ciągłych, wykonywanych w trybie rocznych procedur. Prace są realizowane w kilkuletnich cyklach planistycznych, co pozwala na bieżące definiowanie celów i odbiorców prac, wskazywanie potrzeb rozwojowych i inwestycyjnych, na przykład takich jak reorganizacja sieci monitoringu zwykłych wód podziemnych na potrzeby dostosowania do wymagań RDW (aktualizacja programu monitoringu), wyposażenie sieci w automatyczną aparaturę pomiarową z bezprzewodową transmisją danych, integracja hydrogeologicznych baz danych, opracowanie kompleksowej metodyki oceny stanu JCWPd, sporządzenie dokumentacji hydrogeologicznych ustalających zasoby dyspozycyjne wód podziemnych oraz głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP). Wydzielenie JCWPd wraz z oceną ich stanu, a także zakończony program dokumentowania GZWP (Mikołajków, Sadurski red., 2017) należy zaliczyć do najważniejszych osiągnięć polskiej hydrogeologii w ostatnich latach.

Zagadnieniami dotyczącymi wód leczniczych, termalnych i solanek zajmuje się psg, której funkcje – zgodnie z zapisami ustawy PGiG – od 1 stycznia 2012 r. pełni PIG–PIB. Państwowa służba geologiczna realizuje następujące zadania państwa w zakresie geologii:

- inicjuje, koordynuje i wykonuje zadania zmierzające do rozpoznania budowy geologicznej kraju, w tym prac o podstawowym znaczeniu dla gospodarki narodowej, w szczególności dla odnowienia bazy surowcowej kraju, ustalania zasobów złóż kopalin, a także dla ochrony środowiska;
- prowadzi centralne archiwum geologiczne;

- gromadzi, udostępnia, przetwarza i archiwizuje informację geologiczną;
- prowadzi bazy danych geologicznych;
- sporządza krajowy bilans zasobów kopalin;
- przygotowuje materiały na potrzeby przeprowadzenia postępowania przetargowego w celu udzielenia koncesji na poszukiwanie i rozpoznawanie złoża węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złoża lub koncesji na wydobywanie węglowodorów ze złoża, oraz przygotowuje we współpracy z organem koncesyjnym ocenę perspektywiczności geologicznej;
- koordynuje i wykonuje prace z zakresu kartografii geologicznej oraz wykonuje prace pilotażowe z tego zakresu;
- prowadzi rejestr obszarów górniczych i zamkniętych podziemnych składowisk dwutlenku węgla;
- koordynuje zadania z zakresu ochrony georóżnorodności oraz geologii środowiskowej;
- rozpoznaje i monitoruje zagrożenia geologiczne;
- dokonuje sprawdzenia prawidłowości poboru próbek z wykonania robót geologicznych oraz wykonuje inne czynności pomocnicze na podstawie odrębnego upoważnienia właściwego organu administracji geologicznej.

Część z wymienionych powyżej zadań dotyczy także wód podziemnych zaliczonych do kopalin, na przykład w zakresie ustalania zasobów kopalin i ochrony środowiska. Planowane monitorowanie zasobów wód leczniczych, termalnych i solanek wpisuje się więc w zakres działalności psg, przy czym uruchomienie monitoringu będzie wymagać zmian prawnych przedstawionych w rozdziale 12. Oprócz zadań zapisanych w ustawie PGiG psg realizuje prace zlecane przez ministra właściwego do spraw środowiska oraz inne resorty, współpracuje z administracją rządową i samorządową, przedsiębiorcami z branży geologicznej, poszukiwawczo-wydobywczej oraz z innymi podmiotami, instytucjami naukowo-badawczymi, służbami z kraju i zagranicy.

Nadrzędnym celem działania psg jest dbanie o zrównoważony rozwój kraju w zakresie geologii, a w szczególności wykonywanie, koordynowanie i promowanie przedsięwzięć uwzględniających racjonalną gospodarkę i ochronę zasobów geologicznych Polski. Działania psg są zgodne z kluczowymi strategiami państwa.

Państwowy Instytut Geologiczny–Państwowy Instytut Badawczy, pełniący funkcję psg jest jednostką merytorycznie przygotowaną do wykonania kolejnych prac zmierzających do utworzenia monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin. Planowany monitoring

wód leczniczych, termalnych i solanek powinien być zorganizowany i prowadzony z wykorzystaniem rozwiązań sprawdzonych w monitoringu wód zwykłych, zmodyfikowanych pod kątem specyfiki wód zaliczonych do kopalin. Monitoring wód podziemnych, zwykłych i zaliczonych do kopalin, powinien być zorganizowany w taki sposób, aby uzyskiwane wyniki wzajemnie się uzupełniały, umożliwiając możliwie pełną charakterystykę systemu wodonośnego. Uruchomienie nowej sieci monitoringu będzie wymagać jednak, poza oczywistymi zmianami legislacyjnymi i nakładami finansowymi, uzupełnienia wyspecjalizowanej kadry psg oraz przygotowania laboratorium chemicznego do badania wód o wysokiej mineralizacji ogólnej i zawartości rozpuszczonych gazów.

Wieloletnie doświadczenie w organizacji i prowadzeniu ogólnokrajowego monitoringu wód podziemnych, w połączeniu z szeroką, wykwalifikowaną kadrą specjalistów (Woźnicka, Sadurski, 2020), sprawiają, iż jednostką odpowiedzialną za objęcie wód leczniczych, termalnych i solanek państwową siecią obserwacji powinien być PIG–PIB, pełniący rolę psg. Zadaniem PIG–PIB i obu służb jest identyfikowanie aktualnych problemów w dziedzinie geologii, inicjowanie działań z zakresu geologii oraz ich realizacja i wdrażanie na obszarze całego kraju.

8.4. Kryteria reprezentatywności sieci monitoringu

Monitoring wód podziemnych zaliczonych do kopalin zakłada docelowo prowadzenie obserwacji w obrębie wszystkich złóż, których liczba według stanu na koniec 2020 r. wynosi 146. Kryteria wyznaczania punktów pomiarowych na potrzeby prowadzenia monitoringu każdego ze złóż powinny odnosić się do lokalizacji tych punktów, ich liczby i warunków jakie powinny one spełniać. Uzyskanie reprezentatywnego dla badanego złoża wyniku monitoringu wymaga uwzględnienia:

- powierzchni złoża;
- stopnia skomplikowania budowy geologicznej;
- warunków hydrogeologicznych;
- rodzaju struktury wodonośnej (obecności stref zasilania i drenażu);
- dynamiki wód podziemnych wynikającej z położenia stref zasilania i drenażu;
- liczby ujętych poziomów wodonośnych;
- liczby ujęć i możliwości techniczno-ekonomicznych i środowiskowych lokalizacji otworów obserwacyjnych;
- genezy wody („wieku” wody);

- współwystępowania z wodami zwykłymi;
- transgranicznego przepływu wód;
- intensywności eksploatacji;
- rodzaju i siły presji gospodarki oraz zasięgu zanieczyszczeń obszarowych, w szczególności pochodzących ze źródeł rolniczych, górnictwa i energetyki;
- położenia obszarów chronionych i ekosystemów lądowych oraz JCWP bezpośrednio zależnych od wód podziemnych.

8.4.1. Reprezentatywność przestrzenna

Dla ustalenia struktury i gęstości sieci badawczej oraz lokalizacji punktów badawczych monitoringu największe znaczenia ma reprezentatywność przestrzenna. Liczba punktów pomiarowych w obrębie danego złoża powinna zależeć od jego powierzchni, stopnia złożoności warunków hydrogeologicznych, dynamiki wód podziemnych (położenia stref zasilania i drenażu), siły oddziaływania antropopresji (wielkości poboru wody, oddziaływania gospodarczej działalności człowieka powodującej zanieczyszczenie lub zagrożenie zanieczyszczeniem), podatności warstw wodonośnych na wpływ oddziaływań wynikających z działalności człowieka, a także znaczenia gospodarczego złoża (wartości gospodarczej kopaliny). Podejście takie, stosowane w monitoringu wód zwykłych, w przypadku wód leczniczych, termalnych i solanek jest trudne do zrealizowania. Niemal połowa złóż (70, tj. 48,3% ich całkowitej liczby) jest rozpoznana jedynie punktowo za pomocą jednego otworu wiertniczego, a niekiedy tylko źródłem (Czarna Górna, Głębokie, Komańcza, Żegiestów–Zdrój Główny, Wieliczka – wypływ w wyrobisku podziemnym). W prowincjach platformowych na ogólną liczbę 49 złóż, aż 39 została udostępniona do eksploatacji tylko jednym ujęciem. W takiej sytuacji reprezentatywność przestrzenna jest określona jednoznacznie – pomiary i badania będą się odnosić tylko do pojedynczego, istniejącego punktu, ujmującego określoną warstwę wodonośną w danej strefie hydrodynamicznej (zasilania, przepływu lub drenażu), w przedziale głębokości określonym głębokością zabudowy części czynnej filtra lub na wypływie ze źródła, przy czym źródła naturalne powinny zostać ujęte w taki sposób, aby zapewnić powtarzalność obserwacji i reprezentatywność uzyskanych wyników.

W przypadku większej liczby ujęć rozmieszczenie punktów monitoringowych (otworów i źródeł) będzie wymagać indywidualnej, szerszej analizy hydrogeologicznej w celu rozpoznania systemu krążenia wód podziemnych, wytypowania ujęć reprezentatywnych dla

złoża i określenia ich aktualnego stanu technicznego oraz możliwości prowadzenia w nich obserwacji, ewentualnie konieczności renowacji/rekonstrukcji lub wytypowania lokalizacji do zabudowy piezometru. Punkty monitoringu powinny obejmować wszystkie piętra wodonośne ujęte w obrębie złoża, a ich gęstość odzwierciedlać stopień wykorzystania zasobów (im większy stopień wykorzystania zasobów tym więcej punktów obserwacyjnych). W tym celu niezbędne jest stworzenie modeli koncepcyjnych złóż, co zostało szerzej opisane w dalszej części niniejszej koncepcji. W przypadku złóż zalegających na znacznych głębokościach, udostępnionych więcej niż jednym ujęciem, na ogół w rejonach gdzie intensywność eksploatacji do tej pory nie stwarza zagrożeń dla stanu ilościowego (np. Pyrzyce, Gołdap, Stargard, Skierniewice, Kleszczów, Uniejów, Łapczyca, Zabłocie, Jaworze, Zakopane, Podhale) wykonanie otworu obserwacyjnego będzie ekonomicznie nieuzasadnione. W takich przypadkach sieć obserwacyjną należy oprzeć na jednym bądź kilku obiektach istniejących.

Oparcie sieci monitoringowej o istniejące ujęcia spowoduje, iż obserwacjami zostanie objęta strefa drenażu wód: naturalnego – w źródłach lub ujęciach zlokalizowanych w strefach baz drenażu (doliny rzek i potoków, strefy uskokowe) lub wymuszonego poborem – w ujęciach zlokalizowanych w strefie przepływu wód, rzadziej w rejonach zasilania poziomów wodonośnych. W przypadku struktur otwartych, zasilanych wspólnie przez bezpośrednią infiltrację opadów atmosferycznych, o nieodległych obszarach zasilania, tzn. krótkim czasie przebywania wód w ośrodku skalnym, docelowo obserwacjami powinna zostać objęta jednak cała struktura wodonośna, a więc oprócz strefy drenażu, także strefa zasilania i przepływu. Presja wynikająca ze sposobu zagospodarowania terenu, decydująca o możliwości przenikania zanieczyszczeń z powierzchni terenu do wód podziemnych, w tego typu strukturach jest najbardziej odczuwalna. Dodatkowo są to często obszary współwystępowania wód leczniczych i zwykłych. W przypadku struktur półotwartych sieć obserwacyjna powinna obejmować strefę przepływu i drenażu, a w strukturach półzakrytych strefy zasilania i przepływu, przy czym piezometry (jeśli zostaną wykonane) powinny być zlokalizowane na kierunku dopływu wód do ujęć produkcyjnych. Złoża występujące w strukturach zakrytych, odizolowanych od systemu aktywnego krążenia wód, o nieodnawialnych zasobach, mogą być monitorowane jedynie przy pomocy istniejących ujęć eksploatacyjnych. Niezależnie od powyższych założeń lokalizacja punktów badawczych powinna uwzględniać rozpoznane ogniska antropopresji oraz sposób użytkowania powierzchni terenu (zabudowa miejsko-przemysłowa, kopalnie i wyrobiska, tereny rolne, lasy i ekosystemy seminaturalne, tereny podmokłe). Dotyczy to zwłaszcza złóż podatnych na wszelkiego rodzaju zagrożenia. Lista rankingowa złóż uwzględniająca stopień ich zagrożenia

powinna być efektem przeprowadzonej uprzednio analizy ryzyka i waloryzacji złóż. Uwzględnienie terenów podmokłych spełnia warunek reprezentatywności sieci w odniesieniu do ekosystemów lądowych bezpośrednio zależnych od wód podziemnych. Zależność tę należy rozumieć jako oddziaływanie substancji przenoszonych do tych ekosystemów w wodach podziemnych. Obecnie określono wartość wskaźnika kryterialnego oceny tylko dla jednego składnika fizykochemicznego – azotanów, wynoszącą $40 \text{ mgNO}_3/\text{dm}^3$. Azotany w ilości powyżej $40 \text{ mg}/\text{dm}^3$ występują w siedmiu ujęciach wód podziemnych zaliczonych do kopalin:

- w otworze Sobieski w Jeleniej Górze-Cieplicach (do $49,8 \text{ mg}/\text{dm}^3$);
- w źródle Nowe IV w Jeleniej Górze-Cieplicach ($160 \text{ mg}/\text{dm}^3$);
- w otworze G-2 w złożu Łapczyca (do $240 \text{ mg}/\text{dm}^3$);
- w otworze Konin GT-1 (do $880 \text{ mg}/\text{dm}^3$);
- w otworach Stargard GT-1 i Stargard GT-2 (do $44,3 \text{ mg}/\text{dm}^3$);
- w źródle Górne w Świeradowie-Zdroju ($85,3 \text{ mg}/\text{dm}^3$).

Ponadto azotany w stężeniu $46,5\text{--}140,3 \text{ mg}/\text{dm}^3$ występują w kilku źródłach i studniach kopanych, głównie w okolicy Buska-Zdroju, w których stwierdzono występowanie wód o mineralizacji ogólnej przekraczającej $1 \text{ g}/\text{dm}^3$ (np. w Skotnikach Dolnych, Winiarach, Woli Zagojskiej, Wiślicy, Trzebinie).

Bardziej szczegółowe określenie zasad (kryteriów) reprezentatywności i parametrów sieci monitoringu, mające charakter zestandaryzowanych wytycznych, w przypadku wód podziemnych zaliczonych do kopalin nie jest możliwe, zwłaszcza iż brak jest ogólnie akceptowanej metodyki w tym zakresie także w odniesieniu do wód zwykłych.

W przypadku wód podziemnych zaliczonych do kopalin nie można określić sumarycznej powierzchni zajmowanej przez dane złożę, a następnie określić liczby punktów badawczych sieci w każdym z nich proporcjonalnie do powierzchni terenu, którą zajmuje. Dlatego też dla planowanej sieci nie przewiduje się oceny wskaźnika reprezentatywności wyrażonego w postaci błędu bezwzględnego pomiędzy teoretycznie wyznaczoną liczbą punktów (przyjętą jako wartość poprawna), a ich liczbą rzeczywistą. Także zapisy RDW i DWP nie narzucają krajom członkowskim jednolitego wzoru postępowania w tej kwestii (Kazimierski, Gidziński, 2011). Proponowany w jednym z poradników KE sposób polegający na organizacji sieci o równomiernym rozlokowaniu punktów badawczych w obrębie poszczególnych JCWPd, przenosząc na grunt wód podziemnych zaliczonych do kopalin – w złożach, nie przystaje do warunków geologicznych i hydrogeologicznych. Z tego powodu

opracowany w przyszłości program monitoringu (opracowanie o charakterze wykonawczym) powinien przyjąć własne kryteria reprezentatywności, zarówno dla samej sieci jak i punktów badawczych, indywidualnie dla każdego ze złóż na podstawie przygotowanych uprzednio modeli koncepcyjnych, analiz ryzyka i waloryzacji złóż. Ponieważ sieć monitoringu ilościowego i jakościowego mają tworzyć te same punkty badawcze, kryteria reprezentatywności dla nich będą wspólne. Ogólnie, za sieć reprezentatywną należy uznać taką, która pozwoli uwzględnić w liczbie (gęstości sieci) i miejscach lokalizacji punktów badawczych strukturę cech i właściwości badanego systemu wodonośnego przy założonym poziomie ich istotności, a więc liczba punktów obserwacyjnych powinna być proporcjonalna do stopnia rozpoznania warunków hydrogeologicznych systemu wodonośnego. Określając stopień reprezentatywności sieci i związane z tym miejsca usytuowania punktów badawczych monitoringu należy uwzględnić fakt, iż choć planowana jest organizacja sieci od początku, to w pierwszej fazie działalności będzie się ona opierać na obiektach już istniejących, których lokalizacji nie można zmienić z powodów technicznych i organizacyjnych, a także z uwagi na konieczność ograniczenia kosztów organizacji sieci. Takie rozwiązanie ma na celu optymalizację liczebności i przestrzennego rozlokowania punktów pomiarowych przy jednoczesnym zminimalizowaniu kosztów wdrożenia całej sieci. W związku z tym w pierwszym etapie tworzenia monitoringu możliwości zaprojektowania sieci o wysokim stopniu reprezentatywności są ograniczone. Przykładowo, struktury zakryte mogą być monitorowane wskaźnikowo, bez potrzeby ustalania kryteriów reprezentatywności. Sposób określania liczby punktów monitoringowych dla różnego rodzaju złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin przedstawiono na fig. 8.5.

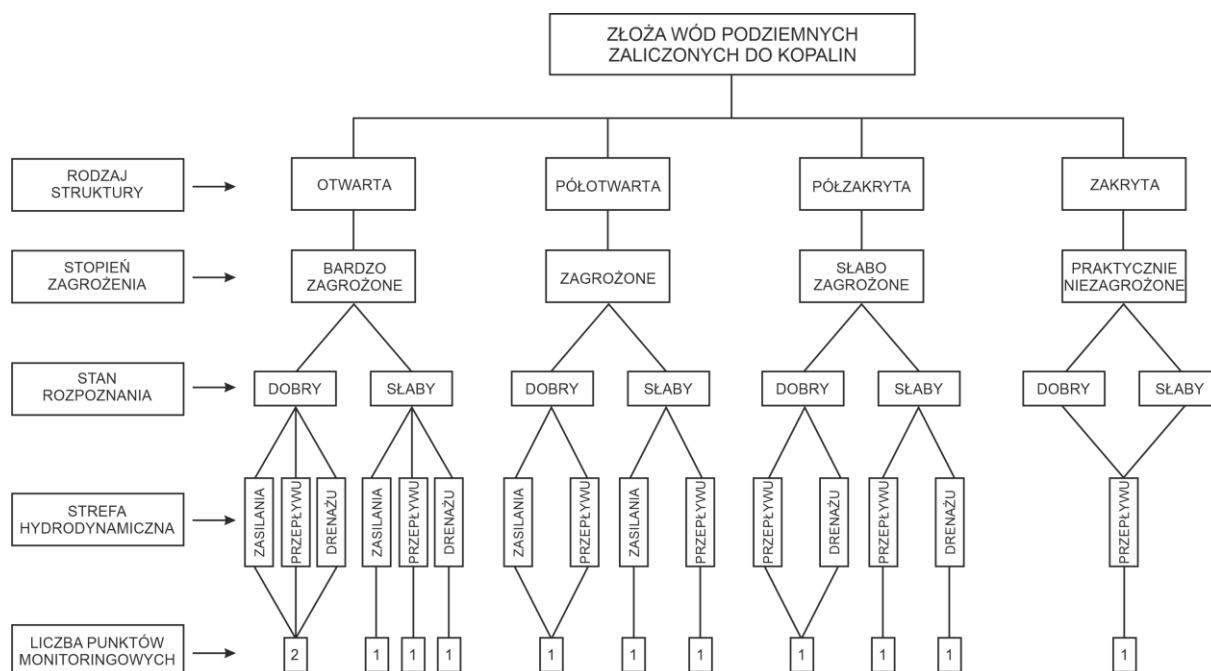


Fig. 8.5. Algorytm ustalania liczby punktów badawczych w zależności od rodzaju złoża

Poza monitorowaniem wód podziemnych zaliczonych do kopalin w granicach ich złóż reprezentatywność przyszłej sieci należy także rozpatrywać w szerszym aspekcie, odnoszącym się do całej struktury hydrogeologicznej, obejmującej często kilka złóż. Lokalizacja punktów badawczych w poszczególnych, niekiedy graniczących ze sobą złożach, powinna umożliwiać ocenę zagrożenia całego systemu wodonośnego. Często konieczne będzie zlokalizowanie punktów badawczych poza granicami złóż (obszarów górniczych). Lokalizacja takich punktów może być wyznaczana w oparciu o wiedzę ekspercką. Wskazania w tym zakresie zawierają regionalne dokumentacje hydrogeologiczne, w których oszacowano wielkość zasobów dyspozycyjnych, dlatego też kontynuacja programu mającego na celu udokumentowanie tego rodzaju zasobów jest niezwykle istotna w świetle optymalizacji sieci monitoringowej w przyszłości. Ponadto, w celu określenia wielkości zasobów dyspozycyjnych wykonywane są piezometry, niekiedy o znacznej głębokości. Otwory te po opróbowaniu są zazwyczaj likwidowane, mogłyby jednak – przy zastosowaniu odpowiednich procedur formalno-prawnych – z powodzeniem wejść w skład sieci monitoringowej.

W 2019 r. opracowano dokumentację hydrogeologiczną ustalającą zasoby dyspozycyjne leczniczych wód siarczkowych w rejonie Buska-Zdroju i Solca-Zdroju (Gągulski i in., 2018). W wyniku badań grawimetrycznych, kartowania hydrogeologicznego, kartowania sozologicznego, prac wiertniczych oraz badań fizyczno-chemicznych i izotopowych wód leczniczych, a także prac kameralnych obejmujących analizę zebranych materiałów i wyników prac oraz opracowanie modelu matematycznego, uzyskano

szczegółowy obraz budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych badanego obszaru. Jednym z ważniejszych elementów prac badawczych było wykonanie sześciu otworów obserwacyjnych o głębokości od 377,0 m do 747,5 m, które miało na celu poszerzenie stanu wiedzy na temat złożonej budowy geologicznej badanego rejonu oraz warunków hydrodynamicznych i hydrochemicznych panujących w poziomie wodonośnym cenomanu, w którym występują lecznicze wody siarczkowe. Otwory zlokalizowano w taki sposób, aby możliwe było określenie np. współoddziaływania poszczególnych eksploatowanych ujęć, kierunków przepływu wód i warunków zasilania poszczególnych złóż. W trakcie wiercenia otworów przebadano każdy z napotkanych horyzontów wodonośnych, wykonując pompowanie pomiarowe i określając ich parametry hydrogeologiczne. Po wykonaniu badań pięć otworów zostało zlikwidowanych, natomiast tylko jeden został przekazany na cele obserwacyjne właścicielowi działki, na której został wykonany, tj. Uzdrowisku Busko-Zdrój S.A. Przekazanie otworu odbyło się na podstawie umowy zawartej pomiędzy PIG-PIB a Uzdrowiskiem.

Wyniki prac wskazują, iż poszczególne złoża wód siarczkowych (Busko II, Busko-Północ, Las Winiarski, Dobrowoda, Solec-Zdrój, Wełnin, Konstantynów i Dar Natury) znajdują się w jednym systemie wodonośnym obejmującym utwory cenomanu zaburzone tektoniką zrębową, w którym warunki krążenia, kierunki i natężenie przepływu są wymuszone przez eksploatację ujęć. Pomimo wykonanych badań hydrodynamika systemu jest nadal słabo rozpoznana, co utrudnia jednoznaczne rozstrzygnięcie kwestii więzi hydraulicznej pomiędzy poszczególnymi strukturami, na przykład roli uskoku Radzanowa (przypuszcza się, iż stanowi on granicę nieprzepuszczalną). Na omawianym obszarze zachodzi więc konieczność analizowania stanu zasobów poszczególnych złóż w nawiązaniu do teorii systemów wodonośnych, rozumianych jako układy przestrzenne wzajemnie powiązanych warstw przepuszczalnych, słabo przepuszczalnych i izolujących, ograniczone powierzchnią brzegową, uniemożliwiająca lub znacznie ograniczająca przenoszenie się jakichkolwiek wpływów na zewnątrz. Cechą charakterystyczną systemu jest fakt, iż zachowanie każdego elementu (pojedynczego złoża) wpływa na zmianę warunków całości. Taka reakcja naczyń połączonych (model mieszania/łączności wód) ma miejsce właśnie w rejonie Buska-Zdroju i Solca-Zdroju. W związku z powyższym reprezentatywność sieci monitoringu należy rozpatrywać nie tylko w aspekcie poszczególnych złóż, lecz także całych struktur hydrogeologicznych (kilku-kilkunastu złóż), umożliwiając ocenę zagrożenia całego systemu wodonośnego.

Podsumowując, zaleca się aby punkty sieci monitoringu ilościowego i chemicznego były rozmieszczone w sposób reprezentatywny dla danego złoża, tj. zgodnie z algorytmem przedstawionym na fig. 8.5. Rzeczywista gęstość punktów powinna być ustalana odrębnie dla każdego złoża. Gęstość punktów należy różnicować w zależności od stopnia skomplikowania warunków hydrogeologicznych, rodzaju struktury wodonośnej, stopnia odnawialności zasobów i obecności strefy zasilania w granicach złoża. Ustalenie zasad konkretnej lokalizacji punktów monitoringu wymaga indywidualnego podejścia, uwzględniającego specyfikę danego złoża, aktualny stan jego udostępnienia, ale także wpływ wydobywania tych wód na warunki środowiskowe oraz presję ze strony przemysłu i gospodarki, dlatego też na obecnym etapie nie określa się gęstości sieci, ani minimalnej liczby punktów pomiarowych. Powyższe założenia są podstawą dla rozpoczęcia procesu budowy sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych zaliczonych do kopalin i wskazówką dla jej projektantów, mającą pomóc w zoptymalizowaniu sieci, lecz w przyszłości mogą ulec zmianie. Wstępny szacunek liczby punktów, koniecznych do monitorowania wszystkich złóż, dodatkowo także obiektów obejmujących ich bezpośrednie otoczenie, wskazuje, że w początkowym okresie pomiarami należałoby objąć około 200–250 punktów na terenie całego kraju.

8.4.2. Reprezentatywność czasowa

Obok reprezentatywności przestrzennej należy mieć na uwadze reprezentatywność czasową, uwzględniającą tempo przebiegu procesów hydrodynamicznych i hydrochemicznych zachodzących w poszczególnych złożach. Łączy się to bezpośrednio z ustaleniem odpowiedniej częstotliwości wykonywania pomiarów i badań.

Dotychczasowa, blisko czterdziestoletnia historia badań monitoringowych zwykłych wód podziemnych w zakresie dynamiki zmian położenia zwierciadła swobodnego i wydajności źródeł wykazuje, że do szczegółowej oceny zmienności warunków hydrodynamicznych niezbędne są badania wykonywane z częstotliwością jeden pomiar co godzinę, jednak częstotliwość ta powinna być zróżnicowana w zależności od charakteru zwierciadła wód. Na zmianę położenia zwierciadła wód podziemnych w poziomach o zwierciadle swobodnym wpływają bowiem dobowe zmiany temperatury i związana z nimi intensywność ewapotranspiracji ekosystemów lądowych, czerpiących wodę z wód podziemnych. W odniesieniu do głębszych poziomów wodonośnych, w których na ogół

występują wody podziemne zaliczone do kopalin, wpływ na hydrodynamikę mają głównie zmiany ciśnienia atmosferycznego i warunki wymiany wody z innymi poziomami wodonośnymi pozostającymi w więzi hydraulicznej. Na czynniki naturalne nakłada się także wpływ gospodarczej działalności człowieka, np.: pobór wód podziemnych, odwodnienia górnicze i budowlane, oddziaływanie sieci melioracyjnych. Uwzględniając wyżej wymienione czynniki oraz wieloletnie doświadczenia z monitoringu wód zwykłych przyjmuje się, że określenie głębokości statycznego zwierciadła wody i wydajności źródeł dla złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin o zasobach odnawialnych w przypadku pomiarów manualnych powinno odbywać się z częstotliwością wynoszącą 1 pomiar na tydzień, zaś w przypadku stosowania aparatury elektronicznej – co najmniej 1 pomiar na dobę. Częstotliwość dobową będzie wystarczająca dla charakterystyki dynamiki zwierciadła wód podziemnych, pozwala bowiem uchwycić zmiany średniodobowe, zależne od dobowych zmian czynników atmosferycznych i środowiskowych. Z kolei wykonywanie pomiarów w cyklu tygodniowym umożliwi identyfikację czynników antropogenicznych wynikających np. z poboru i odwodnień, i będzie reprezentatywne dla monitorowania wpływu oddziaływań podmiotów gospodarczych. Dla złóż o zasobach nieodnawialnych sugerowana częstotliwość pomiarów wynosi raz na rok (Porwisz, Sokołowski, 2022).

Częstotliwość obserwacji w ramach monitoringu jakościowego powinna być ustalona tak, aby umożliwić określenie:

- właściwości fizyczno-chemicznych wód ze wszystkich ujmowanych w obręb złożeń poziomów wodonośnych;
- obecności (lub braku) znaczących i utrzymujących się trendów wzrostu stężenia badanych wskaźników, wskazujących na zmiany równowagi hydrochemicznej w systemie wodonośnym oraz na zanieczyszczenia spowodowane oddziaływaniem antropogenicznym.

Badania właściwości fizyczno-chemicznych wód planuje się wykonywać z częstotliwością:

- dla złóż o zasobach odnawialnych
 - mała analiza fizyczno-chemiczna raz na rok;
 - duża analiza fizyczno-chemiczna raz na trzy lata;
 - analiza izotopowa raz na trzy lata;
 - analiza bakteriologiczna raz na kwartał;
 - badania wskaźnikowe w zależności od potrzeb, nie rzadziej niż raz na kwartał.
- dla złóż o zasobach nieodnawialnych

- mała analiza fizyczno-chemiczna raz na trzy lata;
- duża analiza fizyczno-chemiczna raz na pięć lat;
- analiza izotopowa raz na trzy lata;
- analiza bakteriologiczna raz na trzy lata;
- badania wskaźnikowe w zależności od potrzeb, nie rzadziej niż raz na rok.

8.5. Charakterystyka techniczna punktów badawczych

Jak już wspomniano na potrzeby planowanej sieci nie przewiduje się podziału punktów pomiarowo-badawczych ze względu na ich funkcje (diagnostyczną, operacyjną, badawczą, np.). We wszystkich punktach bowiem będą wykonywane pomiary i badania:

- głębokości położenia zwierciadła wody/wydajności źródeł;
- właściwości fizycznych i składu chemicznego.

Planowana do realizacji ogólnokrajowa sieć monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin będzie tworzona od podstaw, jednak w zdecydowanej większości rolę punktów badawczych będą spełniać ujęcia już istniejące, przeważnie tzw. ujęcia produkcyjne (eksploatowane lub przystosowane do eksploatacji), czynne lub nieużywane, w mniejszym stopniu piezometry. W związku z powyższym punkty badawcze tworzące sieć monitoringu będą charakteryzować się znacznym zróżnicowaniem, zarówno jeśli chodzi o ich rodzaj, rozwiązania konstrukcyjne oraz stan techniczny. W skład sieci wejdą:

- źródła;
- studzienne otwory wiertnicze;
- głębokie otwory wiertnicze;
- ujęcia wód podziemnych składające się z wyrobisk górniczych (szybów, sztolni i/lub chodników);
- piezometry.

Każdy z tych punktów powinien być przystosowany do wykonywania w nim pomiarów położenia głębokości zwierciadła wody (ciśnienia głowicowego), a w przypadku źródeł wydajności, oraz poboru próbek wód podziemnych do badań laboratoryjnych.

Źródła

Na obszarach górskich i podgórskich Karpat i Sudetów wody lecznicze są ujmowane źródłami. Większość z nich to historyczne źródła, wokół których rozwinęły się dzisiejsze uzdrowiska. Przez lata eksploatacji dla źródeł tych zgromadzono bogaty zbiór danych

archiwalnych, zarówno hydrodynamicznych, jak i hydrochemicznych. Umożliwia to prześledzenie w wieloletniej reakcji systemu wodonośnego, np. na zmiany wielkość zasilania infiltracyjnego oraz wywołane zmieniającym się sposobem zagospodarowania powierzchni terenu, a także rosnącym wydobywaniem wód podziemnych za pomocą wykonywanych wraz z upływem lat nowych otworów wiertniczych. Dlatego też koncepcja monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin zakłada włączenie do sieci obserwacyjnej źródeł jako punktów badawczych charakteryzujących system wodonośny w miejscu ich naturalnego drenażu.

Objęcie badaniami wód źródłanych, z racji ich płytkiego krążenia, jest również wskazane z uwagi na możliwość oceny zanieczyszczenia antropogenicznego złóż w strefie drenażu związkami i substancjami migrującymi z powierzchni terenu, w tym ocenę stanu bakteriologicznego tych wód. Źródła znajdujące się w obrębie użytkowanych złóż mają szczelne obudowy i urządzenia umożliwiające wykonanie niezbędnych pomiarów i obserwacji w sposób zapewniający ich powtarzalność (fig. 8.6). Te położone poza granicami obszarów i terenów górniczych będą wymagały jednak prac rekonstrukcyjnych, a w przypadku źródeł nieujętych (np. złoża Komańcza i inne) wykonania szczelnej obudowy i przystosowania jej do prowadzenia cyklicznych pomiarów i obserwacji (fig. 8.7).

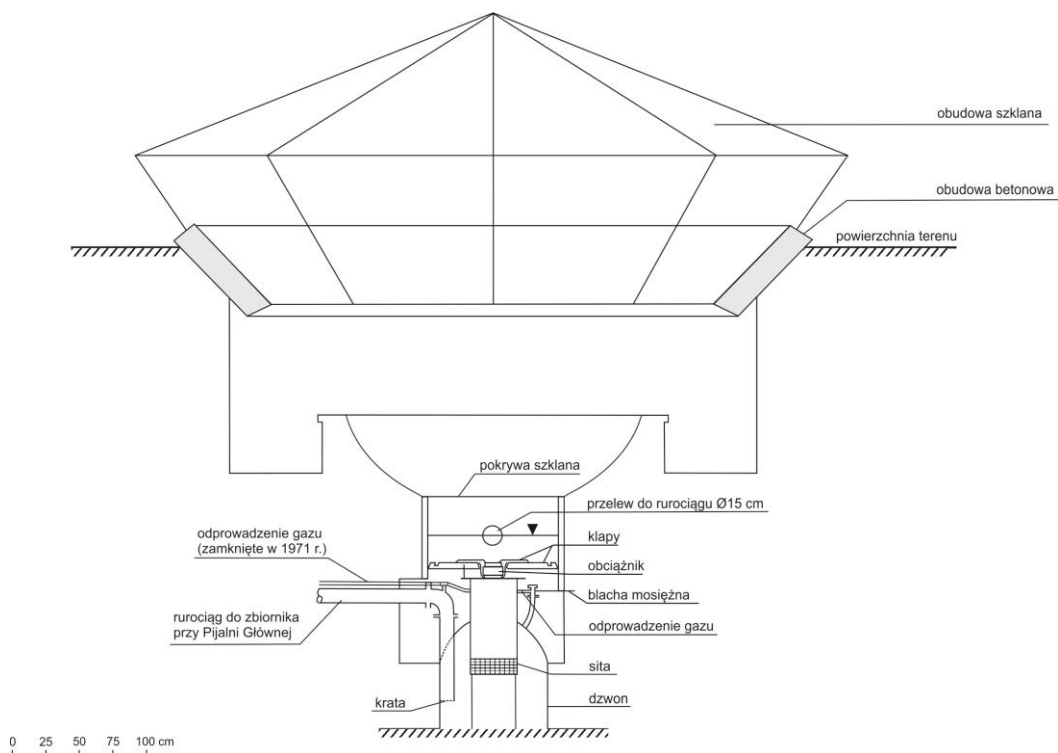


Fig. 8.6. Sposób ujęcia źródła wód leczniczych Zdrój Główny w Krynicy-Zdroju



Obudowa źródła Zdrój Główny w Krynicy-Zdroju



Obudowy źródeł Tytus, Klaudia i Celestyna w Rymanowie-Zdroju



Źródło Główny w Tyliczu



Źródło nr 1 w Lesku



Źródło Za Cerkwią w Szczawniku



Źródło wód siarczkowych w Piestrcu

Fig. 8.7. Przykłady sposobu ujmowania źródeł wód leczniczych i potencjalnie leczniczych (fot. J. Sokołowski)

Studzienne otwory wiertnicze

Zdecydowana większość ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalin, zwłaszcza wód leczniczych, to studzienne otwory wiertnicze. Są to zarówno stare, kilkudziesięcioletnie otwory, jak i ujęcia wykonywane współcześnie, niegdyś metodami obrotową lub udarową, obecnie od kilkunastu lat wyłącznie metodą obrotową. Otwory studzienne charakteryzują się dużą różnorodnością rozwiązań konstrukcyjnych (sposób zarurowania, rodzaj filtra, rodzaj użytych materiałów), zróżnicowaną głębokością od kilkunastu do kilkuset metrów oraz średnicą filtra wynoszącą najczęściej 168–356 mm (fig. 8.8), a także różnym sposobem prowadzenia eksploatacji – za pomocą pompy, na samowypływie lub samoczynnie,

wykorzystując energię rozpuszczonego w wodach dwutlenku węgla. Starsze konstrukcje są wykonane z rur stalowych i mają zabudowane filtry szczelinowe, w nowszych przeważają materiały odporne na agresywne działanie wód – stal nierdzewna lub polichlorek winylu (PVC) oraz filtry ze szczeliną ciągłą (Johnsona).

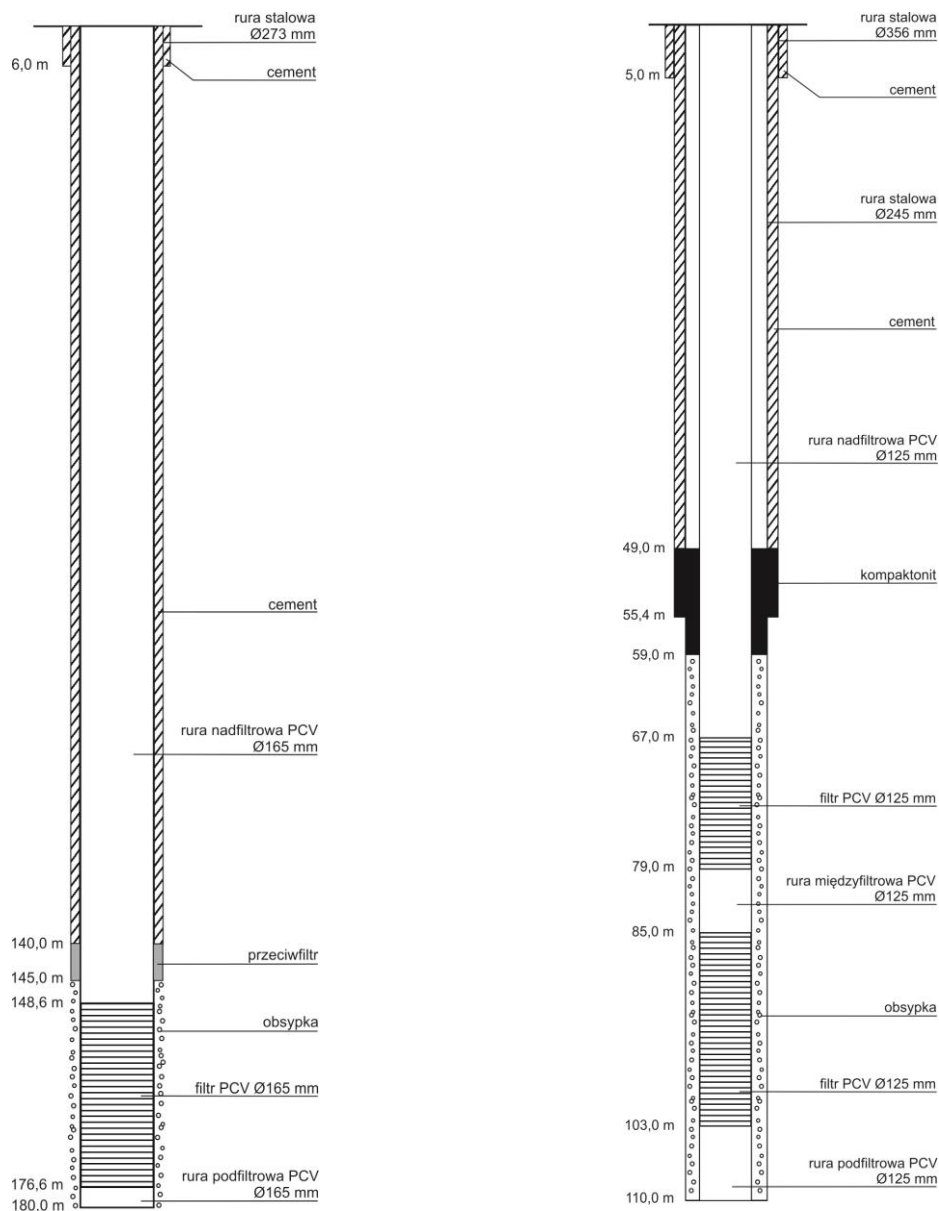


Fig. 8.8. Przykłady konstrukcji otworów studziennych ujmujących wody lecznicze z lewej – otwór Hanna 3 w Starej Łomnicy, z prawej – otwór P-9 w Powroźniku

Zróznicowany jest także stan techniczny otworów studziennych i intensywność ich użytkowania (fig. 8.9). Część z nich jest eksploatowana w ruchu ciągłym, niektóre z okresowymi przerwami, inne zaś są niewykorzystywane, trwale nieczynne lub przeznaczone do likwidacji. Otwory wiertnicze mają zazwyczaj szczelne obudowy i są przystosowane do wykonywania niezbędnych pomiarów i obserwacji monitoringowych (kontroli wydajności

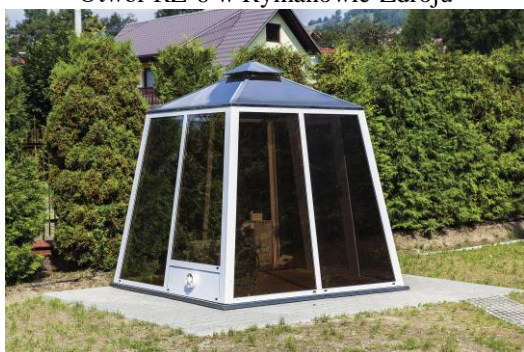
i depresji), lub wymagają jedynie drobnych prac technicznych umożliwiających zapuszczenie urządzeń pomiarowych i pobór próbek wód. Należy jednak mieć na uwadze, iż część otworów nie będzie nadawać się do prowadzenia w nich pomiarów z przyczyn technicznych, na przykład z uwagi na zbyt małą średnicę otworu, wady konstrukcyjne (np. zbyt mała wielkość przestrzeni pierścieniowej dla poprawnego wykonania obsypki) lub zainstalowane w otworze urządzenia pomiarowe i sprzęt do transmisji danych, uniemożliwiające instalację pomp i pobór próbek wody. Po przeprowadzeniu odpowiednich zabiegów technicznych (prac konserwacyjno-remontowych), mających uzasadnienie merytoryczne i ekonomiczne, punkty te będą mogły być włączone do obserwacji.



Otwór RZ-6 w Rymanowie-Zdroju



Otwór T-I w Tyliczu



Otwór P-5 w Piwnicznej-Zdroju



Otwór Żegiestów II w Żegiestowie-Zdroju



Otwór 11R w Krosnowicach



Otwór GT-1 w Dusznikach-Zdroju

Fig. 8.9. Przykłady napowierzchniowego uzbrojenia studziennych otworów wiertniczych ujmujących wody lecznicze i potencjalnie lecznicze

(fot. ZBNWM „Piwniczanka” – otwór P-5, pozostałe fot. J. Sokołowski)

Głębokie otwory wiertnicze

Część ujęć wód leczniczych oraz ujęcia wód termalnych to otwory wiertnicze o głębokości od kilkuset do ponad 3000 m. Wśród nich spotyka się zarówno otwory badawcze wykonywane przeważnie w latach 60. i 70. XX w. przez PIG-PIB, jak i otwory hydrogeologiczne. Otwory badawcze, po wykonaniu w nich prób złożowych w zakładanych interwałach głębokościowych, zostały najczęściej zlikwidowane do głębokości występowania poziomu wodonośnego charakteryzującego się najkorzystniejszymi parametrami do eksploatacji wód podziemnych w celach leczniczych. Nie są one przystosowane konstrukcyjnie do poboru wód podziemnych, zwłaszcza termalnych, przede wszystkim z uwagi na nieodpowiednie średnice kolumn eksploatacyjnych oraz sposób udostępnienia złoża. W otworach badawczych przekazanych do eksploatacji wód podziemnych poziomy wodonośne są najczęściej udostępnione poprzez perforację rur okładzinowych, przeważnie 245 mm, co w istotny sposób ogranicza wielkość dopływu do otworu (fig. 8.10). Otwory te często znajdują się w nieodpowiednim stanie technicznym, na przykład obserwuje się dopływ wód z nadległych poziomów wodonośnych wskutek nieuszczelnego zarurowania (korozja rur stalowych, uszkodzenia mechaniczne, itp.).

Niektóre otwory, na przykład Ustka IGH-1, Krynica Morska IG-1, wymagały prac rekonstrukcyjnych, umożliwiających ich dalsze funkcjonowanie jako ujęcia wód leczniczych. Nowe otwory, na przykład otwory geotermalne, to typowe otwory hydrogeologiczne przystosowane do poboru wód. Wykonane są one z rur odpornych na korozję (ze stali nierdzewnej lub tworzyw sztucznych – fiberglass, żywice) i mają zabudowane filtry Johnsona. Część głębokich otworów wiertniczych jest eksploatowana w ruchu ciągłym na potrzeby ciepłowni geotermalnych i ośrodków rekreacyjnych, niektóre – ujęcia wód leczniczych – z okresowymi przerwami. Duża grupa otworów od momentu ich wykonania nie była nigdy wykorzystywana (fig. 8.11). Część z nich została zatłoczona płuczką wiertniczą w celu ochrony przed korozyjnym niszczeniem rur i zamknięta głowicą eksploatacyjną zabezpieczającą otwór przed wpływem czynników zewnętrznych. W takim przypadku brak jest wiarygodnych danych do oceny ich stanu technicznego i przydatności do prowadzenia w nich obserwacji stacjonarnych. Przed włączeniem do sieci monitoringowej otwory te wymagałyby badań inspekcyjnych, a niekiedy zapewne prac rekonstrukcyjnych wykonanych przez instytucję prowadzącą monitoring. Otwory eksploatowane są technicznie przystosowane do prowadzenia w nich obserwacji i pomiarów monitoringowych.

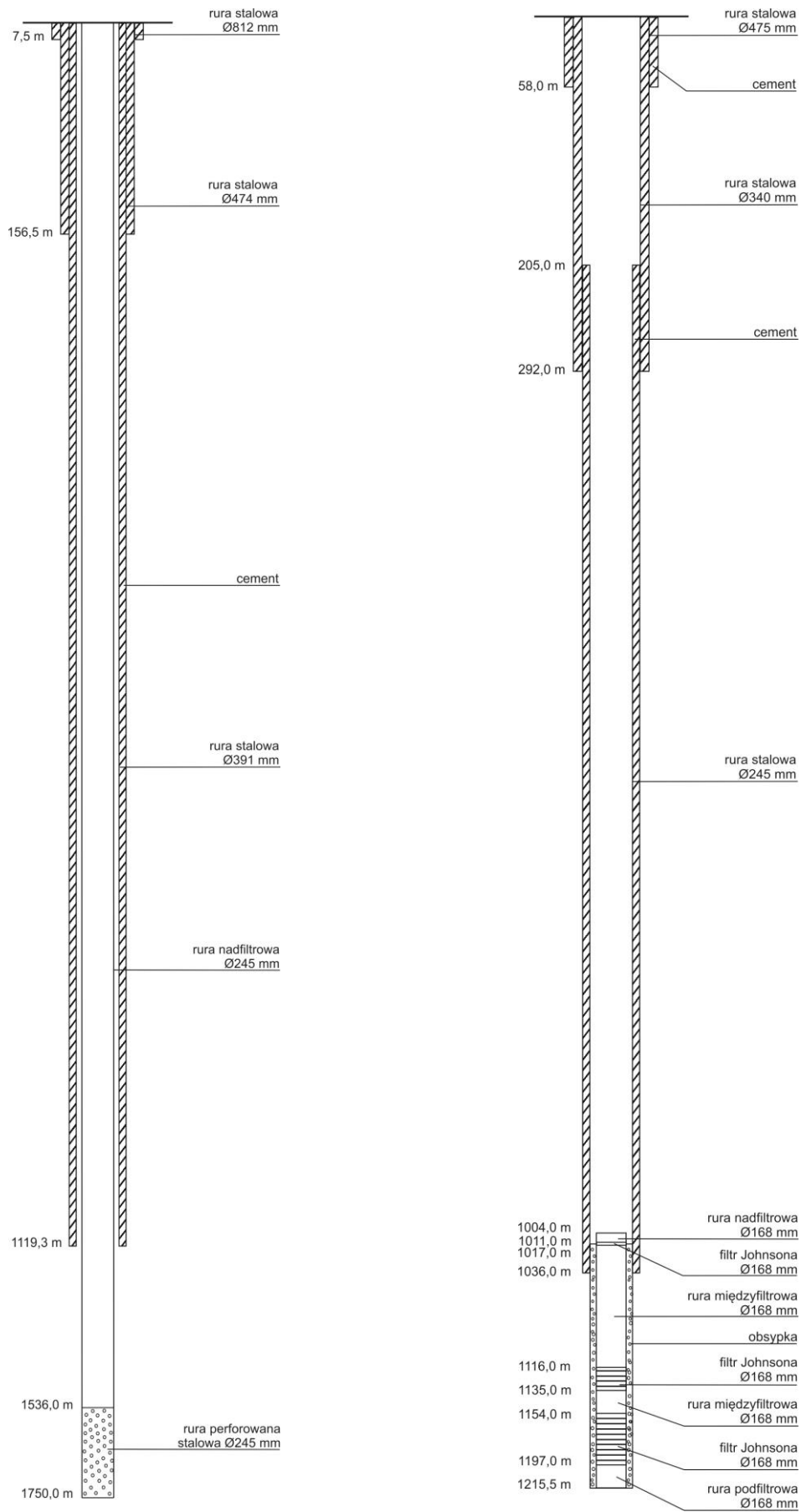


Fig. 8.10. Przykłady konstrukcji głębokich otworów wiertniczych ujmujących wody lecznicze i termalne z lewej – otwór Warszawa IG-1 w Konstancinie-Jeziornej, z prawej – otwór Trzęszacz GT-1 w Trzęszaczu



Otwór Grudziądz IG-1 w Maruszy



Otwór Edward III w Kamieniu Pomorskim



Otwór Frombork IGH-1 we Fromborku



Otwór Bańska PGP-1 w Bańskiej Niżnej



Otwór Mszczonów IG-1 w Mszczonowie



Otwór Rudawka Rymanowska IG-1 w Rudawce Rym.

Fig. 8.11. Przykłady napowierzchniowego uzbrojenia głębokich otworów wiertniczych ujmujących wody lecznicze, potencjalnie lecznicze i termalne
(fot. K. Kalitka – otwory Grudziądz IG-1 i Edward III, pozostałe fot. J. Sokołowski)

Ujęcia składające się z wyrobisk górniczych

W niektórych złożach wody lecznicze są udostępnione do eksploatacji przy pomocy ujęć w skład których wchodzi wyrobiska górnicze: szyby, sztolni i/lub chodniki. W Szczawnicy jest to otwór wiertniczy zlokalizowany w sztolni (ujęcie Jan) oraz szyb o średnicy 3,3 m z którego poprowadzono chodniki o długości 11,5 i 17,0 m podzielone tamami na komory (ujęcie Pitoniakówka) (fig. 8.12). W Długopolu-Zdroju wypływy wód leczniczych znajdują się w sztolniach (źródła Renata, Kazimierz i Emilia), podobnie jak źródło Napoleon w Swoszowicach, które jest wypływem ze sztolni odwodnieniowej starej kopalni siarki. W Wieliczce znajduje się wypływ wód leczniczych w jednym z podziemnych wyrobisk dawnej kopalni soli. Pod względem technicznym są to nietypowe, unikatowe konstrukcje, których przydatność do celów monitoringowych wymaga każdorazowej analizy. Za ich włączeniem do planowanej sieci przemawia fakt, że w większości z nich wypływ wód odbywa się samoczynnie.

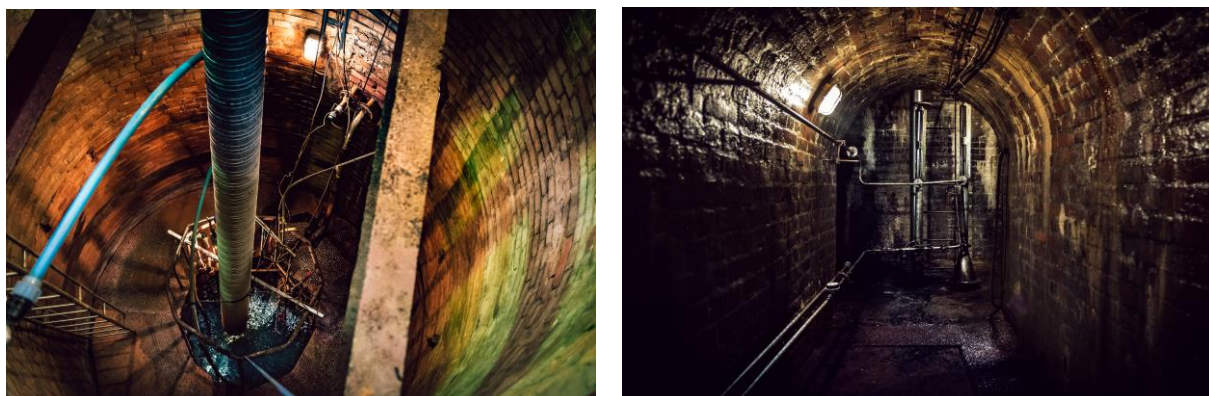


Fig. 8.12. Fragmenty ujęć wód leczniczych w Szczawnicy składających się z wyrobisk górniczych z lewej – szyb ujęcia Pitoniakówka, z prawej – sztolnia z uzbrojeniem ujęcia Jan (fot. R. Majewski)

Piezometry

W obrębie niektórych złóż wód leczniczych, oprócz ujęć eksploatacyjnych, znajdują się piezometry. Są to zazwyczaj typowe otwory obserwacyjne, o niewielkiej średnicy (<200 mm) i różnorodnej konstrukcji, wykonane w celu prowadzenia monitoringu osłonowego wokół źródeł lub innych ujęć zagrożonych współoddziaływaniem ze strony pobliskich studni. Ponieważ są to otwory służące tylko i wyłącznie prowadzeniu obserwacji i pomiarów hydrogeologicznych ważne jest, aby uzupełniły one sieć punktów badawczych opartą na ujęciach eksploatacyjnych. Przykładowy schemat konstrukcyjny piezometru przedstawiono na fig. 8.13. Dodatkowo koncepcja zakłada, iż rolę punktów badawczych powinny pełnić

także inne, wybrane obiekty hydrogeologiczne zlokalizowane poza granicami udokumentowanych złóż, w których występują wody podziemne o podwyższonej mineralizacji ogólnej ($>1 \text{ g/dm}^3$) i/lub wody swoiste. Przykładowo, do takich punktów mogłyby zaliczać się karpackie źródła wód siarczkowych lub źródła i stare szyby górnicze w rejonie Buska-Zdroju, a także piezometry wykonywane w ramach dokumentowania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zaliczonych do kopalin.

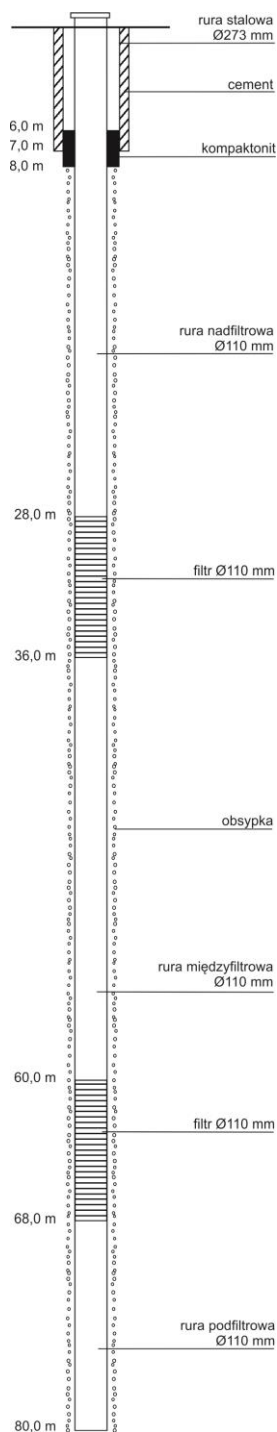


Fig. 8.13. Przykładowa konstrukcja piezometru

W początkowym okresie sieć monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin będzie się opierać niemal wyłącznie na istniejących ujęciach, które – jak wykazano powyżej – charakteryzują się znaczną różnorodnością rozwiązań konstrukcyjnych oraz zróżnicowanym stanem technicznym. Charakterystykę techniczną wszystkich ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalin przedstawiono w kartach złóż, stanowiących zał. 2 do niniejszego raportu. Ogólne warunki, jakie powinny spełniać punkty monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek przedstawiono poniżej. Punkty te powinny:

- umożliwiać selektywne ujmowanie wody z badanego poziomu wodonośnego (za wyjątkiem istniejących obiektów, w których ujęto połączone poziomy wodonośne, a których włączenie do planowanej sieci jest uzasadnione);
- być sprawne technicznie i umożliwiać prawidłowe pobieranie próbek wody lub wykonywanie pomiarów głębokości zwierciadła wody (ciśnienia głowicowego);
- być wykonane z materiałów niezmieniających składu chemicznego wody (za wyjątkiem istniejących obiektów, których włączenie do planowanej sieci jest uzasadnione);
- mieć charakterystykę hydrodynamiczną systemu wodonośnego i być przypisane do danej strefy hydrodynamicznej (zasilania, przepływu, drenażu), a także mieć charakterystykę sposobu użytkowania terenu;
- być zabezpieczone przed ingerencją osób niepowołanych (za wyjątkiem ogólnodostępnych punktów czerpalnych, jednak pod warunkiem, że sposób ujęcia zapewnia powtarzalność wykonywanych pomiarów i badań);
- mieć dokumentację hydrogeologiczną oraz dokumentację konstrukcji i wyposażenia (uaktualnianą na bieżąco);
- być zlokalizowane na terenie o uregulowanym stanie prawnym;
- podlegać badaniom sprawnościowym, określającym ich przydatność dla celów monitoringu oraz kontroli rzędnej znaku pomiarowego z częstotliwością co najmniej raz na 5 lat.

W dłuższej perspektywie czasowej w skład sieci obserwacyjnej będą wchodzić nowe otwory wiertnicze, dlatego też istotne jest aby przy ich projektowaniu i wykonywaniu uwzględnić szereg aspektów dotyczących konstrukcji, zarówno części podziemnej, jak i zagłowiczenia otworów. Umożliwi to w przyszłości prawidłowe wykonywanie badań w otworze oraz pobranie reprezentatywnych próbek wód. Do najistotniejszych elementów,

które powinny być uwzględniane przy projektowaniu i wykonywaniu ujęć otworowych należą:

- właściwy dobór płuczki wiertniczej (należy unikać płuczek sprzyjających powstawaniu na ścianach otworów osadu filtracyjnego o znacznej grubości, który zmniejsza średnicę otworu, może powodować osypywanie się ścian otworu i utrudniać cementowanie kolumn rur okładzinowych, a także odpowiada za kolmatację strefy przyotworowej);
- właściwe zamykanie poziomów wodonośnych (należy izolować poszczególne przewiercane poziomy wodonośne przez cementowanie lub łożenie, a także izolować złoża wód – warstwy wodonośne od innych złóż, np. węglowodorów);
- odpowiednia konstrukcja otworów, m.in. umożliwiająca dopływ wody do wnętrza filtra z możliwie niedużym oporem hydraulicznym, instalację urządzenia pompowego o wymaganych parametrach technicznych zgodnie z wytycznymi dotyczącymi głębokości jego zapuszczenia (różnego w przypadku poszczególnych rodzajów wód i zakładanego sposobu eksploatacji), prawidłowe ułożenie obsypki filtracyjnej (odpowiedni prześwit pomiędzy kolumnami rurami okładzinowymi a filtrowych umożliwiający równomierne ułożenie obsypki wokół filtra – co wpływa na żywotność otworu);
- odpowiednia, zwłaszcza dla głębszych otworów, metoda wprowadzania obsypki (metoda hydrauliczna), ograniczająca jej segregację granulometryczną – co zapewnia uzyskanie równomiernych parametrów hydraulicznych;
- prawidłowe zafiltrowanie otworu, niezbędne dla prawidłowej i długotrwałej eksploatacji otworu (filtr powinien mieć odpowiednią wytrzymałość mechaniczną, umożliwiać udrożnienie strefy przyfiltrkowej, powodować małe straty hydrauliczne, minimalizować zapiaszczenie, utrudniać tworzenie się osadu wewnętrznego i zewnętrznego, być odporny na korozję, umożliwiać zabiegi renowacyjne i prace rekonstrukcyjne, umożliwiać instalację urządzenia pompowego o wymaganej charakterystyce technicznej);
- odpowiednia trwałość użytych materiałów, zwłaszcza w przypadku głębokich otworów wiertniczych (uwzględniająca obciążenia działające na poszczególne kolumny rur – ciśnienie zgniatające i siły rozciągające);
- wyposażenia otworu w obudowę, zabezpieczającą otwór przed zanieczyszczeniem i/lub uszkodzeniem oraz umożliwiającą instalację uzbrojenia górnej części otworu);

- instalacja uzbrojenia: zaworów do poboru tzw. surowej próbki wody, manometru, wodomierza, śluzu pomiarowej do wykonywania pomiarów dynamicznego i statycznego zwierciadła wody – automatycznego lub ręcznego – w przypadku gdy w otworze zainstalowana jest pompa (fig. 8.14), separatora w przypadku konieczności określania wykładnika gazowego i pobierania próbek gazu bez kontaktu z powietrzem itp.

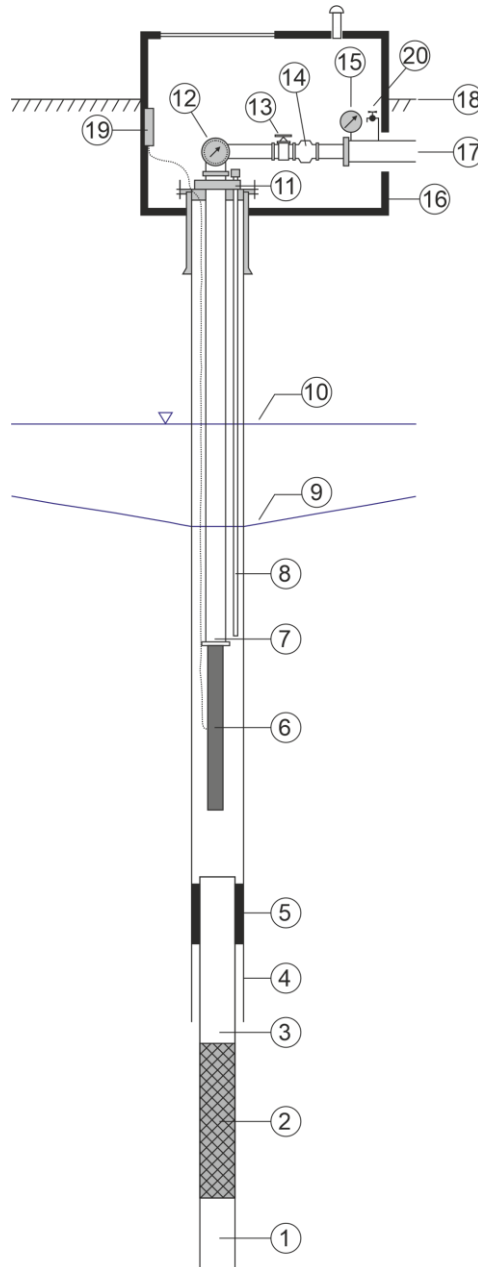


Fig. 8.14. Zalecany schemat uzbrojenia otworu wiertniczego

- 1 – rura podfiltrowa, 2 – filtr, 3 – rura nadfiltrowa, 4 – kolumna rur okładzinowych, 5 – uszczelnienie, 6 – pompa z silnikiem, 7 – przewód tłoczny, 8 – rurka obserwacyjna, 9 – dynamiczne zwierciadło wody, 10 – statyczne zwierciadło wody, 11 – głowica otworu, 12 – przepływomierz, 13 – zasuwka, 14 – zawór zwrotny, 15 – manometr, 16 – obudowa otworu z włazem i wywietrzniem, 17 – rurociąg rozprowadzający, 18 – powierzchnia terenu, 19 – doprowadzenie energii elektrycznej, 20 – kran czerpalny

Poza wytycznymi konstrukcyjnymi otwory wiertnicze wchodzące w skład sieci monitoringowej, zwłaszcza otworu już istniejącego, należy poddać badaniom obejmującym ocenę stanu technicznego i sprawność hydrauliczną. Są to aspekty techniczno-eksploatacyjne, jednak w praktyce mogą mieć istotny wpływ na wyniki jakościowe i ilościowe badań monitoringowych.

Podstawowym badaniem oceniającym stan techniczny i warunki dopływu wody do otworu powinno być próbne pompowanie sprawnościowe. Program próbnego pompowania powinien być opracowany każdorazowo dla poszczególnego otworu z uwzględnieniem m.in. takich elementów jak:

- spodziewana wydajność maksymalna i depresja;
- orientacyjny czas pompowania i czas odbudowy ciśnienia po zakończeniu badania;
- rodzaj pompy i głębokość jej zapuszczenia;
- sposób odprowadzania wody;
- sprzęt pomiarowy;
- częstotliwość pomiarów;
- określenie pomiarów dodatkowych.

Wyniki próbnego pompowania, przedstawione na wykresie położenia zwierciadła wody w zależności od wydajności i czasu trwania pompowania oraz na wykresach funkcyjnych zależności $Q=f(s)$ i $Q=f(q)$, a także $s=f(\lg t)$, powinny stanowić integralną część bazy danych monitoringowych i powinny być uwzględniane przy interpretacji wyników badań monitoringowych. Zasady metodyczne prowadzenia próbnego pompowań przedstawiono szczegółowo w literaturze (Kapuściński i in., 1997; Dąbrowski, Przybyłek, 2005; Gonet i in., 2011; Sadurski red., 2022).

Ocenę sprawności studni, będącej miarą jakości jej wykonania oraz skuteczności zabiegów usprawniających, należy ocenić wzorami (Gonet i in., 2011):

wg teorii Jacoba

$$s = BQ + CQ^2 = s_w + \Delta s$$

gdzie:

s – depresja otworowa [m]

Q – wydajność [m^3/h]

B – współczynnik oporów przepływu laminarnego w warstwie wodonośnej [h/m^2]

C – współczynnik oporów przepływu turbulentnego wokół otworu, w filtrze

i w kolumnie filtrowej (współczynnik oporu studni) $[h^2/m^5]$

BQ – depresja rzeczywista, powstająca w wyniku laminarnego przepływu wody w warstwie wodonośnej

CQ^2 – zeskok hydrauliczny

wg teorii Rorabaugha

$$s = BQ + C_r Q^n = s_w + \Delta s$$

gdzie:

s – depresja otworowa [m]

Q – wydajność $[m^3/h]$

B – współczynnik oporów przepływu laminarnego w warstwie wodonośnej $[h/m^2]$

C_r – współczynnik oporów przepływu turbulentnego wokół otworu, w filtrze i w kolumnie filtrowej (współczynnik oporu studni) wg teorii Rorabaugha $[h^n/m^{3n-1}]$

n – wykładnik potęgowy (różny od 2)

W sposób graficzny ocenę sprawności otworu (studni) przeprowadza się na wykresach przedstawiających zależność depresji jednostkowej od wydajności, umożliwiającą wyznaczenie współczynników B i C (fig. 8.15 i 8.16).

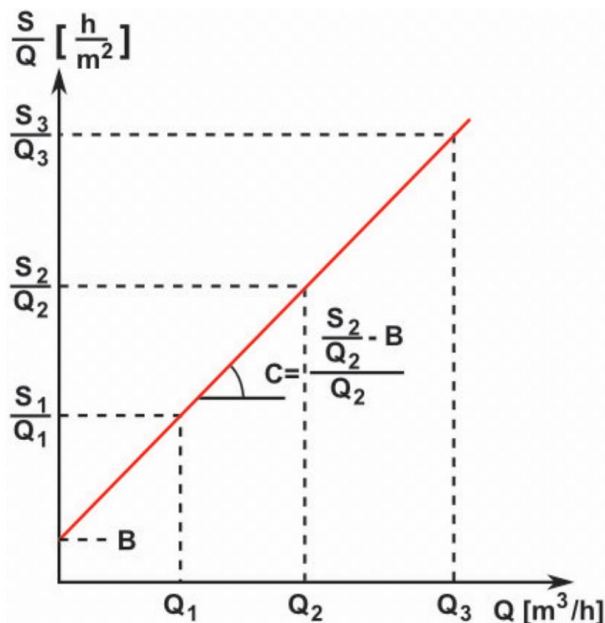


Fig. 8.15. Graficzna metoda oceny sprawności hydraulicznej otworu (studni) – według schematu Bruina i Hudsona (Gonet i in., 2011)

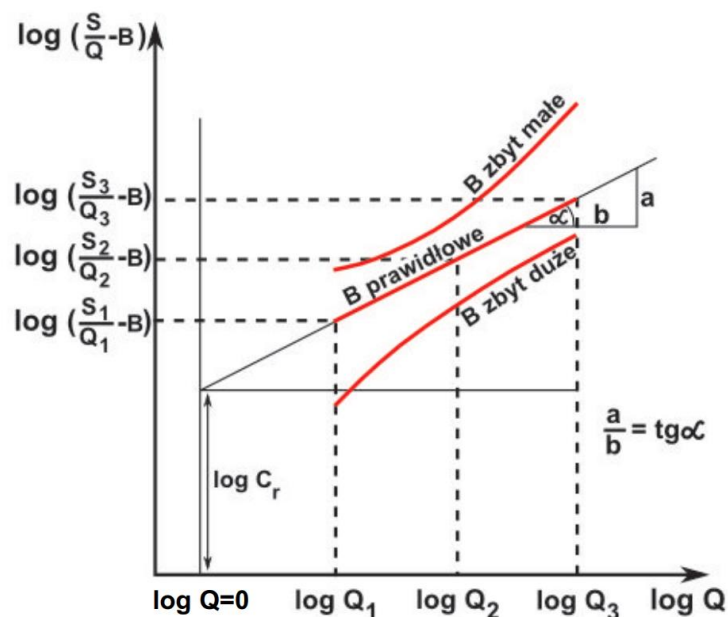


Fig. 8.16. Graficzna metoda oceny sprawności hydraulicznej otworu (studni) – według schematu Rorabaugh (Gonet i in., 2011)

Ostateczną ocenę stanu technicznego otworu studziennego należy dokonać porównując uzyskaną wartość współczynnika C z kryteriami podanymi przez Waltona (tab. 8.6). Ocenę tą, wraz z próbnym pompowaniem, należy przeprowadzić dla każdego otworu monitoringowego w momencie włączenia go do sieci badawczej. Ocena ta powinna być weryfikowana w cyklach kilkuletnich, określonych szczegółowo w programie monitoringu.

Tab. 8.6. Ocena sprawności otworu studziennego (na podst. Gonet i in., 2011, za Walton, 1962)

Stan otworu (studni)	C [h ² /m ⁵]
Studnia prawidłowo zaprojektowana i wykonana	<0,00015
Studnia umiarkowanie zanieczyszczona lub zakolmatowana	0,00015–0,00030
Studnia z zaawansowanym zanieczyszczeniem lub kolmatacją	0,00030–0,0012
Studnia znacząco zanieczyszczona lub zakolmatowana	>0,0012

W przypadku źródeł o naturalnym wypływie będzie niezbędne wykonanie jego obudowy umożliwiającej pomiar wydajności i pobór próbki wody w każdych warunkach pogodowych (np. niska temperatura, pokrywa śnieżna). Obudowa źródła powinna być wykonana w taki sposób, aby zapewniać:

- dokładne odizolowanie strefy wypływu wód podziemnych od wód spływających po powierzchni terenu;
- selektywne ujęcie miejsc skoncentrowanego wypływu wód podziemnych;

- utrzymanie poziomu naturalnego wypływu wody (nie spiętrzanie jej);
- zabezpieczać źródło przed przedostawaniem się zanieczyszczeń przenoszonych w powietrzu;
- zabezpieczać wnętrze obudowy (lub źródło) przed dostępem osób niepowołanych;
- izolację termiczną wewnątrz obudowy;
- możliwość wykonywania pomiaru wydajności źródła i poboru próbki wody.

Spełnienie powyższych wymagań jest możliwe poprzez wykonanie szczelnej obudowy i uszczelnienia terenu wokół niej, a także wyposażenia jej w drenaż opaskowy. Brak możliwości wykonania obudowy w przedstawiony powyżej sposób, m.in. w przypadku rozległej strefy źródłiskowej lub wysięku, powinien dyskwalifikować dany punkt jako niereprezentatywny. W takiej sytuacji brak jest bowiem możliwości wykonywania pomiarów w okresie opadów atmosferycznych lub roztopów, gdy do strefy źródłiskowej dopływają wody spływające po powierzchni terenu lub dopływające w przypowierzchniowej warstwie zwietrzeliny. Wykonawca monitoringu powinien zmodernizować istniejące obudowy źródlane, jeśli nie spełniają powyższych wymogów. Określenie źródła finansowania tych prac będzie możliwe po każdorazowej analizie stosunków własnościowych danego źródła.

Wszystkie nowo wykonane punkty badawcze włączane do sieci powinny spełniać przedstawione powyżej kryteria. Istniejące obiekty, dostosowane do monitoringu po ich adaptacji, mogą być wyjątkowo zwolnione z tych ograniczeń, jeżeli wymaga tego konieczność zapewnienia odpowiedniej reprezentatywności przestrzennej sieci obserwacyjnej. Punkty badawcze wchodzące w skład przyszłej sieci powinny umożliwiać wiarygodną ocenę jakościową i ilościową zasobów wód podziemnych zaliczonych do kopalin.

Większa gęstość i liczba punktów monitoringowych będzie możliwa do uzyskania poprzez wskazanie do obserwacji dodatkowych punktów, nie będących ujęciami wód leczniczych, termalnych i solanek. Punktami tymi będą mogły być – po przeanalizowaniu kwestii właścicielskich i uzyskaniu dostępu do tych punktów – otwory hydrogeologiczne i źródła, w których stwierdzono występowanie wód o właściwościach leczniczych (potencjalnie leczniczych), lecz nie spełniające pozostałych warunków określonych dla punktów badawczych.

Punkty wchodzące w skład sieci monitoringowej powinny podlegać stałemu nadzorowi przez Wykonawcę monitoringu, polegającemu m.in. na:

- kontroli utrzymania ujęcia w pełnej sprawności technicznej (urządzenia techniczne służące do poboru wody muszą być sprawne, okresowo konserwowane i poddawane przeglądom);

- zapewnieniu ochrony bezpośredniego otoczenia ujęcia poprzez wygradzenie terenu ujęcia ograniczającego dostęp osób niepowołanych i utrzymaniu go w należyтым porządku;
- kontroli książki eksploatacji ujęcia, przede wszystkim w zakresie ilości wydobytej wody, głębokości położenia zwierciadła wody oraz wydajności chwilowej, a także wszelkich uwag związanych z bieżącą eksploatacją ujęcia (np. wymiana pompy, czyszczenie ujęcia itp.);
- wykonaniu krzywej spadku i odbudowy ciśnienia w celu oceny sprawności ujęcia w trakcie jego eksploatacji na przestrzeni lat (zaleca się raz na rok).

8.6. Zakres monitoringu

8.6.1. Monitoring ilościowy

Zakres, rodzaj i częstotliwość pomiarów planowanego monitoringu ilościowego powinny być dostosowane do programów obserwacji stacjonarnych, zatwierdzonych przez kierowników ruchu zakładów górniczych, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 25 kwietnia 2014 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu zakładów górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi (Dz.U. 2014 poz. 812). Umożliwi to wykonywanie pomiarów w otworach eksploatacyjnych podczas planowych przerw w wydobywaniu. Jest to niezwykle istotne w kontekście pomiaru statycznego zwierciadła wody. Obserwacje w ramach monitoringu ilościowego powinny być wykonywane regularnie, w tym samym czasie (tego samego dnia w tygodniu) dla danego punktu badawczego. Ze względów ruchowych nie będzie możliwe wykonywanie jednoczesnych pomiarów monitoringowych we wszystkich zakładach górniczych. Proponowany zakres i częstotliwość pomiarów monitoringu ilościowego przedstawiono w tab. 8.7.

Zaproponowany zakres i częstotliwość pomiarów jest próbą pewnej standaryzacji procedur monitoringowych, jednak mając na względzie różnorodność rodzajów wód podziemnych zaliczonych do kopaliny oraz zróżnicowanie struktur i systemów wodonośnych, w których te wody występują należy każdorazowo dostosowywać podany w tab. 8.7 zakres badań, przede wszystkim częstotliwość obserwacji, do specyfiki złoża i aktualnej sytuacji hydrodynamicznej w jego obrębie.

Tab. 8.7. Proponowany zakres i częstotliwość pomiarów monitoringu ilościowego

Czynność	Częstotliwość	
	złoża o zasobach odnawialnych	złoża o zasobach nieodnawialnych lub praktycznie nieodnawialnych
dla ujęć eksploatowanych		
Określenie wydajności chwilowej ujęcia (w okresie jego eksploatacji)	raz na tydzień	raz na tydzień
Określenie depresji (położenia dynamicznego zwierciadła wody), przeprowadzane równocześnie z pomiarem wydajności (dla samowypływów pomiar ciśnienia na głowicy)	codziennie (metodą elektroniczną) lub raz na tydzień (metodą manualną)	raz na tydzień
Określenie głębokości statycznego zwierciadła wody	codziennie (w miarę możliwości, metodą elektroniczną) lub raz na tydzień	raz na rok
Określenie ilości wydobytej wody (dla złóż o zasobach nieodnawialnych narastająco od początku eksploatacji ujęcia)	raz na tydzień	raz na miesiąc
Ustalenie czasu pracy ujęcia	raz na tydzień	raz na tydzień
dla piezometrów		
Określenie głębokości statycznego zwierciadła wody	codziennie (metodą elektroniczną) lub raz na tydzień (metodą manualną)	raz na rok

Założenia metodyczne prowadzenia pomiarów

Głębokość występowania zwierciadła wody w otworach będzie mierzona w sposób ręczny za pomocą przyrządów powszechnie stosowanych w badaniach hydrogeologicznych oraz, w miarę rozwoju sieci, w sposób elektroniczny za pomocą automatycznych mierników poziomu wody. Mimo iż mierniki elektroniczne pozwalają na zapis ciągły pomiary zaleca się prowadzić z częstotliwością określoną w tab. 8.7. Dotychczasowe doświadczenia wskazują, iż przy dużej ilości punktów monitoringowych występują problemy z przesyłaniem na serwer bazy danych dużego zbioru informacji uzyskanych w przypadku ciągłej rejestracji poziomu wody. Dodatkowo w większości przypadków istotnym ograniczeniem prawidłowości działania elektronicznych przyrządów pomiarowych będzie wysoka mineralizacja ogólna wody (Gonet i in., 2011). W warunkach samowypływu pomiar będzie polegał na rejestracji ciśnienia i będzie odczytywany z manometru zamontowanego na głowicy otworu.

Do pomiarów wydajności należy stosować przepływomierz powierzchniowy, który umożliwi uzyskanie dokładnych wyników. Ograniczenia zaproponowanej metody, na przykład takie jak wrażliwość na nierównomierną pracę pompy (Gonet i in., 2011), w odniesieniu do pomiaru wydajności chwilowej nie będą miały istotnego znaczenia. W przypadku źródeł rejestracji będzie podlegać wydajność wypływu odniesiona do rzędnej przelewu. Szczegółowy sposób wykonywania pomiarów dla poszczególnych punktów

zostanie przedstawiony na etapie wdrożeniowym w programie monitoringu i dokumentacji geologiczno-technicznej każdego z punktów wchodzących w skład sieci, która będzie zawierać szczegóły konstrukcyjne punktów badawczych.

8.6.2. Monitoring jakościowy

Zakłada się, że typowy (standardowy) zakres oznaczeń laboratoryjnych wykonywanych w ramach monitoringu jakościowego będzie odpowiadał zakresowi tzw. małej analizy wody i będzie obejmować:

- analizę ogólną:
 - wygląd zewnętrzny;
 - barwę;
 - mętność;
 - zapach;
 - smak;
 - odczyn;
 - potencjał redoks;
 - PEW;
 - temperaturę;
 - twardość ogólną;
 - twardość węglanową;
 - twardość niewęglanową;
 - utlenialność;
 - zasadowość ogólną;
 - ogólny węgiel organiczny;
- oznaczenie składników mineralnych zdysocjowanych:
 - kationy:
 - sód;
 - potas;
 - lit;
 - jon amonowy;
 - beryl;
 - wapń;

- magnez;
- bar;
- stront;
- żelazo ogólne;
- żelazo (II);
- mangan;
- srebro;
- cynk;
- miedź;
- nikiel;
- kobalt;
- ołów;
- rtęć;
- kadm;
- selen;
- antymon;
- glin;
- chrom;
- molibden;
- wanad;
- cyrkon;
- tytan;
- arsen;
- tal;
- wolfram;
- aniony:
 - fluorki;
 - chlorki;
 - bromki;
 - jodki;
 - siarczany;
 - wodorowęglany;
 - węglany;
 - azotyny;

- azotany;
- fosforany;
- cyjanki;
- oznaczenie składników mineralnych niezdysonowanych:
 - kwas metakrzemowy;
 - kwas metaborowy;
- określenie sumy składników stałych;
- oznaczenie składników gazowych (w uzasadnionych przypadkach):
 - dwutlenek węgla;
 - siarkowodoru;
 - radonu;
 - metanu.

Zaproponowany zakres oznaczeń, obejmujący główne jony, związki azotu, mikroelementy, składniki swoiste i metale ciężkie umożliwi ocenę badanych wód nie tylko pod kątem ich ewentualnego zanieczyszczenia, ale także właściwości leczniczych. Ponadto zakres ten jest zbieżny z dotychczas wykonywanymi analizami w ramach badań stacjonarnych i na potrzeby ustalania zasobów eksploatacyjnych ujęć, co umożliwi nawiązanie otrzymanych wyników do ciągu danych archiwalnych.

W przypadku stwierdzenia zagrożeń antropogenicznych zakłada się, że zakres laboratoryjnej analizy wody zostanie rozszerzony o badania substancji organicznych (tak jak ma to miejsce w przypadku tzw. dużej analizy wody). Będzie on obejmował wówczas dodatkowo oznaczenia:

- substancji powierzchniowo czynnych (detergentów anionowych);
- fenoli (indeksu fenolowego);
- chlorofenoli;
- wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA):
 - benzo(a)pirenu;
 - benzo(b)fluorantenu;
 - benzo(k)fluorantenu;
 - benzo(g,h,i)perylenu;
 - indeno(1,2,3-cd)pirenu;
 - dibenzo(a,h)antracenu;
 - fluorantenu;

- pestycydów:
 - 4,4'-DDT;
 - 4,4'-DDE;
 - 4,4'-DDD;
 - aldryny;
 - dieldryny;
 - endryny;
 - heptachloru;
 - lindanu gamma HCH;
 - metoksychloru.

Należy zwrócić uwagę na konieczność wykonywania niektórych badań bezpośrednio w terenie. Do terenowych pomiarów właściwości fizyczno-chemicznych wody zalicza się:

- barwa;
- zapach;
- smak;
- odczyn;
- PEW;
- temperaturę;
- potencjał redoks;
- zawartość dwutlenku węgla;
- stężenie siarkowodoru.

Ponadto w cyklu 10-letnim należy wykonywać laboratoryjne oznaczenia składu izotopowego w zakresie izotopów trwałych tlenu $\delta^{18}\text{O}$, izotopów trwałych wodoru $\delta^2\text{H}$, trytu oraz laboratoryjne oznaczenia właściwości fizyczno-chemicznych rozpuszczonych gazów.

Analizy laboratoryjne właściwości fizyczno-chemicznych powinny zawierać bilans jonowy oraz obliczoną wartość błędu, a także charakterystykę wody. Proponowany zestaw metod badawczych przedstawiono w tab. 8.8.

Tab. 8.8. Zestawienie laboratoryjnych metod badawczych monitoringu jakościowego

Jakość	Parametr	Jednostka	Identyfikacja metody	Metoda
A	Odczyn	pH	PN-EN ISO 10523:2012	potencjometryczna
A/B	Barwa	mg Pt/dm ³	PN-EN ISO 7887:2012	spektrofotometryczna
A/B	Zapach	TON	PN-EN 1622:2006	organoleptyczna
A/B	Mętność	NTU	PN-EN ISO 7027:2003	turbidymetryczna
B	Smak	-	-	organoleptyczna
A	Zasadowość ogólna	mval/dm ³	PN-EN ISO 9963-1:2001+Ap1:2004	miareczkowa
A	Utlenialność	mg/dm ³	PN-EN ISO 8467:2001	miareczkowa
A	ChZT	mg/dm ³	PN-ISO 15705:2005	spektrofotometryczna
A	OWO	mg/dm ³	PN-EN 1484:1999	spektrometrii w podczerwieni
A	PEW	mS/cm	PN-EN 27888:1999	konduktometryczna
A	Jon amonowy (jako NH ₄ ⁺)	mg/dm ³	PN-ISO 7150-1:2002	spektrofotometryczna
A	Azotany (jako NO ₃ ⁻)	mg/dm ³	PN-EN ISO 10304-1:2009	chromatografii jonowej
A	Azotyny (jako NO ₂ ⁻)	mg/dm ³	PN-EN 26777:1999	spektrofotometryczna
A	Chlorki	mg/dm ³	PN-EN ISO 10304-1:2009	chromatografii jonowej
A	Fluorki	mg/dm ³	PN-EN ISO 10304-1:2009	chromatografii jonowej
A/B	Siarkowódór i siarczki	mg/dm ³	PN-74/C-04566	spektrofotometryczna
A	Węglany	mg/dm ³	PN-EN ISO 9963-1:2001+Ap1:2004	z obliczeń
A	Wodorowęglany	mg/dm ³	PN-EN ISO 9963-1:2001+Ap1:2004	z obliczeń
A/B	Srebro	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A/B	Glin	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A/B	Arsen	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A	Bar	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A/B	Beryl	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A/B	Bor	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A	Bromki	mg/dm ³	PN-EN ISO 10304-1:2009	chromatografii jonowej
A	Wapń	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A	Kadm	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A/B	Kobalt	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A	Chrom	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A	Miedź	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A	Żelazo ogólne	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A	Żelazo II	mg/dm ³	PN-ISO 6332:2001	spektrofotometryczna
A	Rtęć	mg/dm ³	PN-EN 1483:2007	spektrometrii atomowej
A	Jodki	mg/dm ³	PN-EN ISO 10304-3:2001	chromatografii jonowej
A	Potas	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A	Lit	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A	Magnez	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A	Mangan	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A/B	Molibden	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A	Sód	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A	Nikiel	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A	Fosforany (jako PO ₄ ³⁻)	mg/dm ³	PN-EN ISO 6878:2006+Ap2:2010	spektrofotometryczna
A	Ołów	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A	Siarczany	mg/dm ³	PN-EN ISO 10304-1:2009	chromatografii jonowej
A/B	Antymon	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A/B	Selen	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A	Stront	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A/B	Tytan	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A/B	Wanad	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A	Cynk	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A	Cyrkon	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A/B	Tal	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES

Jakość	Parametr	Jednostka	Identyfikacja metody	Metoda
A/B	Wolfram	mg/dm ³	PN-EN ISO 11885:2009	ICP-OES
A/B	Cyjanki ogólne	mg/dm ³	PN-C-04603-01:1980	spektrofotometryczna
A/B	Kwas metakrzemowy (krzemionka niezdysonowana)	mg/dm ³	PN-C-04567-09:1989	spektrofotometryczna
A	Twardość ogólna	mg CaCO ₃ /dm ³	-	z obliczeń
A	Twardość węglanowa	mg CaCO ₃ /dm ³	-	z obliczeń
A	Twardość niewęglanowa	mg CaCO ₃ /dm ³	-	z obliczeń
B	Dwutlenek węgla	mg/dm ³	-	Karata
A/B	Substancje rozpuszczone	mg/dm ³	PN-EN 15216:2010	wagowa
A	Indeks fenolowy	mg/dm ³	PN-ISO 6439:1994	spektrofotometryczna
A	WWA	mg/dm ³	-	HPLC-FLD

A – oznaczenie akredytowane przez PCA

B – oznaczenie nieakredytowane

W celu ograniczenia wahań właściwości fizyczno-chemicznych wody ujęcia wytypowane do prowadzenia w nich obserwacji powinny być eksploatowane w sposób ciągły, stabilny, ze stałą wydajnością (największe zmiany hydrochemiczne zachodzą w początkowym okresie eksploatacji, są one widoczne także po dłuższych przerwach w wydobywaniu wód). W początkowej fazie eksploatacji nowego ujęcia wchodzącego w skład sieci monitoringowej (tzw. fazie rozruchowej) proponuje się wykonywanie badań wody ze zwiększoną częstotliwością, na przykład co 1 miesiąc przez okres pół roku.

Założenia metodyczne pobierania próbek wody

Ogólne zasady pobierania próbek wody do badań powinny być zgodne z normą PN-87/C-04632 Ogólne zasady pobierania próbek do badań fizycznych, chemicznych i biologicznych oraz z normami uzupełniającymi dotyczącymi poboru i przygotowania próbek do oznaczania poszczególnych parametrów. Próbkę do badań należy pobrać po uprzednim wypompowaniu wody stagnującej w otworze. Procedura poboru próbki wody do badań powinna obejmować:

- pobranie próbki do badań laboratoryjnych w zakresie oznaczeń standardowych i specjalnych, przypisanych dla konkretnego ujęcia;
- oznaczenia polowe parametrów szybkozmiennych (temperatura wody, odczyn, potencjał redoks, PEW, barwa, zapach, smak, H₂S, CO₂);
- pobranie próbki gazów bez kontaktu z powietrzem.

Pobór próbek wody do badań będzie odbywał się na powierzchni terenu według następującego schematu:

- próbka filtrowana w warunkach polowych;
- próbka filtrowana w warunkach polowych i utrwalana;
- próbka niefiltrowana.

W przypadku, gdy do otworu będą dopływały wody z kilku stref złożowych o znacznie różniącym się składzie chemicznym, lub wody będą zawierać bardzo dużą ilość gazów uwalniających się z wody w otworze, a także – w przypadku wód zgazowanych – gdy punkt pomiarowy nie będzie wyposażony w separator, zaleca się pobór wgłębny. Pobór wgłębny z wytypowanych uprzednio na podstawie badań specjalnych stref powinien odbywać się za pomocą próbnika ciśnieniowego. W przypadku wód zawierających gazy odgazowanie próbki wody należy przeprowadzić w laboratorium. W takim przypadku zaleca się także określenie ciśnienia nasycenia próbki wody i rozpuszczalności zawartych w niej gazów.

Wytyczne dotyczące warunków pobierania próbek wody, procedur pobierania próbek oraz ich przechowywania i transportu określa norma PN-ISO 5667-11:2004 Jakość wody. Pobieranie próbek. Część 11: Wytyczne dotyczące pobierania próbek wód podziemnych.

8.6.3. Monitorowanie stężenia dwutlenku węgla w powietrzu glebowym

Koncepcja monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin zakłada – w odniesieniu do wód kwasowęglowych i szczaw – prowadzenie monitoringu stężenia dwutlenku węgla w powietrzu glebowym. Wody tego typu występują na stosunkowo niewielkich obszarach w Karpatach i Sudetach. Endogeniczny dwutlenek węgla migruje z większych głębokości wykorzystując dyslokacje tektoniczne i strefy uskokowe, a następnie rozpuszczony w wodach podziemnych przedostaje się ku powierzchni terenu. Na skutek zmniejszenia się ciśnienia podczas przepływu CO₂ wydziela się z wody i występuje w formie gazowej, co przejawia się wzrostem jego stężenia w powietrzu glebowym, a niekiedy – w przypadku dużej ilości gazu – ekshalacjami (np. w Tyliczu, Złockiem, Dusznikach-Zdroju, Szczawinie, Długopolu-Zdroju). Badania stężenia CO₂ w powietrzu glebowym w rejonach występowania szczaw, zwłaszcza sudeckich, były wykonywane dość licznie (Żak i in., 2008; Ciężkowski i in., 2016a). Wyniki tych badań pokazują, że największe stężenia CO₂ w powietrzu glebowym przekraczały 60% obj. przy wartościach średnich od 0,3% obj. w Świeradowie-Zdroju do 3,6% obj. w Kudowie-Zdroju. Najwyższe uzyskane wartości stwierdzono w obrębie dolin rzecznych i innych, głębokich wcięciach erozyjnych powierzchni terenu, przede wszystkim w obrębie utworów dobrze przepuszczalnych. Monitorowanie zawartości CO₂ w powietrzu glebowym jest istotne w kontekście ochrony stanu ilościowego zasobów szczaw. Intensywna eksploatacja wód zawierających rozpuszczony dwutlenek węgla może bowiem spowodować, że wypływ CO₂ wraz z wodą z ujęć będzie większy niż jego naturalny strumień (Ciężkowski i in., 2016a). Wynika to z dobrej rozpuszczalności tego gazu,

umożliwiającej magazynowanie jego dużej ilości w wodach. Pomiar stężenia CO₂ w powietrzu glebowym wykorzystano m.in. w Gorzanowie przy wyznaczaniu granic obszaru górniczego dla tamtejszego złoża szczaw (fig. 8.17). Kształt obszaru górniczego wyznaczono uwzględniając nie tylko warunki hydrodynamiczne (przebieg hydroizohips zwierciadła wody), tektonikę obszaru, morfologię terenu, ale też przebieg stref dopływu CO₂. W ten sposób w granicach obszaru górniczego znalazło się większość rejonów występowania anomalnie wysokich stężeń dwutlenku węgla w powietrzu glebowym (Ciężkowski i in., 2016b). Przykład Gorzanowa i innych złóż sudeckich pokazuje, że monitorowanie ilości wydobywanego się CO₂ odgrywa duże znaczenie dla ochrony ilościowej zasobów szczaw.

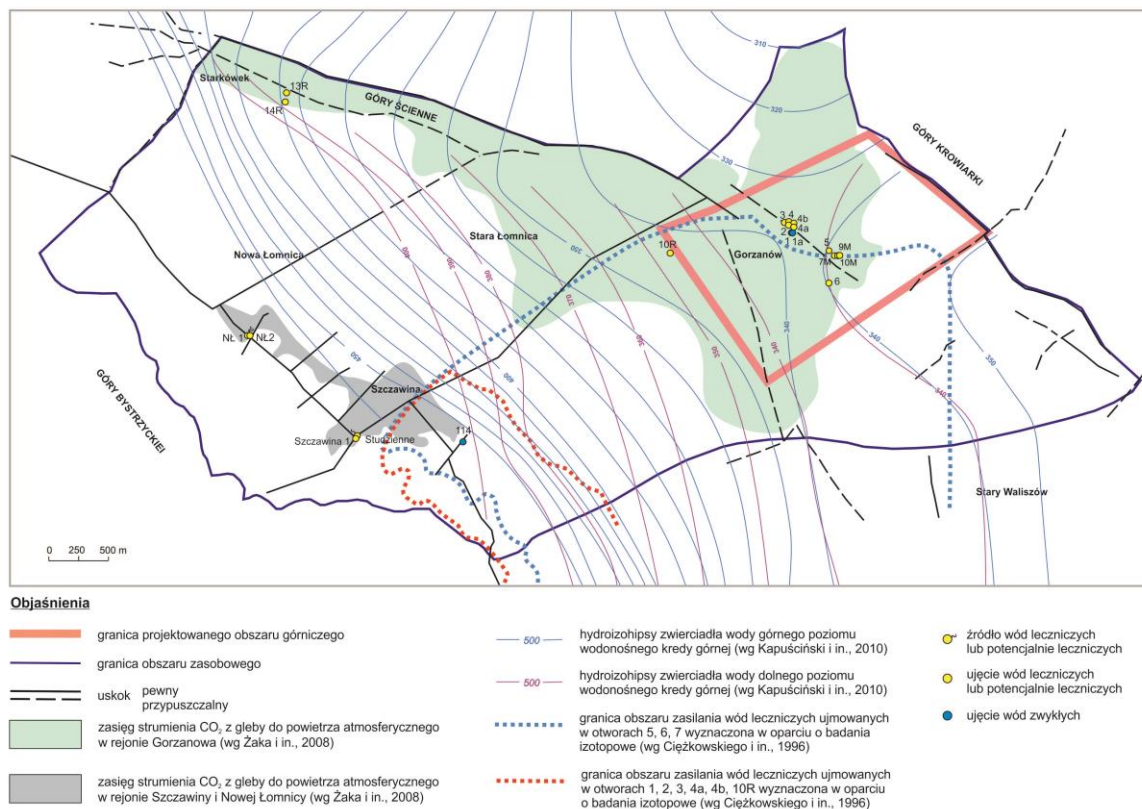


Fig. 8.17. Zasięg obszaru i terenu górniczego złoża wód leczniczych w Gorzanowie (na podst. Kielczawy i Porwisza, 2022; za Ciężkowskim i in., 2016b)

Celem strategicznym monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin jest ochrona ich zasobów. Aby była możliwa pełna ocena zagrożeń stanu ilościowego szczaw należy nie tylko monitorować ilość wydobywanego gazu wraz z wodami (określając wykładnik gazowy), lecz przede wszystkim określić naturalny strumień CO₂. Wskazane jest aby badaniami objąć zarówno rejon eksploatacji szczaw, jak i obszary położone wzdłuż

dyslokacji i stref uskokowych, które stanowią prawdopodobne drogi migracji dwutlenku węgla. Przykładowo w Sudetach do takich stref zalicza się:

- zachodni ramowy uskok Nysy Kłodzkiej;
- dyslokację Strugi;
- dyslokację Szczawna–Głuszycy;
- uskok Duszniki–Gorzanów;
- uskok Wolany–Polanica-Zdrój;
- uskoki w rejonie Świeradowa-Zdroju i Czerniawy-Zdroju.

W przypadku określania zawartości CO₂ w wydobywanych wodach zakłada się wykonywanie pomiaru jego zawartości bezpośrednio w terenie aparatem Karat oraz obliczenie wartości wykładnika gazowego. Zmiany wykładnika gazowego w czasie mogą wskazywać na procesy zachodzące w złożu. Stała wartość wykładnika gazowego przy zwiększonej wydajności wskazuje na zwiększający się dopływ gazu do otworu. Z kolei mniejsza wartość wykładnika gazowego przy zwiększonej wydajności wskazuje na stabilizację dopływu gazu do otworu.

Założenia metodyczne badania CO₂ w powietrzu glebowym

Badania powinny być realizowane z zastosowaniem identycznej metodyki i przy użyciu tego samego sprzętu, a ich interpretacja powinna zostać dokonana w ten sam sposób. Punkty pomiarowe powinny być rozmieszczone tak, aby umożliwiły zidentyfikowanie przejawów CO₂, a jednocześnie pozwalały na powtarzanie pomiarów w tym samym miejscu. Przy lokalizowaniu punktów należy uwzględnić:

- lokalizację ujęć szczaw (istniejących i dawnych);
- budowę geologiczną (obecność skał zwięzłych i słabo przepuszczalnych uniemożliwia pomiary);
- warunki hydrogeologiczne (obecność wód podziemnych uniemożliwia pomiary);
- morfologię;
- hydrografię;
- zabudowę terenu (ograniczenie zasięgu głębokościowego badań).

Pomiary będą wykonywane w specjalnie przygotowanych otworach małosrednicowych (np. 30 mm) o głębokości 1,0 m. W otworze zostanie zabudowana rura perforowana w dolnej części, zamknięta przy powierzchni terenu korkiem uszczelniającym. Pomiar będzie polegał na umieszczeniu w dnie otworu rurki wskaźnikowej i wymuszeniu

przepływu przez nią określonej objętości powietrza glebowego (Żak i in., 2008). Pomimo zaburzenia składu powietrza glebowego w trakcie wykonywania punktu badawczego oraz dokładności oznaczeń metoda ta jest uważana za poprawną (Żak i in., 2008). Tak przygotowane punkty badawcze stworzą warunki dla powtarzalności pomiarów i uzyskania porównywalnych wyników w całym okresie prowadzenia monitoringu. Wraz z pomiarem stężenia CO₂ należy dokonać pomiaru temperatury, ciśnienia i wilgotności powietrza atmosferycznego.

Pomiary należy wykonywać w okresie od kwietnia do września z uwagi na zamarzanie wody w porach gruntu i ograniczoną wegetację roślin. W pozostałym okresie pomiary należy wykonywać w okresach suchych (co najmniej jedna doba po deszczach ulewnych), bowiem zwiększona ilość wody w porach strefy aeracji utrudnia przepływ gazu. Pomiary powinny być wykonywane z częstotliwością raz na miesiąc.

8.7. Monitoring zbiorników transgranicznych

Aktualnie w Polsce znajduje się jeden zbiornik wód podziemnych zaliczonych do kopalin, w którym stwierdzono przepływy transgraniczne. Zbiornikiem tym jest niecka podhalańska, będąca jednym z obszarów o najkorzystniejszych warunkach występowania wód termalnych w Polsce, zarazem będącym transgranicznym zbiornikiem geotermalnym o randze międzynarodowej. W myśl Konwencji o ochronie i użytkowaniu cieków transgranicznych i jezior międzynarodowych (Dz. U. 2003 nr 78 poz. 702) Polska powinna racjonalnie gospodarować i chronić, zarówno pod względem jakości jak i ilości, zasoby wód podziemnych, w tym również uznanych za kopalinę wód termalnych. Wspomniana Konwencja definiuje „wody transgraniczne” jako każde wody podziemne, które tworzą i przecinają granice między państwami, a także „oddziaływanie transgraniczne”, do którego zalicza jakiegokolwiek oddziaływanie powodujące znaczne szkodliwe skutki w środowisku na obszarze podlegającym jurysdykcji jednej Strony, będące rezultatem zmiany stanu wód transgranicznych spowodowanej ludzką działalnością.

Niecka podhalańska znajduje się w północnej części Karpat wewnętrznych, pomiędzy Tatrami na południu, a pienińskim pasem skałkowym na północy. W kierunku wschodnim niecka przedłuża się na terytorium Słowacji i kontynuuje do strefy uskokowej Rużbachów, obejmując Magurę Spiską. Uskok Rużbachów oddziela nieckę podhalańską od Kotliny Popradzkiej. W kierunku zachodnim niecka podhalańska również ciągnie się na terytorium

Słowacji do uskoku Krowiarek, który oddziela ją od niecki skoruszyńskiej. Struktura ta została uformowana w paleogenie, a wypełniają ją utwory fliszu podhalańskiego (fig. 8.18):

- warstwy szaflarskie: kompleks piaskowcowo-łupkowy (eocen środkowy–eocen górny);
- warstwy zakopiańskie dolne: kompleks łupkowy z wkładkami piaskowców z Kozińca (eocen górny–oligocen);
- warstwy zakopiańskie górne: kompleks łupkowo-piaskowcowy (oligocen);
- warstwy chochołowskie dolne: kompleks piaskowcowo-łupkowy (oligocen);
- warstwy chochołowskie górne (tzw. warstwy z Brzegów): kompleks łupkowy (oligocen).

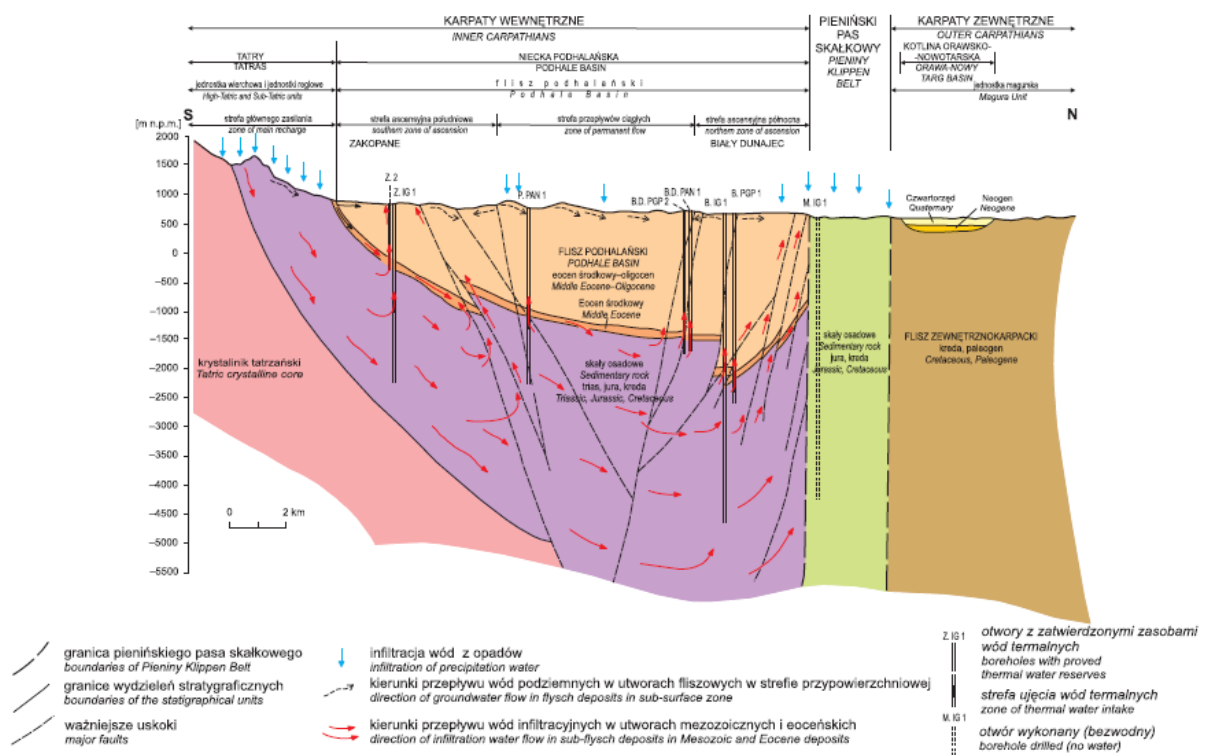


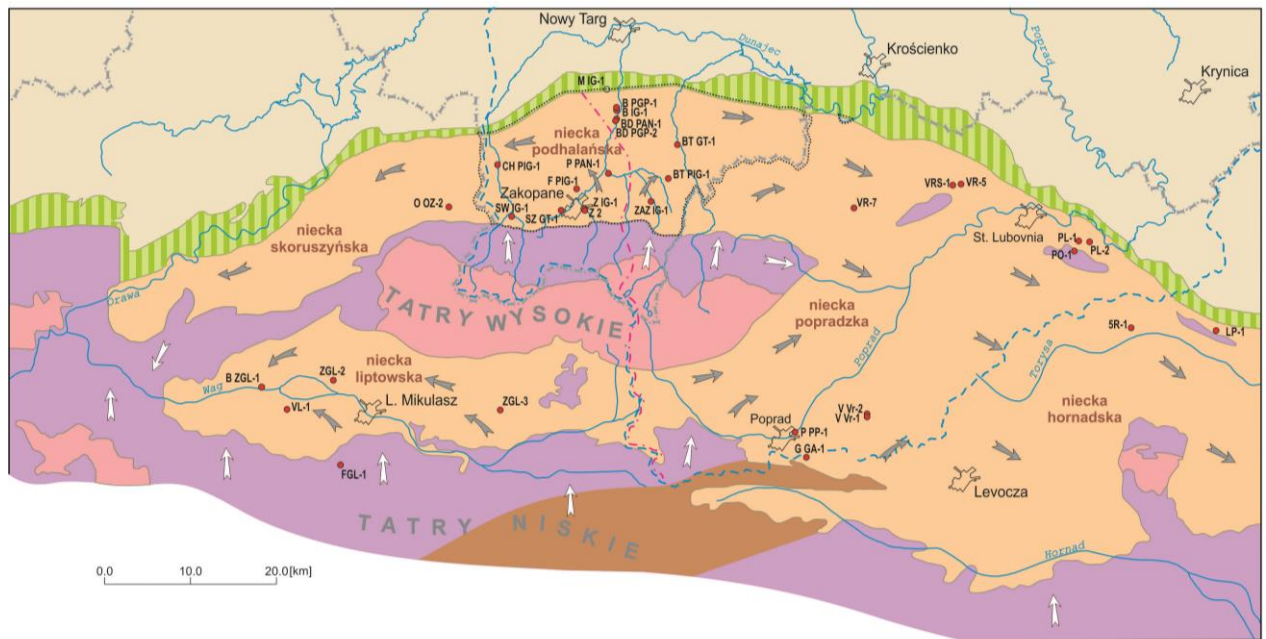
Fig. 8.18. Przekrój hydrogeologiczny przez nieckę podhalańską (na podst. Chowańca, 2009)

W spągu utworów fliszowych występuje cienka warstwa zlepieńców, dolomitów, mułowców i piaskowców, zaliczana do tzw. eocenu węglanowego. Podłoże niecki tworzą serie skalne płaszczowiny reglowej dolnej (trias, jura, kreda), wykształcone pod względem litologicznym jako wapień, dolomity, piaskowce i łupki. Pod nimi zalega seria płaszczowiny wierzchowej (trias, jura, kreda), reprezentowana przez wapień, dolomity i łupki. W części północnej utwory płaszczowiny wierzchowej zalegają na granitoidach krystaliniku tatrzańskiego (prekambr–paleozoik).

Budowa geologiczna ma bezpośrednie przełożenie na schemat zasilania i przepływu wód termalnych w niecce podhalańskiej. Strefa głównego zasilania znajduje się w Tatrach, skąd infiltrujące wody opadowe przepływają w obrębie utworów płaszczowinowych ku północy, ogrzewając się i zwiększając stopień mineralizacji. Przepływ wód odbywa się głęboką strefą przepływów ciągłych, aż do nieprzepuszczalnej bariery, którą tworzy pieniński pas skałkowy, oraz strefą płytszą, drenowaną ascenzyjnie przez strefy uskokowe: południową (Chochołów, Zakopane, Bukowina Tatrzańska, Białka Tatrzańska, Poronin) i północną (Bańska, Biały Dunajec). Po napotkaniu szczelnej granicy hydrodynamicznej w postaci pienińskiego pasa skałkowego wody termalne kierują się na wschód i zachód na terytorium Słowacji.

Eksploatacja wód termalnych w niecce podhalańskiej prowadzona jest przez poszczególnych koncesjonobiorców, którzy opracowują analizy gospodarki złożem. Jednak obecne wymogi prawne nie nakładają na nich obowiązku udostępniania organom koncesyjnym szczegółowych danych o przebiegu prowadzonej eksploatacji, podobnie jak to ma miejsce w przypadku wszystkich pozostałych złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin. Zatem brak jest narzędzi, dzięki którym organ koncesyjny mógłby prowadzić obiektywną i kompleksową ocenę eksploatacji kopaliny w niecce podhalańskiej, tj. w zbiorniku o charakterze transgranicznym. Zadaniu temu sprostać może jedynie sieć obserwacyjna funkcjonująca pod nadzorem Państwa, zarządzana przez państwową służbę geologiczną i składająca się z niezależnych punktów pomiarowych.

Ze względu na transgraniczny charakter przepływu (fig. 8.19) działania związane z gospodarowaniem złożami wód termalnych w niecce podhalańskiej powinny być konsultowane i uzgadniane ze stroną słowacką. Ponadto inwestorzy słowaccy powinni uwzględniać warunki eksploatacji ujęć zlokalizowanych po stronie polskiej. W celu racjonalnego gospodarowania zasobami wód termalnych po obu stronach granicy zaleca się stosowanie eksploatacji dubletowej (otwór eksploatacyjny i chłonny), co pozwoli na zachowanie naturalnego przepływu wód termalnych od Tatr w kierunku pienińskiego pasa skałkowego, a następnie w kierunku niecki skoruszyńskiej na zachodzie i niecki popradzkiej na wschodzie (Chowaniec i in., 2011).



1 - krystalinik tatrzański, 2 - utwory węglanowe Karpat wewnętrznych, 3 - utwory młodszego paleozoiku Karpat wewnętrznych, 4 - utwory fliszowe Karpat, 5 - pieniński pas skałkowy, 6 - utwory fliszowe Karpat zewnętrznych, 7 - wybrane otwory z wodą termalną, 8 - linie przekrojów hydrogeologicznych, 9 - główne kierunki przepływów w obszarach zasilania, 10 - kierunki przepływu wód termalnych, 11 - europejski dział wód powierzchniowych, 12 - dział wód podziemnych (termalnych), 13 - granica państwa, 14 - granica opracowania

Fig. 8.19. Mapa hydrogeologiczna zbiornika wód termalnych Karpat wewnętrznych (na podst. Chowania i in., 2011)

Odptyw przez wschodnią i zachodnią granicę modelu matematycznego niecki podhalańskiej (Chowaniec i in., 2011) wynosi odpowiednio 59 649 m³/d (około 56% zasilania) oraz 47 271 m³/d (około 44% zasilania) w stanie pseudonaturalnym (bez eksploatacji wód termalnych). Przy uwzględnieniu eksploatacji (według danych z 2010 r.) odpływ ten wynosi 48 975 m³/d dla granicy wschodniej i 41 121 m³/d dla granicy zachodniej. Dla przekroju modelu pokrywającego się z zachodnią granicą państwa polskiego (lepiej rozpoznaną, umożliwiającą częściową kalibrację modelu) wielkość odpływu wynosi 42 744 m³/d dla stanu pseudonaturalnego i 37 183 m³/d w warunkach eksploatacji oraz 34 378 m³/d w warunkach poboru z wydajnością równą zasobom eksploatacyjnym poszczególnych ujęć.

W dokumentacji hydrogeologicznej określającej zasoby dyspozycyjne wód termalnych niecki podhalańskiej z uwzględnieniem przepływów transgranicznych (Chowaniec i in., 2011) podano propozycję badań monitoringowych ilości i jakości tych wód. Autorzy zwrócili uwagę, iż dla określenia zmian ilości i jakości wód termalnych największe znaczenie ma rzetelne prowadzenie obserwacji stacjonarnych w trakcie eksploatacji otworów. Obserwacje stacjonarne zmian ciśnienia na głowicach należy również prowadzić w otworach

nieczynnych, ale przewidzianych do eksploatacji. Planowany do uruchomienia ogólnokrajowy monitoring wód podziemnych zaliczonych do kopalin spełniałby te założenia.

Zgodnie z wymienioną dokumentacją w czynnych otworach eksploatacyjnych obserwacje stacjonarne powinny obejmować:

- rejestrację ciśnienia głowicowego lub pomiar głębokości dynamicznego zwierciadła wody (raz w tygodniu);
- pomiary wydajności chwilowej ujęć (raz w tygodniu);
- odczyty wskazań wodomierzy w celu określenia rzeczywistego poboru wody (raz w tygodniu);
- pomiary temperatury wody mierzonej na wypływie z ujęć (raz w tygodniu);
- pomiar PEW i odczynu wód na wypływie z ujęć (raz w tygodniu);
- oznaczenie zawartości jonów siarczanowych i chlorkowych (raz na kwartał);
- oznaczenie zawartości siarkowodoru (raz na kwartał);
- oznaczenie zawartości kationów decydujących o typie chemicznym ujętej wody (raz na kwartał);
- wykonanie małej analizy fizyczno-chemicznej wody (raz na rok);
- wykonanie dużej analizy fizyczno-chemicznej wody (raz na pięć lat).

W otworach nie eksploatowanych zalecono prowadzić rejestrację ciśnienia głowicowego z częstotliwością raz w miesiącu. Wszystkie zebrane informacje powinny być zestawiane na tle warunków klimatycznych, tzn. wielkości opadów atmosferycznych, ciśnienia atmosferycznego i temperatury powietrza.

W ostatnich latach wykorzystanie wód termalnych niecki podhalańskiej gwałtownie wzrosło. Wody te w coraz większej ilości są wykorzystywane do geotermii oraz w basenowych kompleksach rekreacyjnych. Jeden z nich, znajdujący się w Witowie, jest zaopatrywany w wody termalne z otworu Chochołów PIG-1. Według strony słowackiej eksploatacja tego otworu oddziałuje negatywnie na stan ilościowy zasobów wód termalnych na Słowacji. Problem ten jest obecny w pracach Polsko-Słowackiej Komisji do spraw Wód Granicznych, gdzie w ramach jego wyjaśnienia powstał projekt bilansowania potencjalnych transgranicznych części wód poziomych, w którym bierze udział PIG-PIB. W tym miejscu należy zaznaczyć, iż na terenie Słowacji wyznaczono jednolite części/zbiorniki wód termalnych (fig. 8.20, tab. 8.9).

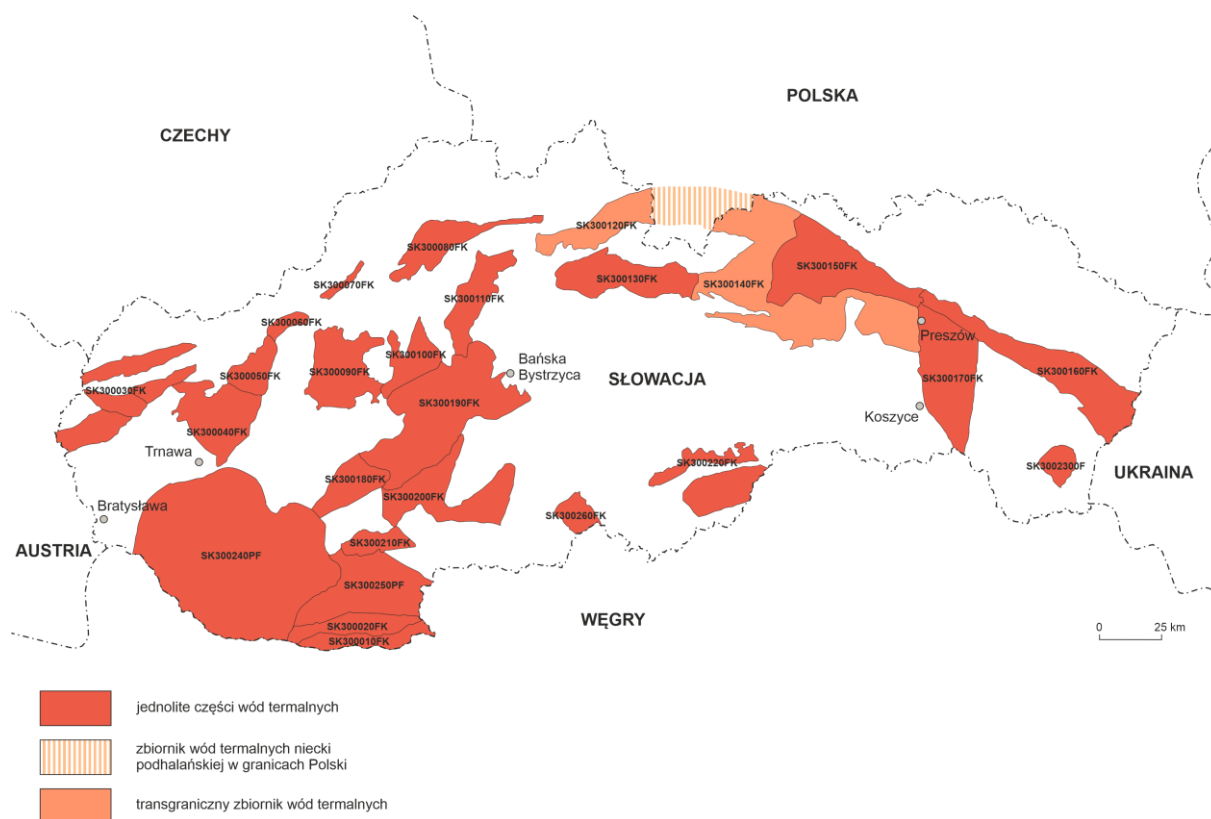


Fig. 8.20. Zbiorniki wód termalnych Słowacji
(na podst. danych udostępnionych przez stronę słowacką)

Dokładne rozpoznanie zasobów i odnawialności wód termalnych jest istotnym zagadnieniem dla gospodarowania wodami całego transgranicznego systemu niecki podhalańskiej, gdyż nadmierna eksploatacja po jednej stronie granicy może spowodować trudności po jej drugiej stronie. Ogólnokrajowy monitoring wód podziemnych zaliczonych do kopalin będzie uzupełnieniem dotychczasowych badań modelowych (Chowaniec i in., 2011), umożliwiającym sformułowanie ostatecznych ocen w zakresie współdziałania na siebie ujęć położonych po obu stronach granicy. W przyszłości wyniki tego monitoringu mogą pomóc rozwiązać toczący się na drodze administracyjnej problem pomiędzy stroną słowacką i polską dotyczący szczypty zasobów, uwzględniając fakt, iż zasoby wód termalnych niecki podhalańskiej niemal w całości tworzą się w granicach administracyjnych Polski.

Założenia metodyczne monitoringu transgranicznego w obrębie niecki podhalańskiej

Założenia metodyczne monitoringu transgranicznego w obrębie niecki podhalańskiej powinny być uwzględnione w planowanym do realizacji przez psg w latach 2024–2025 „Programie monitoringu stanu ilościowego i chemicznego wód termalnych niecki podhalańskiej z uwzględnieniem transgranicznego przepływu między Polską a Słowacją”.

Podstawowymi elementami, na których będzie opierał się monitoring na omawianym obszarze – według wstępnych założeń – będą:

- szczegółowa analiza prowadzonej eksploatacji wód termalnych w niecce podhalańskiej na podstawie materiałów archiwalnych;
- identyfikacja i analiza ewentualnych trendów zmian warunków hydrodynamicznych poszczególnych złóż;
- identyfikacja i analiza ewentualnych trendów zmian stanu chemicznego wód termalnych w systemie wodonośnym;
- ocena możliwości wykorzystania istniejących otworów do celów monitoringowych.

Zgodnie z założeniami dane hydrodynamiczne i chemiczne będą analizowane w interwale czasowym zależnym od stopnia ich szczegółowości, a zakres analiz będzie dostosowany do posiadanych danych, udostępnionych przez koncesjodawców lub też od nich wykupionych. Zakłada się, iż planowany do realizacji „Program...” będzie wskazywał punkty monitoringu oraz jego szczegółowy zakres (ilościowy, chemiczny i termiczny). Kompleksowa ocena wpływu eksploatacji wód termalnych w obszarach transgranicznych na zasoby i hydrodynamikę całego systemu wodonośnego jest konieczna z uwagi na rosnące zainteresowanie oraz zwiększone wykorzystanie zasobów dyspozycyjnych zbiornika. Wymusza to na Polsce szczegółową analizę gospodarowania transgranicznymi wodami termalnymi Podhala w celu zabezpieczenia interesów Państwa.

Planowana sieć monitoringu powinna uwzględniać wskazane w programie lokalizacje punktów monitoringowych wód termalnych oraz zakres i częstotliwość pomiarów, a także zaproponowany zakres rzeczowy i harmonogram dalszych prac, wśród, których należy wymienić m.in. opracowanie projektów robót geologicznych pod nowe punkty badawcze.

Tab. 8.9. Charakterystyka zbiorników wód termalnych Słowacji (na podst. danych udostępnionych przez stronę słowacką)

Kod Obszaru	Nazwa obszaru	Zlewnia	Powierzchnia [km ²]	Litologia Zbiornika	Stratygrafia zbiornika	Typ zbiornika
SK300010FK	Komarnanska vysoka kryha	Dunaj	249,098	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300020FK	Komarnanska okrajova kryha	Dunaj	312,549	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300030FK	Sastinska, Laksarska, Labsko-malacka elevacia s prilahlym poklesnutym pasmom a Zavodsko-studienske poklesnute pasmo	Dunaj	735,752	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300040FK	Trnavsky zaliv	Wag	618,546	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300050FK	Piestansky zaliv	Wag	234,518	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300060FK	Trencianska kotlina	Wag	81,345	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300070FK	Ilavska kotlina	Wag	44,108	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300080FK	Zilinska kotlina	Wag	405,997	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300090FK	Banovska kotlina	Wag	616,196	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300100FK	Hornonitrianska kotlina	Wag	312,199	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300110FK	Turcianska kotlina	Wag	411,793	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300120FK	Skorusinska panva	Wag	433,855	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300130FK	Liptovska kotlina	Wag	604,006	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300180PF	Dubnicka depresia	Wag	323,504	piaski, piaskowce, zlepieńce	neogen	porowy, porowo-szczelinowy
SK300240PF	Centralna depresia podunajskej panvy	Wag	3436,336	piaski, piaskowce, zlepieńce	neogen	porowy, porowo-szczelinowy
SK300190FK	Stredoslovenske neovulkanity (SZ cast)	Hron	1507,388	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300200FK	Stredoslovenske neovulkanity (JV cast)	Hron	720,913	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300210FK	Levicka kryha	Hron	190,875	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300220FK	Rimavska kotlina S	Hron	549,729	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300250FK	Komjaticka depresia	Hron	857,056	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300260FK	Hornostrharsko-trencska prepadlina	Hron	157,094	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300170FK	Kosicka kotlina	Hornad	877,978	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300140FK	Levocka panva (Z a J cast)	Dunajec, Poprad, Hornad	1809,369	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300150FK	Levocka panva (SV cast)	Dunajec, Poprad, Hornad	981,618	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300160FK	Humensky chrbat	Bodrog	988,636	skały węglanowe	trias	szczelinowo-krasowy
SK300230FP	Besa-Cicarovce	Bodrog	142,233	Andezyty	neogen	szczelinowy, szczelinowo-poorowy

Kolorem wyróżniono zbiorniki transgraniczne

8.8. Etapowość wdrażania sieci monitoringowej

Tworzenie sieci obserwacyjnej od podstaw, choć początkowo w oparciu o istniejące ujęcia wód podziemnych i otwory wiertnicze, ze względów organizacyjnych wymusza stopniowe (etapowe) uruchomienie monitoringu. W pierwszym etapie monitoringiem zostaną objęte wybrane złoża. Etap ten należy traktować jako fazę eksploatacji rozruchowej sieci, zarazem będzie on miał charakter testowy. Pierwszy etap monitoringu będzie zorganizowany zgodnie ze wskazaniami niniejszej koncepcji, jednak będzie ograniczony przestrzennie do wytypowanych złóż. Podczas tego etapu zostaną zweryfikowane poszczególne założenia i elementy koncepcji monitoringu oraz sprawdzone w praktyce zaproponowane rozwiązania z oceną prawidłowości stosowanych procedur i kontrolą jakości. Doświadczenia zebrane podczas pierwszego etapu monitoringu powinny skutkować aktualizacją programu monitoringu na kolejne lata, rozszerzonego o kolejne złoża wód leczniczych, termalnych i solanek według ustalonego uprzednio harmonogramu.

W pierwszym etapie do objęcia siecią monitoringu proponuje się wybrane złoża w tzw. obszarach konfliktowych. Są to zazwyczaj złoża położone w rejonach intensywnej eksploatacji, gdzie znaczny pobór wód na stosunkowo niewielkim obszarze prowadzi do sporów pomiędzy poszczególnymi koncesjonariuszami, niekiedy także o charakterze międzynarodowym. Do grupy złóż konfliktowych należy zaliczyć także złoża, których eksploatacja ogranicza swobodny dostęp do zwykłych wód podziemnych oraz wybrane złoża w rejonach intensywnej działalności górniczej. Ponadto do grupy złóż objętej monitoringiem w pierwszej kolejności zaleca się włączyć złoża, w których występują wody o dużej zmienności parametrów fizyczno-chemicznych.

Wybierając złoża do pierwszego etapu monitoringu w miarę możliwości kierowano się wielokryterialną reprezentatywnością. Wytypowane złoża znajdują się w zróżnicowanych systemach wodonośnych, położonych w różnych jednostkach strukturalnych, w których występują różne rodzaje wód podziemnych zaliczonych do kopalin i dla których zostały opracowane dokumentacje hydrogeologiczne, w których oszacowano wielkość zasobów dyspozycyjnych. Pierwszym etapem monitoringu proponuje się objąć:

- rejon dorzecza Popradu;
- rejon Buska-Zdroju i Solca-Zdroju;
- nieckę podhalańską;
- rów Nysy Kłodzkiej w rejonie Gorzanowa;

- złoża o stwierdzonej dużej zmienności parametrów fizyczno-chemicznych i hydrodynamicznych (Długopole-Zdrój, Duszniki-Zdrój, Horyniec-Zdrój, Iwonicz-Zdrój, Polanica-Zdrój, Rymanów-Zdrój, Szczawno-Zdrój);
- rejony górnictwa podziemnego i odkrywkowego.

Podsumowując, wykonanie pierwszego etapu monitoringu w wyżej wymienionych rejonach będzie miało charakter pilotażowy, a zdobyte doświadczenie powinny zostać w przyszłości wykorzystane w pozostałych rejonach, gdzie występują złoża wód podziemnych zaliczonych do kopalin (fig. 8.21). W kolejnych etapach sieć monitoringowa powinna zostać rozszerzona o pozostałe złoża według listy rankingowej będącej wynikiem waloryzacji.

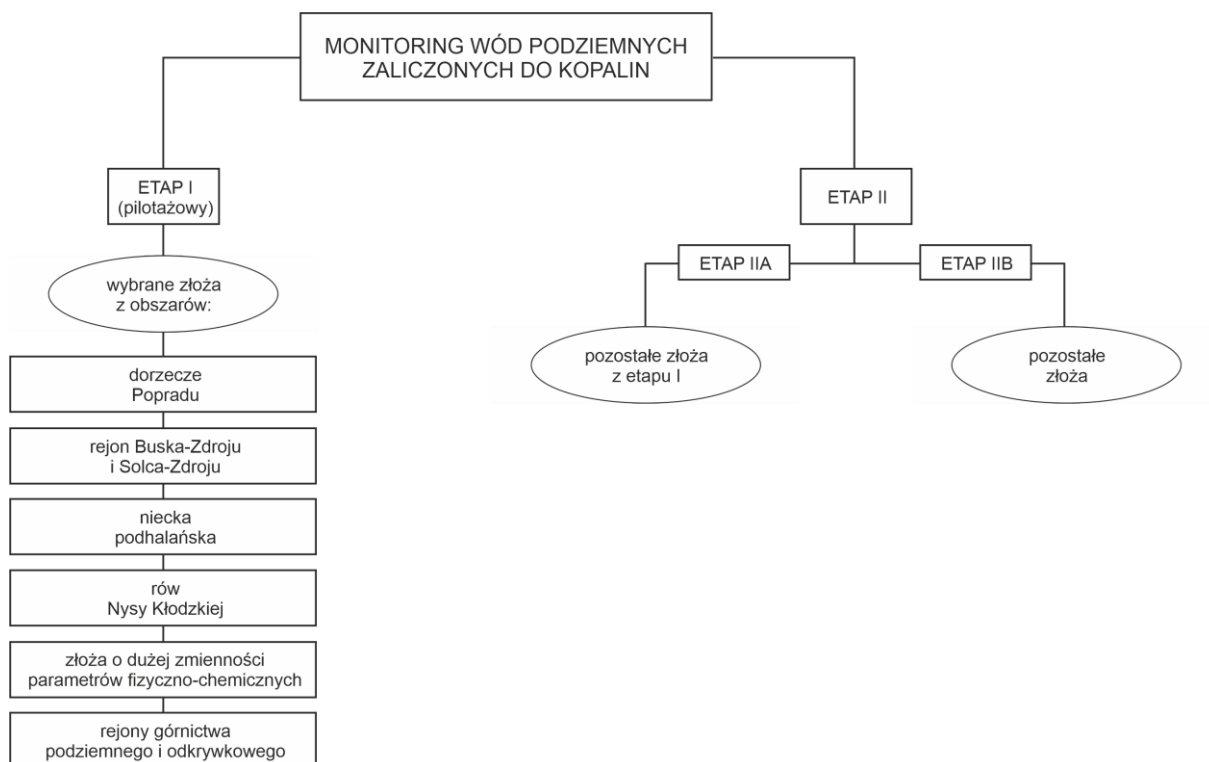


Fig. 8.21. Etapy uruchamiania sieci monitoringowej wód podziemnych zaliczonych do kopalin

8.8.1. Rejon dorzecza Popradu

Obszar ten jest położony w Karpatach zewnętrznych, w tej części zbudowanych głównie z utworów fliszowych płaszczowiny magurskiej (senon–oligocen). Pod względem litologicznym jest to naprzemianległy kompleks łupków i piaskowców. W obrębie płaszczowiny magurskiej wyróżnia się trzy strefy tektoniczno-facjalne: krynicką, bystrzycką (sądecką) i gorlicką (racańską). Strefy te odznaczają się uskokowo-łańdowym stylem budowy, a kontakty pomiędzy nimi mają charakter tektoniczny. Są one zbudowane

z szerokich, płaskich synklin i wąskich, stromych antyklin, często asymetrycznych i drugorzędnie pofałdowanych, miejscami także złuskowanych (fig. 8.22). Dodatkowo struktury fałdowe są pocięte dyslokacjami o charakterze przesuwczym. Utwory fliszowe są lokalnie przykryte osadami czwartorzędowymi w postaci aluwiów, deluwiów, koluwiów i osadów biogenicznych.

Rejon dorzecza Popradu charakteryzuje się współwystępowaniem ze sobą wód leczniczych i zwykłych wód podziemnych w paleogeńsko-kredowym (fliszowym) piętrze wodonośnym. Piętro to ma charakter szczelinowo-porowy i jest głównie związane ze stropową, spękaną częścią utworów fliszowych, wykształconych przeważnie w postaci średnio- i gruboziarnistych piaskowców z wkładkami łupków ilasto-marglistych. W strefie aktywnej wymiany wód, sięgającej przypuszczalnie do głębokości około 80 m, może występować kilka poziomów (stref) wodonośnych, przy czym wody zwykle występują zazwyczaj maksymalnie do głębokości około 50 m. Współczynnik filtracji utworów wodonośnych wynosi od 10^{-6} do 10^{-4} m/s, a zwierciadło wody ma charakter swobodny lub napięty. Pod względem hydrochemicznym występujące tu wody zalicza się przeważnie do szczaw typu $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ o zróżnicowanej mineralizacji ogólnej od poniżej 1 g/dm^3 do blisko 10 g/dm^3 . Pod względem genetycznym są to w większości wody infiltracyjne, przenikające do systemu wodonośnego w czwartorzędzie. Zarówno wody zwykłe, jak i lecznicze, są na omawianym obszarze intensywnie eksploatowane na potrzeby rozlewni wód butelkowanych.

Na znacznym obszarze fliszowy system wodonośny został uznany za Główny Zbiornik Wód Podziemnych – GZWP nr 438 Zbiornik warstw Magura (Nowy Sącz). Odznacza się on dobrą jakością wód podziemnych, jednak z uwagi na krótki czas pionowego przesiąkania wód z powierzchni terenu, wynoszący zazwyczaj 2–5 lat, jest silnie narażony na zanieczyszczenia (Witek i in., 2013). Z tego względu został on w całości zaliczony do obszarów najwyższej ochrony wód podziemnych (ONO).

W polskiej części zlewni Popradu znajduje się kilka punktów monitoringu wód podziemnych, prowadzonego przez WIOŚ w Krakowie. Są one zlokalizowane w Starym Sączu, Rytrze, Piwnicznej-Zdroju, Wierchomli Wielkiej, Żegiestowie oraz Podegrodziu.

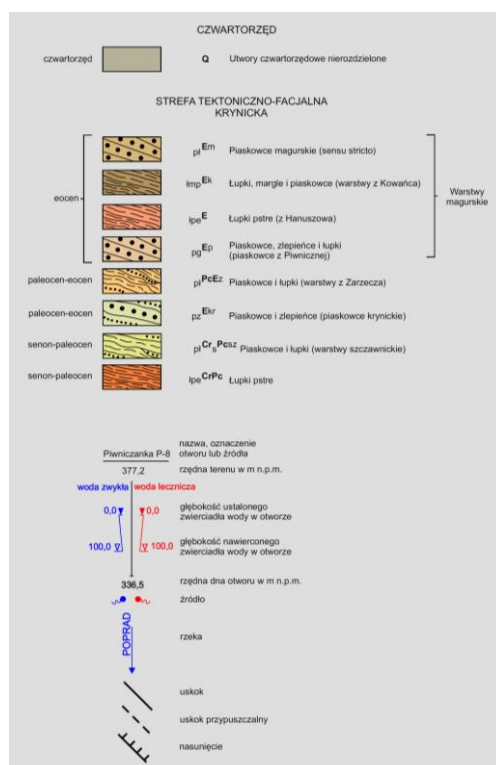
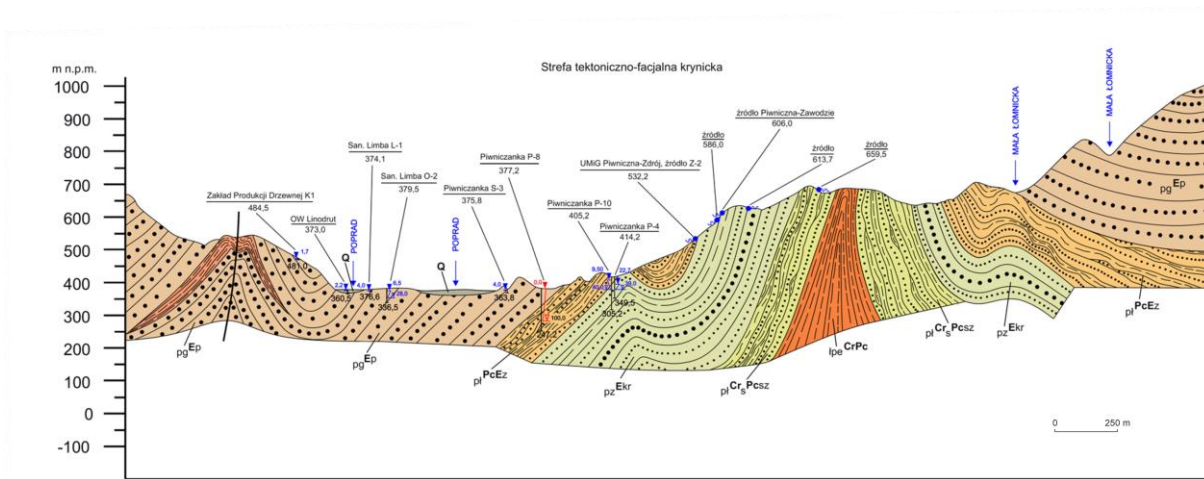


Fig. 8.22. Przekrój hydrogeologiczny rejonu Płwicznej-Zdroju (na podst. Koślacza, Krawczyka i in., 2014)

Do włączenia do sieci monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin planuje się następujące ujęcia:

- P-I (złoże Galicjanka III);
- Kinga (złoże Głębokie);
- Zdrój Główny, Słotwinka, nr 7 i Zuber I (złoże Krynica-Zdrój);
- źródło Graniczne (złoże Muszyna);
- IN-3 (złoże Muszyna INEX);

- Z-8 (złoże Muszyna Zdrój);
- P-III i M-2 (złoże Muszynianka);
- PŁ-8 i P-2 (złoże Piwniczna-Łomnica);
- K-1 (złoże Szczawiczne II);
- Stanisław (złoże Szczawnik-Cechini);
- T-III i Zdrój Główny (złoże Tylicz I);
- W-1 (złoże Wapienne-INEX);
- W-1 (złoże Wierchomla Wielka);
- Z-7 (złoże Złockie Z-7);
- Z-2 (złoże Zubrzyk);
- Z-2 (złoże Żegiestów-INEX);
- Zofia 2 (złoże Żegiestów-Cechini);
- Żegiestów II (złoże Żegiestów-Zdrój);
- Anna (złoże Żegiestów-Zdrój Główny).

8.8.2. Rejon Buska-Zdroju i Solca-Zdroju

Rejon Buska-Zdroju i Solca-Zdroju jest położony w niecce miechowskiej, wypełnionej synklinalnie ułożonymi otworami kredowymi: margłami i wapieniami (santon–turon) oraz piaskami i piaskowcami (cenoman). Decydującą rolę w ukształtowaniu tej struktury odgrywają dwa główne systemy uskoków, dzielące omawiany obszar na różnej wielkości bloki tektoniczne. Efektem tego powstała fałdowo-blokowa struktura o charakterze schodkowym (fig. 8.23). Przejawia się to wzrostem głębokości występowania stropu utworów kredy i jury oraz ich miąższości ku osi niecki miechowskiej i wzdłuż niej, a także zróżnicowaniem litologii serii skalnych w poszczególnych blokach. Cechą charakterystyczną jest też występowanie w sąsiedztwie wyniesionych i pogrążonych elementów strukturalnych. W podłożu niecki występują utwory węglanowe jury górnej o miąższości kilkuset metrów, również porożcinane uskokami. Utwory fliszowe są częściowo przykryte osadami mioceńskimi zapadliska przedkarpackiego, wykształconymi jako ility krakowieckie oraz utwory chemiczne (wapienie, gipsy, anhydryty, sole kamienne).

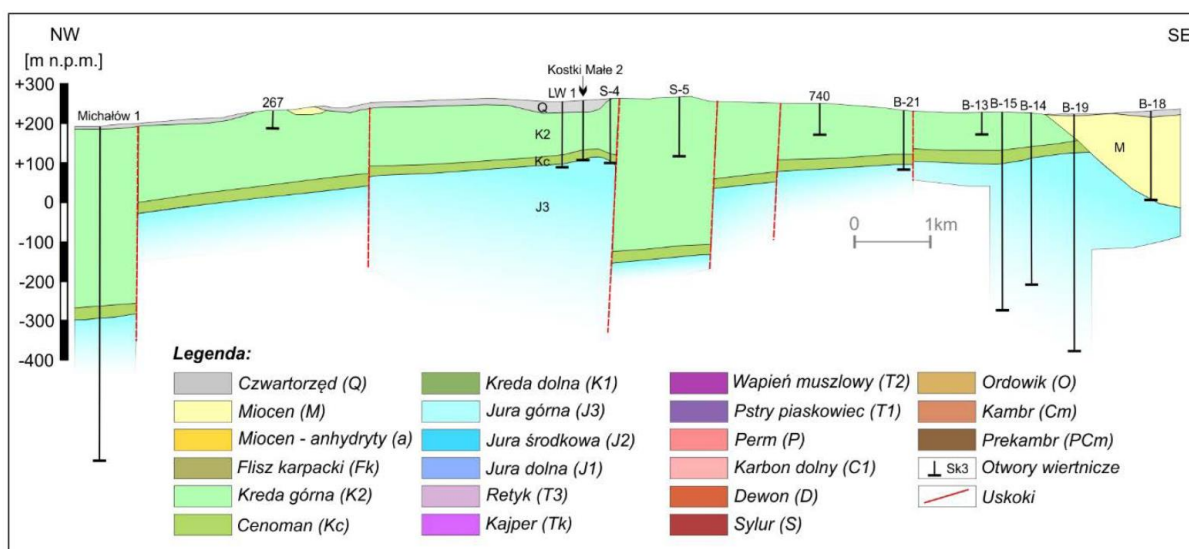


Fig. 8.23. Przekrój hydrogeologiczny rejonu Buska-Zdroju (na podst. Dendys, 2018 za Szczęśniak-Szlagowską i Kaselą, 2011)

Wody lecznicze występują w utworach jury górnej i kredy górnej. Zbiornik jurajski tworzą skrasowiałe, spękane i zwietrzałe wapień i dolomity oksfordu i kimerydu. Jest to niejednorodny poziom wodonośny o zróżnicowanej zasobności, uzależnionej od występujących lokalnie zjawisk krasowych, dolomityzacji i szczelinowatości. Kredowy zbiornik wód leczniczych tworzą osady cenomanu, lokalnie – na przykład w rejonie Solca-Zdroju, Wełnina i Dobrowody – będące w więzi hydraulicznej z górnourajskim poziomem wodonośnym. Współczynnik filtracji piaskowców cenomanu wynosi od 10^{-6} do 10^{-5} m/s, zaś utworów węglanowych jury górnej od 10^{-7} do 10^{-4} m/s i maleje wraz ze wzrostem głębokości wskutek kompaktacji. Szacuje się, że krążenie wód ustaje na głębokości 80–120 m. Obszary zasilania i kierunki przepływu wód leczniczych nie są jednoznacznie wyjaśnione z uwagi na nierozpoznaną rolę uskoczków w przewodzeniu wody. Pod względem hydrochemicznym występujące tu wody zalicza się przeważnie do wód siarczkowych typu Cl–Na o mineralizacji ogólnej od kilku do kilkudziesięciu g/dm³. Pod względem genetycznym są to wody reliktowe, zmieszane z wodami infiltracyjnymi, przenikające do systemu wodonośnego przed czwartorzędem. Wieloletnia, w ostatnich latach intensywna, eksploatacja wód leczniczych powoduje zmianę naturalnych ciśnień piezometrycznych, w tym zmianę naturalnych warunków drenażu.

Na części obszaru kredowy system wodonośny został uznany za Główny Zbiornik Wód Podziemnych – GZWP nr 409 Niecka Miechowska (część SE). Wody podziemne zbiornika odznaczają się dobrym stanem chemicznym i zalicza się je do II i III klasy jakości

(Kaczorowski i in., 2015). Zbiornik jest podatny lub bardzo podatny na antropopresję, stąd zaproponowano niemal w całości objęcie go obszarem ochronnym.

W rejonie Buska-Zdroju i Solca-Zdroju oraz na obszarach przyległych znajduje się kilkanaście punktów obserwacyjno-badawczych wód podziemnych, wchodzących w skład sieci monitoringowej prowadzonej przez psh. W niektórych z nich obserwacje zmian głębokości położenia zwierciadła wody są wykonywane od początku lat 80. XX w. Punkty badawcze są zlokalizowane w Busku-Zdroju (wody lecznicze) oraz w miejscowościach: Chroberz, Wiślica, Lubasz, Stary Korczyn, Cudzynowice, Grabki Duże, Kazimierza Mała, Pińczów, Pieczonogi i Michałów.

Do włączenia do sieci monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni planuje się następujące ujęcia:

- B-13 i B-19 (złoże Busko II);
- C-1 (złoże Busko-Północ);
- LW-1 (złoże Las Winiarski);
- Szyb Solecki (złoże Solec-Zdrój);
- Welmin (złoże Welmin);
- Szyb Gadawa.

8.8.3. Niecka podhalańska

Budowa geologiczna niecki podhalańskiej i warunki hydrogeologiczne występowania wód termalnych zostały przedstawione w rozdz. 8.7 dotyczącym zbiorników transgranicznych.

Do włączenia do sieci monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni planuje się następujące ujęcia:

- Białka Tatrzańska GT-1;
- Bukowina Tatrzańska PIG/PNiG-1;
- Chochołów PIG-1;
- Bańska PGP-1;
- Szymoszkowa GT-1;
- Zakopane IG-1.

8.8.4. Rów Nysy Kłodzkiej w rejonie Gorzanowa

Obszar ten jest położony w Sudetach, w obrębie rowu górnej Nysy Kłodzkiej, w pobliżu jego granicy z metamorfikiem orlicko-śnieżnickim (fig. 8.24). Rów ten jest wypełniony utworami kredy górnej: cenomanu i turonu. Osady cenomańskie, których strop występuje na głębokości około 150–230 m, są wykształcone przede wszystkim jako piaskowce. Powyżej nich zalegają margle turonu, niekiedy mocno spękane, rozdzielone piaskowcami ciosowymi. W stropie utwory margliste są niejednorodne i zawierają wkładki iłowców, wapieni i piaskowców (facja fliszowa). Osady kredowe są lokalnie przykryte utworami czwartorzędowymi: madami, piaskami i żwirami stożków napływowych, glinami zwałowymi, lessami i aluwiami. Głównym elementem tektoniki omawianego obszaru są uskoki ograniczające rów górnej Nysy Kłodzkiej oraz tnące kompleks kredowych skał osadowych rowu, spośród których najważniejszym dla występowania wód leczniczych jest uskoki Pstrążna–Gorzanów. Uskokom tym towarzyszą fleksury i zafałdowania.

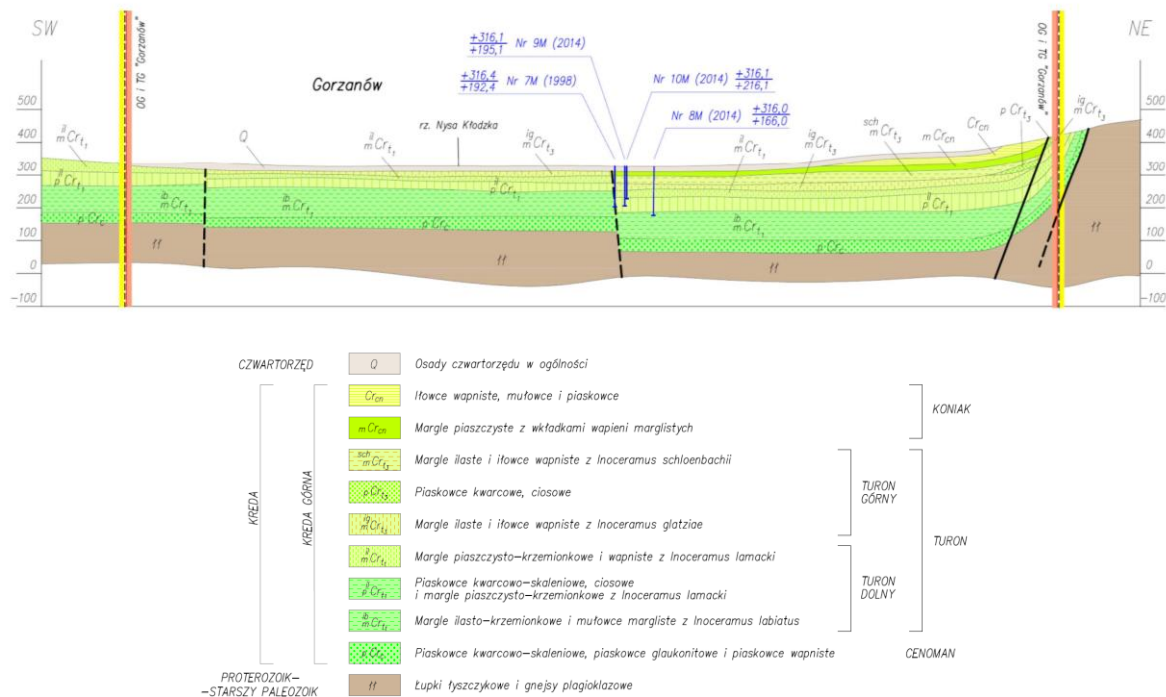


Fig. 8.24. Przekrój geologiczny rejonu Gorzanowa (na podst. Ciężkowskiego i in., 2016b za Grocholską i Grocholskim, 1958 oraz Cwojdziańskim, 1979)

Podobnie jak w dorzeczu Popradu wody lecznicze współwystępują tu ze zwykłymi wodami podziemnymi. Poziom wodonośny występuje w utworach cenomanu i turonu, połączonych ze sobą w strefach zaburzeń tektonicznych. Piętro to ma charakter szczelinowo-porowy (cenoman) lub szczelinowy (turon), a poszczególne poziomy wodonośne odznaczają

się wspólną powierzchnią piezometryczną, przy czym w piętrze panują warunki artezyjskie lub subartezyjskie. Piętro kredowe jest zasilane w wyniku bezpośredniej infiltracji wód opadowych na wychodniach utworów wodonośnych oraz w strefach dużego zaangażowania tektonicznego. Przepływ wód podziemnych odbywa się w kierunku doliny Nysy Kłodzkiej, która ma charakter drenujący. Pod względem hydrochemicznym występujące tu wody zalicza się do szczaw typu $\text{HCO}_3\text{-Ca-(Mg)}$ o mineralizacji ogólnej od poniżej 1 g/dm^3 do około 3 g/dm^3 . Wody lecznicze w Gorzanowie są wydobywane na potrzeby miejscowej rozlewni wód butelkowanych, natomiast współwystępujące z nimi wody zwykłe są eksploatowane przez wodociąg w Bystrzycy Kłodzkiej.

Na części obszaru system wodonośny został uznany za Główny Zbiornik Wód Podziemnych – GZWP nr 341 Niecka wewnątrzsudecka Kudowa-Zdrój–Bystrzyca Kłodzka. W jego granicach wody podziemne odznaczają się dobrym stanem chemicznym i zostały zaliczone do II klasy jakości (Serafin i in., 2015). Ponieważ zbiornik na przeważającym obszarze jest bardzo mało podatny na antropopresję proponowany obszar ochronny wyznaczono jedynie na powierzchni około 24 km^2 .

W okolicy Gorzanowa znajduje się kilka punktów ogólnokrajowego monitoringu wód podziemnych, prowadzonego przez psh. Jeden z nich jest zlokalizowany w Gorzanowie, pozostałe znajdują się m.in. w Starym Waliszowie, Bystrzycy Kłodzkiej, Polanicy-Zdroju i Młotach.

Do włączenia do sieci monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin planuje się następujące ujęcia:

- 7M (złoże Gorzanów);
- Wielka Pieniawa (złoże Polanica-Zdrój)[
- Hanna 2 (złoże Stara Łomnica);
- nr 4 (złoże Stary Wielisław);
- nr 1 (złoże Szczawina).

8.8.5. Rejony o stwierdzonej dużej zmienności parametrów fizyczno-chemicznych i hydrodynamicznych wód leczniczych

Wyniki prac prowadzonych przez psg w latach 2015–2018 (Felter i in., 2018b) wykazały, że wody lecznicze z wielu złóż charakteryzują się znaczną zmiennością parametrów fizyczno-chemicznych i hydrodynamicznych. Do tej grupy zalicza się m.in. złoża w Długopolu-Zdroju, Dusznikach-Zdroju, Horyńcu-Zdroju, Iwoniczu-Zdroju, Polanicy-

Zdroju, Rymanowie-Zdroju i Szczawnie-Zdroju. W niniejszym rozdziale przedmiotowe zagadnienie omówiono na przykładzie złoża wód leczniczych w Rymanowie-Zdroju.

Rymanów-Zdrój jest położony w obrębie wschodniej części polskich Karpat fliszowych, w jednostce śląskiej, w środkowej części centralnej depresji karpackiej. Utwory fliszu paleogeńskiego (eocen–oligocen) budujące ten teren należą do struktury tektonicznej zwanej antykliną Iwonicza-Zdroju–Rudawki Rymanowskiej. W profilu geologicznym dominują warstwy krośnieńskie, warstwy hieroglifowe i piaskowce ciężkowickie z wkładkami łupków pstrych (eocen–paleocen) oraz warstwy istebniańskie (paleocen–kreda). Na powierzchni terenu występują lokalnie utwory czwartorzędowe, głównie w postaci glin zwietrzelinowych oraz tarasowych osadów aluwialnych.

Wody lecznicze występują w obrębie czterech serii piaskowców ciężkowickich, głównie w drugich piaskowcach ciężkowickich, odizolowanych od siebie warstwami łupków ilastych. W obrębie złoża wody lecznicze i zwykłe współwystępują ze sobą, a ścisła granica pomiędzy nimi jest trudna do ustalenia. Poziom wodonośny ma charakter szczelinowo-porowy, a zwierciadło wody występuje na różnych głębokościach i ma zazwyczaj charakter napięty. Wody lecznicze zalicza się do poligenetycznych, zawierających składową infiltracyjną. Przepływ wód podziemnych zachodzi w kierunku dolin rzecznych, pełniących rolę lokalnych baz drenażu.

Złoże wód leczniczych zostało udostępnione trzema źródłami oraz sześcioma otworami wiertniczymi, wykonanymi w latach 1959–2012. Szczegółowe informacje o ww. ujęciach przedstawiono w tab. 8.10, a ich lokalizację obrazuje fig. 8.25.

Ujęte wody pod względem hydrochemicznym reprezentują typ Cl–HCO₃–Na, HCO₃–Cl–Na lub Cl–Na, z zawartością jodków oraz w przypadku niektórych ujęć, dwutlenku węgla w stężeniach farmakodynamicznie czynnych. Mineralizacja ogólna wód mieści się w przedziale od 3,4 do 22,0 g/dm³. Pod względem genetycznym wody te stanowią wieloskładnikową mieszaninę wód pochodzenia infiltracyjnego należących do lokalnego systemu przepływu oraz reliktowych wód morskich zmienionych diagenetycznie i wód dehydratacyjnych uwalnianych z minerałów ilastych fliszowych kompleksów łupkowych regionalnego systemu przepływu. Wody lecznicze Rymanowa-Zdroju są praktycznie pozbawione trytu, stąd stopień zagrożenia ich zasobów zanieczyszczeniami pochodzenia antropogenicznego uznaje się za niski lub średni.

Tab. 8.10. Charakterystyka ujęć wód leczniczych Rymanowa-Zdroju
(na podst. Banku MINERALNE)

Nazwa	Rok wyk.	Głęb. [m]	Gł. zafiltr. [m]	Gł. zw. statycznego [m p.p.t.]	Mineralizacja wody [g/dm ³] Typ chemiczny wody	Zasoby ekspl. [m ³ /h] Depresja [m]	Stan ujęcia
Tytus, Klaudia, Celestyna	-	-	-	0,0	8,0–8,3 Cl–HCO ₃ –Na, CO ₂ ,I	0,675 -	czynne
RZ-1	1959	530,4	394,8–524,8	60,2	22,0 Cl–Na,I	1,0 60,0	nieczynne
RZ-2	1969	600,0	403,0–417,0 545,7–588,0	+3,1	8,1 HCO ₃ –Cl–Na,I	0,2 samowypływ	czynne
RZ-4	1977	400,0	186,0–253,0 320,7–389,4	35,0	6,5 Cl–HCO ₃ –Na,I	1,6 88,0	czynne
RZ-5	1977	562,0	554,3–559,0	+10,0	6,4 HCO ₃ –Cl–Na,CO ₂ ,I	6,0 10,0	czynne
RZ-6	1981	250,0	168,3–238,2	+34,3	3,4 Cl–HCO ₃ –Na,CO ₂ ,I	4,0 samowypływ	czynne
RZ-7	2012	178,0	155,0–176,0	+33,6	3,4 Cl–HCO ₃ –Na,CO ₂ ,I	6,1 16,3	czynne

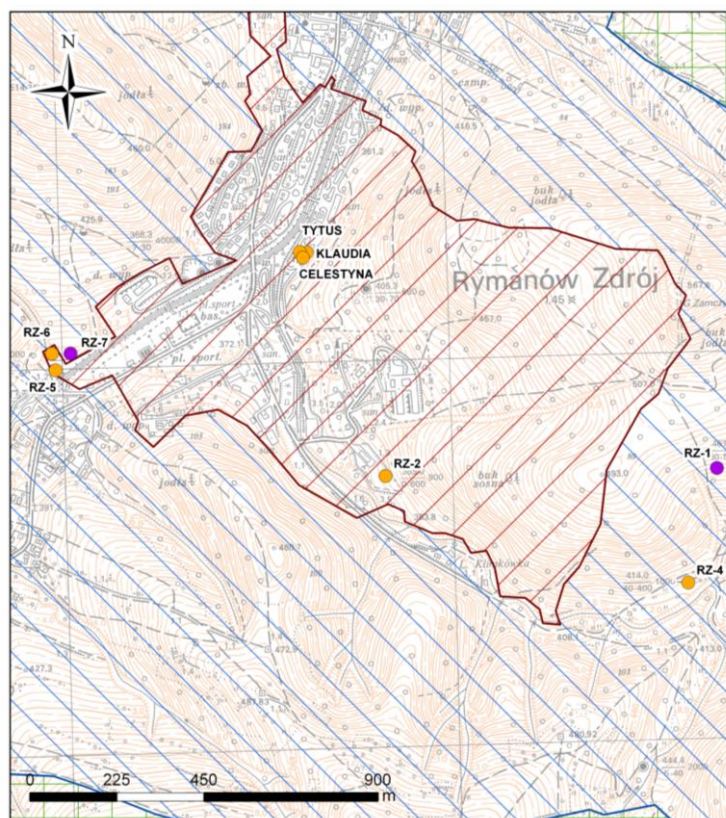


Fig. 8.25. Lokalizacja ujęć wód leczniczych w Rymanowie-Zdroju

Według stanu na koniec 2020 r. łączne zasoby eksploatacyjne ujęć wód leczniczych w Rymanowie-Zdroju wynosiły 19,6 m³/h, natomiast oszacowane zasoby dyspozycyjne wód kwasowęglowych i szczaw o powierzchni 15,0 km² ustalono w wysokości 1410,0 m³/d (58,75 m³/h), tj. niemal trzykrotnie wyższej niż łączne zasoby eksploatacyjne ujęć zlokalizowanych na tym obszarze. Wydobycie wód w okresie 2000–2019 systematycznie spada, obniżając się o około 50%, co wynika ze spadku zapotrzebowania na wody lecznicze. W 2000 r. pobór wód przekroczył 24,5 tys. m³, natomiast w 2019 r. wynosił około 10 tys. m³. Stopień wykorzystania zasobów eksploatacyjnych ujęć jest stosunkowo niewielki i w 2019 r. wyniósł 5,8%, przy czym niemal 50% łącznego poboru wód leczniczych pochodzi z ujęcia RZ-5.

Statystyczną ocenę parametrów fizyczno-chemicznych wód leczniczych przeprowadzono dla otworów: RZ-2, RZ-4, RZ-5, RZ-6 oraz źródeł: Tytus, Klaudia i Celestyna. Zestawione w tab. 8.11 dane dotyczące źródeł wskazują, że mineralizacja ogólna oraz zawartość większości składników wód – jonów głównych i jodków, stanowiących składnik swoisty wód, ulegały na przestrzeni lat 1947–2015 stosunkowo niewielkim wahaniom, określonym – na podstawie współczynnika zmienności (<4%) – jako małe. Dwutlenek węgla i jony magnezu charakteryzowały się przeciętną zmiennością, a omawiany parametr w ich przypadku nieznacznie przekraczał 20%. Wyjątek stanowią jony siarczanowe, w przypadku których dla analizowanego zbioru współczynnik zmienności wynosił ponad 100%, co świadczy o bardzo dużej lub skrajnie dużej zmienności jego stężeń.

Od przełomu lat 70. i 80. XX w. stężenia siarczanów w wodach ze źródeł są wyraźnie niższe – na ogół kilkadziesiąt razy niższe. Podobne zjawisko zanotowano także w wodach z otworu RZ-2. Prawdopodobną przyczyną zmian zawartości siarczanów w wodach jest wpływ eksploatowanego samoczynnie ujęcia RZ-2, wykonanego w 1969 r. i uruchomionego na początku lat 70. XX w. Współczynniki zmienności stężeń siarczanów w wodach ze źródeł obliczone dla krótszych przedziałów czasu (od przełomu lat 70. i 80. XX w. do 2015 r.) wskazują na ich przeciętną zmienność.

Zawartość jonów jodkowych w wodach źródeł w analizowanym wieloleciu mieściła się w granicach od 1,8 mg/dm³ do 4,9 mg/dm³, średnio 3,6–3,7 mg/dm³. Wartości średnie dla lat 2000–2015 są nieznacznie niższe i wynoszą 3,2–3,3 mg/dm³. Zawartość rozpuszczonego w wodach dwutlenku węgla zmienia się w stosunkowo szerokim zakresie od 385 do 1716 mg/dm³, średnio wynosi 925–1027 mg/dm³. Wartości średnie z lat 2000–2015 są wyraźnie wyższe od uzyskanych dla całego wielolecia 1947–2015.

Mineralizacja ogólna wód zmieniała się w niewielkim zakresie, od 6598 mg/dm³ (źródło Tytus) do 8925 mg/dm³ (źródło Celestyna). Średnia wartość mineralizacji ogólnej w analizowanym wieloleciu wynosiła od około 8220 mg/dm³ w przypadku wód ze źródeł Klaudia i Tytus do 8460 mg/dm³ w przypadku źródła Celestyna. Średnie arytmetyczne mineralizacji ogólnej dla okresu obejmującego lata 2000–2015 były wyraźnie niższe i wynosiły odpowiednio około 7980 mg/dm³ (źródło Tytus), 8000 mg/dm³ (źródło Klaudia) i 8230 mg/dm³ (źródło Celestyna).

Tab. 8.11. Charakterystyka statystyczna badanych parametrów wód leczniczych Rymanowa-Zdroju (na podst. Felter i in., 2018b)

Składnik	Lata	Licz. zbioru danych	Wartość min.	Wartość max.	Średnia arytm.	Mediana	Odchyl. standard.	Wsp. zmienności
			[mg/dm ³]					
Celestyna								
Mg	1947–2015	58	0,25	35,40	25,26	26,50	5,77	23
Ca		58	82,69	182,50	158,92	160,41	13,26	8
K		56	31,00	57,00	45,21	45,95	5,85	13
Na		58	2481,00	2900,00	2713,81	2700,00	95,31	4
Cl		58	3439,00	3961,30	3690,39	3687,00	121,59	3
HCO ₃		58	1483,00	1682,80	1613,67	1620,00	38,74	2
Min. og.		58	7862,00	8925,10	8459,58	8482,00	218,84	3
I		58	2,60	4,85	3,67	3,69	0,42	12
CO ₂		58	385,00	1588,00	924,59	963,00	243,06	26
SO ₄		54	0,60	43,60	8,57	1,08	12,39	144
	1982–2015	35	0,78	2,00	1,09	1,00	0,29	27
Klaudia								
Mg	1947–2015	58	12,30	43,00	25,23	24,01	6,02	24
Ca		58	141,30	182,00	161,07	162,70	8,61	5
K		56	30,80	92,27	44,81	44,30	8,70	19
Na		58	2357,00	2788,00	2636,03	2620,00	91,70	3
Cl		58	3111,00	3759,00	3590,75	3598,00	125,88	4
HCO ₃		58	1446,13	1698,00	1578,86	1568,00	46,87	3
Min. og.		58	7621,05	8566,00	8236,63	8263,00	222,22	3
I		58	1,79	4,70	3,58	3,60	0,44	12
CO ₂		57	523,00	1604,00	964,30	968,00	232,43	20
SO ₄		54	0,54	39,20	6,18	1,00	10,24	166
	1979–2015	38	0,54	2,00	0,99	1,00	0,28	29
Tytus								
Mg	1947–2015	57	14,80	38,50	24,18	23,70	5,03	21
Ca		57	140,30	186,05	159,68	158,70	8,33	5
K		53	30,00	58,00	44,40	45,00	5,44	12
Na		57	2377,00	2800,00	2635,11	2650,00	100,69	4
Cl		57	3298,00	3819,00	3600,17	3597,00	119,74	3
HCO ₃		57	1434,00	1770,00	1587,10	1586,00	50,40	3
Min. og.		57	6598,00	8703,00	8189,62	8283,00	379,21	3
I		57	3,00	4,60	3,59	3,60	0,35	10
CO ₂		57	574,00	1716,00	1027,45	1031,50	202,59	20
SO ₄		52	0,80	53,80	7,20	1,10	11,73	163
	1980–2015	37	0,80	3,00	1,18	1,0	0,45	38

W ramach realizacji zadania (Felter i in., 2018b) przeprowadzono analizę tendencji zmian w czasie wybranych parametrów dla zbioru danych z lat 1947–2015. Istotnie statystycznie dopasowania prostych regresji liniowej (wartość $p < 0,05$) dla całego zbioru danych we wszystkich omawianych źródłach uzyskano dla dwutlenku węgla – rosnące oraz jodków – malejące. Ponadto w przypadku źródła Celestyna dopasowanie linii trendu istotnie różne od zera uzyskano dla jonów sodu, chlorków i wodorowęglanów, a w przypadku źródła Tytus dla mineralizacji ogólnej. Biorąc pod uwagę dokładność dopasowania linii trendów ($R^2 \geq 0,5$) znaczące trendy malejące uzyskano jedynie w przypadku jonów sodu i chlorków w ujęciu Celestyna i sodu w ujęciu Tytus oraz znaczący trend rosnący w przypadku dwutlenku węgla w ujęciu Klaudia (dopasowanie bardzo dobre, $R^2 > 0,9$). Współczynniki kierunkowe linii trendów wskazują na niezbyt dużą intensywność zmian. Ponieważ wyżej opisaną analizą objęto bardzo długi odcinek czasu przeprowadzono także obliczenia dla danych pochodzących z okresu 2000–2015. Znaczące trendy malejące uzyskano dla stężeń sodu i mineralizacji ogólnej w źródle Klaudia oraz dla sodu w ujęciu Tytus. W przypadku mineralizacji ogólnej nie stwierdzono zagrożenia spadkiem tego parametru poniżej wartości granicznej do 2030 r. (brak trendu krytycznego). Wykazana zmienność danych w czasie i nachylenia wyznaczonych linii trendów wskazują na proces demineralizacji wód, przy jednoczesnym wzroście zawartości dwutlenku węgla. Rozkład danych w czasie wskazuje na intensyfikację procesów po 2000 r.

Dla wszystkich parametrów określających typ chemiczny wód ze źródeł Celestyna, Klaudia, Tytus oraz decydujących o ich właściwościach leczniczych wyznaczono zakres dopuszczalnych wahań. Dla głównych makroskładników określających typ chemiczny wód – jonów sodu, chlorkowych i wodorowęglanowych średnie arytmetyczne parametrów przyjęły wartości wyższe od wartości progowej wynoszącej 20% mval. Również dolne granice dopuszczalnych wahań dla dwóch pierwszych parametrów były wyższe od tej wartości, natomiast dla wodorowęglanów niższe. W ciągu ostatnich lat nie stwierdzono wartości jonów wodorowęglanowych poniżej 20% mval lecz rozkład statystyczny wskazuje na znaczne prawdopodobieństwo wystąpienia tego rodzaju sytuacji, dlatego też składnik ten powinien być poddawany systematycznej kontroli. Przedziały dopuszczalnej zmienności stężeń poszczególnych parametrów wód są stosunkowo duże i wynoszą do $\pm 3\%$ w przypadku jonów chlorkowych i sodowych, 6–7% w przypadku mineralizacji ogólnej, 5–11% w przypadku wodorowęglanów, 20–45% w przypadku jonów jodkowych i 50–60% dla dwutlenku węgla. Najmniejsze przedziały zmienności parametrów wód odnoszą się na ogół do ujęcia Celestyna, zaś największe do źródła Klaudia.

Analizę zmienności stężeń poszczególnych składników wód leczniczych wydobywanych otworami omówiono na przykładzie ujęcia RZ-2. W badaniach uwzględniono dane z wielolecia 1969–2015. Dopasowanie pojedynczej, prostej linii trendu uzyskano jedynie dla wodorowęglanów (istotny statystycznie trend rosnący), lecz dopasowanie prostej do danych było słabe ($R^2 < 0,5$), co oznacza, że trend ten nie był znaczący. W przypadku pozostałych składników, tj. jonów chlorkowych, siarczanowych, sodowych, wapniowych, magnezowych i jodkowych oraz mineralizacji ogólnej zastosowano dopasowanie linii łamanej. Dla jonów siarczanowych, chlorkowych, magnezowych, sodowych i jodkowych w pierwszym odcinku czasowym zaobserwowano istotny statystycznie bardzo ostry trend malejący, którego charakter po 1989 r. dla siarczanów i po 1972 r. dla pozostałych składników uległ odwróceniu, przybierając formę linii o niemal poziomym przebiegu, o nieistotnym statystycznie charakterze. Tendencja zmian określona na podstawie zbioru danych z lat 2000–2015 wykazała występowanie znaczących trendów rosnących dla jonów magnezu, sodu, chlorków i mineralizacji ogólnej.

Zakresy dopuszczalnych wahań, podobnie jak w przypadku źródeł, wyznaczono dla parametrów określających typ chemiczny wód i ich właściwości lecznicze, z wyjątkiem chlorków i wodorowęglanów, w przypadku których stwierdzono występowanie trendów. Wyznaczone granice zakresów dopuszczalnych wahań mieszczą się powyżej wartości progowych. Największymi przedziałami dopuszczalnych wahań charakteryzują się mineralizacja ogólna ($\pm 21\%$) i jodki ($\pm 11\%$), natomiast największą stabilnością odznacza się zawartość sodu ($\pm 0,8\%$).

Omówione szeroko wyniki prac badawczych wykonanych przez psg (Felter i in., 2018b) wykazały, iż w wodach ze źródeł Celestyna, Klaudia i Tytus jest zauważalny niewielki, aczkolwiek systematyczny spadek mineralizacji ogólnej oraz zmniejszanie się zawartości głównych jonów i jodków. Wraz ze stopniowym, powolnym, wysładzaniem się wód następuje wzrost zawartości dwutlenku węgla. Prawdopodobnie w złożu zachodzi zjawisko szcerpania wysokozmineralizowanych wód synsedymencyjnych i/lub dehydracyjnych o nieodnawialnych zasobach i jednoczesnym uruchomieniu dopływu „młodszych” wód infiltracyjnych. Wpływ na zmienność składu chemicznego wód prawdopodobnie ma również długotrwała eksploatacja okolicznych ujęć otworowych. W przypadku otworu RZ-2 zmienność stężeń głównych składników wód oraz jej mineralizacji ogólnej jest znaczna, na co wskazują zarówno wartości podstawowych statystyk, jak również wyznaczone granice dopuszczalnych wahań. Analiza krótkoczasowych trendów wskazała na istnienie znaczących trendów rosnących m.in. dla sodu, chlorków

i mineralizacji ogólnej. Wskazuje to, iż obserwowana w początkowym okresie eksploatacji ujęcia bardzo silna demineralizacja wód obecnie nie zachodzi.

Do włączenia do sieci monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni planuje się następujące ujęcia:

- Emilia (złoże Długopole-Zdrój);
- Pieniawa Chopina (złoże Duszniki-Zdrój);
- Róża III (złoże Horyniec);
- Elin-7 i Lubatówka 12 (złoże Iwonicz);
- Wielka Pieniawa (złoże Polanica-Zdrój);
- Tytus i RZ-6 (złoże Rymanów);
- Mieszko (złoże Szczawno-Zdrój).

8.8.6. Rejony górnictwa podziemnego i odkrywkowego

Działalności górniczej zazwyczaj towarzyszy głębokie odwadnianie górotworu na znacznej powierzchni. Drenaż górniczy wpływa negatywnie na stan ilościowy zasobów wód podziemnych, w tym wód podziemnych zaliczonych do kopalni, oraz na ich stan chemiczny. Odwadnianie kopalń powoduje obniżenie głębokości występowania zwierciadła wód podziemnych, zanik samowypływów, odwrócenie kierunków przepływu wód podziemnych, a niekiedy całkowite osuszenie warstw wodonośnych. Wraz ze zmianą warunków hydrodynamicznych przeobrażeniu ulegają właściwości fizyczno-chemiczne wód. W przypadku wód leczniczych wpływ działalności górniczej zaobserwowano na przykład w Goczałkowicach-Zdroju (Ciężkowski, 1990; Paczyński, Płochniewski, 1996; Ciężkowski i in., 2004; Ciężkowski red., 2007; Rózkowski, 2008). Niekiedy efektem drenażu górniczego była całkowita degradacja złoża, m.in. w wyniku działalności kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) zniszczeniu uległy złoża wód leczniczych w Jastrzębiu-Zdroju i Kokoszycach, a skutkiem wydobywania węgla brunatnego w Kopalni Węgla Brunatnego (KWB) Turów był zanik właściwości leczniczych wód Opolna-Zdroju. Z kolei odwadnianie kopalń węgla kamiennego w Wałbrzychu doprowadziło do spadku mineralizacji ogólnej wód leczniczych w Jedlinie-Zdroju oraz do zniszczenia złoża wód leczniczych w Starym Zdroju (dzielnica Wałbrzycha). Przepuszczalnie stwierdzone w ostatnim okresie zmiany ilościowe zasobów wód termalnych w Kleszczowie są również związane z działaniem rozległego systemu odwadniającego, w tym przypadku złoża węgla brunatnego w rejonie Bełchatowa. Ryzyko środowiskowe oddziaływania górnictwa na wody podziemne jest także związane

z potencjalnym negatywnym wpływem procesu podziemnego zgazowania węgla (Korczak i in., 2016), podczas którego powstają zanieczyszczenia organiczne i nieorganiczne (np. WWA, metale ciężkie, cyjanki, amoniak). Substancje te mogą migrować do wód podziemnych zarówno w czasie samego procesu, jak i po zakończeniu eksploatacji georeaktora podziemnego. Po zakończeniu wydobywania węgla kamiennego na Dolnym Śląsku w 1998 r. wyłączono system odwodnienia i rozpoczęto etap zalewania podziemnych wyrobisk, uruchamiając tym samym szereg przemian fizyczno-chemicznych w środowisku wód podziemnych, związanych m.in. z ograniczeniem odgazowania górotworu (Czabaj, Klich, 2005) i intensyfikacją rozpuszczania ośrodka skalnego. Efektem tych zmian był wzrost mineralizacji ogólnej wód leczniczych Szczawna-Zdroju (Kiełczawa, Liber-Makowska, 2018).

Opisany powyżej wpływ działalności górniczej na zasoby wód podziemnych zaliczonych do kopalni jest wyraźny, a charakter zmian zachodzących w systemie woda–skała (woda–gaz–skała) jest wielowymiarowy i dynamiczny. W związku z powyższym objęcie w I etapie szczegółowym monitoringiem złóż wód leczniczych, termalnych i solanek położonych w rejonach wielkoskalowego, intensywnego górnictwa podziemnego i odkrywkowego, jest niezwykle istotne. W celu określenia potencjalnego wpływu działalności górniczej na złoża wód podziemnych zaliczonych do kopalni tworząc sieć obserwacyjną należy, obok wskazań przedstawionych w rozdziale 8.4, uwzględnić lokalizację punktów pomiarowo-kontrolnych na drodze dopływu wód do ujęć z rejonu kopalń i – w zależności od lokalnych uwarunkowań geologicznych i hydrogeologicznych – w rejonach zrzutów wód kopalnianych do wód powierzchniowych. Lokalizację takich punktów (nowych lub współdzielonych z siecią monitoringu kopalnianego) należy uzgodnić z użytkownikami kopalń. Zgodnie z obowiązującym prawem monitoring zasobów wodnych w rejonie kopalń jest prowadzony i nadzorowany przez podmioty gospodarcze odpowiedzialne za eksploatację, a jego wyniki są raportowane do urzędów odpowiedzialnych za realizację zadań z zakresu ochrony środowiska.

Wybór lokalizacji punktów powinien być poprzedzony analizą dotychczasowych wyników badań monitoringowych prowadzonych przez kopalnie oraz dostosowany do przyszłych zamierzeń w zakresie działalności górniczej na danym obszarze. Analiza wyników monitoringu w otoczeniu kopalń pozwoli m.in. na ocenę rozwoju leja depresji oraz na identyfikację zmian wartości wskaźników zanieczyszczeń (Dubicki i in., 2010; Korczak i in., 2016), co będzie miało znaczenie dla efektywnego zaprojektowania parametrów planowanej do utworzenia sieci obserwacyjnej i zakresu wykonywanych w niej badań.

Planuje się objęcie monitoringiem następujące złoża wód podziemnych zaliczonych do kopalin położone w rejonach obecnego i byłego górnictwa podziemnego i odkrywkowego:

- Goczałkowice-Zdrój (GZW) → ujęcie GN-1;
- Ustroń (GZW) → ujęcie U-3;
- Jaworze (GZW) → ujęcie Jaworze IG-2;
- Dębowiec (GZW) → ujęcie D-2;
- Zabłocie (GZW) → ujęcie Korona;
- Krzeszowice (GZW) → Zdrój Główny;
- Kleszczów (KWB Bełchatów) → ujęcie Kleszczów GT-1;
- Szczawno-Zdrój (d. DZW) → ujęcie Mieszko;
- Jedlina-Zdrój (d. DZW) → ujęcie J-600.

Streszczenie

Koncepcja monitoringu jest pierwszym krokiem w kierunku objęcia wód leczniczych, termalnych i solanek państwową siecią obserwacji stacjonarnych. Jednym z jej głównych elementów jest określenie celów strategicznych planowanego monitoringu, czyli zbioru najważniejszych kwestii związanych z prowadzeniem badań monitoringowych, zawierającej cel planowanego monitoringu, ramy organizacyjne sieci oraz szereg działań niezbędnych do zrealizowania przed uruchomieniem monitoringu. Głównym celem wprowadzenia monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin jest dostarczenie danych niezbędnych do oceny ilościowej i jakościowej zasobów wód leczniczych, termalnych i solanek w granicach ich złóż na potrzeby racjonalnego gospodarowania ich zasobami, a także ochrony środowiska. Elementy kluczowe monitoringu określone w koncepcji to m.in.:

- źródła pozyskiwania danych;
- sposób gromadzenia danych;
- struktura systemu monitoringu;
- wskazania do programu sieci obserwacyjno-badawczej;
- wykonawca monitoringu;
- kryteria reprezentatywności (przestrzennej i czasowej) sieci monitoringu;
- zakres monitoringu (ilościowy i jakościowy);
- etapowość wdrażania sieci monitoringowej.

Doświadczenie w organizacji i prowadzeniu ogólnokrajowego monitoringu zwykłych wód podziemnych oraz zasób wykwalifikowanej kadry sprawiają, iż jednostką odpowiedzialną za objęcie wód leczniczych, termalnych i solanek państwową siecią obserwacji uznano PIG-PIB. Monitoring wód podziemnych zaliczonych do kopalin zakłada prowadzenie obserwacji w obrębie wszystkich złóż, których liczba według stanu na koniec 2020 r. wynosi 146. Lokalizacja, liczba i warunki jakie powinny spełniać punkty monitoringowe będą dostosowane do specyfiki każdego złoża. Szczegółowe określenie zasad (kryteriów) reprezentatywności i parametrów sieci monitoringu, mające charakter zestandaryzowanych wytycznych, nie jest możliwe. Kryteria reprezentatywności (przestrzennej i czasowej), indywidualne dla każdego złoża, powinien określać program monitoringu (opracowanie o charakterze wykonawczym). Gęstość punktów i częstotliwość badań należy różnicować w zależności od stopnia skomplikowania warunków hydrogeologicznych, rodzaju struktury wodonośnej, stopnia odnawialności zasobów i obecności strefy zasilania w granicach złoża. Szacunkowa liczba punktów monitoringowych w początkowym okresie funkcjonowania sieci

wynosi około 200–250. W większości rolę punktów badawczych będą pełnił istniejące ujęcia: ujęcia produkcyjne (eksploatowane lub przystosowane do eksploatacji, czynne lub nieużywane, piezometry). Punkty badawcze tworzące sieć monitoringu będą więc charakteryzować się znacznym zróżnicowaniem, zarówno jeśli chodzi o ich rodzaj, rozwiązania konstrukcyjne oraz stan techniczny i intensywność użytkowania. W skład sieci wejdą: źródła, studzienne otwory wiertnicze, głębokie otwory wiertnicze, ujęcia wód podziemnych składające się z szybów, sztolni i/lub chodników, piezometry. Przydatność ujęć do celów monitoringowych będzie wymagać każdorazowej analizy. W koncepcji podano jedynie ogólne warunki, jakie powinny spełniać punkty monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek. Zaproponowano również zakres i częstotliwość pomiarów monitoringu ilościowego i jakościowego, a także założenia metodyczne ich wykonywania. Na obszarach występowania szczaw i wód kwasowęglowych założono prowadzenie monitoringu stężenia dwutlenku węgla w powietrzu glebowym. Monitorowanie zawartości CO₂ w powietrzu glebowym jest istotne w kontekście ochrony stanu ilościowego zasobów wód zawierających wolny dwutlenek węgla. W przypadku określania zawartości CO₂ w wodach zakłada się obliczenie wartości wykładnika gazowego, którego zmiany w czasie mogą wskazywać na procesy zachodzące w złożu. Kolejnym z elementów planowanej sieci obserwacyjno-pomiarowej będzie monitoring zbiorników wód podziemnych zaliczonych do kopalni, w których stwierdzono przepływy transgraniczne. Aktualnie do takich zbiorników zalicza się nieckę podhalańską, będącą jednym z obszarów o najkorzystniejszych warunkach występowania wód termalnych w Polsce, zarazem będącą transgranicznym zbiornikiem geotermalnym o międzynarodowym znaczeniu. Kompleksowa ocena wpływu eksploatacji wód termalnych w obszarach transgranicznych na zasoby i hydrodynamikę całego systemu wodonośnego jest konieczna z uwagi na rosnące zainteresowanie oraz zwiększone wykorzystanie zasobów dyspozycyjnych zbiornika.

Z uwagi na tworzenie sieci obserwacyjnej od podstaw zaproponowano stopniowe (etapowe) uruchomienie monitoringu. W pierwszym etapie sieć monitoringowa będzie miała charakter testowy i będzie obejmować złoża w tzw. obszarach konfliktowych związanych z intensywną eksploatacją (rejon dorzecza Popradu, rejon Buska-Zdroju i Solca-Zdroju, niecka podhalańska, rów Nysy Kłodzkiej w rejonie Gorzanowa), a także złoża o stwierdzonej dużej zmienności parametrów fizyczno-chemicznych i hydrodynamicznych oraz w rejonach górnictwa podziemnego i odkrywkowego. Złoża wytypowane do monitorowania będą charakteryzować się zróżnicowanymi systemami wodonośnymi, będą znajdować się w różnych jednostkach strukturalnych i będą miały udokumentowane różne rodzaje wód podziemnych

zaliczonych do kopalin. Taki sposób doboru złóż na etapie pilotażowym pozwoli na sprawdzenie w praktyce założeń koncepcji w zróżnicowanych warunkach hydrogeologicznych, a zdobyte w ten sposób doświadczenia przełożą się w przyszłości na pozostałe rejony. W kolejnych etapach sieć monitoringowa będzie rozszerzana o pozostałe złoża według listy rankingowej, będącej wynikiem waloryzacji złóż.

9. Kierunki działań PIG–PIB w dziedzinie hydrogeologii w zakresie monitorowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin

Niniejsze opracowanie ma charakter projektu (koncepcji), przedstawiającego aktualny stan w zakresie monitorowania wód podziemnych w kraju, wskazujący konieczność objęcia ogólnokrajowym monitoringiem wód podziemnych zaliczonych do kopalin, nakreślającego ogólne ramy i założenia takiej sieci, analizę jej potrzeb, a także identyfikującego braki w dziedzinie hydrogeologii wód leczniczych, termalnych i solanek, których realizacja jest niezbędna przed właściwym zaprojektowaniem sieci, tak aby jej funkcjonowanie pozwoliło osiągnąć stawiane przed nią cele. Zgodnie z zapisami RDW projekt sieci monitoringowej spełnia program monitoringu. Opracowanie takie powinno powstać w oparciu o założenia niniejszego raportu i wyniki planowanych do realizacji zadań z zakresu hydrogeologii i powinno określać przede wszystkim specyfikacje techniczne i znormalizowane metody analizy i monitorowania wód. W związku z powyższym przed opracowaniem programu monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin konieczna jest realizacja zaproponowanego w niniejszym rozdziale zakresu prac. Proponuje się aby zadania te były realizowane przez psg.

9.1. Analiza ryzyka ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalin

Jednym z elementów ochrony zasobów zwykłych wód podziemnych, eksploatowanych z przeznaczeniem do spożycia, jest opracowanie analizy ryzyka dla ujęcia wody. Obowiązek przeprowadzenia analizy ryzyka wynika z ustawy PW. Ustalenia analizy są podstawą do wyznaczenia strefy ochronnej ujęcia – terenu ochrony pośredniej. Wykonanie analizy ryzyka jest konieczne dla ujęć wód podziemnych wykorzystywanych dla zbiorowego zaopatrzenia w wodę o wydajności powyżej 10 m³/d lub zaopatrujących ponad 50 osób, a także innych ujęć indywidualnych jeżeli woda z nich jest przeznaczona do picia, a jej pobór odbywa się w ramach działalności gospodarczej lub na potrzeby budynków użyteczności publicznej.

Przeprowadzenie analizy ryzyka powinno być także obowiązkowe w przypadku wód podziemnych zaliczonych do kopalin. Analiza ryzyka jest nowym elementem wprowadzonym do praktyki ochrony zasobów wód podziemnych, kluczowym do merytorycznej oceny zasadności przebiegu wyznaczonych granic obszarów górniczych i stref ochrony uzdrowskiej oraz skuteczności poszczególnych form ochrony zasobów złóż. Z tego względu analiza ryzyka powinny zostać wykonane dla wszystkich ujęć wód leczniczych,

termalnych i solanek (istniejących i nowo wykonywanych), a ich ustalenia powinny stanowić jedno z podstawowych kryteriów lokalizacji punktów planowanego monitoringu oraz waloryzacji złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin, wraz z którą powinny być aktualizowane co 10 lat.

Analogicznie dla analizy ryzyka wykonywanej dla wód zwykłych w przypadku wód podziemnych zaliczonych do kopalin powinna ona obejmować ocenę zagrożeń i czynników negatywnie wpływających na jakość wód, a jej przeprowadzenie powinno się opierać na analizie dokumentacji hydrogeologicznych, identyfikacji źródeł zagrożenia wynikających ze sposobu zagospodarowania powierzchni terenu, a także wyników badań fizyczno-chemicznych wód (tab. 9.1). Analiza ryzyka powinna składać się z części tekstowej i graficznej i opierać się na aktualnych wynikach badań i pomiarów hydrogeologicznych. Analiza ryzyka w miarę możliwości powinna zostać wykonana w granicach obszaru spływu wód (OSW) do ujęcia ograniczonego izochroną 25-letniego czasu dopływu wody w warstwie wodonośnej do ujęcia, z uwzględnieniem czasu przesączania wód przez utwory zalegające powyżej ujętej warstwy wodonośnej (oceną naturalnej podatności na zanieczyszczenia). Ponieważ obszar spływu wód do ujęć w przypadku wód podziemnych zaliczonych do kopalin jest często trudny, lub wręcz niemożliwy, do wyznaczenia obszar analizy może obejmować przestrzeń ograniczoną zasięgiem obszaru górniczego lub inny fragment struktury wodonośnej, na przykład obszar modelu hydrogeologicznego jeśli taki był wcześniej opracowany. Zakłada się, że co do zasady obliczenia hydrogeologiczne będą wykonane metodami analitycznymi, z wykorzystaniem wyników badań modelowych jeżeli takie były przeprowadzone. Dla tak określonego obszaru należy przeprowadzić szczegółową inwentaryzację istniejących i potencjalnych ognisk zanieczyszczeń wód podziemnych, charakterystykę stanu zagospodarowania terenu oraz postanowień miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, ewentualnie studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy.

Szczegółowy zakres części tekstowej analizy ryzyka powinien obejmować:

- wstęp;
- charakterystykę techniczną ujęć wód;
- opis przebiegu dotychczasowej eksploatacji ujęć;
- identyfikację JCWPd i zlewni powierzchniowej;
- charakterystykę zagospodarowania powierzchni terenu;

- opis ognisk zanieczyszczeń wód podziemnych, w tym potencjalnych, wraz z określeniem typowych dla nich substancji zanieczyszczających;
- charakterystykę budowy geologicznej złoża;
- opis warunków hydrogeologicznych panujących w złożu;
- identyfikację/wyznaczenie obszaru spływu wody do ujęcia i izochrony 25-letniego czasu dopływu wód do ujęcia w warstwie wodonośnej oraz obszaru zasobowego ujęcia;
- określenie warunków przenikania zanieczyszczeń (obliczenie tempa przenikania zanieczyszczeń);
- ocenę zagrożeń dla jakości i ilości ujmowanych wód;
- ocenę ryzyka dla ujęcia wód wraz z przedstawieniem ewentualnych konsekwencji mogących być następstwem stwierdzonych zagrożeń, a także opisem możliwości ograniczenia tych zagrożeń;
- podsumowanie i wnioski.

Zakres części graficznej analizy ryzyka powinien obejmować m.in.:

- mapę dokumentacyjną z lokalizacją ujęć wód oraz zinwentaryzowanych ognisk zanieczyszczeń;
- mapę naturalnej podatności ujętego poziomu wodonośnego na zanieczyszczenia;
- mapę hydrogeologiczną ujętego poziomu wodonośnego, przedstawiającą układ hydroizohips, obszar spływu wód do ujęcia, izochronę 25-letniego czasu dopływu wód do ujęcia;
- mapę stanu zagospodarowania terenu;
- profile geologiczno-techniczne ujęć wód;
- przekrój hydrogeologiczny przez złożę;
- wyniki analiz właściwości fizyczno-chemicznych wód podziemnych.

Podsumowaniem analizy powinna być ocena poziomu ryzyka, na przykład określona wartością liczbową, będącą iloczynem prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia zagrażającego jakości lub ilości wód, dotkliwości następstw tego zdarzenia i podatności na zanieczyszczenie (Rak, Tchórzewska-Cieślak, 2006; Rak, 2009a, b; Tchórzewska-Cieślak, 2009, 2011, 2017; Witczak i in., 2018; Czop, 2019; Lidzbarski, 2019). Wnioski płynące z analizy, na przykład propozycje ewentualnych działań ochronnych (i ich szacunkowe koszty oraz wpływ na funkcjonowanie lokalnych społeczności), powinny być odniesione do planowanego efektu ekologicznego. Analiza ryzyka powinna wskazywać również dokumentacje hydrogeologiczne wymagające aktualizacji.

Tab. 9.1. Elementy kluczowe analizy ryzyka wraz z wytycznymi do jej sporządzania

Analiza ryzyka		
Elementy kluczowe	Ogólne wytyczne	Wytyczne metodyczne
<ul style="list-style-type: none"> – obszar spływu wód do ujęcia – naturalna podatność warstwy wodonośnej na zanieczyszczenie – identyfikacja zagrożeń 	<ul style="list-style-type: none"> – wykonywane w oparciu o dokumentację hydrogeologiczną – wykonywane na podstawie aktualnych badań i pomiarów terenowych w ujęciach (pomiar głębokości zw. wody, analiza fiz.-chem. wody) – ocena ryzyka – analiza ryzyka i jego ewaluacja – postępowanie z ryzykiem (definiowanie zakazów, nakazów i ograniczeń; wskazania dla monitoringu osłonowego ujęć) 	<ul style="list-style-type: none"> – aktualna mapa hydroizohips – inwentaryzacja ognisk zanieczyszczeń – czas przesiąkania z powierzchni terenu – czas przepływu od ogniska zanieczyszczeń do ujęcia – obliczenia metodami analitycznymi – wykorzystanie wyników badań modelowych

Aktualnie brak jest podstaw prawnych do opracowania analiz ryzyka dla ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalin przez poszczególnych użytkowników ujęć. Wymóg sporządzania analiz ryzyka może zostać wprowadzony jako czynność prowadzona w ruchu zakładu górniczego, co wiązałoby się ze zmianą rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 25 kwietnia 2014 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu zakładów górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi (Dz.U. 2014 poz. 812) lub – w formie skróconej (syntetycznej) – jako element/rozdział dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęć wód leczniczych, termalnych i solanek, co wymagałoby zmiany rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. 2016 poz. 2033). Zaletą propozycji wiążącej analizę ryzyka z dokumentacją hydrogeologiczną jest objęcie przepisem wszystkich ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalin, a nie tylko złóż dla których utworzono zakład górniczy. Ponieważ analiza ryzyka wymaga jednak okresowej aktualizacji, w założeniu niniejszej koncepcji w oparciu o wyniki planowanego monitoringu, oraz z uwagi na konieczność wykonania analiz ryzyka dla wszystkich ujęć według jednolitej metodyki, ostatecznie proponuje się aby ich sporządzenie stanowiło jedno z zadań psg. Zadanie to poprzedzałoby uruchomienie sieci monitoringu, a w kolejnych okresach 10-letnich byłoby cyklicznie aktualizowane, obejmując tym samym wykonane w tym czasie nowe ujęcia. Wykonanie analiz ryzyka przez PIG–PIB jako zadania psg nie pociąga za sobą konieczności wprowadzenia działań formalno-prawnych.

9.2. Waloryzacja wód podziemnych zaliczonych do kopalin

Podstawowe znaczenie dla organizacji sieci monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin ma waloryzacja złóż. Umożliwi ona sporządzenie listy rankingowej złóż, których zasoby są najbardziej podatne na różnego rodzaju zagrożenia jakości i ilości. Ponadto celem waloryzacji jest obiektywne określenie wartości danego złoża w porównaniu z innymi, co umożliwi racjonalną gospodarkę zasobami naturalnymi i ochronę ich zasobów, zwłaszcza tych najcenniejszych z gospodarczego punktu widzenia.

Prace nad waloryzacją zwykłych wód podziemnych trwają w Polsce już od kilkudziesięciu lat, a ich wyniki były wielokrotnie publikowane (Paczyński, 1988, 1989, 1992, 1996b; Paczyński i in., 1996), natomiast w odniesieniu do wód leczniczych, termalnych i solanek zagadnienie to po raz pierwszy poruszono w drugiej połowie lat 90. XX wieku (Paczyński, 1996b; Paczyński, Płochniewski, 1996). Specyfika wód podziemnych zaliczonych do kopalin sprawia, że nie jest możliwe przeniesienie wprost kryteriów waloryzacji stosowanych dla wód zwykłych, tj. oceny składu chemicznego i właściwości fizycznych wód, ich mineralizacji ogólnej, walorów smakowych czy kosztów uzdatniania. Niektóre wskaźniki obniżające jakość wód zwykłych, na przykład wysoka mineralizacja ogólna, obecność radonu lub siarkowodoru, są wręcz pożądane w przypadku wód leczniczych. Dodatkowo w przypadku wód leczniczych, termalnych i solanek obok składu chemicznego i mineralizacji ogólnej należy uwzględnić szereg innych czynników, takich jak ich przydatność do gospodarczego wykorzystania, stan ilościowy i jakościowy zasobów, ich odnawialność (rodzaj struktury wodonośnej), głębokość występowania poziomu wodonośnego, ciśnienie panujące w złożu (obecność samowypływu lub możliwość samoczynnej eksploatacji), czy możliwość usuwania wód zużytych (istotne zwłaszcza w przypadku wód termalnych). Waloryzacja wód podziemnych zaliczonych do kopalin wymaga także uwzględnienia dodatkowych aspektów, jak na przykład preferowanie unikalnych typów wód, obecności czynnika gazowego lub podwyższonej temperatury, „wiek” wody i podatność ujętego poziomu na zanieczyszczenia z powierzchni terenu (czas przenikania zanieczyszczeń, presja), współwystępowanie z wodami zwykłymi czy intensywność eksploatacji (Paczyński, 1996b). Dodatkowo inaczej należy podejść do waloryzacji poszczególnych rodzajów wód. Przykładowo, dla złóż wód termalnych, z racji na ogół dużej głębokości występowania, podatność na zanieczyszczenia antropogeniczne będzie odgrywała mniejszą rolę. W tym przypadku najważniejszym parametrem oceny będzie

temperatura wody i jej mineralizacja ogólna. Poniżej (tab. 9.2) zestawiono główne kryteria waloryzacyjne różnych rodzajów wód podziemnych (Paczyński, 1996b).

Tab. 9.2. Główne kryteria waloryzacyjne wód podziemnych (Paczyński, 1996b)

	Wody zwykłe	Wody lecznicze	Wody termalne
Woda	<ul style="list-style-type: none"> – mineralizacja ogólna – koszty uzdatniania – „wiek” wód – walory smakowe – skład chemiczny 	<ul style="list-style-type: none"> – właściwości lecznicze – skład chemiczny – czynnik gazowy – temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> – temperatura – warunki samowypływu – skład chemiczny – mineralizacja ogólna – czynnik gazowy
System wodonośny	<ul style="list-style-type: none"> – dostępność terenu – odporność na zanieczyszczenia – stan rezerw zasobów 	<ul style="list-style-type: none"> – dostępność terenu – uwarunkowanie eksploatacyjne – walory klimatyczne, krajobrazowe, rekreacyjne – potencjalni odbiorcy – odporność na zanieczyszczenia 	<ul style="list-style-type: none"> – potencjalni odbiorcy – dostępność terenu – uwarunkowania eksploatacyjne – walory rekreacyjne, klimatyczne, krajobrazowe – zasoby

Wspomniana waloryzacja przedstawiona przez Paczyńskiego i Płochniewskiego (1996) ma charakter analizy wstępnej i dotyczy jedynie jednostek hydrogeologicznych, nie obejmując poszczególnych złóż. Kładzie ona głównie nacisk na wody lecznicze, w mniejszym stopniu termalne i solanki. Na potrzeby waloryzacji wyróżniono trzy rodzaje wód: unikatowe, cenne i pospolite. Do wód unikalnych zaliczono wody szczególnie cenne w balneoterapii, występujące lokalnie, na niewielką skalę, na przykład zuberzy w Krynicy-Zdroju i dolinie Popradu lub szczawy termalne w Grabinie koło Niemodlina i w Dusznikach-Zdroju. Do wód cennych zaliczono wody odgrywające istotną rolę w lecznictwie, występujące w różnych regionach kraju, lecz niezbyt powszechnie. Są to między innymi szczawy, wody siarczkowe i wody chlorkowe o mineralizacji ogólnej nie przekraczającej 60 g/dm^3 i podwyższonej temperaturze na wypływie z ujęcia ($30\text{--}50^\circ\text{C}$). Wody pospolite natomiast to wody lecznicze występujące na dużych obszarach w wielu rejonach kraju, o stosunkowo ograniczonych możliwościach zastosowania w balneoterapii, na przykład tylko do kąpieli. Przykładem takich wód są wody chlorkowe o temperaturze na wypływie z ujęć poniżej $25\text{--}30^\circ\text{C}$ i/lub wysokiej mineralizacji ogólnej (powyżej 60 g/dm^3), występujące na dużych głębokościach. Wymagają one zarówno podgrzania, jak i rozcieńczenia a głębokość zalegania wpływa na duży koszt pozyskania.

Waloryzacja jednostek hydrogeologicznych występowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin (Paczyński, Płochniewski, 1996) została oparta na czterech podstawowych kryteriach:

- mineralizacji ogólnej wód;
- typu chemicznego wód;
- temperatury wód (na wypływie z ujęcia);
- liczby poziomów wodonośnych.

W wyniku waloryzacji otrzymano listę rankingową jednostek pod kątem możliwości użytkowania wydobywanych z nich wód do celów balneoterapeutycznych, rekreacyjnych i grzewczych, a następnie dokonano ogólnej oceny dzieląc jednostki na: wybitnie perspektywiczne, perspektywiczne, mało perspektywiczne i bez perspektyw (tab. 9.3). Z przeprowadzonego rankingu wynika, iż do jednostek bez perspektyw lub mało perspektywicznych na uzyskanie wód leczniczych, termalnych i solanek należy zaliczyć prowincję A oraz południową część prowincji B (subregion świętokrzyski). Z kolei jednostki perspektywiczne i wybitnie perspektywiczne to obszary górskie, czyli prowincje C i D. Uzyskana w efekcie klasyfikacja, choć o charakterze ogólnym, miała początkowo istotne znaczenie praktyczne dla projektowania badań wód podziemnych zaliczonych do kopalni. Waloryzacja ta miała charakter pionierski, jednak obecnie, zwłaszcza dla potrzeb realizacji ogólnokrajowego programu monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni, jest ona dalece niewystarczająca. Celowym wydaje się uzupełnienie zaproponowanych przez Paczyńskiego i Płochniewskiego (1996) czterech podstawowych kryteriów o dodatkowe, między innymi uwzględniające aktualne możliwości wykorzystania wód, na przykład do celów grzewczych czy do produkcji pierwiastków ziem rzadkich.

W niniejszej koncepcji przedstawiono analogiczną (z modyfikacjami autorów) wersję waloryzacji (zał. 5) przedstawionej przez Paczyńskiego i Płochniewskiego (1996), obejmując nią jednak nie jednostki hydrogeologiczne, a poszczególne złoża. Jest to pierwsza próba waloryzacji złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalni, która powinna zostać w przyszłości rozszerzona o analizę wielokryterialną. Waloryzacja przygotowana w oparciu o analizę wielokryterialną jest elementem zalecanym do zrealizowania przed przystąpieniem do właściwego organizowania sieci obserwacyjnej, wzorem waloryzacji głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP), która poprzedzała wieloletni program ich dokumentowania. Waloryzacja taka powinna opierać się na ocenie punktowej każdego ze złóż, a jej efektem powinna być lista rankingowa złóż wymagających szczególnej ochrony, zarazem cennych z gospodarczego punktu widzenia.

Postuluje się, aby taka waloryzacja została przygotowana w najbliższym czasie jako zadanie psg w oparciu o metodykę zaakceptowaną przez środowisko hydrogeologów

i Komisję Dokumentacji Hydrogeologicznych (KDH). Przygotowanie waloryzacji wód podziemnych zaliczonych do kopalni byłoby kontynuacją prac nad objęciem tych wód siecią ogólnokrajowego monitoringu, rozpoczętych niniejszą koncepcją, i jednym z pierwszych elementów wypełniających jej założenia. Opracowanie ww. waloryzacji przez PIG-PIB w ramach zadania psg nie będzie wiązało się z koniecznością wprowadzenia działań formalno-prawnych.

Tab. 9.3. Waloryzacja jednostek hydrogeologicznych wód podziemnych zaliczonych do kopalni (Paczyński, Płochniewski, 1996)

Jednostka	Typy chemiczne wód				Wody termalne	Liczba poz. wod.	Możliwość użytkowania wód			Ogólna ocena jednostki
	szczawowy	siarczkowe	chlorkowe o min. [g/dm ³]				balneo-terapia	rekreacja	geotermia	
			<60	≥60						
Prowincja A	-	-	+	+	+	0-≥2	+	+	-	MP
AI	-	-	+	+	-	+	+	-	-	MP
AII	-	-	+	+	+	1-≥2	+	+	-	P
AIII	-	-	+	-	-	+	+	+	-	MP
AIIIa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	BP
AIV	-	-	+	+	+	1-≥2	+	+	-	MP
AIVa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	BP
AV	-	-	+	+	-	1-≥2	+	+	-	MP
AVa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	BP
Prowincja B	-	+	+	+	+	0-≥2	+	+	+	P
BI	-	-	+	+	+	1-≥2	+	+	+	BP
BII	-	+	+	+	+	1-≥2	+	+	-	P
BII1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	BP
BIII	-	-	+	+	+	≥2	+	+	+	WP
BIV	-	+	+	+	+	1-≥2	+	+	+	WP
BV	-	+	+	+	+	≥2	-	-	-	MP
Prowincja C	+	+	+	-	+	0-≥2	+	+	+	WP
CI	+	-	-	-	+	0-1	+	-	-	MP
CIa	+	-	-	-	+	1	+	-	-	P
CII	+	+	+	-	+	1	+	+	+	WP
CII1	-	-	+	-	+	1	+	+	-	P
CII2	+	-	-	-	-	1	+	+	-	WP
CIIa	+	-	-	-	-	1	+	+	-	P
Prowincja D	+	+	+	+	+	0-≥2	+	+	+	P
DI	-	+	+	+	+	0-≥2	+	+	+	P
DI1	-	+	+	+	+	≥2	+	+	-	P
DI1a	-	+	+	+	+	≥2	+	+	-	P
DI1b	-	-	+	+	-	≥2	+	+	-	P
DI2	-	+	+	+	+	≥2	+	+	+	P
DII	+	+	+	+	+	≥2	+	+	+/-	P
DII1	+	-	-	-	-	≥2	+	+	-	WP
DIIa	+	-	+	-	+	≥2	+	+	-	P
DIIb	+	-	-	-	-	1	+	+	-	P
DIII	-	+	-	-	+	0-≥2	+	+	+	P
DIII1	-	-	-	-	-	0	-	-	-	BP
DIII2	-	+	-	-	+	≥2	+	+	+	WP
DIII3	-	-	-	-	+	0	-	-	-	BP

BP – brak perspektyw, MP – małe perspektywy, P – perspektywy, WP – wybitne perspektywy

9.3. Modele koncepcyjne systemów wodonośnych

Opracowanie modeli koncepcyjnych (inaczej pojęciowych, konceptualnych, *ang. conceptual models*) jest niezbędne w celu monitorowania systemu krążenia wód podziemnych w poszczególnych złożach (Przybyłek, Hermanowski, 2016). Hydrogeologiczny model koncepcyjny jest modelem pojęciowym struktury geologicznej uwzględniającym zmienność litostratygraficzną, tektonikę oraz opis struktur hydrogeologicznych poprzez wydzielenie poziomów wodonośnych w układzie przestrzennym systemu wodonośnego wraz z opisem przebiegu procesów w nim zachodzących oraz kontaktów z otoczeniem (Dąbrowski i in., 2010). Model powinien również określać założenia dotyczące krążenia wód podziemnych w poszczególnych poziomach wodonośnych oraz ich związków z wodami powierzchniowymi. Modele takie opierają się na założeniach odwzorowujących rzeczywistość w postaci uproszczonej jako zbiór przypuszczeń/hipotez. Modele koncepcyjne są więc efektem autorskiej interpretacji dostępnych danych (fig. 9.1).

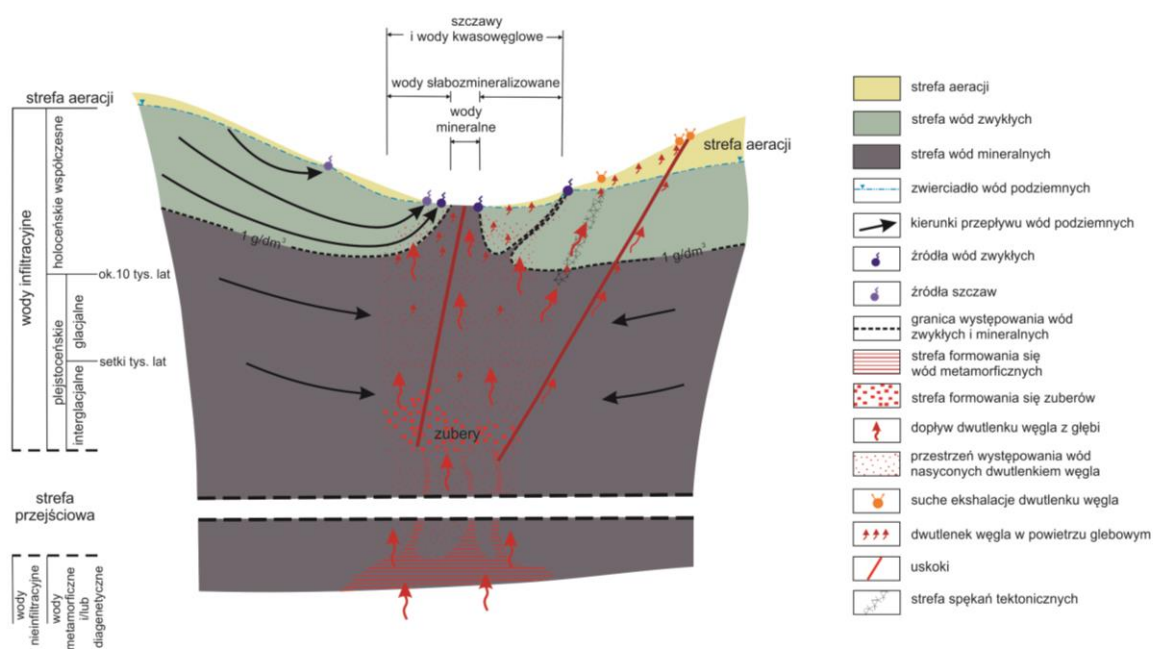


Fig. 9.1. Model koncepcyjny powstawania szczawów w rejonie Krynicy-Zdroju (na podst. Ciężkowskiego i in., 1999, z mod. autorów)

Sposób tworzenia modeli koncepcyjnych jest prezentowany szerzej w przewodnikach dotyczących implementacji RDW, w publikacjach (m.in. Macioszczyk, Kazimierski, 1999; Herbich i in., 2013), w tym dla JCWPd zarówno w aspekcie metodologicznym (Michalak i in. red., 2011), jak i działań użytecznych (Kazimierski i in., 2011).

Do konstrukcji modeli koncepcyjnych należy wykorzystać:

- regionalne dokumentacje hydrogeologiczne, przede wszystkim określające zasoby dyspozycyjne wód podziemnych zaliczonych do kopalni, także zwykłych wód podziemnych, dokumentacje GZWP i inne;
- dokumentacje hydrogeologiczne ustalające zasoby eksploatacyjne ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalni;
- modele koncepcyjne JCWPd, wydzielonych dla zwykłych wód podziemnych;
- mapy hydrogeologiczne;
- litostratygraficzne dane otworowe (m.in. wykształcenie litologiczne i miąższość warstw);
- hydrogeologiczne dane otworowe (m.in. głębokość położenia zwierciadła wód podziemnych, współczynnik filtracji utworów wodonośnych, wyniki próbnych pompowań, oznaczenia parametrów fizyczno-chemicznych wód);
- dane o wielkości wydobywania wód podziemnych;
- dane hydrochemiczne (z punktów monitoringu wód zwykłych oraz ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalni);
- dane hydrodynamiczne (z punktów monitoringu wód zwykłych oraz ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalni);
- publikacje.

Pierwszym krokiem zmierzającym do przygotowania modelu koncepcyjnego powinno być zebranie i zweryfikowanie dotychczasowych poglądów i hipotez dotyczących warunków hydrogeologicznych, zwłaszcza zasilania i stopnia odnawialności zasobów oraz genezy i „wieku” wód, a także oceny odnawialności zasobów pod kątem hydrogeochemicznym. Następnie należy wydzielić warstwy modelu (przepuszczalne, słabo przepuszczalne), obszary zasilania infiltracyjnego i kierunek przepływu wód (strefy drenażu), uwzględniając obecność kontaktów hydraulicznych i barier hydraulicznych mogących w istotny sposób ograniczać przepływ wód podziemnych (np. uskoku). W końcowym etapie należy zdefiniować strop i spąg modelu.

Głównym zadaniem modeli koncepcyjnych jest więc zidentyfikowanie stref zasilania, tranzytu i drenażu wód podziemnych. Na podstawie przygotowanego modelu jest możliwe wskazanie właściwej lokalizacji punktów obserwacyjnych sieci. Ważne jest stałe doskonalenie modelu pojęciowego w miarę postępu rozpoznania badanej struktury hydrogeologicznej. Należy pamiętać jednak, iż dane wykorzystywane do konstrukcji modeli w niektórych przypadkach, na przykład w Karpatach fliszowych, pozwolą jedynie na przybliżone odwzorowanie zależności hydrodynamicznych w systemie wodonośnym.

Niedostateczne rozpoznanie budowy geologicznej oraz skomplikowany (wielowarstwowy, nieciągły) układ hydrostrukturalny kompleksu fliszowego sprawiają, że konieczne będzie przyjęcie istotnych uproszczeń, z których najważniejszym jest traktowanie drobnych spękań przewodzących wodę wspólnie z przestrzenią porową matrycy skalnej jako system porowy (Ciężkowski i in., 1999; Koślacz, Krawczyk i in., 2014). Do najczęściej stosowanych uproszczeń w procesie schematyzacji warunków hydrogeologicznych zalicza się:

- agregację poziomów wodonośnych i słabo przepuszczalnych;
- uśrednienie i rozkład parametrów hydrogeologicznych;
- interpolacja i ekstrapolacja danych punktowych;
- określenie granic systemu.

W przypadku Karpat fliszowych agregacja poziomów wodonośnych fliszu jest niezbędna. Pojedyncze serie zawodnione w skali lokalnej mogą tworzyć izolowane warstwy wodonośne, jednak generalizując w skali regionalnej zachowują w pewnym stopniu więź, w dużej mierze dzięki zaburzeniom tektonicznym (Chowaniec, 1991). Inną, charakterystyczną cechą fliszowego kompleksu wodonośnego jest spadek właściwości filtracyjnych wraz ze wzrostem głębokości oraz ich zróżnicowanie przestrzenne odpowiadające poszczególnym jednostkom tektoniczno-facjalnym.

Z kolei w rejonie Buska-Zdroju i Solca-Zdroju model koncepcyjny (fig. 9.2) obejmuje system wodonośny składający się z: piaszczystych utworów czwartorzędowych wypełniających doliny rzeczne, skał węglanowych kredy górnej (senonu i turonu), piaszczystych i piaskowcowych utworów kredy górnej (cenomanu) i skał węglanowych jury górnej w obszarach braku nadległych utworów kredy górnej (Gągulski i in., 2018). Jego opracowanie zostało poprzedzone szczegółową analizą materiałów archiwalnych (Lisik red., 2010; Zuber i in., 2010). Za serie nieprzepuszczalne uznano neogeńskie ily krakowieckie i osady jury górnej, które zalegają pod utworami kredy górnej. Za dolną granicę modelu koncepcyjnego przyjęto spąg utworów kredy górnej lub, tam gdzie utwory te nie występują, poprowadzono ją umownie na głębokości 200 m poniżej stropu osadów jury górnej. Przyjęto, że zasilanie infiltracyjne odbywa się poza obszarem występowania iłów krakowieckich, natomiast cenomański poziom wodonośny, w którym występują siarczkowe wody lecznicze, jest zasilany na drodze przesączania z nadległych utworów kredy górnej, przy czym intensywność tego zasilania jest bardzo słaba. Zasilanie może odbywać się także poprzez dopływ z poziomów głębszych w strefach uskokowych (Dendys, 2018). Za wyjątkiem poziomu cenomańskiego strefami drenażu są doliny rzeczne, przede wszystkim Nidy i Wisły.

Poziom cenomański jest drenowany na drodze przesączania przez nadległe utwory kredy górnej. W takim ujęciu lecznicze wody siarczkowe występują na granicy strefy aktywnej wymiany. Dodatkowo przyjęto, że występujące w tym rejonie liczne uskoki mogą stanowić zarówno bariery hydrodynamiczne ograniczające przepływ wód podziemnych, jak i uprzywilejowane drogi krążenia. Liczne kontakty hydrauliczne pomiędzy poszczególnymi poziomami sprawiają, iż krążenie wód w niecce miechowskiej należy rozpatrywać kompleksowo (Dendys, 2018).

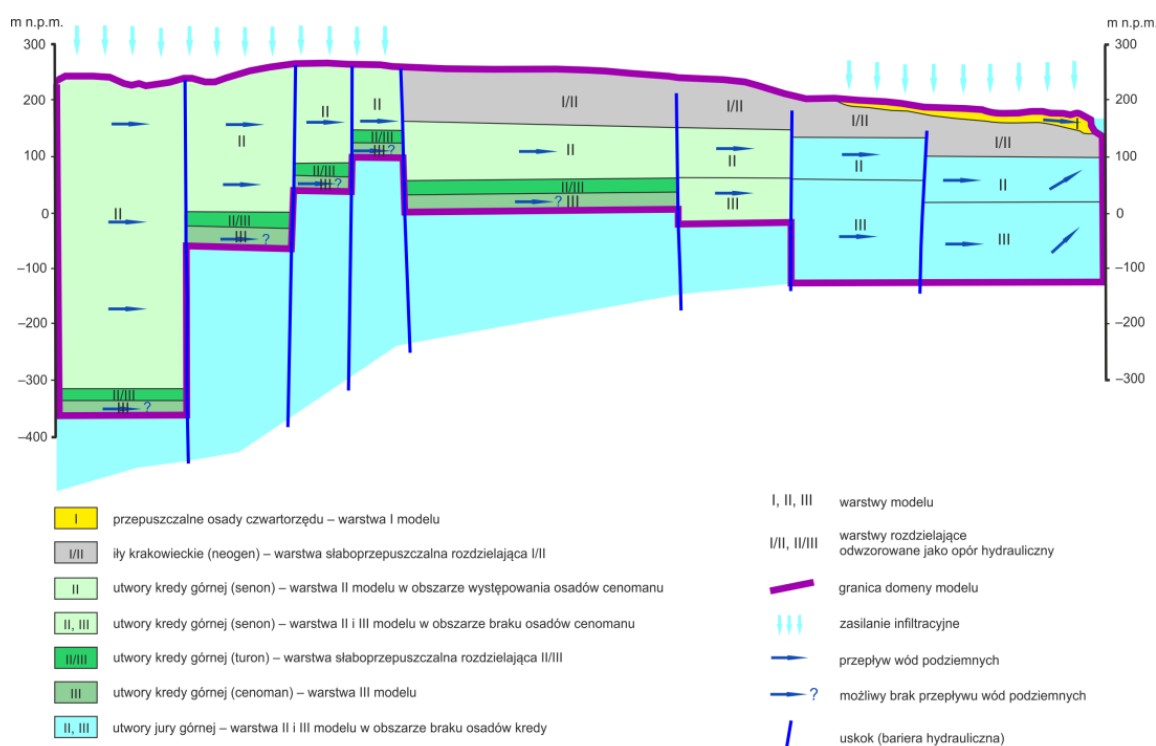


Fig. 9.2. Model koncepcyjny przepływu wód leczniczych w rejonie Buska-Zdroju (na podst. Gągalskiego i in., 2018, za Sokołowski i in., 2022)

Przygotowanie modeli koncepcyjnych powinno być, jak to miało miejsce w przypadku modeli JCWPd, rozwinięciem syntetycznych kart złóż zamieszczonych jako dodatek do niniejszego raportu (będących odpowiednikiem kart JCWPd dla wód zwykłych). Zakłada się etapowość takiego zadania: etap I – modele dla złóż „konfliktowych” (z których wydobycie prowadzi do konfliktów z innymi podmiotami korzystającymi z wód podziemnych) i zagrożonych antropopresją, a także najcenniejszych z gospodarczego punktu widzenia zgodnie z opracowaną uprzednio waloryzacją, etap II – modele dla pozostałych złóż.

Opracowanie modeli z uwzględnieniem wyżej wymienionych kryteriów (analiza wielokryterialna – litostratygrafia, tektonika, rodzaj struktury wodonośnej, kontakty i bariery hydrauliczne, identyfikacja obszarów zasilania, stref przepływu i drenażu, związek z wodami

powierzchniowymi, stopień odnawialności zasobów, geneza i „wiek” wód) pozwoli na optymalizację liczebności i przestrzennego rozlokowania punktów pomiarowych oraz minimalizację kosztów eksploatacji planowanej sieci monitoringowej. Ułatwi także podejmowanie decyzji (wyznaczenie priorytetów), w których rejonach w pierwszej kolejności należy włączać nowe punkty pomiarowe w razie potrzeby uzupełnienia sieci monitoringu o nowe obiekty. Modele koncepcyjne powinny także pozwolić na agregacje sąsiednich złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin oraz umożliwić oddzielną analizę potrzeb monitoringu ilościowego i chemicznego. Wnioski płynące z ustaleń modeli koncepcyjnych powinny stanowić podstawę do określenia potrzeb poszczególnych złóż względem monitoringu.

Proponuje się aby sporządzenie modeli koncepcyjnych złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin stanowiło jedno z zadań psg. Zadanie to, wzorem modeli koncepcyjnych JCWPd opracowanych przez psh, byłoby realizowane przy szerokiej współpracy środowiska hydrogeologów pod nadzorem PIG–PIB. Efektem zadania byłyby zestandaryzowane modele koncepcyjne złóż w formie graficznej i syntetycznego opisu, będącego rozszerzeniem kart złóż zaproponowanych w niniejszym raporcie. Wykonanie modeli koncepcyjnych przez PIG–PIB w ramach zadań psg nie będzie się wiązało z koniecznością wprowadzenia działań formalno-prawnych.

9.4. Dokumentowanie zasobów dyspozycyjnych

W celu prowadzenia racjonalnej gospodarki wodami podziemnymi zaliczonymi do kopalin, oprócz organizacji sieci ich monitoringu, zaleca się kontynuowanie programu dokumentowania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zaliczonych do kopalin. Dotychczas zasoby dyspozycyjne wód leczniczych i termalnych ustalono w następujących dokumentacjach:

- Dokumentacja zasobów dyspozycyjnych i eksploatacyjnych wód podziemnych (zwykłych i leczniczych) na obszarze gmin uzdrowskich Krynica, Muszyna i Piwniczna (Poprawski i in., 1997);
- Dokumentacja hydrogeologiczna wód termalnych niecki podhalańskiej (Chowaniec i in., 1997);
- Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne wód leczniczych i dwutlenku węgla (jako kopaliny towarzyszącej) ze złoża w uzdrowisku Krynica oraz

- ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych (zwykłych oraz leczniczych i o właściwościach leczniczych) w zlewni Kryniczanki (Ciężkowski i in., 1999);
- Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych i towarzyszących im lub występujących odrębnie wód potencjalnie leczniczych na obszarze Karpat i zapadliska przedkarpackiego (Porwisz i in., 2002);
 - Dodatek nr 2 do dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód siarczkowych do celów leczniczych z utworów kredowych w Busku-Zdroju (Gorczyca i in., 2008);
 - Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód leczniczych Rabki-Zdroju (Oficjalska i in., 2009);
 - Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód leczniczych i potencjalnie leczniczych Ziemi Kłodzkiej i obszaru jeleniogórskiego (Kapuściński i in., 2010);
 - Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód termalnych niecki podhalańskiej z uwzględnieniem transgranicznego przepływu wód (Chowaniec i in., 2011);
 - Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych w obszarach bilansowych współwystępujących wód leczniczych i zwykłych wód podziemnych w wydzielonym rejonie Karpat – zlewnia Popradu (Koślacz, Krawczyk i in., 2014);
 - Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych (leczniczych i zwykłych) w obrębie zlewni potoków Milik i Andrzejówka (Chowaniec i in., 2014);
 - Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód leczniczych antykliny Iwonicza-Zdroju–Rudawki Rymanowskiej (Chowaniec i in., 2015);
 - Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód leczniczych zlewni Wilgi – rejon Swoszowice (Operacz i in., 2015);
 - Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód leczniczych zlewni Wilgi – rejon Mateczny (Gorczyca i in., 2016);
 - Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód leczniczych, siarczkowych w rejonie Buska-Zdroju i Solca-Zdroju (Gałulski i in., 2018).

Łączna wielkość zasobów dyspozycyjnych, ustalonych dla wybranych struktur (41 złóż), wynosi 40 319,22 m³/h (Sokołowski, Skrzypczyk, 2020a). Wielkość ta jest niekiedy oceniana krytycznie, zwłaszcza w szczelinowych systemach wodonośnych, z uwagi na brak

uznanej metodyki obliczania tych zasobów. Dzieje się tak z powodu wykorzystywania do obliczeń modeli deterministycznych, wymagających bardzo dobrego rozpoznania struktury wodonośnej, przestrzennego rozkładu parametrów hydrogeologicznych ośrodka skalnego, warunków brzegowych, wielkości zasilania, a także znajomości więzi hydraulicznej ze zwykłymi wodami podziemnymi i wodami powierzchniowymi. Także dokumentowanie zasobów dyspozycyjnych wód głębokiego krążenia jest poważnym problemem w praktyce hydrogeologicznej.

Dotychczas ustalone zasoby dyspozycyjne powinny być zweryfikowane (np. weryfikowane w cyklu 10-letnim) na podstawie danych pochodzących z obserwacji stacjonarnych ujęć (wydajności, głębokości położenia zwierciadła statycznego/quasi statycznego i dynamicznego) i lokalnych monitoringów oraz – w przyszłości – pomiarów w punktach badawczych planowanej sieci monitoringowej, wraz z rozwojem metod badawczych i narzędzi informatycznych. Jednocześnie wraz z dokumentowaniem zasobów dyspozycyjnych zaleca się aktualizację zasobów eksploatacyjnych ujęć wraz z granicami ich obszarów zasobowych, tak aby określić aktualną, dostępną do zagospodarowania rezerwę zasobów.

Realizacja planowanego monitoringu będzie stanowiła w przyszłości podstawę do zaplanowania kolejnych działań umożliwiających aktualizację wielkości zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zaliczonych do kopalin. Ich cykliczna aktualizacja jest niezbędna, gdyż rosnąca presja na zagospodarowanie zasobów niektórych rodzajów wód, na przykład wód termalnych niecki podhalańskiej, zarówno ze strony polskiej jak i słowackiej może doprowadzić do degradacji zbiorników. Brak jest podstaw prawnych do ustalania (i aktualizowania) zasobów dyspozycyjnych obszarów bilansowych wód leczniczych, termalnych i solanek. Ponieważ złoża wód podziemnych zaliczonych do kopalin są objęte własnością górnictwem dotychczasowe prace związane z dokumentowaniem zasobów dyspozycyjnych tych wód były w większości inicjowane przez ministra właściwego do spraw środowiska, m.in. jako odpowiedź na potrzeby zgłaszane przez środowisko hydrogeologów i przez użytkowników złóż, i finansowane ze środków NFOŚiGW. Proponuje się utrzymanie dotychczasowego modelu dokumentowania zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych, termalnych i solanek z zaleceniem aktualizacji/weryfikacji dotychczasowych ustaleń poszczególnych dokumentacji (modeli matematycznych) w cyklu np. 10-letnim. W przypadku braku dostępnej do zagospodarowania rezerwy zasobów uniemożliwiającej zwiększenie zasobów eksploatacyjnych, aktualizacja/weryfikacja zasobów dyspozycyjnych powinna odbywać się na wniosek właściwego miejscowo marszałka województwa. Proponuje się, aby

program dokumentowania zasobów dyspozycyjnych, wzorem programu udokumentowania zasobów dyspozycyjnych wód zwykłych przez psh, był zadaniem stałym psg.

* * *

Kolejność poszczególnych działań zaproponowanych w niniejszym rozdziale, na tle całego procesu zmierzającego do utworzenia sieci monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek, przedstawiono na fig. 9.3.

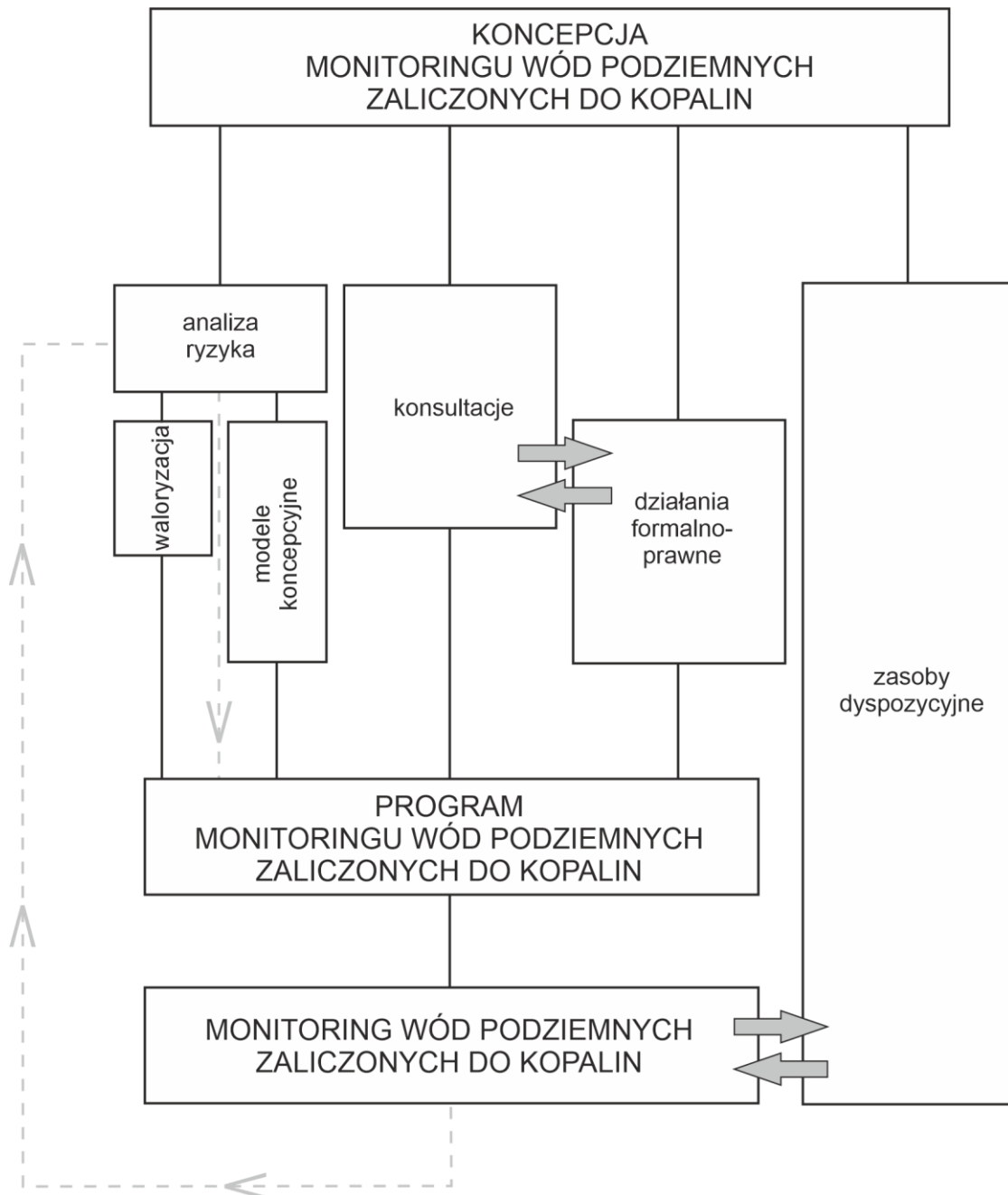


Fig. 9.3. Schemat działań w zakresie monitorowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin

Streszczenie

W opracowaniu wskazano działania w dziedzinie hydrogeologii wód leczniczych, termalnych i solanek, których realizacja jest niezbędna przed właściwym zaprojektowaniem sieci monitoringowej. Wyniki planowanych do realizacji zadań umożliwią realizację celów stawianych planowanej sieci obserwacyjno-pomiarowej. Przed opracowaniem programu monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin proponuje się wykonać:

- analizę ryzyka ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalin;*
- waloryzację złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin;*
- modele koncepcyjne złóż;*
- dokumentowanie zasobów dyspozycyjnych.*

Analiza ryzyka powinna zostać wykonana dla wszystkich złóż w celu merytorycznej oceny zasadności przebiegu wyznaczonych granic obszarów górniczych i stref ochrony uzdrowiskowej oraz skuteczności poszczególnych form ochrony zasobów złóż. Ustalenia analizy ryzyka powinny stanowić także jedno z kryteriów waloryzacji złóż wód leczniczych, termalnych i solanek i wraz z nią powinny być aktualizowane co 10 lat. Wynikiem analizy powinna być ocena poziomu ryzyka, na przykład określona wartością liczbową, będącą iloczynem prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia zagrażającego jakości lub ilości wód, dotkliwości następstw tego zdarzenia i podatności na zanieczyszczenie. Analiza ryzyka powinna wskazywać również dokumentacje hydrogeologiczne wymagające aktualizacji.

Waloryzacja pozwoli na sporządzenie listy rankingowej złóż, których zasoby są najbardziej podatne na różnego rodzaju zagrożenia jakości i ilości. Celem waloryzacji będzie również obiektywne określenie wartości danego złoża, co umożliwi racjonalną gospodarkę zasobami naturalnymi i ochronę ich zasobów, zwłaszcza tych najcenniejszych z gospodarczego punktu widzenia. Przygotowanie aktualnej, wielokryterialnej waloryzacji złóż jest elementem koniecznym do zrealizowania przed przystąpieniem do właściwego organizowania sieci obserwacyjnej. Waloryzacja powinna opierać się na ocenie punktowej każdego ze złóż, a jej efektem powinna być lista rankingowa.

Opracowanie modeli koncepcyjnych jest niezbędne w celu monitorowania systemu krążenia wód podziemnych w poszczególnych złożach. Ich stworzenie jest efektem autorskiej interpretacji dostępnych danych. Głównym zadaniem modeli koncepcyjnych jest identyfikacja stref zasilania, tranzytu i drenażu wód podziemnych. Opracowanie modeli z uwzględnieniem analizy wielokryterialnej (litostratygrafia, tektonika, rodzaj struktury wodonośnej, kontakty i bariery hydrauliczne, identyfikacja obszarów zasilania, stref przepływu i drenażu, związek

z wodami powierzchniowymi, stopień odnawialności zasobów, geneza i „wiek” wód) pozwoli na optymalizację liczebności i przestrzennego rozlokowania punktów pomiarowych oraz minimalizację kosztów eksploatacji planowanej sieci monitoringowej. Wnioski płynące z ustaleń modeli koncepcyjnych powinny stanowić podstawę do określenia potrzeb poszczególnych złóż względem monitoringu.

W celu prowadzenia racjonalnej gospodarki wodami podziemnymi zaliczonymi do kopalni, oprócz organizacji sieci ich monitoringu, zaleca się także kontynuowanie programu dokumentowania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zaliczonych do kopalni. W przyszłości ustalone zasoby dyspozycyjne powinny być weryfikowane (np. w cyklach 10-letnich) na podstawie danych pochodzących z obserwacji i pomiarów w punktach badawczych planowanej sieci monitoringowej. Cykliczna aktualizacja zasobów jest niezbędna w warunkach rosnącej presji na zagospodarowanie zasobów niektórych rodzajów wód.

10. Zarządzanie jakością

Jednym z ważniejszych aspektów badań monitoringowych jest kontrola prawidłowości wykonywania poszczególnych działań w całym zakresie funkcjonowania sieci. System nadzoru nad funkcjonowaniem sieci powinien zapewnić uzyskiwanie jednoznacznych, powtarzalnych i poprawnych pod względem merytorycznym i formalnym wyników oraz umożliwić wykrywanie i eliminowanie błędów powstających na wszystkich jego etapach. Efektem końcowym systemu kontroli powinna być ocena wiarygodności wyników obserwacji, określanej w sposób wymierny wysokością błędu (Kazimierski, Pilichowska-Kazimierska, 2002). Prawidłowo stworzony system czuwania nad jakością badań monitoringowych powinien obejmować takie elementy, jak:

- zarządzanie (QM – ang. *Quality Management*);
- zapewnienie (QA – ang. *Quality Assurance*);
- kontrolę (QC – ang. *Quality Control*).

Zaleca się, aby opracowany w przyszłości program monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni obejmował systemem zarządzania jakością cały proces pobierania próbek wód podziemnych i gazów. Uregulowania dotyczące pobierania próbek wody zapisane są w następujących normach: PN-ISO 5667-11:2004, PN-EN ISO 5667-1:2008, PN-ISO 5667-14:2004. System taki powinien składać się z zestawu procedur, opracowanych przez Wykonawcę monitoringu (PIG–PIB), których stosowanie stworzy najlepsze warunki dla danego badania (Bulska, 2008). W procedurach należy uwzględnić szereg wymagań niezbędnych do prawidłowego pobierania próbek, jak i uzyskania wiarygodnych wyników, przede wszystkim:

- przeszkolenie i akredytację osób odpowiedzialnych za realizację procedury;
- odpowiedzialność poszczególnych wykonawców za realizację procedury;
- zachowanie środków ostrożności;
- wyposażenie pomiarowe;
- metodykę pobierania próbek (przygotowanie sprzętu, przeprowadzenie pompowania oczyszczającego, pobór próbek);
- sposób dokumentowania;
- utrwalanie, przechowywanie i transport próbek;
- sposób postępowania w przypadku awarii;
- dokumenty związane z realizacją procedury.

W ramach realizacji procedur należy przygotować dokument określający zasady opróbowania monitoringu wód podziemnych, zawierający instrukcje opisujące szczegółowo proces wykonywania pomiarów i pobierania próbek, uwzględniający zarówno miejsce poboru jak i rodzaj użytego sprzętu oraz instrukcje przedstawiające opis obsługi i kalibracji aparatury pomiarowej w terenie. Poza pomiarem głębokości występowania zwierciadła wody w terenie w miejscu pobrania powinny być wykonywane także oznaczenia części parametrów fizykochemicznych wód (odczyn, PEW, tlen rozpuszczony, temperatura). Istotnym elementem jest również wykonywanie pomiarów polowych z zastosowaniem układów przepływowych (w tzw. celach przepływowych), które chronią próbkę przed kontaktem z atmosferą, a co za tym idzie przed zmianą jego składu chemicznego. Uzyskane dane w terenie powinny być w odpowiedni sposób zapisywane w specjalnie do tego celu stworzonych dokumentach (w postaci elektronicznej), takich jak:

- protokół pobrania próbki wody podziemnej;
- protokół pobrania próbki gazu;
- protokół pompowania oczyszczającego;
- protokół z wykonania pomiaru głębokości zwierciadła wody/wydajności źródła;
- wykaz próbek.

Ocenę skuteczności wymagań odnośnie zapewnienia jakości wyników należy systematycznie weryfikować. W tym celu należy prowadzić nadzór nad jakością polegający na systematycznej kontroli wybranych parametrów (wskaźników jakości). Nadzór taki zapewnia o skutecznym działaniu systemu, pozwalając na zapobieganie ewentualnym odstępstwom i umożliwiając podejmowanie odpowiednich działań zapobiegawczych (Bulska, 2008). Program kontroli jakości danych monitoringowych w odniesieniu do monitoringu chemicznego powinien obejmować pobieranie próbek kontrolnych w ilości 10–30% ogólnej liczby próbek normalnych, pobieranych z sieci monitoringowej w trakcie trwającej kampanii pomiarowej. Wśród próbek kontrolnych wyróżnia się:

- próbki zerowe, pobierane tym samym sprzętem co próbki normalne, ale z użyciem jako medium wody dejonizowanej o wysokiej czystości; są one utrwalane, transportowane i przechowywane w ten sam sposób jak próbki normalne; służą do wyznaczenia praktycznej granicy oznaczalności;
- próbki dublowane, pobierane losowo z wybranych punktów monitoringu jako duplikaty próbek normalnych, które służą do oceny precyzji uzyskiwanych wyników oznaczeń.

Przy pobieraniu próbek kontrolnych i normalnych należy stosować tą samą procedurę poboru, uwzględniając m.in. sączenie próbek, utrwalanie próbek, transportowanie i przechowywanie.

Praktyczne granice oznaczalności dla poszczególnych wskaźników wyznaczane są na podstawie próbek zerowych. Dla wyników pomiarów niższych od granicy oznaczalności (LOQ) do obliczeń należy przyjąć założenie, iż $<LOQ = \frac{1}{2}LOQ$. Praktyczną granicę oznaczalności (LQ) oblicza się ze wzoru:

$$LQ = \bar{x}_{zer} + 6\sigma_{zer}$$

gdzie:

\bar{x}_{zer} – wartość średnia oznaczeń

σ_{zer} – wartość odchylenia standardowego

Otrzymane praktyczne granice oznaczalności (LQ) należy porównać z granicami oznaczalności analiz (LOQ) deklarowanymi przez laboratorium wykonujące analizy. Praktyczna granica oznaczalności powinna być jak najbliższa laboratoryjnej granicy oznaczalności. Aby wyniki oznaczeń danego wskaźnika cechowały się zadowalającą precyzją, należy stosować metodę o granicy oznaczalności 2–3 rzędy wielkości niższej od spodziewanych stężeń tego wskaźnika w próbkach (Szczepańska, Kmieciak, 2005).

Ocenę precyzji wyników, czyli stopnia zgodności między niezależnymi wynikami badań (PN-ISO 5667-14, 2004) wyznacza się na podstawie analizy wyników badań z próbek dublowanych. Ocenę precyzji oznaczeń można przeprowadzić na podstawie wykresów korelacji i statystycznej analizy wariancji. Ocenie należy poddać całkowitą obserwowaną zmienność przestrzenną w postaci wariancji całkowitej, która jest sumą wariancji technicznej oraz wariancji hydrogeochemicznej (Szczepańska, Kmieciak, 2005). Wariancja techniczna, określana niekiedy jako wariancja pomiaru, jest sumą poprawności opróbowania i poprawności analityki (Kmieciak, Podgórn, 2009).

$$\sigma_{tot}^2 = \sigma_g^2 + \sigma_{tech}^2$$

gdzie:

σ_{tot}^2 – wariancja całkowita

σ_g^2 – wariancja geochemiczna

σ_{tech}^2 – wariancja techniczna

Wartości oznaczeń poniżej granicy oznaczalności (LOQ) należy zastąpić wartościami równymi połowie granicy oznaczalności ($<LOQ = \frac{1}{2}LOQ$). W obliczeniach nie będą uwzględniane te pary próbek, dla których wyniki oznaczeń w obu próbkach – normalnej

i dublowanej są niższe od granicy oznaczalności LOQ. W przeciwnym razie obserwowano by nieuzasadniony wzrost precyzji wyników badań hydrogeochemicznych. Aby uzyskać wiarygodne wyniki analizy wariancji obliczenia należy wykonać jedynie dla tych par próbek, dla których minimum w 11 zestawach wyników uzyska się wartości wyższe od laboratoryjnej granicy oznaczalności (Szczepańska, Kmiecik, 2005).

Analiza próbek dublowanych metodą wariancji pozwoli wykazać oznaczenia cechujące się bardzo wysoką precyzją. Za kryterium wysokiej precyzji zaleca się przyjąć maksymalnie 5% udziału wariancji technicznej w wariancji całkowitej. W przypadku wskaźników, dla których udział wariancji technicznej w wariancji całkowitej przekracza dopuszczalną wartość 20%, należy przeprowadzić dodatkowe obliczenia. Bardzo niski udział wariancji technicznej świadczy o zastosowaniu właściwej procedury związanej z opróbowaniem wód podziemnych i właściwych metod analitycznych (Szczepańska, Kmiecik 2005).

Ocenę jakości wyników analiz fizyczno-chemicznych wód podziemnych można przeprowadzić także na podstawie bilansu jonowego. Do obliczeń bilansu jonowego wody należy uwzględnić zarówno składniki główne (HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , NH_4^+ , Fe^{2+} , jak i drugorzędne (Witczak, Adamczyk, 1995). Wartość poniżej granicy oznaczalności (LOQ) należy zastąpić wartością równą połowie granicy oznaczalności ($<\text{LOQ} = \frac{1}{2}\text{LOQ}$). Niskie wartości obliczonego błędu analizy próbek będą potwierdzeniem poprawnego wykonania oznaczeń oraz wysokiej wiarygodności danych źródłowych. Sugeruje się, aby dopuszczalny błąd analizy wynosił 5%. W przypadku stwierdzenia błędu w analizie wody wskazane wyniki nie powinny być brane pod uwagę do dalszych interpretacji.

Proces zapewnienia i kontroli jakości analityki będzie realizować laboratorium, a zakres i metodykę wykonywanych w nim oznaczeń są regulowane odpowiednimi normami. Wykonawca oznaczeń powinien posiadać laboratorium chemiczne akredytowane przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA) w zakresie dziedzin badań: środowisko, chemia, a także brać udział w badaniach interkalibracyjnych i międzylaboratoryjnych.

W odniesieniu do monitoringu stanu ilościowego w celu zapewnienia odpowiedniej systematyki i poprawności wykonywanych pomiarów głębokości położenia zwierciadła wody zaleca się stosowanie procedur sprawdzonych przy monitoringu wód zwykłych prowadzonym przez PIG-PIB. Poszczególne punkty sieci monitoringu powinny mieć dokumentację potwierdzającą ich przydatność dla przeprowadzenia obserwacji i opróbowań oraz szczegółową charakterystykę, uwzględniającą występowanie lokalnych warunków hydrogeologicznych i dane techniczne. Każda z planowanych do wykonania czynności

powinna mieć opracowaną procedurę postępowania i sporządzoną instrukcję jej realizacji, której zakres powinien być zgodny z programem monitoringu. Obserwatorzy i próbkobiorcy powinni posiadać odpowiednie kwalifikacje (w zakresie prawidłowego pobierania próbek wód i gazów, wykonywania pomiarów oraz raportowania wyników badań), odbywać cykliczne szkolenia organizowane przez Wykonawcę monitoringu (PIG–PIB), zakończone sprawdzianem i uzyskaniem wydanego przez organizatora szkolenia odpowiedniego zaświadczenia kwalifikacyjnego, znać strukturę organizacyjną monitoringu i program badań, a w szczególności powinni być przygotowani do realizacji powierzonych im zadań, postępować zgodnie z przygotowaną pisemną instrukcją, a z każdej wykonanej czynności sporządzić odpowiednią dokumentację/raport (w postaci dokumentu elektronicznego). Raport powinien być także sporządzany z każdego cyklu monitoringu. W uzasadnionych przypadkach koncepcja monitoringu zakłada możliwość odstępstw od ustalonego programu monitoringu. Odpowiednio przygotowany zespół obserwatorów jest niezbędny dla organizacji pomiarów w początkowej fazie monitoringu z uwagi na duże odległości pomiędzy poszczególnymi punktami badawczymi. Do czasu automatyzacji sieć monitoringowa w dużej mierze będzie się opierać na obserwatorach terenowych, wykonujących pomiary z reguły tylko w jednym punkcie.

Pomiar wykonany przez obserwatora powinien zostać zapisany w formularzu przesyłanym drogą elektroniczną do tzw. opiekuna (koordynatora) regionalnego. Badania obejmujące pomiar głębokości zwierciadła wody lub wydajności źródła należy przeprowadzać w sposób ściśle określony w instrukcji wskazującej przyrząd pomiarowy, sposób, miejsce i czas pomiaru oraz zasady zapisywania wyników i przesyłania ich do opiekuna regionalnego. Przed każdym pomiarem obserwator powinien być zobowiązany do kwalifikacji punktu do badań. Kwalifikacja taka powinna polegać przede wszystkim na ocenie stanu technicznego punktu i innych, zapisanych w instrukcji warunków, a także identyfikacji zjawisk w jego otoczeniu, które mogłyby wpływać na wynik pomiarów. W przypadku negatywnej kwalifikacji punktu należy powiadomić opiekuna regionalnego, który podejmie decyzję o trybie dalszego postępowania.

Funkcję opiekuna regionalnego powinien pełnić pracownik Oddziału PIG–PIB. Do obowiązków opiekuna regionalnego będzie należało: szkolenie obserwatorów, dostarczanie im urządzeń pomiarowych (wraz z ich legalizacją) i materiałów, sprawdzanie rzetelności pomiarów (np. przez wykonywanie pomiarów kontrolnych), zbieranie i zapisywanie w lokalnej bazie danych wyników obserwacji i przeprowadzanie ich weryfikacji, a następnie przesyłanie zweryfikowanych danych drogą elektroniczną do opiekuna (koordynatora)

krajowego. Do zadań opiekuna regionalnego będzie również należało czuwanie nad stanem technicznym punktów badawczych poprzez organizowanie ich bieżącej konserwacji, okresowych przeglądów i remontów, ocenę sprawności hydraulicznej i aktualizację dokumentacji. W przypadku ujęć eksploatowanych zadaniem opiekuna regionalnego będzie uzgadnianie ww. zakresu działań z użytkownikami złóż. Częstotliwość kontroli stanu punktów badawczych i pracy obserwatorów terenowych planuje się w cyklu kwartalnym.

Proponuje się podział kraju na 8 rejonów:

- sudecki: obejmujący województwo dolnośląskie i opolskie, pod opieką opiekuna regionalnego z PIG–PIB Oddział we Wrocławiu (23 złoża);
- górnośląski: obejmujący województwo śląskie, pod opieką opiekuna regionalnego z PIG–PIB Oddział w Sosnowcu (8 złóż);
- karpacki: obejmujący województwo małopolskie, pod opieką opiekuna regionalnego z PIG–PIB Oddział w Krakowie (46 złóż);
- podkarpacko-lubelsko-podlaski: obejmujący województwo podkarpackie, lubelskie i podlaskie, pod opieką opiekuna regionalnego z PIG–PIB w Lublinie (14 złóż);
- świętokrzyski: obejmujący województwo świętokrzyskie, pod opieką opiekuna regionalnego z PIG–PIB w Kielcach (9 złóż);
- zachodniopomorsko-lubuski: obejmujący województwo zachodniopomorskie i lubuskie, pod opieką opiekuna regionalnego z PIG–PIB w Szczecinie (11 złóż);
- pomorsko-kujawsko-warmiński: obejmujący województwo pomorskie, kujawsko-pomorskie i warmińsko-mazurskie, pod opieką opiekuna regionalnego z PIG–PIB Oddział w Gdańsku (12 złóż);
- mazowiecko-łódzko-wielkopolski: obejmujący województwo mazowieckie, łódzkie i wielkopolskie, pod opieką opiekuna regionalnego z PIG–PIB w Warszawie (23 złoża).

W przypadku automatyzacji punktów badawczych planowane jest stopniowe rezygnowanie z obserwatorów terenowych, przy jednoczesnym zwiększeniu częstotliwości kontroli przez opiekunów regionalnych, do których obowiązków będzie należeć kontrola stanu automatycznej aparatury pomiarowej oraz jej konserwacja, istotna z uwagi na wysoką mineralizację i temperaturę części wód. Dopuszcza się zwiększenie liczby opiekunów regionalnych, w zależności od liczby dokumentowanych corocznie nowych złóż i liczby punktów badawczych na danym obszarze działania.

Za odbiór wyników obserwacji od opiekunów regionalnych, ich weryfikację i przekazanie do umieszczenia w bazie danych będzie odpowiadać opiekun krajowy.

Streszczenie

W koncepcji szczegółowo omówiono aspekty związane z kontrolą prawidłowości wykonywania poszczególnych działań w ramach funkcjonowania sieci monitoringowej. Nadzór nad funkcjonowaniem sieci umożliwi uzyskiwanie jednoznacznych, powtarzalnych i poprawnych pod względem merytorycznym i formalnym wyników oraz umożliwić wykrywanie i eliminowanie błędów powstających na wszystkich jego etapach. Zaleca się, aby system zarządzania jakością obejmował cały proces pobierania próbek wód podziemnych i gazów poprzez wprowadzenie stosownych procedur i szeregu wymagań. Nadzór nad jakością działania systemu pozwoli na zapobieganie ewentualnym odstępstwom i umożliwi podejmowanie odpowiednich działań zapobiegawczych. Poszczególne punkty sieci monitoringu powinny mieć dokumentację potwierdzającą ich przydatność dla przeprowadzenia obserwacji i opróbowań oraz szczegółową charakterystykę, uwzględniającą występowanie lokalnych warunków hydrogeologicznych i dane techniczne, a każda z planowanych do wykonania czynności powinna mieć opracowaną procedurę postępowania i instrukcję jej realizacji. Do czasu automatyzacji sieć monitoringowa w dużej mierze będzie opierać się na obserwatorach terenowych, dlatego ważne jest aby obserwatorzy i próbkobiorcy posiadali odpowiednie kwalifikacje. W koncepcji założono podział kraju na 8 rejonów (sudecki, górnośląski, karpacki, podkarpacko-lubelsko-podlaski, świętokrzyski, zachodniopomorsko-lubuski, pomorsko-kujawsko-warmiński i mazowiecko-lódzko-wielkopolski), w których nad funkcjonowaniem sieci monitoringu będzie czuwał opiekun regionalny.

11. Interpretacja i udostępnianie wyników monitoringu

11.1. Interpretacja wyników badań monitoringowych

Jednym z podstawowych zadań interpretacji wyników monitoringu wód podziemnych w sieci obserwacyjno-badawczej wód zwykłych jest ocena stanu JCWPd (Palak i in., 2011; Kuczyńska i in., 2013). Zadaniem oceny stanu JCWPd jest:

- ocena stanu chemicznego i ilościowego JCWPd, w tym określenie dostępnych do zagospodarowania zasobów i poboru wód podziemnych;
- wykrycie znaczących i utrzymujących się trendów wzrostu stężeń zanieczyszczeń spowodowanych oddziaływaniami antropogenicznymi;
- ustalenie wpływu stanu JCWPd na obszary chronione, bezpośrednio zależne od wód podziemnych.

Ocena stanu jest wykonywana dla każdej JCWPd i następnie syntetyzowana dla obszaru każdego z 10 dorzeczy znajdującego się w obrębie Polski oraz dla obszaru całego kraju. Stan JCWPd można uznać za dobry lub słaby, a definicje i ogólne kryteria jakie muszą być spełnione, aby stan badanej JCWPd można było uznać za dobry podają europejskie regulacje prawne. Wartości progowe dobrego stanu oraz szczegółowe kryteria i metodyka oceny stanu są ustalane indywidualnie przez poszczególne kraje. Tak rozumiana ocena stanu JCWPd jest kontrolą stanu środowiska wodnego wykonywaną w określonych odstępach czasu w punktach badawczych, nastawioną głównie na zidentyfikowanie wielkoobszarowych zagrożeń i ich wpływu na środowisko wodne (ocena skutków), z pominięciem oddziaływań o zasięgu lokalnym, nie mających znaczenia w skali całej JCWPd.

W przypadku wód leczniczych, termalnych i solanek podejście polegające na ocenie stanu jest nieadekwatna do specyfiki tego rodzaju wód. Terminów „stan chemiczny” i „stan ilościowy” nie można przełożyć bezpośrednio na wody podziemne zaliczone do kopalin. Istnieją pomiędzy nimi jedynie analogie. Ogólna ocena stanu chemicznego nie może być wykonana z uwagi na brak możliwości do zdefiniowania „wartości progowych” dobrego lub złego stanu chemicznego, tzn. najwyższych dopuszczalnych stężeń (wartości granicznych) służących do określania klas jakości. Stąd wynikiem interpretacji danych pomiarowych będzie ocena głębokości położenia zwierciadła wód podziemnych oraz zmienności właściwości fizyczno-chemicznych tych wód – naturalnej, jak i wskazującej na wpływ antropopresji.

Monitoring ilościowy

W przypadku monitoringu ilościowego celem interpretacji wyników jest przede wszystkim określenie, czy nie nastąpiło znaczące obniżenie się poziomu zwierciadła wody lub czy nie zmienił się kierunek przepływu wód do ujęć (sztucznych baz drenażu), ewentualnie czy nie zostały uruchomione nowe drogi krążenia, w tym ingresja lub ascenzja wód z innych poziomów wodonośnych, mogące spowodować zmianę ilości dostępnych zasobów. Efektem końcowym analizy powinien być opis i graficzne przedstawienie kierunków i tendencji zmian położenia zwierciadła wody. Analizę stanu ilościowego należy przeprowadzić w odniesieniu do wielkości poboru wód i dostępnych do zagospodarowania zasobów eksploatacyjnych, także w ujęciu długoterminowym, na przykład poprzez uśrednienie na podstawie danych z co najmniej 5-ciu lat obserwacji. Pozwoli to uzyskać informacje czy ewentualna zmiana warunków hydrodynamicznych jest spowodowana wielkością wydobycia i przekroczeniem ustalonej wartości dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych. Wskaże także czy istnieją dostępne rezerwy zasobów.

Monitoring jakościowy

W odniesieniu do badań fizyczno-chemicznych celem interpretacji danych monitoringowych, oprócz analizy statystycznej danych pomiarowych, będzie określenie tendencji zmian badanych wskaźników, a następnie identyfikacja znaczących i utrzymujących się trendów. Trend istotny statystycznie oznacza trend, który został zidentyfikowany przy pomocy powszechnie uznawanych metod statystycznych z wykorzystaniem szeregów czasowych, jak na przykład analiza regresji. Przez trend istotny pod względem środowiskowym należy rozumieć trend, który jest istotny statystycznie i którego odwrócenie jest konieczne, aby nie doprowadzić do degradacji zasobów złoża. Zgodnie z wytycznymi zawartymi w poradnikach UE minimalna długość szeregu czasowego potrzebna do wykrycia trendu, przy próbkach wód podziemnych pobieranych z częstotliwością raz na rok, wynosi 8 lat. W związku z powyższym w pierwszym etapie prowadzenia sieci monitoringowej dla złóż zagospodarowanych konieczne będzie wykorzystanie wyników badań archiwalnych wykonywanych w ramach programu obserwacji stacjonarnych. W przypadku, gdy w danym roku wykonano więcej niż jedno oznaczenie właściwości fizycznych i składu chemicznego wód podziemnych w punkcie pomiarowym dla każdego wskaźnika należy obliczyć średnią arytmetyczną, tzw. „wartość regularyzowaną” i tę wartość należy wykorzystywać do dalszych obliczeń. Wyniki oznaczeń wskaźników fizyczno-chemicznych poniżej granicy oznaczalności do dalszych obliczeń należy zastąpić wartościami równymi połowie granicy oznaczalności.

W analizowanych ciągach pomiarowych dopuszcza się obecność dwóch wartości poniżej granicy oznaczalności lub dwóch brakujących wartości pomiarów lub stężeń. W przypadku, gdy wyżej wymienione kryteria nie są spełnione (zbyt krótki okres obserwacji, więcej niż dwie wartości poniżej granicy oznaczalności lub brak więcej niż dwóch pomiarów), przeprowadzenie analizy tendencji zmian dla danego wskaźnika w danym punkcie pomiarowym nie powinno być wykonywane. Analizę tendencji zmian wartości wskaźników fizyczno-chemicznych należy przeprowadzić z wykorzystaniem metody regresji liniowej. Na podstawie szeregu obserwacji danego wskaźnika w punkcie pomiarowym należy określić kierunek trendu oraz jego istotność pod względem statystycznym i środowiskowym. Wynikiem przeprowadzonej analizy powinna być identyfikacja znaczących trendów wzrostowych i ewentualnie określenie punktu odwrócenia trendu.

Procedura wyznaczania dopuszczalnego zakresu wahań parametrów wód podziemnych zaliczonych do kopalin została zaproponowana przez Ciężkowskiego i in. (2007) i tę metodę proponuje się wykorzystać do interpretacji danych monitoringowych planowanej sieci. Granice wahań (przedział ufności) wyznaczone tą metodą przyjmuje się na poziomie wartości dwóch odchyłeń standardowych od wartości średniej arytmetycznej. Dolna wartość zakresu nie powinna być niższa niż wartość progowa analizowanego parametru (dla mineralizacji ogólnej, składników swoistych i temperatury podana w ustawie PGiG lub wynosząca $\geq 20\%$ mval dla sumy jonów głównych). Do obliczenia zakresu wahań jest niezbędne, aby dane wejściowe:

- charakteryzowały się rozkładem normalnym;
- stanowiły próbę losową;
- nie wykazywały trendu.

Szczegółowe zasady interpretacji uzyskanych wyników przedstawiono w cytowanym powyżej poradniku (Ciężkowski i in., 2007). Powinny one zostać zamieszczone w programie monitoringu. Do ww. poradnika dołączono program komputerowy w formacie xls, umożliwiający wyznaczanie dopuszczalnych zakresów wahań parametrów wód bez konieczności przeprowadzania skomplikowanych obliczeń statystycznych. Jak już wspomniano zbiór danych wejściowych (różnoczasowych oznaczeń wybranego parametru) przed wykonaniem obliczeń powinien zostać odpowiednio przygotowany. Należy odrzucić analizy odbiegające dokładnością i obciążone błędem bilansu jonowego powyżej 5% oraz wyniki odstające, tak aby analizowane dane odznaczały się rozkładem normalnym. Tak przygotowany zbiór danych wejściowych powinien liczyć więcej niż 11 rekordów (zbiór statystycznie istotny). Po ich wprowadzeniu do bazy danych programu należy obliczyć

wartości górnej i dolnej granicy dopuszczalnych wahań danego parametru oraz wygenerować kartę kontrolną z zaznaczonymi liniami ostrzegawczymi wskazującymi dolną i górną granicę ostrzegawczą, równoważną z granicą dopuszczalnych wahań. Gdy wyniki badanego parametru mieszczą się pomiędzy górną i dolną granicę ostrzegawczą (dopuszcza się przekroczenia dla pojedynczych oznaczeń), badany parametr należy uznać za stabilny (fig. 11.1). Przekroczenie granicy ostrzegawczej przez dwa na trzy kolejne oznaczenia lub zewnętrznej granicy ostrzegawczej przez jedno oznaczenie parametru powinno skutkować zwiększeniem częstotliwości wykonywania badań monitoringowych przez okres 4 lat (fig. 11.2). W przypadku utrzymywania się stanów przekroczeń linii ostrzegawczych lub pojawienia się istotnego statystycznie trendu (fig. 11.3), należy wprowadzić działania ochronne

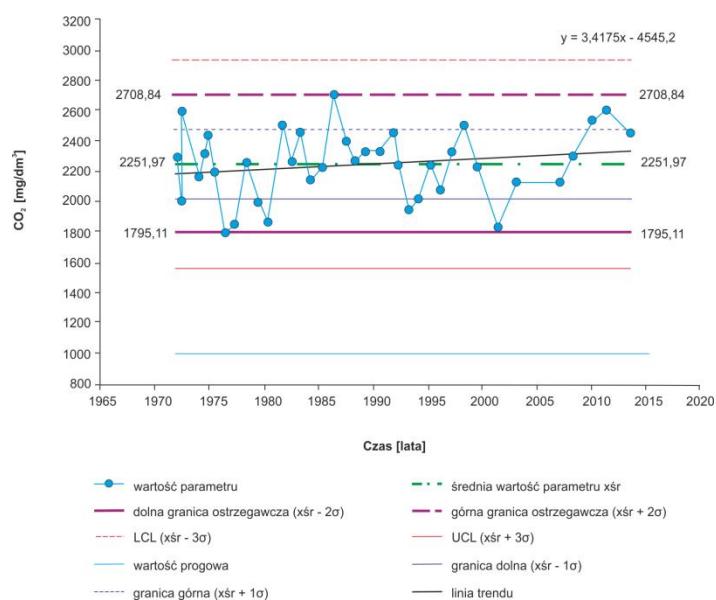


Fig. 11.1. Karta kontrolna CO₂ – ujęcie Jan w Czerniawie-Zdroju (na podst. Felter i in., 2018b, za Felter i in., 2022)

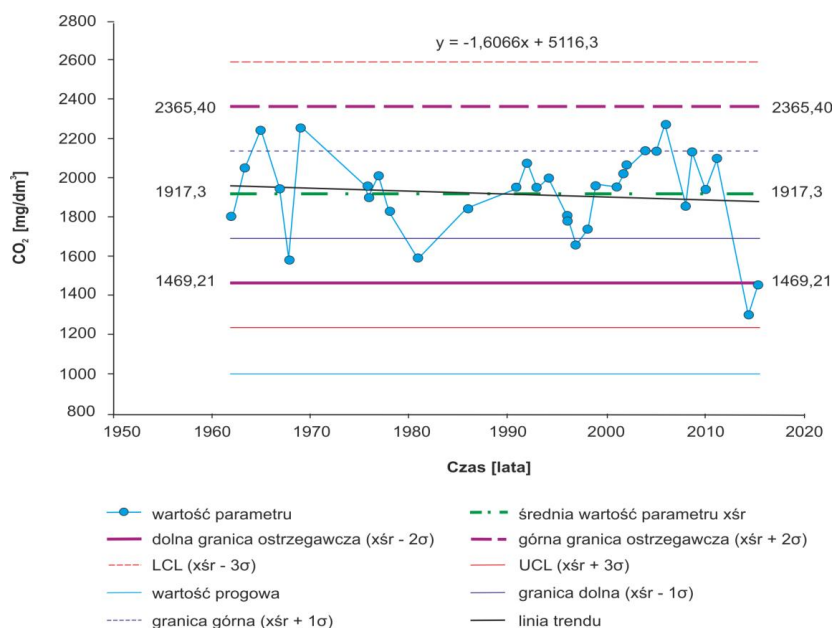


Fig. 11.2. Karta kontrolna CO₂ – ujęcie Mieszko w Szczawnie-Zdroju (na podst. Felter i in., 2018b, za Felter i in., 2022)

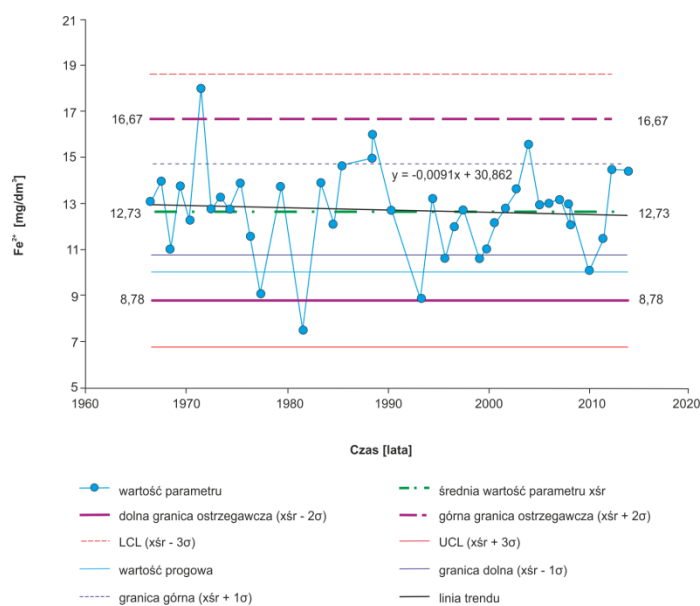


Fig. 11.3. Karta kontrolna Fe²⁺ – ujęcie Pieniawa Chopina w Dusznikach-Zdroju (na podst. Felter i in., 2018b, za Felter i in., 2022)

W końcowym etapie interpretacji (wnioskowania) należy przeprowadzić porównanie wyników oznaczeń poszczególnych wskaźników fizyczno-chemicznych próbek wód podziemnych pobranych z punktów pomiarowych z obowiązującymi wartościami określonymi dla danego rodzaju wód, zdefiniowanymi w ustawie PGiG i określić typ chemiczny wód. Określenie typu chemicznego wód w punktach pomiarowych umożliwi proste śledzenie zmian ich właściwości chemicznych. W przypadku stwierdzenia w punkcie

pomiarowo-badawczym istotnych zmian jakiegokolwiek wskaźnika, należy ustalić jego zasięg obszarowy, najpierw w granicach złoża, a następnie w obrębie całej struktury wodonośnej. Z wykorzystaniem modeli pojęciowych należy ustalić, czy istnieją przyczyny geogeniczne wystąpienia zaobserwowanych zmian, lub też czy odpowiedzialne za nie mogą być przyczyny antropogeniczne oraz określić wybrane wskaźniki indykatywne dla stwierdzonego procesu.

11.2. Udostępnianie wyników badań monitoringowych

Wyniki badań monitoringowych, po ich opracowaniu i interpretacji oraz zapisaniu w bazie danych, będą wykorzystywane do realizacji zadań państwa w zakresie gospodarowania i ochrony zasobów wód podziemnych zaliczonych do kopalin oraz na potrzeby gospodarki wodnej kraju w celu planowania i gospodarowania ogółem wód podziemnych. Podobnie jak w przypadku zwykłych wód podziemnych należy zobowiązać wykonawcę planowanego monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin (psg) do zbierania i przetwarzania informacji geologicznej/hydrogeologicznej w ramach tzw. procedur standardowych. Dla wód zwykłych kwestie te reguluje rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 28 czerwca 2019 r. w sprawie ostrzeżeń, prognoz, komunikatów, biuletynów i roczników państwowej służby hydrologiczno-meteorologicznej oraz psh (Dz.U. 2019 poz. 1215), zgodnie z którym psh jest zobligowana do:

- zbierania i przetwarzania informacji dotyczących części wyników pomiarów, obserwacji i badań z sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych;
- zbierania i przetwarzania informacji publikowanych w komunikatach, biuletynach, prognozach, ostrzeżeniach lub rocznikach;
- zbierania i przetwarzania informacji o ujęciach wód podziemnych oraz otworach hydrogeologicznych i źródłach, na potrzeby prowadzenia i aktualizacji centralnej bazy danych hydrogeologicznych;
- zbierania i przetwarzania informacji dotyczących zasobów, poziomów wodonośnych i zagrożeń dla stanu ilościowego i chemicznego wód podziemnych.

Proponuje się wprowadzić do aktów prawnych analogiczne zapisy w odniesieniu do wód leczniczych, termalnych i solanek. Wyniki badań monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek, realizowanych w ramach procedur standardowych, powinny być publikowane w:

- kwartalnych biuletynach informacyjnych wód podziemnych zaliczonych do kopalin;

- rocznikach wód podziemnych zaliczonych do kopalin;
- ostrzeżeniach i komunikatach o zaistnieniu nadzwyczajnej sytuacji hydrogeologicznej (wydawanych w miarę potrzeb).

Zawartość oraz częstotliwość opracowania ww. pozycji powinna być regulowana zapisami rozporządzenia, analogicznie jak w przypadku wód zwykłych. Opracowania te powinny ukazywać się w formie elektronicznej na stronie internetowej psg. Zarówno biuletyny jak i roczniki powinny zawierać, oprócz opisu sieci obserwacyjno-badawczej, zestawienie podstawowych informacji o punktach monitoringowych, mapę z ich lokalizacją oraz zestaw tabel z danymi pomiarowymi, przetworzonymi według procedur standardowych wraz z krótką charakterystyką opisową okresu, którego one dotyczą oraz stanem zasobów wód podziemnych zaliczonych do kopalin (na podstawie Bilansu zasobów złóż kopalin w Polsce) ilustrującym ilość dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych w poszczególnych złożach.

Wyniki monitoringu ze wszystkich punktów badawczych zgromadzone w bazie danych będą mogły być także wykorzystywane bezpośrednio przez administrację rządową (np. ministerstwa właściwe do spraw środowiska i gospodarki wodnej, Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, GIOŚ, Krajowe Centrum Zarządzania Kryzysowego, itp.), samorządową, geologiczną oraz, w formie przetworzonej, udostępniane zgodnie z obowiązującymi zapisami prawnymi i procedurą udostępniania informacji geologicznej/hydrogeologicznej.

Streszczenie

W przypadku wód podziemnych zaliczonych do kopalin wynikiem interpretacji danych pomiarowych będzie ocena głębokości położenia zwierciadła wód podziemnych oraz zmienności właściwości fizyczno-chemicznych tych wód – naturalnej, jak i wskazującej na wpływ antropopresji. W przypadku monitoringu ilościowego celem interpretacji wyników będzie określenie, czy nie nastąpiło znaczące obniżenie się poziomu zwierciadła wody lub czy nie zmienił się kierunek przepływu wód do ujęć (sztucznych baz drenażu), ewentualnie czy nie zostały uruchomione nowe drogi krążenia, w tym ingresja lub ascenzja wód z innych poziomów wodonośnych, mogące spowodować zmianę ilości dostępnych zasobów. Efektem końcowym analizy będzie opis i graficzne przedstawienie kierunków i tendencji zmian położenia zwierciadła wody. W odniesieniu do badań fizyczno-chemicznych celem interpretacji danych monitoringowych, oprócz analizy statystycznej danych pomiarowych, będzie określenie tendencji zmian badanych wskaźników, a następnie identyfikacja znaczących i utrzymujących się trendów. Wynikiem przeprowadzonej analizy będzie identyfikacja znaczących trendów wzrostowych i ewentualnie określenie punktu odwrócenia trendu. Do wyznaczania dopuszczalnego zakresu wahań parametrów wód podziemnych zaliczonych do kopalin proponuje się wykorzystać metodę zaproponowaną przez Ciężkowskiego i innych (2007).

Wyniki badań monitoringowych, po ich opracowaniu i interpretacji oraz zapisaniu w bazie danych, będą wykorzystywane do realizacji zadań państwa w zakresie gospodarowania i ochrony zasobów wód podziemnych zaliczonych do kopalin oraz na potrzeby gospodarki wodnej kraju w celu planowania i gospodarowania ogółem wód podziemnych. Wyniki badań monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek będą publikowane w kwartalnych biuletynach informacyjnych wód podziemnych zaliczonych do kopalin, rocznikach wód podziemnych zaliczonych do kopalin i w miarę potrzeb w ostrzeżeniach oraz komunikatach o zaistnieniu nadzwyczajnej sytuacji hydrogeologicznej.

12. Zalecenia formalno-prawne dla organizacji monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin

Obecnie brak jest w kraju podstaw prawnych do organizacji i prowadzenia monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin. W celu ich stworzenia należy przygotować i wdrożyć program działań formalno-prawnych zaplanowany zgodnie z wymaganiami RDW, a także m.in. ustawami PGiG, PW i POŚ. Program ten powinien mieć formę oddzielnego dokumentu, zawierającego analizę zależności pomiędzy przepisami poszczególnych aktów prawnych w zakresie monitorowania wód podziemnych oraz przedstawiającego ocenę prawną możliwości wprowadzenia niezbędnych zmian legislacyjnych koniecznych do stworzenia sieci monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek wraz ze skutkami (konsekwencjami) prawnymi i finansowymi ich obowiązywania. Procedury prawne i administracyjne są główną przeszkodą w realizacji planowanego monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin.

Aspekty formalno-prawne, które należy rozpatrzyć w celu organizacji sieci monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek można podzielić w zależności od typu działania na kilka grup o charakterze:

- legislacyjnym, m.in. opracowanie i przyjęcie określonych aktów prawnych, wynikających m.in. z zapisów RDW, obowiązujących ustaw i rozporządzeń oraz różnych programów realizowanych przez jednostki podległe ministrowi właściwemu do spraw środowiska i/lub gospodarki wodnej;
- planistycznym;
- inwestycyjnym;
- monitorująco-kontrolnym, m.in. kontrolowanie stanu realizacji/stopnia wdrażania poszczególnych etapów przedsięwzięcia, badanie zgodności stanu faktycznego realizowanego etapu przedsięwzięcia ze stanem postulowanym, badanie ilościowego i jakościowego stanu zaawansowania prac;
- informacyjno-szkoleniowym.

Dla ww. działań niezbędne jest określenie:

- instytucji odpowiedzialnej za realizację działania;
- źródeł finansowania;
- kosztów;
- merytorycznego zakresu wdrażanych działań;

– monitorowania skutków (efektów) wdrażanych działań.

Osiągnięcie synergii zaproponowanych powyżej, różnorodnych działań jest zadaniem trudnym, jednak szczególnie istotnym i powinno być uwzględnione w harmonogramie (założeniach rzeczowych i czasowych) realizacji całego procesu przygotowawczego, poprzedzającego etap realizacji samego przedsięwzięcia. Zwłaszcza, iż planowana struktura organizacyjna monitoringu oraz działania formalno-prawne będą wymagać współpracy od wielu jednostek odpowiedzialnych za realizację poszczególnych działań, mających różne kompetencje, ale przenikające się wzajemnie w dziedzinie gospodarowania ogółem wód podziemnych. Obowiązek racjonalnego gospodarowania wodami wynika nie tylko z RDW i implementującej jej zapisy na grunt krajowy ustawy PW, lecz również z ustawy POŚ (dla zasobów udokumentowanych i obszarów perspektywicznych) oraz PGiG (dla zasobów eksploatowanych).

Niejednoznaczny zakres kompetencji i trudności w interpretacji niektórych zapisów prawa w głównej mierze wynikają z wyłączenia w Polsce z ustawy PW wód leczniczych, termalnych i solanek i uznania ich za kopaliny. Takie rozwiązanie pomija te wody z wdrożonych procedur zarządzania zasobami wodnymi i ich ochrony określonymi w RDW. Należy podkreślić, iż w RDW nie ma rozróżnienia na wody podziemne w sposób określony w ustawie PW i PGiG. Cel RDW jest rozumiany jako ustalenie ram dla działań na rzecz ochrony śródładowych wód powierzchniowych, wód przejściowych, wód przybrzeżnych oraz wód podziemnych, które są zdefiniowane jako wszystkie wody znajdujące się pod powierzchnią ziemi w strefie saturacji oraz w bezpośredniej styczności z gruntem lub podglebiem. Wody te niezależnie od właściwości fizycznych i składu chemicznego, czy też celu wykorzystania gospodarczego, powinny być chronione i względem których powinny być podejmowane działania mające na celu zapobieganie pogorszeniu ich stanu. Kompleksowe wdrożenie RDW wymaga łącznego traktowania wszystkich typów wód, zarówno zwykłych, jak i leczniczych, termalnych i solanek, w tym objęcia ich monitoringiem i analizą ilościowego i jakościowego zagrożenia zasobów.

Założenia i wskazania niniejszego raportu stanowią jedynie merytoryczną podstawę wszelkich działań zmierzających do utworzenia sieci monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek. Organizacja i funkcjonowanie tej sieci, niezależnie od przyjętych ostatecznie rozwiązań i jej kształtu, będzie wymagać zmian przepisów (ustaw, rozporządzeń) lub ich doprecyzowania (nowelizacji). Niezależnie od charakteru tych zmian szczegółowej analizie pod kątem organizacji sieci monitoringu należy poddać:

– politykę opłat, tj. kwestie pomocy publicznej i zwolnienia z opłat;

- wymogi określone w koncesji na wydobywanie kopaliny.

W pierwszej kolejności należy określić podmiot ponoszący koszty pozyskania i przystosowania obiektów hydrogeologicznych dla potrzeb planowanej sieci monitoringu oraz określić ich charakter (koszty częściowe lub pełne). Zadania te będą realizowane z inicjatywy Skarbu Państwa i nie powinny odbywać się wyłącznie na koszt użytkownika/właściciela obiektów. Należy precyzyjnie określić tryb finansowania i sposobu partycypacji Skarbu Państwa w tym procesie, na przykład stworzyć mechanizm zwrotu nakładów finansowych z budżetu państwa (refundacja, dotacja, odszkodowanie). Należy mieć na uwadze, iż obecnie podmiot korzystający ze środowiska poprzez wydobywanie kopaliny ze złoża ponosi już koszty związane z prowadzeniem badań stacjonarnych wymaganych przepisami oraz, w przypadku wód leczniczych i solanek, opłatę eksploatacyjną uzależnioną od ilości wydobytej kopaliny. Koszty te będą w dalszym ciągu ponoszone przez przedsiębiorców po wprowadzeniu monitoringu. Zgodnie z aktualnie obowiązującymi przepisami, podanymi w obwieszczeniu Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 17 maja 2021 r. w sprawie stawek opłat na rok 2022 z zakresu przepisów Prawa geologicznego i górnictwa (M.P. 2021 poz. 482) stawki opłat eksploatacyjnych na 2022 r. wynoszą:

- dla wód leczniczych 1,66 zł za m³ wydobytej wody;
- dla wód termalnych 0,00 zł za m³ wydobytej wody;
- dla solanek 2,48 zł za m³ wydobytej solanki.

Struktura własnościowa obiektów planowanego monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopaliny będzie więc zróżnicowana. W początkowym etapie realizacji przedsięwzięcia, w fazie rozruchu, sieć zakłada funkcjonowanie w oparciu o obiekty mające różnych właścicieli. Włączenie ich do planowanej sieci na podstawie umów pomiędzy ich właścicielami a wykonawcą monitoringu w obecnym stanie prawnym może być jedynie dobrowolne i nie gwarantuje, że udostępnione (przekazane) obiekty będą spełniać cele stawiane monitoringowi. Dlatego ważne jest aby udostępnienie obiektów do badań monitoringowych wynikało z tytułu wymagań nałożonych koncesją na wydobywanie kopaliny ze złoża i/lub decyzją o środowiskowych uwarunkowaniach inwestycji. Część istniejących otworów znajdujących się w obrębie złóż jest nieczynna i przeznaczona do likwidacji lub powinna zostać zlikwidowana. Po analizie ich przydatności do celów monitoringowych takie otwory mogłyby zostać przejęte (zakup, dzierżawa) przez Skarb Państwa, a następnie na jego koszt przystosowane do prowadzenia w nich badań i obserwacji hydrogeologicznych. Podczas realizacji prac nad niniejszą koncepcją wytypowano kilkanaście

ujęć do likwidacji (tab. 12). Wytypowano otwory wskazane przez użytkowników złóż, jak i otwory trwale nieczynne, nieużytkowane od co najmniej 40 lat, pod warunkiem iż nie są to jedyne ujęcia udostępniające złożę.

Tab. 12.1. Ujęcia wód podziemnych zaliczonych do kopalin wytypowane do likwidacji

Nazwa złoża	Nazwa ujęcia
Busko II	otwór B-20 (Andrzej)
	otwór B-21 (Piotr)
Dębowiec III	otwór D-29
	otwór S-3
Galicjanka III	otwór G-1
	otwór P-I
Iwonicz	otwór Lubatówka 15
	otwór Klimkówka 25
Krzeszowice I	otwór R-2
Muszyna Zdrój	otwór Z-9
Rymanów	otwór RZ-1
Stary Wielisław	otwór nr 3
Świeradów-Zdrój	otwór 4-P

Oprócz nakładów finansowych na organizację sieci należy zapewnić koszty jej ciągłego i sprawnego funkcjonowania, tzn. umożliwiającego prowadzenie monitoringu w sposób cykliczny i ujednoczony. Można tu wyróżnić dwa modele finansowania:

- w cyklach rocznych;
- w cyklach wieloletnich.

Oba modele finansowania zadań są stosowane w działalności psg i psh. Finansowanie w cyklu rocznym ma obecnie miejsce w przypadku monitoringu zwykłych wód podziemnych prowadzonego przez psh. Wydaje się, że model finansowania zadań planowanego monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek, wymagający corocznego aplikowania o nowe środki, z niepewnym skutkiem co do ich wielkości, należy ocenić negatywnie. Nie gwarantuje on bowiem realizacji zaplanowanego w poprzednim roku finansowym cyklu badań i związanej z tym oceny stanu zasobów. Wydaje się, że prowadzenie monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin w wieloletnim cyklu planistycznym jako zadanie ciągłe, realizowane przez odpowiednie służby państwowe, jest rozwiązaniem korzystniejszym. Gwarantuje ono finansowanie danego cyklu monitoringu, określonego w programie monitoringu. Rozwiązanie takie pozwala także na zaprojektowanie przyszłych programów monitoringu w zakresie umożliwiającym osiągnięcie zakładanego celu i oszacowanie z wyprzedzeniem kosztów niezbędnych na ich pokrycie, ewentualnie modyfikację tych programów z wyprzedzeniem w odniesieniu do dostępnych środków finansowych.

Jedną z propozycji działań formalno-prawnych zmierzających do realizacji monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek dąży do objęcia ich przepisami ustawy PW. W środowisku hydrogeologów wielokrotnie podnoszona jest kwestia niedostosowania przepisów ustawy PGiG do tak nietypowych kopaliny, jakimi są wspomniane rodzaje wód podziemnych (Dowgiałło, 2002, 2007c; Ciężkowski i in., 2004; Ciężkowski, Kapuściński, 2011; Sokołowski i in., 2015; Sokołowski, Sosnowska, 2021). Specyfika wód leczniczych, termalnych i solanek nie wynika tylko z faktu, że znajdują się one w stanie ciekłym, lecz w odróżnieniu od pozostałych kopaliny znajdują się w większości w ruchu, ich zasoby są w dużej mierze odnawialne, a właściwości fizyczno-chemiczne zmienne, zarówno w czasie, jak i na drodze przepływu wód – naturalnego lub wymuszonego (Szczepański, Szklarczyk, 2005; Sokołowski, Sosnowska, 2021). Dodatkowo obszary zasilania, czyli rejony gdzie zasoby tych wód się współcześnie formują, znajdują się często w oddaleniu od miejsc ich wydobywania. Za łącznym traktowaniem wszystkich rodzajów wód podziemnych przemawia fakt, iż często współwystępują one ze sobą, a poziomy w których występują wykazują między sobą więź hydrauliczną. Traktowanie wód podziemnych zaliczonych do kopaliny jak zwykłych wód podziemnych umożliwiłoby objęcie ich monitoringiem w ramach istniejącej ogólnokrajowej sieci monitoringu zwykłych wód podziemnych jako kolejnego, jednego bądź kilku, kompleksu wodonośnego.

W aktualnie obowiązującym stanie prawnym w Polsce, monitoring wód podziemnych wykonywany jest na podstawie ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (Dz.U. 2022 poz. 2625, j.t.) oraz wydanego na podstawie ww. ustawy rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 13 lipca 2021 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2021 poz. 1576). Monitoring wód podziemnych wykonywany jest jako zadanie psh. Nadzór nad państwową służbą hydrogeologiczną i wykonywanymi przez nią zadaniami sprawuje minister właściwy ds. gospodarki wodnej.

Wody lecznicze, termalne i solanki, uznane za kopaliny, podlegają reżimowi ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2022 r. poz. 1072, j.t.). Artykuł 5 ust. 1 ustawy PGiG mówi, iż kopaliny nie są wody, z wyjątkiem wód leczniczych, wód termalnych i solanek. Ustawa PGiG nie przewiduje monitoringu wód leczniczych, wód termalnych i solanek.

Jak wskazano powyżej takie rozwiązanie (dualizm reżimów prawnych) pomija te wody (lecznicze, termalne i solanki) z wdrożonych procedur zarządzania zasobami wodnymi i ich ochrony określonymi w RDW. W RDW nie ma rozróżnienia na wody podziemne i wody

lecnicze, termalne i solanki w sposób określony w ustawach PW i PGiG. Pełne wdrożenie RDW wymaga łącznego traktowania wszystkich typów wód, zarówno zwykłych, jak i leczniczych, termalnych i solanek, w tym objęcia ich monitoringiem i analizą ilościowego i jakościowego zagrożenia zasobów.

Aby uczynić zadość postanowieniom RDW i ujednolicić kwestie monitoringu wód podziemnych, w tym objęcia monitoringiem wód leczniczych, termalnych i solanek, konieczne jest dokonanie daleko idących zmian w aktualnie obowiązujących przepisach.

Pierwsza propozycja (I) przewiduje objęcie reżimem ustawy PW monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek – włączenia tych wód do wdrożonych procedur zarządzania zasobami wodnymi i ich ochrony. Z uwagi na szczególne walory gospodarcze tego rodzaju wód i jednocześnie ich dużą wrażliwość na warunki eksploatacji, powinny one zostać objęte systematycznym państwowym monitoringiem w celu ochrony ich zasobów, podobnie jak ma to miejsce w przypadku zwykłych wód podziemnych. Przedsięwzięcie to wymaga stosownej zmiany ustawy PW o dodanie przepisów regulujących kwestie monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek. W konsekwencji, zmiany wymagać będzie również wspomniane rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 13 lipca 2021 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2021 poz. 1576). Zmiany ww. aktów prawnych we wskazanym kierunku wymagają przygotowania regulacji uwzględniających różnice w monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek w porównaniu ze zwykłymi wodami podziemnymi. Kwestią do rozstrzygnięcia pozostaje przy tym regulacja problematyki wód leczniczych, termalnych i solanek w dwóch ustawach tj. ustawie PGiG w zakresie użytkowania/koncesjonowania wydobywania kopalin oraz monitoringu w ustawie PW. W konsekwencji, tego rodzaju kopaliny pozostawałyby w różnych zakresach pod nadzorem dwóch ministrów – ministra właściwego ds. środowiska i ministra właściwego ds. gospodarki wodnej, co przy niejednoznaczności przepisów może prowadzić do powstawania sporów kompetencyjnych.

Druga propozycja (II), to odpowiednia zmiana przepisów ustawy PGiG i aktów wykonawczych do niej. Tu zadanie w zakresie monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek należałoby przypisać do zakresu zadań psg. W związku z tym koniecznym byłaby nowelizacja art. 162 ustawy PGiG poprzez dopisanie właściwego zadania określającego psg jako wykonawcę monitoringu prowadzonego na podstawie przygotowanego programu monitoringu. Nadzór nad wykonywaniem zadań psg sprawuje minister właściwy do spraw środowiska, działający przy pomocy Głównego Geologa Kraju. W tym przypadku nie byłoby

konieczne wprowadzenie rozporządzenia wzorem regulacji z ustawy PW – szczegółowe wymagania w zakresie prowadzenia monitoringu zawierałby bowiem program monitoringu sporządzony na podstawie niniejszego raportu. Takie rozwiązanie umożliwi realizację postulatów zapisanych w RDW, tj. objęcia monitoringiem wszystkich rodzajów wód podziemnych.

Na mocy przepisów ustawy PGiG, wody lecznicze, termalne i solanki zostały zaliczone do kopalin. Eksploatacja wód może być prowadzona jedynie na podstawie koncesji na ich wydobywanie wydanej przez właściwego miejscowo marszałka województwa, w obrębie wyznaczonego obszaru górniczego.

Udzielenie przedsiębiorcy koncesji, jak i obowiązki nałożone na niego w konsekwencji prowadzonej inwestycji obarczone są szeregiem obowiązków. Poszukiwanie wód leczniczych, termalnych i solanek może być prowadzone w oparciu o projekt robót geologicznych, opracowany zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji (Dz.U. 2023 poz. 155, j.t.), zatwierdzonego przez właściwy organ administracji geologicznej.

Wyniki prac wiertniczych oraz badań hydrogeologicznych należy przedstawić w dokumentacji hydrogeologicznej, w której ustalono zasoby eksploatacyjne ujęcia wody leczniczej, termalnej lub solanki. Dokumentacja powinna być sporządzona zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. 2016 poz. 2033) i zostać zatwierdzona przez właściwy organ administracji geologicznej. Poza ustaleniem wielkości zasobów eksploatacyjnych dokumentacja hydrogeologiczna powinna zawierać wyniki badań warunków oraz parametrów hydrogeologicznych utworów wodonośnych, ocenę właściwości fizyczno-chemicznych ujętych wód, informacje dotyczące przewidywanych zmian jakości i ilości wód w trakcie eksploatacji oraz technicznych warunków racjonalnej eksploatacji ujęcia, a także granice proponowanego obszaru górniczego.

W celu uzyskania koncesji na wydobywanie wód termalnych, leczniczych i solanek należy złożyć wniosek do organu administracji geologicznej – właściwego miejscowo marszałka województwa. Należy do niego dołączyć projekt zagospodarowania złoża (pzz), sporządzony zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 24 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów zagospodarowania złóż (Dz.U. 2012 poz. 511), na podstawie dokumentacji hydrogeologicznej, z jednoczesnym uwzględnieniem uwarunkowań techniczno-ekonomicznych prowadzenia eksploatacji wód.

Z punktu widzenia prowadzenia monitoringu wód termalnych, leczniczych i solanek, powyższe akty prawne nie będą wymagały zmiany, tym samym przedsiębiorca na etapie składania wniosku o koncesje i działań następczych nie będzie obciążony dodatkowymi obowiązkami.

Celem osiągnięcia oczekiwanego efektu, bez konieczności dodatkowego angażowania przedsiębiorcy, na etapie realizacji niniejszego opracowania jest zmiana regulacji prawnych nakazująca:

- w koncesji udzielanej na wydobywanie wód podziemnych zaliczonych do kopalin:
 - udostępnienie na potrzeby sieci monitoringowej ujęcia, jednego bądź wielu, jeśli będzie to uzasadnione potrzebami monitoringu (koncesja wskazywałaby konkretne ujęcie udostępnione do badań monitoringowych – propozycja ta dotyczy tylko złóż objętych koncesją), lub;
 - wykonanie piezometru na potrzeby sieci monitoringowej (koncesja nakazywałaby wykonanie piezometru w celu prowadzenia badań monitoringowych – istotnym ograniczeniem tej propozycji jest znaczna głębokość występowania niektórych złóż, co czyni wykonanie niektórych piezometrów ekonomicznie nieuzasadnionym), lub;
 - udostępnienia (sprzedaż/dzierżawa) wykonawcy monitoringu działki na podstawie przepisów odrębnych w celu wykonania piezometru na potrzeby prowadzenia badań monitoringowych (w przypadku braku odpowiednich działek będących własnością Skarbu Państwa).
- w decyzji zatwierdzającej dokumentację ustalającą zasoby eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych zaliczonych do kopalin:
 - udostępnienie na potrzeby sieci monitoringowej ujęcia, jednego bądź wielu, jeśli będzie to uzasadnione potrzebami monitoringu (decyzja wskazywałaby konkretne ujęcie udostępnione do badań monitoringowych), lub;
- w projekcie zagospodarowania złoża i planie ruchu zakładu górniczego:
 - obowiązek zintegrowania obserwacji stacjonarnych prowadzonych przez zakłady górnicze wydobywające wody podziemne zaliczone do kopalin na podstawie przepisów o ruchu zakładu górniczego (propozycja ta dotyczy tylko złóż objętych koncesją).

Powyższe propozycje wymagają zmiany postanowień ustawy PGiG poprzez dodanie w przepisach dotyczących treści koncesji lub decyzji organu administracji geologicznej

powyższych obowiązków. Właściwy organ wydając decyzje, w jej treści określałby obowiązki ciążące na przedsiębiorcy.

Podsumowując, niezależnie od kierunku i zaproponowanych rozwiązań, zmiany będą wymagały przede wszystkim następujące akty prawne:

- Propozycja I
 - ustawa z dnia 20 lica 2017 r. Prawo wodne (Dz.U. 2022 poz. 2625, j.t.);
 - rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 13 lipca 2021 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2021 poz. 1576).
- Propozycja II
 - ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2022 poz. 1072, j.t.).

Podsumowując rozważanie podjęte w niniejszym rozdziale proponuje się przed uruchomieniem etapu wdrożeniowego sieci monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin podjęcie szerokich konsultacji dotyczących rozwiązań zaproponowanych w niniejszym raporcie, przede wszystkim pomiędzy użytkownikami złóż, organami nadzoru górniczego, organami koncesyjnymi oraz Ministrem właściwym do spraw środowiska. Konieczność wspólnego działania jest niezbędna dla uzyskania lepszych efektów. Głównym celem konsultacji powinno być zapewnienie spójnego i harmonijnego wdrożenia monitoringu poprzez wyjaśnienie różnych kwestii metodologicznych i organizacyjnych, a także w zakresie zagadnień technicznych dotyczących możliwości wykorzystania urządzeń i infrastruktury produkcyjnej do celów monitoringowych, co umożliwiłoby powszechne zrozumienie implikacji formalno-prawnych i naukowych projektu (koncepcji) monitoringu, a także przeprowadzenia przeglądu regulacji ww. aspektów. Ustalenia niniejszego opracowania, dotyczące głównie monitoringu w aspekcie hydrogeologicznym, powinny stanowić podstawę do dyskusji o charakterze procesowym, zwłaszcza w zakresie rozwiązania problemów natury formalno-prawnej (regulacja prawna poruszonych zagadnień) oraz skutków ekonomicznych ewentualnych decyzji. Przedstawienie procesów z perspektywy wszystkich stron zaangażowanych w utworzenie sieci monitoringu pozwoli na optymalizację procesów oraz zrozumienie oczekiwań stron. Wspomniane konsultacje, obejmujące swoim zakresem również aspekty finansowe organizacji monitoringu, mogłyby stanowić kontynuację prac podjętych w niniejszym raporcie, pokazujących stan obecny, a wnioski z nich płynące mogłyby zostać przedstawione w raporcie wynikowym o charakterze oceny wpływu pn. „Analiza uwarunkowań techniczno-ekonomiczno-środowiskowych wdrożenia monitoringu

wód podziemnych zaliczonych do kopalin” zawierającym schemat działania pozwalający przejść od stanu istniejącego do docelowego. Skonsultowanie wszystkich elementów procesu wskazanych w niniejszym raporcie umożliwi wskazanie najistotniejszych obszarów, na których należy się skupić podejmując ewentualne działania formalno-prawne. Taka analiza powinna oceniać potencjalny wpływ ekonomiczny, społeczny i środowiskowy, a także koszty i korzyści realizacji projektu oraz niezbędne kompromisy.

Streszczenie

Obecnie brak jest w kraju podstaw prawnych do organizacji i prowadzenia monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin. Dlatego też przygotowano program odpowiednich działań formalno-prawnych, zawierający analizę zależności pomiędzy przepisami poszczególnych aktów prawnych w zakresie monitorowania wód podziemnych oraz przedstawiającego ocenę prawną możliwości wprowadzenia niezbędnych zmian legislacyjnych koniecznych do stworzenia sieci monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek. Procedury prawne i administracyjne są główną przeszkodą w realizacji planowanego monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin. Aspekty formalno-prawne, które należy rozpatrzyć w celu organizacji sieci monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek podzielono na kilka grup o charakterze: legislacyjnym, planistycznym, inwestycyjnym, monitorująco-kontrolnym i informacyjno-szkoleniowym. Należy rozważyć dwa kierunki działań formalno-prawnych:

- zmiana ustawy Prawo wodne i objęcie wód podziemnych zaliczonych do kopalin monitoringiem w analogiczny sposób jak ma to miejsce w przypadku wód zwykłych;*
- zmiany ustawy Prawo geologiczne i górnicze poprzez dodanie monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin jako zadania psg (zalecane).*

Dla proponowanych działań niezbędne jest określenie instytucji odpowiedzialnych za ich realizację, źródeł finansowania, kosztów, merytorycznego zakresu wdrażanych działań i monitorowania skutków (efektów) wdrażanych działań. Założenia i wskazania niniejszego raportu stanowią merytoryczną podstawę działań zmierzających do utworzenia sieci monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek. Organizacja i funkcjonowanie sieci, niezależnie od przyjętych ostatecznie rozwiązań i jej kształtu, będzie wymagać zmian przepisów (ustaw, rozporządzeń) lub ich doprecyzowania (nowelizacji):

- ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne;*
- ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze;*
- rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 13 lipca 2021 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i jednolitych części wód podziemnych.*

W celu oceny zaproponowanych rozwiązań, a także analizy skutków (konsekwencji) prawnych i finansowych ich obowiązywania, zaproponowano potrzebę przeprowadzenia szerokich konsultacji.

13.Aspekty ekonomiczne uruchomienia i funkcjonowania monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin

Główny nacisk w niniejszym projekcie monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin położono na pozyskiwanie wiarygodnych danych do oceny właściwości fizykochemicznych i stanu ilościowego wód, a także na usprawnienie przewidzianych do realizacji procesów i powtarzalności procedur (dotyczących m.in. wykonywania pomiarów i badań oraz gromadzenia i przetwarzania uzyskanych wyników). Nie można jednak pominąć strony ekonomicznej planowanego przedsięwzięcia i optymalizacji kosztów wdrożenia i funkcjonowania monitoringu. Jest to szczególnie istotne z punktu widzenia podmiotów finansujących planowane przedsięwzięcie. Projekt zakłada prowadzenie monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek jako zadanie ciągłe psg, finansowane ze środków NFOŚiGW.

Nawiązując do strony ekonomicznej planowanego przedsięwzięcia należy uwzględnić czas jego trwania (czas trwania poszczególnych cykli realizacyjnych), koszty poszczególnych etapów (prace przygotowawcze, wdrożenie, funkcjonowanie) oraz koszty ewentualnego ryzyka. Projekt zakłada wieloletni okres trwania poszczególnych etapów przygotowawczych (okresy 2–3 letnie), a także prowadzenie monitoringu w cyklach kilkuletnich (5–6 letnich) z kwartalnymi okresami sprawozdawczości jednostce finansującej monitoring i nadzorującej wykonawcę monitoringu. Dlatego też postuluje się, aby sprawozdania przedkładane finansującemu projekt uzyskało akceptację Ministra właściwego do spraw środowiska. Środki finansowe przewidziane na realizację poszczególnych etapów zadania powinny uwzględniać również potrzeby wszystkich zidentyfikowanych stron uczestniczących w procesie budowania, a następnie funkcjonowania sieci monitoringowej. Koszty związane z wdrożeniem zestawu działań pojawią się zarówno dla podmiotu odpowiedzialnego za wdrożenie danego działania (np. psg jako wykonawca monitoringu), jak i u innych podmiotów, które nie są bezpośrednio zaangażowane w jego realizację (tzw. zewnętrzne otoczenie projektu – np. użytkownicy ujęć, właściciele gruntów).

W niniejszym rozdziale przedstawiono wstępną charakterystykę finansową planowanego przedsięwzięcia, zawierającą prognozę (szacunek) dotyczącą analizy kosztów poszczególnych działań i inwestycji. Nie ma ona jednak charakteru analizy finansowej, nie zawiera bowiem wystarczających informacji o odpowiedniej szczegółowości, umożliwiającej przedstawienie architektury finansowej planowanego przedsięwzięcia oraz przedstawienie

struktury przepływu środków finansowych (finansujący–wykonawca–właściciel–beneficjent) i zależności między jej poszczególnymi składowymi.

Określenie nakładów finansowych podstawowych prac, które należy uwzględnić przy finansowaniu monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni, przedstawiono w podziale na dwa podstawowe etapy: etap prac przygotowawczych i etap funkcjonowania monitoringu. W przypadku kalkulacji finansowej dla etapu prac przygotowawczych podano całkowity koszt danego działania, natomiast dla etapu funkcjonowania sieci, tam gdzie było to możliwe, posłużono się cenami jednostkowymi. Poniżej przedstawiono kalkulację finansową planowanego przedsięwzięcia:

– **Etap prac przygotowawczych (podano koszt całkowity zadania):**

- Opracowanie analizy ryzyka ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalni → zadanie psg, 2-letnie, koszt 500 000 zł;
- Waloryzacja złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalni → zadanie psg, 2-letnie, koszt 300 000 zł;
- Opracowanie modeli koncepcyjnych złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalni → zadanie psg, 4-letnie, koszt 1 200 000 zł;
- Opracowanie studium techniczno-środowiskowo-ekonomicznego wdrożenia monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni (konsultacje, analiza ekonomiczna, analiza prawna, wybór punktów monitoringowych wraz z przygotowaniem ich dokumentacji technicznej) → zadanie psg+ kooperacja, 3-letnie, koszt 800 000 zł;
- Opracowanie programu monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni → zadanie psg, 2-letnie, koszt 300 000 zł;
- Opracowanie dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby dyspozycyjne obszaru bilansowego → zadanie psg, wykonywane w razie potrzeby, koszt 800 000 zł za 1 szt. dokumentacji;

– **Etap funkcjonowania monitoringu (podano koszt jednostkowy działania):**

Środki na pozyskanie danych

- prowadzenie monitoringu stanu ilościowego (pomiar poziomu zwierciadła wód podziemnych lub wydajności źródeł) → od 50 do 100 zł/1 pomiar;
- prowadzenie monitoringu stanu chemicznego (przygotowanie punktu do opróbowania – pompowanie oczyszczające, pobór próbek wody i gazów) → 2000 zł/1 punkt;
- wykonanie analizy fizyczno-chemicznych laboratoryjnych wody → 2000 zł/1 analiza;

- wykonanie analizy składu izotopowego wody → 2000 zł/1 analiza;
- wykonanie analiz fizyczno-chemicznej gazu → 2000 zł/1 analiza.

Środki na gromadzenie, weryfikację oraz opracowanie wyników monitoringu

- wynagrodzenia (utrzymanie kadry pracowniczej) → 500 000 zł/1 rok;
- prowadzenie i rozwój bazy danych monitoringowych → 300 000 zł/1 rok;
- udostępnianie danych (przygotowywanie raportów wynikowych) → 200 000 zł/1 rok;
- delegacje i transport → 50 000 zł/1 rok.

Środki inwestycyjne

- zapewnienie środków trwałych (koszty materiałów i wyposażenia, licencje, inne) → 100 000 zł/1 rok;
- utrzymanie i konserwacja sieci obserwacyjno-badawczej, w tym utrzymanie i konserwacja urządzeń pomiarowych oraz urządzeń do poboru próbek;
- rozwój sieci monitoringu oraz dostosowanie jej do zmieniających się wymogów (np. wdrażanie automatyki pomiarowej);
- pozyskiwanie gruntów pod lokalizację punktów badawczych (koszty zróżnicowane → zakup, wieloletnia dzierżawa, porozumienie);
- wykonywanie otworów wiertniczych
 - a) 2800 zł/1 m do głębokości 500 m;
 - b) 4300 zł/1 m o głębokości 500–1000 m;
 - c) 4500 zł/1m o głębokości >1000 m;
 - d) badania otworowe, hydrogeologiczne, laboratoryjne → 100 000 zł/kpl.
 - e) nadzór/dozór geologiczny → 500 zł/1 dzień;
 - f) opracowanie projektu robót geologicznych → 10 000 zł/1 szt.
 - g) opracowanie dokumentacji geologicznej → 40 000 zł/1 szt.

Na rozważania ekonomiczne ma wpływ także efektywność planowanych zadań, którą ocenia się w oparciu o:

- skuteczność działań w odniesieniu do realizacji celów środowiskowych;
- realność wdrożenia poszczególnych działań w określonej perspektywie czasowej;
- czas osiągnięcia efektu przez działanie;
- korzyści.

Prowadzenie monitoringu nie może być rozpatrywane jako przedsięwzięcie o charakterze komercyjnym, nastawione na korzyści finansowe z zaangażowanego kapitału. W rachunku powinny zostać uwzględnione korzyści realizowane dzięki

zaplanowanemu zestawowi działań. Jako uzupełnienie analizy korzyści dla wód podziemnych należy mieć na uwadze tzw. koszty uniknięte w wyniku podjęcia proponowanych działań. Takie podejście jest uzasadnione z uwagi na fakt, iż w odniesieniu do wód podziemnych większość działań ma charakter prewencyjny, a nie interwencyjny (naprawczy). Ochrona ilościowa i jakościowa wód podziemnych jest realizowana przede wszystkim poprzez wdrażanie działań ochronnych oraz monitorowanie stanu wód. Z ekonomicznego punktu widzenia realizacja zestawu działań pomimo konieczności poniesienia dużych nakładów inwestycyjnych przyczyni się do wystąpienia znacznych korzyści społeczno-ekonomicznych, przewyższających ponoszone koszty, a wynikających przede wszystkim z ochrony zasobów wód podziemnych.

Streszczenie

W rozdziale przedstawiono wstępną charakterystykę finansową planowanego przedsięwzięcia, zawierającą prognozę (szacunek) dotyczącą analizy kosztów poszczególnych działań i inwestycji. Zaproponowano, iż prowadzenie monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek będzie zadaniem ciągłym psg, finansowanym ze środków NFOŚiGW. Nakłady finansowe, które należy uwzględnić przy finansowaniu monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni, przedstawiono w podziale na dwa podstawowe etapy: etap prac przygotowawczych i etap funkcjonowania monitoringu. Projekt zakłada wieloletni okres trwania poszczególnych etapów przygotowawczych (okresy 2–3 letnie), a także prowadzenie monitoringu w cyklach kilkuletnich (5–6 letnich) z kwartalnymi okresami sprawozdawczości. We wstępnej kalkulacji finansowej etapu przygotowawczego uwzględniono:

- opracowanie analizy ryzyka ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalni;*
- przygotowanie waloryzacji złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalni;*
- opracowanie modeli koncepcyjnych złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalni;*
- opracowanie studium techniczno-środowiskowo-ekonomicznego wdrożenia monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni;*
- opracowanie programu monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalni;*
- opracowanie dokumentacji hydrogeologicznych ustalających zasoby dyspozycyjne obszarów bilansowych.*

Na etapie funkcjonowania monitoringu zidentyfikowano koszty związane z:

- prowadzeniem monitoringu ilościowego i chemicznego;*
- wykonywaniem analiz laboratoryjnych właściwości fizyczno-chemicznych wód i gazów oraz składu izotopowego wód;*
- wynagrodzeniami kadry pracowniczej;*
- prowadzeniem i rozwojem bazy danych monitoringowych;*
- udostępnianiem danych;*
- delegacjami, transportem i zapewnieniem środków trwałych;*
- utrzymaniem i konserwacją sieci obserwacyjno-badawczej;*
- rozwojem sieci monitoringu oraz dostosowaniem jej do zmieniających się wymogów;*
- pozyskiwaniem gruntów pod lokalizację punktów badawczych;*
- wykonywaniem otworów wiertniczych.*

IV. Zakończenie

14. Podsumowanie

Wody podziemne zaliczone do kopalin (wody lecznicze, wody termalne i solanki) nie są objęte państwową siecią monitoringu, jak to ma miejsce w przypadku zwykłych wód podziemnych. W związku z powyższym w Państwowym Instytucie Geologicznym–Państwowym Instytucie Badawczym (PIG–PIB), pełniącym rolę państwowej służby geologicznej (psg), opracowano projekt monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin. Projekt ten określa cele strategiczne funkcjonowania planowanej sieci obserwacyjno-pomiarowej, jej podstawowe założenia organizacyjne, ogólne zasady działania oraz szereg działań w zakresie hydrogeologii wód leczniczych, termalnych i solanek niezbędnych do zrealizowania przed właściwym uruchomieniem monitoringu.

Podstawę prawną prowadzenia monitoringu zwykłych wód podziemnych stanowi ustawa Prawo wodne z dnia 20 lipca 2017 r. Ustawa ta reguluje m.in. zagadnienia dotyczące sprawozdawczości z organizacji sieci i wyników pomiarów monitoringu, nakazuje opracowanie programu monitoringu wód, a także wskazuje państwową służbę hydrogeologiczną jako instytucję odpowiedzialną za prowadzenie monitoringu. Podstawowym aktem prawnym do ustawy Prawo wodne jest rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 13 lipca 2021 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i jednolitych części wód podziemnych. Określa ono m.in. rodzaje monitoringu i cele ich ustanowienia, kryteria wyboru JCWPd do monitorowania, kryteria wyznaczania punktów pomiarowych, zakres i częstotliwość monitoringu oraz metodyki referencyjne oraz warunki zapewnienia jakości monitoringu.

W przypadku wód podziemnych zaliczonych do solanek brak jest odpowiednich regulacji prawnych umożliwiających uruchomienie sieci monitoringowej. Analiza uwarunkowań formalno-prawnych stosowanych w innych krajach europejskich, przeprowadzona na podstawie badań ankietowych, pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

- działalność instytucji zajmujących się wodami leczniczymi, termalnymi i solankami w wybranych krajach w zakresie monitoringu dotyczy przeważnie konsultingu interesariuszy, zapewnienia podstaw naukowych i metodologicznych monitoringu oraz archiwizacji wyników badań;

- poszczególne aspekty prawno-administracyjne są dostosowane do nadrzędnych przepisów UE, jednak uwidacznia się silne uzależnienie od narodowych tradycji, jak również struktury danego państwa;
- formalne uznanie wód leczniczych, termalnych i solanek za kopaliny nie jest powszechne;
- poszukiwanie, wydobywanie i monitoring wód leczniczych, termalnych i solanek podlegają regulacjom prawnym i administracyjnym, w tym w większości licencjonowaniu i/lub koncesjonowaniu;
- regulacje prawne dotyczące wód leczniczych, termalnych i solanek wynikają głównie z dziedziny prawa dotyczącego wód podziemnych i powierzchniowych, w mniejszym stopniu geologii, jak to ma miejsce w Polsce;
- w większości ankietowanych krajów nie istnieje krajowa sieć obserwacyjno-pomiarowa wód leczniczych, termalnych i solanek, jednak kraje te opracowały strategie ochrony zasobów tego rodzaju wód.

Opracowany projekt monitoringu jest pierwszym krokiem w kierunku objęcia w Polsce wód leczniczych, termalnych i solanek państwową siecią obserwacji stacjonarnych.

Elementy kluczowe monitoringu określone w raporcie to m.in.:

- źródła pozyskiwania danych;
- sposób gromadzenia danych;
- struktura systemu monitoringu;
- wskazania do programu sieci obserwacyjno-badawczej;
- wykonawca monitoringu;
- kryteria reprezentatywności (przestrzennej i czasowej) sieci monitoringu;
- zakres monitoringu (ilościowy i jakościowy oraz badania dodatkowe – np. określanie ilości CO₂ w powietrzu glebowym) wraz z założeniami metodycznymi ich wykonywania;
- etapowość wdrażania sieci monitoringowej;
- zarządzanie jakością w procesie pozyskiwania, gromadzenia, przetwarzania i udostępniania danych.

Wzorem rozwiązań zastosowanych przy monitoringu wód zwykłych organizację i prowadzenie ogólnokrajowego monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek planuje się powierzyć psg. Monitoring wód podziemnych zaliczonych do kopalin zakłada prowadzenie obserwacji w obrębie wszystkich złóż (146 według stanu na koniec 2020 r.).

Lokalizacja, liczba i warunki jakie powinny spełniać punkty monitoringowe będą dostosowane do specyfiki każdego złoża (stopnia skomplikowania warunków hydrogeologicznych, rodzaju struktury wodonośnej, stopnia odnawialności zasobów i obecności strefy zasilania w granicach złoża) i zostaną szczegółowo określone w programie monitoringu (opracowanie o charakterze wykonawczym). Program monitoringu, podobnie jak w przypadku wód zwykłych, będzie opracowywany na okres kilku lat (zwany cyklem wodnym) i będzie aktualizowany w zależności od stopnia osiągnięcia zakładanego celu i dostosowany do bieżącej sytuacji.

Szacunkowa liczba punktów monitoringowych w początkowym okresie funkcjonowania planowanej sieci będzie wynosić około 200–250. W większości rolę punktów badawczych będą pełnić istniejące ujęcia (studnie, piezometry, głębokie otwory wiertnicze, źródła, wyrobiska górnicze). Rodzaj, rozwiązania konstrukcyjne oraz stan techniczny i intensywność użytkowania obiektów wchodzących w skład sieci będzie więc zróżnicowany.

Planowana sieć monitoringu będzie uruchamiana stopniowo (etapowo). W pierwszym etapie sieć monitoringowa będzie miała charakter testowy i będzie obejmować wybrane złoża w obszarach konfliktowych związanych z intensywną eksploatacją, złoża o stwierdzonej dużej zmienności parametrów fizyczno-chemicznych i hydrodynamicznych oraz w rejonach intensywnego górnictwa podziemnego i odkrywkowego, m.in. w:

- rejonie dorzecza Popradu;
- rejonie Buska-Zdroju i Solca-Zdroju;
- niecce podhalańskiej;
- rowie Nysy Kłodzkiej w rejonie Gorzanowa.

W kolejnych etapach sieć testowa zostanie rozszerzona o pozostałe złoża z etapu I (etap IIA), a następnie osiągnie docelowy kształt obejmując wszystkie złoża (etap IIB).

Wynikiem interpretacji danych pomiarowych będzie ocena głębokości położenia zwierciadła wód podziemnych oraz zmienności właściwości fizyczno-chemicznych wód. Celem interpretacji wyników monitoringu ilościowego będzie określenie zmian poziomu zwierciadła wody, zmian kierunków przepływu wód do ujęć, a także stwierdzenie nowych dróg krążenia oraz ingresji lub ascenzji wód z innych poziomów wodonośnych. Celem interpretacji danych fizyczno-chemicznych będzie określenie tendencji zmian badanych wskaźników oraz identyfikacja znaczących i utrzymujących się trendów.

W raporcie, obok elementów właściwych dla programu wykonawczego sieci monitoringowej, zawarto propozycję kierunków dalszych działań w dziedzinie hydrogeologii

wód leczniczych, termalnych i solanek, których realizację określono jako niezbędną przed właściwym zaprojektowaniem sieci obserwacyjno-pomiarowej. Przed opracowaniem programu monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin zaproponowano m.in.:

- wykonanie analiz ryzyka ujęć wód podziemnych zaliczonych do kopalin;
- przygotowanie waloryzacji złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin;
- opracowanie modeli koncepcyjnych złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalin.

Niezależnie od przygotowania programu monitoringu zaleca się kontynuowanie programu dokumentowania zasobów dyspozycyjnych.

Wnioski płynące z realizacji wymienionych zadań powinny stanowić podstawę do określenia potrzeb poszczególnych złóż względem monitoringu.

Ponieważ brak jest obecnie w kraju podstaw prawnych do organizacji i prowadzenia monitoringu wód podziemnych zaliczonych do kopalin w raporcie zawarto zalecenia odpowiednich działań formalno-prawnych, zawierający analizę zależności pomiędzy przepisami poszczególnych aktów prawnych w zakresie monitorowania wód podziemnych. Dodatkowo zestawiono szacunkowe koszty planowanego przedsięwzięcia, zarówno na etapie przygotowawczym, jak i w trakcie późniejszego, ciągłego funkcjonowania monitoringu.

Założenia i wskazania niniejszego opracowania stanowią merytoryczną podstawę działań zmierzających do utworzenia sieci monitoringu wód leczniczych, termalnych i solanek. Organizacja i funkcjonowanie sieci, niezależnie od przyjętych ostatecznie rozwiązań i jej kształtu, będzie wymagać zmian przepisów (ustaw, rozporządzeń). Uruchomienie monitoringu umożliwi prowadzenie racjonalnej gospodarki złożowej, przyczyniając się tym samym efektywnie do ochrony zasobów wód podziemnych zaliczanych do kopalin, co jest głównym celem planowanego monitoringu. Planowany monitoring umożliwi prognozowanie zmian i ocenę ryzyka degradacji zasobów, a także ochronę tych zasobów (prewencyjnie i interwencyjnie) z wykorzystaniem nowoczesnych metod badawczych (badania modelowe, izotopowe). Wyniki badań monitoringowych będą wykorzystywane do realizacji zadań państwa w zakresie gospodarowania i ochrony zasobów wód podziemnych zaliczonych do kopalin oraz na potrzeby gospodarki wodnej kraju w celu planowania i gospodarowania ogółem wód podziemnych.

Jak wynika z przeprowadzonych badań ankietowych monitoring wód leczniczych, termalnych i solanek w krajach europejskich jest prowadzony stosunkowo rzadko. Istnieje jednak powszechna świadomość o konieczności monitorowania wszystkich rodzajów wód występujących w systemie wodonośnym. Większość państw prowadzi czynną ochronę zasobów wód leczniczych, termalnych i solanek, wykonując działania w ramach

opracowanych krajowych strategii ochrony zasobów tego rodzaju wód. Ponieważ na ogół wody lecznicze, termalne i solanki nie są w tych krajach zaliczone do kopalin spełniony jest postulat RDW dotyczący monitorowania wszystkich rodzajów wód podziemnych. Niniejszy raport, omawiający szeroko planowany do wdrożenia w Polsce monitoring wód podziemnych zaliczonych do kopalin wraz z proponowanymi do realizacji zadaniami poprzedzającymi jego uruchomienie, może pełnić funkcję krajowej strategii ochrony zasobów wód leczniczych, termalnych i solanek na najbliższe wieloletie.

15. Spis literatury i wykorzystanych materiałów

Publikacje i materiały archiwalne

- Bażyński J., 1996 – Znaczenie stacjonarnych obserwacji wód podziemnych w strefie przygranicznej. W: Raporty sieci stacjonarnych obserwacji wód podziemnych. Raport 1/96 (red. B. Kazimierski, E. Przytuła): 27–36.
- Bielec B., 2022 – Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęć wody leczniczej w granicach OG i TG „Szczawiczne II” dla potrzeb ZPHU „INEX” Sp. z o.o. HydroGeoTech, Bochnia (niepublikowane).
- Błaszczuk T., Macioszczyk A., 1993 – Klasyfikacja jakości zwykłych wód podziemnych dla potrzeb monitoringu środowiska. Ser. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Państw. Insp. Ochr. Śr., Warszawa.
- Błaszczuk T., Górski J., Hordejuk T., Płochniewski Z., 1991 – Koncepcja monitoringu wód podziemnych. *Prz. Geol.*, **39** (1): 7–11.
- Bojarski L., 1987 – Hydrodynamiczna i hydrochemiczna ocena warunków zachowania się złóż węglowodorów. *Prace Inst. Geol.*, **119**: 208–223.
- Bojarski L., 1990 – Prognozy występowania złóż węglowodorów w mezozoiku Nizżu Polskiego na podstawie hydrodynamiki i mineralizacji wód podziemnych. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Bojarski L., 1998 – Solanki zachodniego wybrzeża polskiego Bałtyku. UMK, Toruń.
- Bojarski L. (red.), 1996 – Atlas hydrochemiczny i hydrodynamiczny paleozoiku i mezozoiku oraz ascenzyjnego zasolenia wód podziemnych na Nizżu Polskim w skali 1:1 000 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Bojarski L., Sadurski A., 2000 – Wody podziemne głębokich systemów krążenia na Nizżu Polskim. *Prz. Geol.*, **48** (7): 587–595.
- Bojarski L., Sokołowski A., 1996 – Wpływ ascenzyj lateralnej na zasolenie wód kambru. *Prz. Geol.*, **44** (1): 88–90.
- Bojarski L., Płochniewski Z., Stachowiak J., 1979 – Wody termalne NE części monokliny przedsudeckiej. *Prz. Geol.*, **27** (11): 624–628.
- Chowaniec J., 1991 – Regiony hydrogeologiczne i ich charakterystyka: makroregion południowopolski, region karpacki. W: Budowa geologiczna Polski. T. VII. Hydrogeologia (red. J. Malinowski). Wydaw. Geol., Warszawa.

- Chowaniec J., 2009 – Studium hydrogeologii zachodniej części Karpat Polskich. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **434**, ser. Hydrogeologia, 8: 1–98.
- Chowaniec J., Długosz P., Drozdowski B., Nagy S., Poprawa D., Witczak S., Witek K., 1997 – Dokumentacja hydrogeologiczna wód termalnych niecki podhalańskiej. Państw. Inst. Geol., Kraków (niepublikowane).
- Chowaniec J., Zuber A., Ciężkowski W., 2007 – Prowincja karpacka. W: Hydrogeologia regionalna Polski. T. II: Wody mineralne, lecznicze i termalne oraz kopalniane (red. B. Paczyński, A. Sadurski). Państw. Inst. Geol., Warszawa: 78–96.
- Chowaniec J., Freiwald P., Nagy S., Operacz T., Owsiak P., Patorski R., Witek K., Zuber A., 2011 – Dodatek do „Dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód termalnych niecki podhalańskiej” z uwzględnieniem transgranicznego przepływu wód. Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Kraków (niepublikowane).
- Chowaniec J., Freiwald P., Gągulski T., Gorczyca G., Michalski A., Operacz T., Patorski R., Szklarczyk T., Buszta K., 2014 – Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych (leczniczych i zwykłych) w obrębie zlewni potoków Milik i Andrzejówka (miejscowość Andrzejówka, Milik). Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Kraków (niepublikowane).
- Chowaniec J., Gorczyca G., Gągulski T., Patorski R., 2015 – Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód leczniczych antykliny Iwonicza-Zdroju–Rudawki Rymanowskiej. Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Warszawa (niepublikowane).
- Ciężkowski W., 1990 – Studium hydrogeochemii wód leczniczych Sudetów polskich. *Pr. Nauk. Inst. Geotechn. PWr*, **60**, ser. Monografie, 19: 1–133.
- Ciężkowski W. (red.), 2007 – Współoddziaływanie wód zwykłych i leczniczych – zasady dokumentowania, ochrony i gospodarki wodnej. Oficyna Wydaw. PWr, Wrocław.
- Ciężkowski W., Kapuściński J., 2011 – Wyznaczanie granic obszaru i terenu górniczego dla złóż wód podziemnych uznanych za kopaliny. Poradnik metodyczny. Min. Środ., Warszawa.
- Ciężkowski W., Józefko I., Schmalz A., Witczak S., 1999 – Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne wód leczniczych i dwutlenku węgla (jako kopaliny towarzyszącej) ze złoża w uzdrowisku Krynica oraz ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych (zwykłych oraz leczniczych i o właściwościach leczniczych) w zlewni Krynicy. PWr, Wrocław (niepublikowane).

- Ciężkowski W., Duliński W., Józefko I., Kiełczawa B., Liber-Madziarz E., Witczak S., Zuber A., Żak S., 2002 – Występowanie, dokumentowanie i eksploatacja endogenicznego dwutlenku węgla w Polsce. Wr. Tow. Nauk., Wrocław.
- Ciężkowski W., Jackowicz-Korczyński J., Kiełczawa B., 2004 – Sporządzanie projektów zagospodarowania złóż dla wód leczniczych. Poradnik metodyczny. Min. Środ., Warszawa.
- Ciężkowski W., Liber E., Kiełczawa B., Latour T., Przylibski T., Sziwa D., Żak S., 2007 – Dopuszczalne wahania eksploatacyjnych i fizyczno-chemicznych parametrów wód leczniczych. Zasady ustalania. Oficyna Wydaw. PWr, Wrocław.
- Ciężkowski W., Michniewicz M., Przylibski T. A., 2011 – Wody termalne na Dolnym Śląsku. W: Mezozoik i kenozoik Dolnego Śląska (red. A. Żelaźniewicz A., i in.). Wydaw. WIND, Wrocław: 107–120.
- Ciężkowski W., Kiełczawa B., Liber-Makowska E., Przylibski T.A., Żak S., 2016a – Wody lecznicze regionu sudeckiego – wybrane problemy. *Prz. Geol.*, **64** (9): 671– 682.
- Ciężkowski W., Kiełczawa B., Mazurek P., 2016b – Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęć wód leczniczych 9M i 10M w Gorzanowie. PWr, Wrocław.
- Cwojdzński S. 1979 – Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Sudetów w skali 1:25 000. Arkusz Krosnowice. Wydaw. Geol., Warszawa.
- Czabaj W., Klich J., 2005 – Badanie związku eksploatacji wałbrzyskich kopalń węgla kamiennego z mineralizacją wód leczniczych Szczawna Zdroju. *Prz. Geol.*, **53** (3): 230–236.
- Czop M., 2019 – Wstępna propozycja zakresu i metodyki analizy ryzyka dla ujęcia wód podziemnych wg Stowarzyszenia Hydrogeologów Polskich. Akad. Gór.–Hut., Kraków (niepublikowane).
- Dadak Z., 1973 – Ciepłe wody podziemne w utworach kredowych okolic Łodzi. *Kwart. Geol.*, **17** (1): 84–91.
- Dadlez R., Marek S., 1969 – Styl strukturalny kompleksu cechsztyńskiego-mezozoicznego na niektórych obszarach Niżu Polskiego. *Kwart. Geol.*, **13** (3): 543–565.
- Damsé S., 1956 – Zadania służby ochronnej źródeł (OZ) w uzdrowiskach. *Wiadomości Uzdrowiskowe*, **1**: 7–18.
- Damsé S., 1961 – Pomiary stacjonarne źródeł mineralnych. *Problemy Uzdrowiskowe*, **4** (11): 169–176.

- Damsé S., 1967 – Badania kontrolne w czasie ujmowania wód leczniczych na przykładzie ujęcia „Pitoniakówka” w Szczawnicy. *Problemy Uzdrawiskowe*, **4** (36).
- Dąbrowski S., Przybyłek J., 2005 – Metodyka próbnych pompowań w dokumentowaniu zasobów wód podziemnych. Poradnik metodyczny. Min. Środ., Warszawa.
- Dąbrowski S., Kapuściński J., Nowicki K., Przybyłek J., Szczepański A., 2010 – Metodyka modelowania matematycznego w badaniach i obliczeniach hydrogeologicznych. Bogucki Wydaw. Nauk., Poznań.
- Dendys M., 2018 – Hydrodynamiczne uwarunkowania krążenia wód termalnych i leczniczych w utworach cenomanu niecki miechowskiej i środkowej części zapadliska przedkarpacciego. *Studia, Rozprawy, Monografie*, **208**: 1–110.
- Dowgiałło J., 1969 – Hydrogeologia wód leczniczych. W: Geologia surowców balneologicznych (J. Dowgiałło, A. Karski, I. Potocki): Wydaw. Geol., Warszawa: 9–142.
- Dowgiałło J., 1971 – Studium genezy wód zmineralizowanych w utworach mezozoicznych Polski północnej. *Biul. Geol. Uniw. Warsz.*, **13**: 133–234.
- Dowgiałło J., 2001 – Sudecki region geotermiczny (SRG) – określenie, podział, perspektywy poszukiwawcze. W: Współczesne problemy hydrogeologii. T. X, cz. 1 (red. T. Bocheńska, S. Staško). Wyd. Sudety, Wrocław: 301–308.
- Dowgiałło J., 2002 – Klasyfikacja i geneza wód leczniczych. W: Ocena zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych i potencjalnie leczniczych (red. B. Paczyński). Państw. Inst. Geol., Warszawa: 6–14.
- Dowgiałło J., 2007a – Przegląd regionalny wód zmineralizowanych, termalnych oraz uznanych za lecznicze W: Hydrogeologia regionalna Polski. T. 2. Wody mineralne, lecznicze i termalne oraz kopalniane (red. B. Paczyński, A. Sadurski). Państw. Inst. Geol., Warszawa: 25–33.
- Dowgiałło J., 2007b – Prowincja platformy prekambryjskiej W: Hydrogeologia regionalna Polski. T. 2. Wody mineralne, lecznicze i termalne oraz kopalniane (red. B. Paczyński, A. Sadurski). Państw. Inst. Geol., Warszawa: 34–37.
- Dowgiałło J. 2007c – Zagadnienia prawne i terminologiczne. W: Hydrogeologia regionalna Polski. T. 2. Wody mineralne, lecznicze i termalne oraz kopalniane (red. B. Paczyński, A. Sadurski). Państw. Inst. Geol., Warszawa: 12–14.
- Dowgiałło J., Fistek J., 2007 – Prowincja sudecka. W: Hydrogeologia regionalna Polski. T. 2. Wody mineralne, lecznicze i termalne oraz kopalniane (red. B. Paczyński, A. Sadurski). Państw. Inst. Geol., Warszawa: 57–78.

- Dowgiałło J., Kulikowska J., 1972 – Hydrogeologiczne badania stacjonarne ujęć wód leczniczych w uzdrowiskach. *Problemy Uzdrowiskowe*, **1**: 109–158.
- Dowgiałło J., Paczyński B., 2002 – Podział regionalny wód leczniczych Polski. W: Ocena zasobów dyspozycyjnych wód potencjalnie leczniczych. Poradnik metodyczny (red. B. Paczyński). Państw. Inst. Geol., Warszawa: 16–24.
- Drwięga Z., 1972 – Ocena własności zbiornikowych utworów kambru obniżenia podlaskiego. *Geofizyka, Geologia Naftowa*, **1–2** (181–182): 17–31.
- Dubicki A., Adynkiewicz-Piragas M., Zdralewicz I., 2010 – Monitoring stosunków wodnych w przekształconym krajobrazie strefy przygranicznej. *Problemy Ekologii Krajobrazu*, **26**: 161–169.
- Duchnowski Z., Miecznicki J., 1983 – Aneks nr 1 do Projektu podstawowej sieci obserwacyjnej wód podziemnych na obszarze kraju. PIG, Warszawa.
- Felter A., Forst S., Gałkowski P., Herbich P., Mikołajków J., Mordzonek G., Mikołajczyk A., Przytuła E., Węglarz D., 2012 – Zadania systemu przetwarzania danych państwowej służby hydrogeologicznej – rozpoznawanie, bilansowanie i ochrona wód podziemnych. *Pol. Zrzesz. Inż. i Techn. San.*, **19** (1): 37–59.
- Felter A., Skrzypczyk L., Socha M., Sokołowski Jakub, Stożek J., Gryczko-Gostyńska A., 2015a – Mapa zagospodarowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin w Polsce w skali 1:1 000 000. Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Warszawa.
- Felter A., Stożek J., Sokołowski Jakub, Socha M., 2015b – Analiza zmienności właściwości fizyczno-chemicznych wód leczniczych uzdrowisk polskich wraz z oceną stanu zagrożeń ich jakości i zasobów. Część 1. Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Warszawa.
- Felter A., Skrzypczyk L., Socha M., Sokołowski Jakub, Stożek J., Gryszkiewicz I., Gryczko-Gostyńska A., 2017 – Mapa zagospodarowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin w Polsce. Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Warszawa.
- Felter A., Socha M., Sokołowski Jakub, Stożek J., Wiktorowicz B., 2018a – Raport z realizacji zadania pt. Geneza i „wiek” wód podziemnych zaliczonych do kopalin. PIG–PIB, Warszawa.
- Felter A., Stożek J., Sokołowski Jakub, Socha M., 2018b – Analiza zmienności właściwości fizyczno-chemicznych wód leczniczych uzdrowisk polskich wraz z oceną stanu zagrożeń ich jakości i zasobów. Część 2. Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Warszawa (niepublikowane).

- Felter A., Filippovits E., Gryszkiewicz I., Lasek-Woroszkiewicz D., Skrzypczyk L., Socha M., Sokołowski Jakub, Sosnowska M., Stożek J., 2021 – Mapa zagospodarowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin w Polsce 2020 w skali 1:1 000 000 wraz z objaśnieniami. Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Warszawa.
- Felter A., Sadurski A., Sokołowski Jakub, 2022 – Dopuszczalne wahania parametrów fizyczno-chemicznych wód leczniczych. W: Dokumentowanie zasobów eksploatacyjnych ujęć wód leczniczych. Poradnik metodyczny (red. A. Sadurski). PIG–PIB, Warszawa (w druku).
- Fistek J., 1956 – O ochronie górniczej źródeł mineralnych. *Wiadomości Uzdrawiskowe*, **1**: 19–21.
- Fistek J., Dowgiałło J., 1961 – Zagadnienie projektowania granic stref ochrony górniczej i sanitarnej źródeł wód i gazów leczniczych. *Problemy Uzdrawiskowe*, **3** (10): 101–109.
- Freiwald P., Owsiak P., Witek K., 2013 – Specyfika sieci monitorujących wody podziemne na obszarze Karpat. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **456**: 139–144.
- Gałkowski P., Nałęcz T., 2015 – Stan obecny oraz wyzwania dla procesu gromadzenia, przetwarzania i udostępniania danych hydrogeologicznych. *Prz. Geol.*, **63** (10/1): 715–720.
- Gągulski T., Chowaniec J., Gorczyca G., Operacz T., Tott M., Patorski R., Śmietański L., Koziara T., Strojna K., Gryczko-Gostyńska A., Felter A., 2018 – Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód leczniczych, siarczkowych w rejonie Buska-Zdroju i Solca-Zdroju. Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw. Warszawa–Kraków (niepublikowane).
- Gonet A., Macuda J., Zawisza L., Duda R., Porwisz J., 2011 – Instrukcja obsługi wierceń hydrogeologicznych. Akad. Gór.–Hut., Kraków.
- Gorczyca G., Krawczyk J., Fiszler J., Tott M., 2008 – Dodatek nr 2 do dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód siarczkowych do celów leczniczych z utworów kredowych w Busku-Zdroju. Przeds. Geol., Kraków (niepublikowane).
- Gorczyca G., Bielec B., Krawczyk J. i in., 2016 – Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód leczniczych zlewni Wilgi – rejon Mateczny. Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Warszawa (niepublikowane).
- Górecki W. (red.), 2006 – Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim. Akad. Gór.–Hut., Kraków.

- Grocholska J., Grocholski A., 1958 – Tektonika północno-wschodniej części Rowu Nysy. *Prz. Geol.*, **6** (8/9): 351–353.
- Hajto M., 2008 – Baza zasobowa wód termalnych na Niżu Polskim – geologiczne i hydrogeologiczne uwarunkowania lokalizacji obszarów perspektywicznych. *Geologia*, **34** (3): 503–526.
- Hajto M., 2011 – Potencjał geotermalny w rejonie zewnętrznych Karpat Zachodnich. *Tech. Posz. Geol., Geoterm., Zrówn. Roz.*, **1–2**.
- Herbich P., Hordejuk T., Kazimierski B., Nowicki Z., Sadurski A., Skrzypczyk L., 2004 – Udział Państwowego Instytutu Geologicznego we wdrożeniu Ramowej Dyrektywy Wodnej. *Pol. Zrzesz. Inż. i Techn. San.*, **15**: 38–45.
- Herbich P., Kapuściński J., Nowicki K., Rodzoch A., 2013 – Metodyka określania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w obszarach bilansowych z uwzględnieniem potrzeb jednolitych bilansów wodnogospodarczych. Poradnik metodyczny. Hydroeko, Warszawa.
- Hordejuk T., 1993 – Krajowy monitoring wód podziemnych – organizacja, główne wyniki prac i badań. *Pol. Zrzesz. Inż. i Techn. San.*, **10** (1): 69–75.
- Hordejuk T., 1996 – Monitoring jakości zwykłych wód podziemnych – Sieć krajowa. W: Raporty sieci stacjonarnych obserwacji wód podziemnych. Raport 1/96 (red. B. Kazimierski, E. Przytuła): 120–126.
- Hordejuk T., 1999 – Wyniki monitoringu jakości wód podziemnych – sieć krajowa 1998. W: Współczesne problemy hydrogeologii. T. IX (red. S. Krajewski, A. Sadurski). Państw. Inst. Geol., Warszawa: 41–45.
- Hordejuk T., Gawin A., 1994 – Wyniki monitoringu jakości zwykłych wód podziemnych w latach 1991–1993 (sieć krajowa). Ser. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Państw. Insp. Ochr. Śr., Warszawa.
- Hordejuk T., Gawin A., 1995 – Sprawozdanie z badań nt. Monitoring jakości zwykłych wód podziemnych – Sieć krajowa. PiG, Warszawa.
- Hordejuk T., Płochniewski Z., 1995 – Stan organizacji, główne wyniki i problemy monitoringu jakości wód podziemnych w Polsce. W: Współczesne problemy hydrogeologii. T. VII, cz. 1 (red. J. Szczepańska, R. Kulma, A. Szczepański). Wydaw. Profil, Kraków: 173–179.
- Hordejuk T., Miecznicki J., Pich J., 1992 – Monitoring wód podziemnych – metodyka i wstępne wyniki. W: Ogólnopolskie Seminarium Zintegrowany Monitoring

- Środowiska – metodologia, metody realizacji, 12–13.10.1992 r., Szczecinek–Stroków. Wydaw. UAM, Poznań.
- Jakimowicz-Hnatyszak K., Paślawski P., 1996 – Metody analizy wód naturalnych stosowane przez Centralne Laboratorium Chemiczne w badaniach monitoringowych. *Prz. Geol.*, **44** (3): 242–248.
- Janica R., Otwinowski J., Brzezińska A., 2013 – Rozpoznawanie zasięgu zanieczyszczeń wód podziemnych związkami chlorowcopochodnymi na przykładzie ujęć w Bornem Sulinowie i Nowej Dębie. W: *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **456**, ser. Hydrogeologia, 14/1: 219–224.
- Jarocka A., Kłosowska T., 1961 – Ochrona źródeł mineralnych nieujętych i nieeksploatowanych dotychczas, a ważnych dla lecznictwa uzdrowiskowego. *Problemy Uzdrowiskowe*, **3** (10): 51–57.
- Kaczorowski Z., Wagner J., Razowska-Jaworek L., Cudak J., Stachura A., 2015 – Dodatek do „Dokumentacji hydrogeologicznej Głównego Zbiornika Wód Podziemnych (GZWP) – nr 409 Niecka Miechowska (część SE)” w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 409 Niecka Miechowska (część SE). Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Sosnowiec (niepublikowane).
- Kapuściński J., Nagy S., Długosz P., Biernat H., Bentkowski A., Zawisza L., Macuda J., Bujakowska K., 1997 – Zasady i metodyka dokumentowania zasobów wód termalnych i energii geotermalnej oraz sposoby odprowadzania wód zużytych. Poradnik metodyczny. Min. Ochr. Środ., Zas. Nat. i Leśn., Warszawa.
- Kapuściński J., Szymańska E., Hulboj A., Połujan-Kowalczyk M., Kubiczek I., Niewiarowicz J., Pijewski G., Krawczyk J., Gągulski T., Gorczyca G., Tott M., Kos J., Fiszer J., Kondel G., Pytel A., 2010 – Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód leczniczych i potencjalnie leczniczych Ziemi Kłodzkiej i obszaru jeleniogórskiego. Przeds. Geol. Polgeol, Warszawa (niepublikowane).
- Kapuściński J., Wagner J., Renowski M., Noga B., 2019 – Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia wód termalnych z utworów kredy dolnej ujętych otworem Wręcza GT-1 w miejscowości Wręcza. HPC Polgeol, Warszawa (niepublikowane).
- Kazimierski B., 1995 – Zasady udostępniania i rozpowszechniania wyników stacjonarnych obserwacji hydrogeologicznych. W: Współczesne problemy hydrogeologii. T. VII, cz. 2 (red. J. Szczepańska, R. Kulma, A. Szczepański). Wydaw. Profil, Kraków: 313–319.

- Kazimierski B., 1997 – Stacje hydrogeologiczne PIG sieci stacjonarnych obserwacji wód podziemnych w Polsce. W: Współczesne problemy hydrogeologii. T. VIII. (red. J. Kryza, i in.). Wydaw. WIND, Wrocław: 455–459.
- Kazimierski B., Gidziński T., 2011 – Koncepcja reorganizacji sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **445** (12/1): 255–265.
- Kazimierski B., Sadurski A., 2002 – Monitoring wód podziemnych w świetle nowych zadań państwowej służby hydrogeologicznej. *Prz. Geol.*, **50** (10/2): 671–679.
- Kazimierski B., Małecka D., Rózkowski A., 1999 – Cel, metody i wyniki monitoringu wód podziemnych w Polsce. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **388**: 79–114.
- Kazimierski B., Cabalska J., Gidziński T., Kochanowski J., Komorowski W., Mikołajczyk A., Nałęcz T., Rudzińska-Zapaśnik T., Świeszczakowski W., 2006 – Program monitoringu jednolitych części wód podziemnych na terenie Polski. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Kazimierski B., Kuczyńska A., Sadurski A., Skrzypczyk L., 2011 – Założenia do modernizacji monitoringu wód podziemnych. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **445** (12/1): 279–289.
- Kazimierski B., Sadurski A. (red.), 1999 – Monitoring osłony ujęć wód podziemnych – metody badań. PIG, Warszawa.
- Kazimierski B., Kuczyńska A., Herbich P., Leśniak P. M., Sadurski A., Skrzypczyk L. (red.), 2014 – Program monitoringu wód podziemnych w układzie dorzeczy na lata 2016–2021. Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Warszawa.
- Kiełczawa B., 2010 – Wybrane zagadnienia występowania i wykorzystania wód zmineralizowanych i termalnych monokliny przedsudeckiej. *Tech. Posz. Geol., Geoterm., Zrówn. Rozw.*, **49** (1–2): 39–48.
- Kiełczawa B., Liber-Makowska E., 2018 – Factors affecting changes in quality parameters of medicinal waters in Szczawno-Zdrój (Sudety Mountains, Poland). W: 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018: Conference proceedings. Vol. 18, Water resources. Forest, marine and ocean ecosystems. Iss. 3.1, Hydrology and water resources. 2–8 July 2018, Albena, Bulgaria, Sofia. STEF92 Technology, cop. 2018: 313–320.
- Kiełczawa B., Porwisz B., 2022 – Ocena zagrożenia złóż wód leczniczych. W: Dokumentowanie zasobów eksploatacyjnych ujęć wód leczniczych. Poradnik metodyczny (red. A. Sadurski). PIG–PIB, Warszawa (w druku).
- Kleczkowski A. S., 1979 – Hydrogeologia ziem wokół Polski. Wyd. Geol., Warszawa.

- Kolago C., 1959 – Zagadnienia sieci punktów obserwacji wód podziemnych. *Prz. Geol.*, **7** (12): 538–539.
- Kolago C., Płochniewski Z., 1977 – Charakterystyka wód mineralnych w przystropowej strefie ich występowania na obszarze Polski północno-wschodniej. *Kwart. Geol.*, **21** (2): 345–351.
- Korczak K., Dawidowski A., Bzowski Z., 2016 – Monitoring środowiska wodnego w badaniach pilotowych podziemnego zgazowania węgla kamiennego. *Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód*, **37**: 269–279.
- Koślacz R., Krawczyk J. i in., 2014 – Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych w obszarach bilansowych współwystępujących wód leczniczych i zwykłych wód podziemnych w wydzielonym rejonie Karpat – zlewnia Popradu. IMS, Wrocław; Przeds. Geol., Kraków; SEGI-AT, Warszawa (niepublikowane).
- Kotarba M., 1988 — Geochemiczne kryteria genezy gazów akumulowanych w serii węglonośnej górnego karbonu niecki wałbrzyskiej. *Geologia*, **42**: 1–119.
- Kozłowski J., 1997 – Zjawisko mieszania się wód na przykładzie wybranych złóż wód leczniczych w Polsce. W: Współczesne problemy hydrogeologii. T. VIII (red. J. Górski, E. Liszkowska). Wydaw. WIND, Wrocław: 347–352.
- Kozłowski J., 1998 – Statistical analysis of two important chemical features (TDS and HCO₃ content) in Sudetic therapeutic waters. *Ann. Soc. Geolog. Pol.*, **68** (4): 287–294.
- Kozłowski J., 1999a – Mieszanie się wód jako podstawowe zjawisko kształtowania się ostatecznego składu chemicznego wód leczniczych Polski południowej. Praca doktorska. PWr, Wrocław (niepublikowane).
- Kozłowski J., 1999b – Wieloletnie wahania składu chemicznego wód mineralnych Krynicy a pojęcie wód leczniczych w prawie geologicznym i górnictwym. *Prz. Geol.*, **47** (10): 933–936.
- Krawiec A., 2012 – Therapeutic waters as geotourism values of the Polish Baltic sea coast. *Geoturystyka*, **1–2** (28–29): 3–12.
- Krawiec A., Dulski K., 2004 – Wody lecznicze Połczyna Zdroju. *Prz. Geol.*, **52** (2): 147–150.
- Kuczyńska A., Cabalska J., Czyżkowski B., Galczak M., Gałkowski P., Herbich P., Kazimierski B., Kucharczyk K., Kostka A., Kowalczyk A., Mikołajczyk A., Mikołajków J., Palak-Mazur D., Rojek A., Solovey T., Woźnicka M., 2013 – Adaptacja metodyk przedstawionych w poradnikach UE dotyczących oceny stanu

- chemicznego i ilościowego wód podziemnych, opracowanie procedur i „makr” dla przeprowadzenia analiz, obliczeń i ocen. Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Warszawa (niepublikowane).
- Labus K., 2003 – Chemizm i pochodzenie wód kopalnianych w południowo-zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Wydaw. Inst. Gosp. Sur. Min. i Energią Pol. Akad. Nauk., Kraków.
- Leśniak P. M., 1985 – Open CO₂-underground water system in the West Carpathians (south Poland) – chemical and isotopic evidence. *Chem. Geol.*, **49** (1–3): 275–286.
- Liber-Makowska E., Ciężkowski W., 2018 – Dodatek nr 1 do Dokumentacji hydrogeologicznej wód leczniczych w Jeleniej Górze-Cieplicach. PWR, Wrocław (niepublikowane).
- Lidzbarski M., 2019 – Analiza ryzyka w procesie ustanawiania strefy ochronnej ujęć wód podziemnych „Osowa” i „Dolina Radości” w Gdańsku. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **475**: 125–132.
- Lipiec I., 2020 – Analiza zmienności składu chemicznego wód siarczkowych rejonu Buska-Zdroju i Solca-Zdroju w układzie czasowo-przestrzennym. Praca doktorska. PIG–PIB, Kielce (niepublikowane).
- Lipiec I., Wiktorowicz B., 2015 – Charakterystyka hydrogeochemiczna wód siarczkowych rejonu Solca-Zdroju. *Prz. Geol.*, **63** (10/2): 908–911.
- Lisik R. (red.), 2010 – Wody siarczkowe w rejonie Buska-Zdroju. Hydrogeotechnika, Kielce.
- Lisik R., Szczepański A., 2014 – Siarczkowe wody lecznicze w części zapadliska przedkarpackiego. Hydrogeotechnika, Kielce.
- Lisik R., Szczepański A., 2018 – Siarczkowe wody lecznicze w części zapadliska przedkarpackiego. Część 2: 2014–2018. Hydrogeotechnika, Kielce.
- Macioszczyk A., Dobrzyński D., 2007 – Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych. Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa.
- Macioszczyk T., Kazimierski B., 1999 – Zasady budowy modeli systemów hydrogeologicznych dla oceny zasobów dyspozycyjnych i symulacji regionalnego ich zagospodarowania. Szk. Gł. Gosp. Wiejs., Warszawa.
- Malinowski J., Przytuła E., 1991 – Metodyczne zasady interpretacji wahań zwierciadła wód podziemnych niecki lubelsko-radomskiej. *Kwart. Geol.*, **25** (2): 235–250.
- Malinowski J., Przytuła E., Komorowski W., 1991 – Ocena wyników wahań zwierciadła wód podziemnych w regionie mazurskim i mazursko-podlaskim w latach 1977–1988. *Mat. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.

- Małecka D., 1985 – Znaczenie badań stacjonarnych w rozpoznawaniu reżimu hydrogeologicznego źródeł i wywierzyisk krasowych w Tatrach. *W: Aktualne problemy hydrogeologii* (red. A. S. Kleczkowski). Wydaw. Akad. Gór.–Hut., Kraków: 119–131.
- Małecka D., Lipniacka T., 1989 – Sieć hydrogeologicznych obserwacji stacjonarnych na Podhalu – założenia i wstępna interpretacja wyników. *Prz. Geol.*, **37** (2): 484–491.
- Małecka D., Murzynowski W., 1978 – Rejonizacja hydrogeologiczna Karpat fliszowych. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Małecka D., Chowaniec J., Małecki J. J., 2007 – Region górnej Wisły. *W: Hydrogeologia regionalna polski*. T. 1. Wody słodkie (red. B. Paczyński, A. Sadurski). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Michalak J., Nawalany M., Sadurski A. (red.), 2011 – Schematyzacja warunków hydrogeologicznych na potrzeby numerycznego modelowania przepływu w JCWPd. PIG–PIB, Warszawa.
- Mikołajków J., Sadurski A. (red.), 2017 – Informator PSH. Główne zbiorniki wód podziemnych w Polsce. PIG–PIB, Warszawa.
- Mitrega J., Skrzypczyk L., 2008 – Ramowa Dyrektywa Wodna w odniesieniu do wód podziemnych. *Prz. Geol.*, **56** (4): 285–286.
- Ney R., Sokołowski Julian, 1987 – Wody geotermalne Polski i możliwości ich wykorzystania. *Nauka Polska*, **6**: 67–92.
- Nowicki Z., Felter A., Stożek J., Socha M., Sokołowski Jakub, Michalska K., 2015 – Szacowanie „wieku” i określenie genezy eksploatowanych wód podziemnych zaliczonych do kopalni wraz z oceną ich podatności na zagrożenia pochodzenia antropogenicznego. PIG–PIB, Warszawa.
- Oficjalska H., Grochowska M., Dobkowska A., Krawczyński J., Bestyński Z., Starościak A., Żmijewski Ł., Gontarz Ż., Rodzoch A., Muter K., Karwacka K., 2009 – Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód leczniczych Rabki-Zdroju. SEGI-AT, Warszawa (niepublikowane).
- Operacz T., Bielec B., Krawczyk J. i in., 2015 – Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód leczniczych zlewni Wilgi – rejon Swoszowice. Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Warszawa-Kraków; Inst. Gosp. Sur. Min. i Ener. Pol. Akad. Nauk, Kraków (niepublikowane).
- Pacholewski A., Rózkowski A., 1982 – Metody badań zlewni podziemnej Wiercicy i jej bilansu hydrogeologicznego. *Tech. Poszuk. Geol.*, **57** (3): 24–29.

- Paczyński B., 1988 – Waloryzacja zbiorników wód podziemnych w aspekcie ich ochrony. W: Aktualne problemy hydrogeologii. T. IV. Wydaw. Inst. Morsk., Gdańsk.
- Paczyński B., 1989 – Zasoby a waloryzacja głównych zbiorników wód podziemnych w Polsce. W: Strategia ochrony głównych zbiorników wód podziemnych w Polsce. Akad. Gór.–Hut., Kraków, Pol. Zrzesz. Inż. i Techn. San., Częstochowa.
- Paczyński B., 1992 – Screening of aquifers for the needs of efficient management and conservation of water. W: Hydrogeological mapping and ground water monitoring in the Baltic states. Palanga, Lithuania.
- Paczyński B., 1996a – Rola i zadania obserwacji stacjonarnych i monitoringu w zarządzaniu zasobami wód podziemnych. W: Raporty sieci stacjonarnych obserwacji wód podziemnych. Raport 1/96 (red. B. Kazimierski, E. Przytuła): 85–91.
- Paczyński B., 1996b – Waloryzacja – nowy kierunek oceny wód podziemnych. *Prz. Geol.*, **44** (1): 81–86.
- Paczyński B. (red.), 2002 – Ocena zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych i potencjalnie leczniczych. Poradnik metodyczny. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Paczyński B., Płochniewski Z., 1996 – Wody mineralne i lecznicze Polski. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Paczyński B., Macioszczyk T., Kazimierski B., Mitręga J., 1996 – Ustalenie dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych. Poradnik metodyczny. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Palak D., Kazimierski B., Cabalska J., Galczak M., Gałkowski P., Kostka A., Kowalczyk A., Kucharczyk A., Kuczyńska A., Mikołajczyk A., Mrowiec M., Solovey T., 2011 – Oceny stanu chemicznego i ilościowego jednolitych części wód podziemnych w 2010 r. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- Pich J., 1972 – Projekt podstawowej sieci obserwacyjnej wód podziemnych na obszarze kraju. PIG, Warszawa.
- Pich J., 1979 – Sieć podstawowych stacjonarnych obserwacji wód podziemnych w Polsce. *Prz. Geol.*, **27** (4): 229–232.
- Pich J., 1993 – Podstawowa sieć stacjonarnych obserwacji hydrogeologicznych – stan aktualny i nowe zadania. W: Współczesne problemy hydrogeologii. T. VI (red. L. Poprawski, T. Bocheńska). Oficyna Wydaw. Sudety, Wrocław: 277–284.
- Pich J., Kazimierski B., 1994 – Projekt sieci stacjonarnych obserwacji wód podziemnych na terenie Polski i jej funkcjonowanie. PIG, Warszawa.
- Pich J., Przytuła E., 1993 – Aneks nr 2 do Projektu podstawowej sieci obserwacyjnej wód podziemnych na obszarze kraju. PIG, Warszawa.

- Pich J., Załuski M., 1972 – Projekt podstawowej sieci obserwacyjnej wód podziemnych na obszarze kraju. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Płochniewski Z., Stachowiak J., 1980 – Wody termalne w niecce mogileńsko-łódzkiej. *Prz. Geol.*, **28** (1): 44–49.
- Poprawski L., Biniak G., Gurwin J., Jasiak T. i in., 1997 – Dokumentacja zasobów dyspozycyjnych i eksploatacyjnych wód podziemnych (zwykłych i leczniczych) na obszarze gmin uzdrowiskowych Krynica, Muszyna i Piwniczna. Przeds. Prod.–Usł.–Handl. Hydrogeo, Wrocław (niepublikowane).
- Porowski A., 2006 – Origin of mineralized waters in the Central Carpathian Synclinorium, SE Poland. *Studia Geol. Pol.*, **125**, ser. Hydrogeology and Hydrogeochemistry, part I: 5–67.
- Porwisz B., Sokołowski Jakub, 2022 – Wskazania dotyczące racjonalnej eksploatacji. W: Dokumentowanie zasobów eksploatacyjnych ujęć wód leczniczych. Poradnik metodyczny (red. A. Sadurski). PIG–PIB, Warszawa (w druku).
- Porwisz B., Chowaniec J., Gorczyca G., Kowalski J., 2002 – Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych i towarzyszących im lub współwystępujących odrębnie wód potencjalnie leczniczych na obszarze Karpat i zapadliska przedkarpackiego. Przeds. Geol., Kraków (niepublikowane).
- Prażak J., 1993 – Organizacja regionalnego monitoringu wód podziemnych w województwie kieleckim. W: X Symp. nauk.-techn. Biologia i monitoring wód podziemnych (red. E. Kowalczyk, A. Szczepański): 76–79.
- Prażak J., Janecka-Styrcz K., Kowalczevska G., Paciura W., 1996 – Raport o jakości zwykłych wód podziemnych województwa kieleckiego na podstawie badań monitoringowych wykonanych w latach 1991–1995. Ser. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Państw. Insp. Ochr. Śr., Kielce.
- Przybyłek J., Hermanowski P., 2016 – Metodyczne i interpretacyjne wady modeli numerycznych – czyli nie taki model dobry, jak go malują. W: Praktyczne metody modelowania przepływu wód podziemnych (S. Witczak, A. Żurek red.). Wydaw. Akad. Gór.–Hut., Kraków: 263–270.
- Przylibski T. A., 2005 – Radon. Składnik swoisty wód leczniczych Sudetów. Oficyna Wydaw. PWr, Wrocław.
- Przylibski T. A., 2007 — Radon as a natural radioactive tracer for studying crystalline rock aquifers – a few usage concepts. Selected hydrogeologic problems of the Bohemian

- massif and of other hard rock terrains in Europe. *Acta Universitatis Wratislaviensis*, **3041**, ser. Hydrogeology: 125–142.
- Przylibski T. A. (red.), 2007 – Studium możliwości rozpoznania nowych wystąpień wód zmineralizowanych, swoistych i termalnych na obszarze bloku przedsudeckiego. Raporty Inst. Gór., ser. SPR 1-11/S-5/2007. PWR, Wrocław.
- Przytuła E., 1997 – Problemy wiarygodności wyników obserwacji na przykładzie sieci stacjonarnych obserwacji wód podziemnych Państwowego Instytutu Geologicznego. W: Współczesne problemy hydrogeologii. T. VIII. (red. J. Kryza, i in.). Wydaw. WIND, Wrocław: 479–482.
- Przytuła E., Janecka-Styrcz K., Kazimierski B., 1997 – Komputerowa baza danych Systemu Obserwacji Hydrogeologicznych: SOH – baza danych, graficzna prezentacja wyników. *Prz. Geol.*, **45** (10): 974–977.
- Przytuła E., Mikołajczyk A., Gidziński T., Kuczyńska A., Palak-Mazur D., Prażak J., Woźnicka M., Wyszomierski M., Cabalska J., Galczak M., Komorowski W., Rojek A., 2019 – Historia monitoringu wód podziemnych w Państwowym Instytucie Geologicznym. *Prz. Geol.*, **67** (12): 982–994.
- Rajchel L., 2000 – Źródła wód siarczkowych w Karpatach polskich. *Kwart. Akad. Gór.–Hut.*, **26**, ser. Geologia, 3: 309–373.
- Rajchel L., 2012 – Szczawy i wody kwasowęglowe Karpat polskich. Wydaw. Nauk. Akad. Gór.–Hut., Kraków.
- Rajchel L., Rajchel J., Wołowski K., 2002 – Microorganisms in selected sulphuric springs of the Polish Carpathians. *Geol. Quart.*, **46** (2): 189–198.
- Rak J., 2009a – Bezpieczeństwo systemów zaopatrzenia w wodę. Pol. Akad. Nauk., Warszawa (niepublikowane).
- Rak J., 2009b – Bezpieczna woda wodociągowa. Zarządzanie ryzykiem w systemie zaopatrzenia w wodę. Oficyna Wydaw. Pol. Rzesz., Rzeszów.
- Rak J., Tchórzewska-Cieślak B., 2006 – Review of matrix methods for risk assessment in water supply system. *Journal of KONBiN*, **1** (1): 67–76.
- Rózkowski A., 2001 – Środowisko hydrogeologiczne wód geotermalnych w utworach karbonu produktywnego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Tech. Poszuk. Geol.*, **40** (5): 51–62.
- Rózkowski A., 2008 – Historia badań i stan rozpoznania hydrogeologicznego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i obszarów przyległych. Wydaw. Uniw. Śl., Katowice.
- Rózkowski A., Rózkowski J., 2011 – Wpływ działalności górnictwa węglowego na

- kształtowanie się środowiska wodnego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w wieloleciu. *Biul. PIG*, **445** (12/2): 583–592.
- Rózkowski J., Rózkowski A., 2010 – Pochodzenie mineralizacji wód siarczkowych Buska – ich paleogeneza. W: *Wody siarczkowe w rejonie Buska-Zdroju* (red. R. Lisik). Hydrogeotechnika, Kielce: 151–184.
- Sadurski A., 2004 – Zadania ochrony wód podziemnych wynikające z Ramowej Dyrektywy Wodnej UE. *Prz. Geol.*, **52** (10): 1004–1005.
- Sadurski A., Skrzypczyk L., Woźnicka M., 2019 – Powstanie i rozwój państwowej służby hydrogeologicznej w Państwowym Instytucie Geologicznym. *Prz. Geol.*, **67** (7): 535–546.
- Sadurski A. (red.), 2022 – Dokumentowanie zasobów eksploatacyjnych ujęć wód leczniczych. Poradnik metodyczny. PIG–PIB, Warszawa (w druku).
- Serafin R., Korwin-Piotrowska A., Krawczyk J., Wojtkowiak A., Biel A., 2015 – Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z ustanowieniem obszarów ochronnych Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 341 Niecka wewnątrzsudecka Kudowa-Zdrój–Bystrzyca Kłodzka. Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Wrocław (niepublikowane).
- Skrzypczyk L., 1997 – Zastosowanie banków danych hydrogeologicznych jako źródła informacji wyjściowej na potrzeby opracowań kartograficznych i dokumentacyjnych. *Prz. Geol.*, **45** (9): 932–934.
- Sławiński A., 1967 – Długotrwałe badania hydrogeologiczne głębokiego odwiertu w Zakopanem. *Problemy Uzdrawiskowe*, **4** (36).
- Sokołowski Jakub, 2022 – Klasyfikacja złóż wód leczniczych. W: *Dokumentowanie zasobów eksploatacyjnych ujęć wód leczniczych. Poradnik metodyczny* (red. A. Sadurski). PIG–PIB, Warszawa (w druku).
- Sokołowski Jakub, Skrzypczyk L., 2020a – Solanki, wody lecznicze i termalne. W: *Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31 XII 2019 r.* (red. M. Szuflicki, A. Malon, M. Tyimiński). Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Warszawa: 478–494.
- Sokołowski Jakub, Skrzypczyk L., 2020b – Wody lecznicze. W: *Bilans perspektywicznych zasobów kopalin Polski* (red. K. Szamałek). Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Warszawa: 400–404.
- Sokołowski Jakub, Socha M., 2015 – Dokumentowanie wód termalnych – procedury i aspekty praktyczne. *Prz. Geol.*, **63** (12/1): 1397–1402.

- Sokołowski Jakub, Sosnowska M., 2021 – Aspekty formalno-prawne i metodyczne dokumentowania zasobów wód leczniczych, termalnych i solanek wynikające z faktu zaliczenia ich do kopalin. *Górn. Odkr.*, **62** (1): 4–10.
- Sokołowski Jakub, Porwisz B., Śmietański L., 2022 – Metody oparte na wynikach próbných pompowań pomiarowych. W: Dokumentowanie zasobów eksploatacyjnych ujęć wód leczniczych. Poradnik metodyczny (red. A. Sadurski). PIG–PIB, Warszawa (w druku).
- Sokołowski Julian (red.), 1995 – Prowincje i baseny geotermalne Polski. Polska Geotermalna Asocjacja, Centr. Podst. Probl. Gosp. Sur. Min. i Energ. Pol. Akad. Nauk, Kraków.
- Sowiżdżał A., 2010 – Perspektywy wykorzystania zasobów wód termalnych jury dolnej z regionu niecki szczecińskiej (NW Polska) w ciepłownictwie, balneologii i rekreacji. *Prz. Geol.*, **58** (7): 613–621.
- Staśko S., Michniewicz M., 2007 – Subregion Sudetów. W: Hydrogeologia regionalna Polski. T. I: Wody słodkie (red. B. Paczyński, A. Sadurski). Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Warszawa: 306–326.
- Szczepański A., Rózkowski A., 2007 – Wody kopalniane w obszarach intensywnej eksploatacji górniczej. W: Hydrogeologia Polski. T. II. Wody mineralne, lecznicze i termalne oraz kopalniane (red. B. Paczyński, A. Sadurski). Państw. Inst. Geol., Warszawa: 146–180.
- Szczeńśniak-Szlagowska A., Kasela T., 2011 – Dodatek nr 1 do dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia wód leczniczych Las Winiarski z utworów kredy górnej. Przeds. Geol., Kielce (niepublikowane).
- Szewczyk J., 2007 – Warstwy wodonośne w utworach mezozoicznych i paleozoicznych na Niżu Polskim. W: Hydrogeologia regionalna Polski. Tom II. Wody mineralne, lecznicze i termalne oraz kopalniane (red. B. Paczyński, A. Sadurski). Państw. Inst. Geol., Warszawa: 20–24.
- Świdziński H., 1972 — Geologia i wody mineralne Krynicy. *Pr. Geol. Komis. Nauk. Geol. Pol. Akad. Nauk*, **70**: 15–65.
- Tadych J., Rasała M., Tadych A., 2011 — Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia wód termalnych Poddębice GT-2 w miejscowości Poddębice. Termohouse, Tadych J., Inowrocław.
- Tchórzewska-Cieślak B., 2009 – Zarządzanie ryzykiem w ramach planów bezpieczeństwa wody. *Ochrona Środowiska*, **31** (4): 57–60.
- Tchórzewska-Cieślak B., 2011 – Metody analizy i oceny ryzyka awarii podsystemu dystrybucji wody. Oficyna Wydaw. Pol. Rzesz., Rzeszów.

- Tchórzewska-Cieślak B., 2017 – Zarządzanie bezpieczeństwem dostaw wody. *Journal of KONBiB*, **41**: 171–188.
- Węclawik S., 1991 – Kompleksowa metodyka badań ochrony surowców balneologicznych przed oddziaływanie przemysłu. *Studia i Rozprawy*, **11**: 1–88.
- Witczak S. Adamczyk A., 1995 – Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Wydaw. PIOŚ, Warszawa.
- Witczak S., Kania J., Kmieciak E., 2018 – Nowe podejście dotyczące ustanawiania stref ochronnych ujęć wód podziemnych jako elementu planów bezpieczeństwa wody. W: Bezpieczeństwo zbiorowego zaopatrzenia w wodę na terenach objętych antropopresją (red. G. Malina). Pol. Zrzesz. Inż. i Techn. San., Częstochowa: 7–18.
- Witek K., 2000 – 10-lecie istnienia monitoringu jakości oraz sieci obserwacji wód podziemnych w Karpatach. Państw. Inst. Geol., Kraków.
- Witek K., Patorski R., 2015 – Sieć obserwacyjno-badawcza wód podziemnych na obszarze działalności Oddziału Karpackiego Państwowego Instytutu Geologicznego Państwowego Instytutu Badawczego. Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Kraków.
- Witek K., Gągulski T., Patorski R., Fiszer J., 2013 – Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 438 warstw Magura (Nowy Sącz). Państw. Inst. Geol.–Państw. Inst. Badaw., Kraków (niepublikowane).
- Woźnicka M., Kuczyńska A., 2019 – Rewizja dyrektyw unijnych dotyczących zarządzania zasobami wodnymi – plany Komisji Europejskiej w zakresie nowelizacji polityki wodnej UE. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **475**: 237–244.
- Woźnicka M., Sadurski A., 2020 – Wczoraj, dziś i jutro hydrogeologii w Państwowym Instytucie Geologicznym. *Prz. Geol.*, **68** (5): 338–344.
- Zardzewiały M., 2017 – Dodatek nr 3 do dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia wód leczniczych „Dobrowoda G-1” w miejscowości Dobrowoda. M. Zardzewiały, Busko-Zdrój.
- Zuber A., Chowaniec J., Porwisz B., Najman J., Mochalski P., Śliwka I., Duliński M., Mateńko T., 2010 – Pochodzenie i wiek wód mineralnych rejonu Buska-Zdroju, określone na podstawie znaczników środowiskowych. W: Wody siarczkowe w rejonie Buska-Zdroju (red. R. Lisik). Hydrogeotechnika, Kielce: 125–150.

Zuber A. (red.), 2007 – Metody znacznikowe w badaniach hydrogeologicznych. Poradnik metodyczny. Oficyna Wydaw. PWr, Wrocław.

Żak S., Przylibski T. A., Ciężkowski W., 2008 – Określenie zawartości dwutlenku węgla w powietrzu glebowym w Sudetach w rejonach występowania szczaw. Oficyna Wydaw. PWr, Wrocław.

Akty prawne

Dyrektywy europejskie

Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (Dziennik Urzędowy L 327/1).

Dyrektywa 2006/118/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu (Dziennik Urzędowy L 372/19).

Ustawy i dekrety

Dekret z dnia 6 maja 1953 r. Prawo górnicze (Dz.U. 1953 nr 29 poz. 113, z późn. zm.).

Ustawa z dnia 23 marca 1922 r. o uzdrowiskach (Dz.U. 1922 nr 31 poz. 254, z późn. zm.).

Ustawa z dnia 20 lipca 1991 r. o Inspekcji Ochrony Środowiska (Dz.U. 2021 poz. 1070, j.t.).

Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2021 poz. 1973, j.t.).

Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (Dz.U. 2001 nr 115 poz. 1229, z późn. zm.).

Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz.U. 2022 poz. 1029, j.t.).

Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2022 poz. 1072, j.t.).

Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (Dz.U. 2022 poz. 2625, j.t.).

Rozporządzenia, zarządzenia, uchwały i obwieszczenia

Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 17 maja 2021 r. w sprawie stawek opłat na rok 2022 z zakresu przepisów Prawa geologicznego i górniczego (M.P. 2021 poz. 482).

- Rozporządzenie Prezydenta Rzeczypospolitej z dnia 29 listopada 1930 r. Prawo górnicze (Dz.U. 1930 nr 85 poz. 654).
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 14 lutego 2006 r. w sprawie złóż wód podziemnych zaliczonych do solanek, wód leczniczych i termalnych oraz złóż innych kopalin leczniczych, a także zaliczenia kopalin pospolitych z określonych złóż lub jednostek geologicznych do kopalin podstawowych (Dz. U. 2006 nr 32 poz. 220, z późn. zm.).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie standardowych procedur zbierania i przetwarzania informacji przez państwową służbę hydrologiczno-meteorologiczną oraz państwową służbę hydrogeologiczną (Dz.U. 2008 nr 225 poz. 1501).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji (Dz.U. 2011 nr 232 poz. 155, j.t.).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów zagospodarowania złóż (Dz.U. 2012 nr 100 poz. 511);
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 25 kwietnia 2014 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu zakładów górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi (Dz.U. 2014 nr 100 poz. 812).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 13 lipca 2021 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2021 nr 130 poz. 1576).
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 28 czerwca 2019 r. w sprawie ostrzeżeń, prognoz, komunikatów, biuletynów i roczników państwowej służby hydrologiczno-meteorologicznej oraz państwowej służby hydrogeologicznej (Dz.U. 2019 nr 100 poz. 1215).
- Zarządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 8 marca 1963 r. w sprawie określenia wód leczniczych (kopalin), których wydobywanie podlega prawu górniczemu (M.P. 1963 nr 28 poz. 145, z późn. zm.).
- Zarządzenie Prezesa Centralnego Urzędu Geologii z dnia 13 maja 1965 r. w sprawie ustalania zasobów wód podziemnych dla celów leczniczych i przedstawiania dokumentacji do zatwierdzenia (M.P. 1965 nr 25 poz. 125).

Normy

Polska Norma PN-Z-11002:1997 – Ujęcia wód mineralnych i leczniczych.

Strony internetowe

<http://spd.pgi.gov.pl/PSHv8/Psh.html>