

## System zapewnienia i kontroli jakości monitoringu wód podziemnych

Bogusław Kazimierski\*, Ewa Pilichowska-Kazimierska\*\*

The quality control system in groundwater monitoring. *Prz. Geol.*, 50: 1009–1015.

*Summary.* The main task of the quality control system is to create proper conditions for the monitoring run. The process of the monitoring should be unambiguous, reproducible and correct in formal as well as in substantial way. That includes detecting errors, their description and removal of their sources and eliminating false effects. Usually there are three basic tasks in realization of the groundwater monitoring: fieldworks, laboratory analysis, storage of the results (archiving). They include all monitoring activities which are performed, in accordance with fixed procedures, by the whole working team.

**Key words:** groundwater, monitoring, control quality

Nieodzownym elementem badań monitoringowych jest realizacja procedury zapewnienia i kontroli jakości wód podziemnych. Jej zadaniem jest zapewnienie jednoznacznego, powtarzalnego oraz poprawnego pod względem merytorycznym i formalnym przebiegu monitoringu, a także wykrycie i ewentualna eliminacja błędów powstających na wszystkich jego etapach. Efektem końcowym powinna być ocena wiarygodności wyników obserwacji, zawierająca określenie wielkości ich błędu.

W monitoringu wód podziemnych program taki należy realizować zarówno podczas pomiarów poziomu (lub głębokości) zwierciadła wody oraz pomiarów wydajności źródeł, gdy oceniamy dynamikę zmian stanu wód, jak też w trakcie oceny jakości wód, w ramach której określamy parametry fizyczno-chemiczne wód. Czy jest to jedna wspólna procedura, czy dwie odrębne, zależy to od sposobu prowadzenia obserwacji i ich częstotliwości. Gdy dynamikę stanów wód i chemizm obserwujemy z wyraźnie inną częstotliwością lub gdy obserwacje w tych dwóch zakresach prowadzą inne zespoły obserwatorów, należy organizować dwa odrębne systemy zapewnienia i kontroli jakości. Program ten składa się zwykle z powiązanych ze sobą etapów prac: terenowego, laboratoryjnego i archiwizacji wyników.

Procedurę zapewnienia i kontroli jakości analiz chemicznych realizuje laboratorium, a zakres i metodykę wykonywanych w nim oznaczeń regulują odpowiednie normy i przepisy. Dlatego program ten nie będzie tu przedstawiany. Jest to program wyraźnie specjalistyczny, realizowany standardowo w laboratoriach posiadających certyfikat Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji lub realizujących program kontroli jakości ISO. Zagadnienia te z wystarczającą szczegółowością dla realizatorów badań monitoringowych zostały przedstawione w pracy Szczepańskiej i Kmiecik (1998).

W odniesieniu do programu terenowego i archiwizacji danych nie ma ścisłych zaleceń i przepisów, ale istnieje możliwość opracowania i przyjęcia dla nich procedury obserwacji, zawierającej standardowy system kontroli jakości ISO. Według Nielsena (1991), *vide* Szczepańska & Kmiecik (1998), program terenowy powinien być stosowany obligatoryjnie dla dużych sieci monitoringowych, obejmujących ponad 50 punktów obserwacyjnych, a w sieciach

mniejszych, gdy wyniki monitoringu sugerują zagrożenia dla zdrowia ludzi lub gdy na ich podstawie podejmowane są decyzje o charakterze finansowym, np. nakładane są opłaty za gospodarzów korzystanie ze środowiska (Rozporządzenie RM z dnia 27 grudnia 1993 r., Dz.U. z 1993 r., Nr 133, poz. 638). W istniejących obecnie w Polsce systemach monitoringu wód podziemnych, jeśli istnieją procedury zapewnienia i kontroli jakości, to ich przebieg i zakres w mierze zależą od inwencji organizatorów. Istnieją za to uregulowania dotyczące pobierania próbek wody (normy ISO lub ich odpowiedniki krajowe), co jest zwykle wynikiem współpracy z laboratoriami wykonującymi oznaczenia chemizmu wód.

Niżej przedstawiona propozycja zakresu kontroli i zapewnienia jakości monitoringu ma charakter ramowy, bo tylko taką propozycję można następnie adaptować dla potrzeb konkretnego systemu monitoringu. Projekt ten został opracowany w znacznej mierze na podstawie doświadczeń zdobytych podczas realizacji badań w Sieci Stacjonarnych Obserwacji Wód Podziemnych (SSOWP) Państwowego Instytutu Geologicznego oraz licznych monitoringów osłonowych ujęć wód podziemnych. Wykorzystano również doświadczenia i zalecenia Europejskiej Agencji Środowiska, przedstawione w raporcie *Pilot implementation eurowaternet — groundwater* i zalecane do stosowania również w systemach monitoringów krajowych. Programy terenowy i archiwizacji danych dla monitoringu poziomu (głębokości) zwierciadła wody i jakości wód zostaną przedstawione osobno, a zagadnienia dotyczące kontroli sieci i punktów obserwacyjnych monitoringu wód podziemnych łącznie.

### Ogólne zasady realizacji programu

W realizacji systemu kontroli i zapewnienia jakości monitoringu należy przyjąć następujące zasady:

□ zarówno cała sieć obserwacyjna, jak i poszczególne jej punkty mają sporządzoną dokumentację i sprawdzoną przydatność do przeprowadzenia obserwacji i opróbowań,

□ cały program monitoringu i każda wykonywana w jego ramach czynność ma opracowaną procedurę postępowania i sporządzoną pisemną instrukcję jej realizacji, której zakres jest zgodny z projektem monitoringu,

□ wykonawcy programu monitoringu (np. obserwatorzy i próbkobiorcy) mają odpowiednie kwalifikacje, odbyli przeszkolenie zakończone sprawdzianem i uzyskali odpowiednie zaświadczenia kwalifikacyjne, zapoznali się ze strukturą organizacyjną monitoringu i programem badań,

\*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-795 Warszawa

\*\*Katedra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa

a w szczególności znają powierzone im zadania i są przygotowani do ich realizacji, postępują zgodnie z przygotowaną dla nich pisemną instrukcją, każda czynność przez nich wykonana jest odpowiednio udokumentowana,

☐ każde odstępstwo od ustalonego programu monitoringu jest uzasadnione, a wykonany zakres prac udokumentowany i dołączony do dokumentacji monitoringu,

☐ z każdej wykonywanej czynności oraz z każdego cyklu monitoringu (obserwacji lub opróbowań) sporządzany jest raport.

W realizacji monitoringu wód podziemnych wyróżniamy zwykle trzy główne programy:

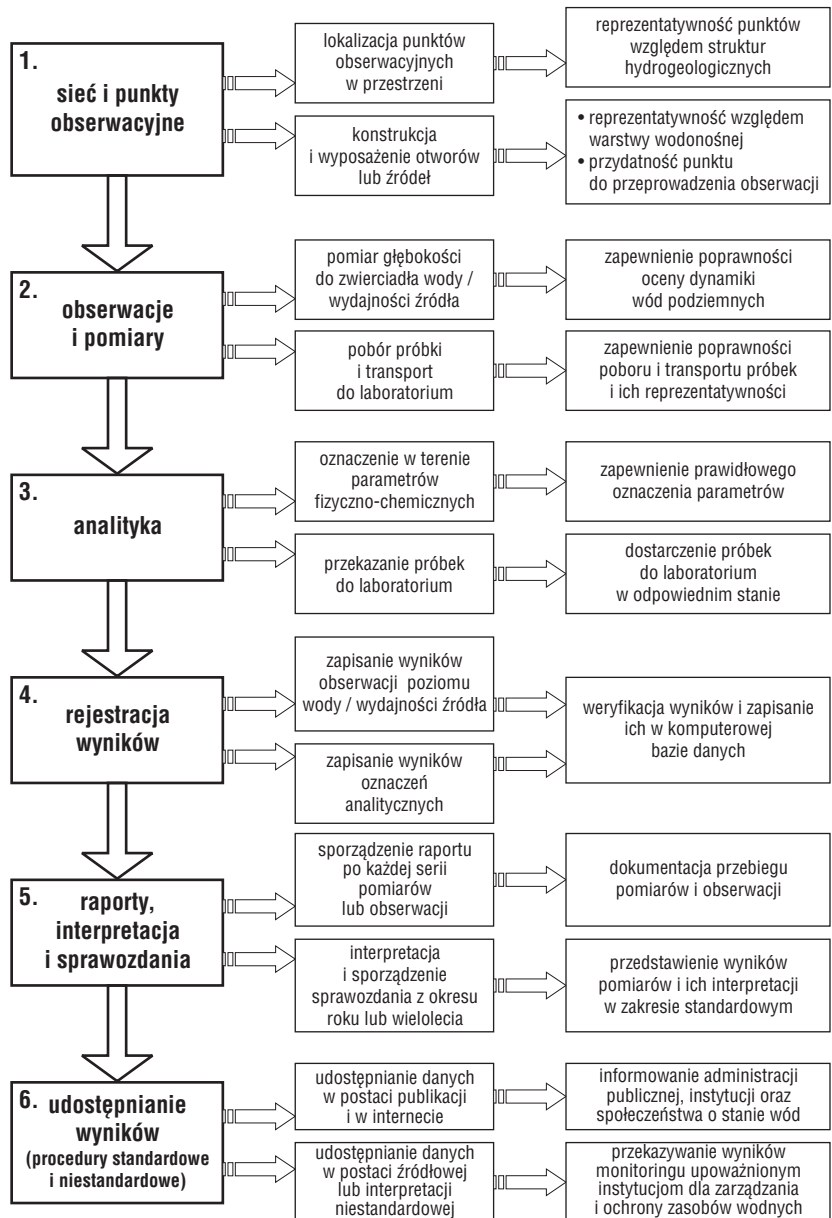
- ☐ terenowy,
- ☐ laboratoryjny,
- ☐ archiwizacyjny.

W zakres każdego z programów wchodzi zadania, które są realizowane poprzez wyraźnie wskazanych wykonawców. Zalecane jest, by w celu przejrzystości realizacji systemu zapewnienia i kontroli jakości były przedstawiane jego poszczególne elementy oraz struktura organizacyjna zespołu wykonawców. Przykładowo przedstawiono je na rycinach 1 i 2. Mimo, że w przebiegu monitoringu wydzielono jednoznacznie jego elementy, to w realizacji mogą zachodzić trudności w ich kwalifikowaniu do konkretnej grupy zadań. Na przykład oznaczanie wartości parametrów fizyczno-chemicznych wód w terenie można zaliczyć zarówno do programu terenowego, jak i laboratoryjnego.

### Program terenowy

Realizacja programu terenowego rozpoczyna się wraz ze wszczęciem przygotowań do wyruszenia w teren (pobranie z laboratorium pojemników na próbki, odczynników chemicznych i sprzętu pomiarowego), natomiast kończy przekazaniem próbek do laboratorium, a dokumentacji pomiarów i opróbowania — zespołowi archiwizacji. Do zadań programu terenowego należy:

- ☐ zapewnienie odpowiednich kwalifikacji zespołów terenowej obsługi sieci,
- ☐ przygotowanie pisemnych instrukcji dla wszystkich realizatorów poszczególnych zadań,
- ☐ zapewnienie odpowiedniego sprzętu, aparatury, materiałów, odczynników i wzorców do kalibracji mierników, używanie wyłącznie sprzętu i materiałów mających odpowiednie i ważne atesty,
- ☐ ustalenie standardowego trybu postępowania w terenie oraz trybu postępowania z dokumentacją badań terenowych,
- ☐ przeprowadzenie inspekcji punktu z aktualizacją oceny jego stanu technicznego,
- ☐ pomiar głębokości do zwierciadła wody lub wydajności źródła,



Ryc. 1. Poszczególne etapy realizacji monitoringu wód podziemnych i odpowiadające im czynności oraz rezultaty prac

Fig. 1. Subsequent stages of the groundwater monitoring realization and corresponding with them activities and results of works

☐ zależnie od potrzeb wykonanie pompowania oczyszczającego punktu nieeksploatowanego lub eksploatowanego okresowo,

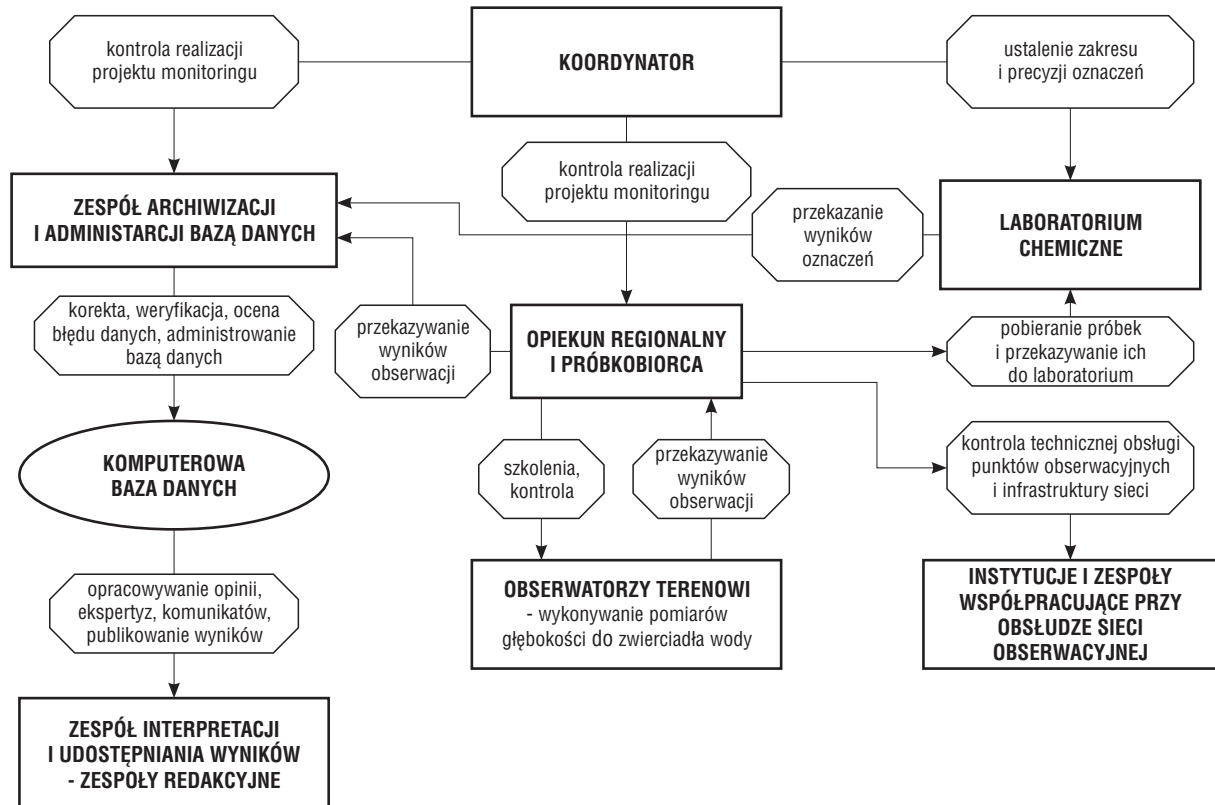
☐ wykonanie oznaczeń terenowych określonych w projekcie parametrów fizyczno-chemicznych wody,

☐ pobieranie próbek kontrolnych: zerowych — 3 do 5% wszystkich próbek, dublowanych — 6 do 10% wszystkich próbek i znaczonych — 1 do 5% wszystkich próbek, w celu kontroli procesu poboru, przechowywania i transportu próbek do laboratorium,

☐ pobór próbek wody, ich przygotowanie, umieszczenie w odpowiednich pojemnikach i transport w odpowiednich kontenerach,

☐ sporządzenie dokumentacji opróbowania.

**Sieć i punkty obserwacyjne.** Niezwykle ważnym elementem programu terenowego jest dokonanie oceny przy-



Ryc. 2. Schemat struktury organizacyjnej Ogólnokrajowej Sieci Monitoringu Wód Podziemnych  
 Fig. 2. Organization chart of the State Groundwater Monitoring System

datności (kwalifikacji) sieci i poszczególnych punktów obserwacyjnych do monitoringu. Ocena sieci ogólnokrajowych lub regionalnych dokonywana jest pod kątem reprezentatywności względem struktur hydrogeologicznych, które są objęte monitoringiem, a w odniesieniu do monitoringu lokalnych oceniana jest przydatność sieci do realizacji konkretnego zadania. Ocena wykonywana jest zwykle jeden raz w trakcie organizacji sieci obserwacyjnej i może być powtarzana okresowo lub po każdorazowej reorganizacji sieci.

Ocena punktu dokonywana jest wraz z oceną jego otoczenia. W pełnym zakresie ocena wykonywana jest jednokrotnie po organizacji lub reorganizacji sieci, a w zakresie ograniczonym — przed każdym pomiarem monitoringowym. Ocena wstępna dotyczy reprezentatywności punktu względem warstwy lub poziomu wodonośnego objętego monitoringiem, położenia punktu względem obiektów mogących wpływać na jego reprezentatywność (studni, ujęć i ognisk zanieczyszczeń) oraz konstrukcji otworu. Ocena punktu przed każdym pomiarem wykonywana jest w celu stwierdzenia czy punkt nie utracił swoich walorów i przydatności do przeprowadzenia obserwacji. Należy sprawdzić, czy w otoczeniu punktu nie pojawiły się obiekty mogące zmieniać wynik obserwacji oraz czy stan techniczny punktu i jego wyposażenie pozwalają na przeprowadzenie pomiarów i pobranie próbki wody. W przypadku stwierdzenia zmian w najbliższym otoczeniu punktu lub w jego użytkowaniu czy konstrukcji, które uniemożliwiają kontynuację monitoringu, należy odstąpić od przeprowadzania obserwacji i sporządzić odpowiednią dokumentację zaistniałych zmian (w tym fotograficzną), w zakresie umożliwiającym ustalenie programu prac naprawczych. Wznowienie obserwacji może nastąpić dopiero po przywróceniu pełnej przydatności punktu do realizacji wskaza-

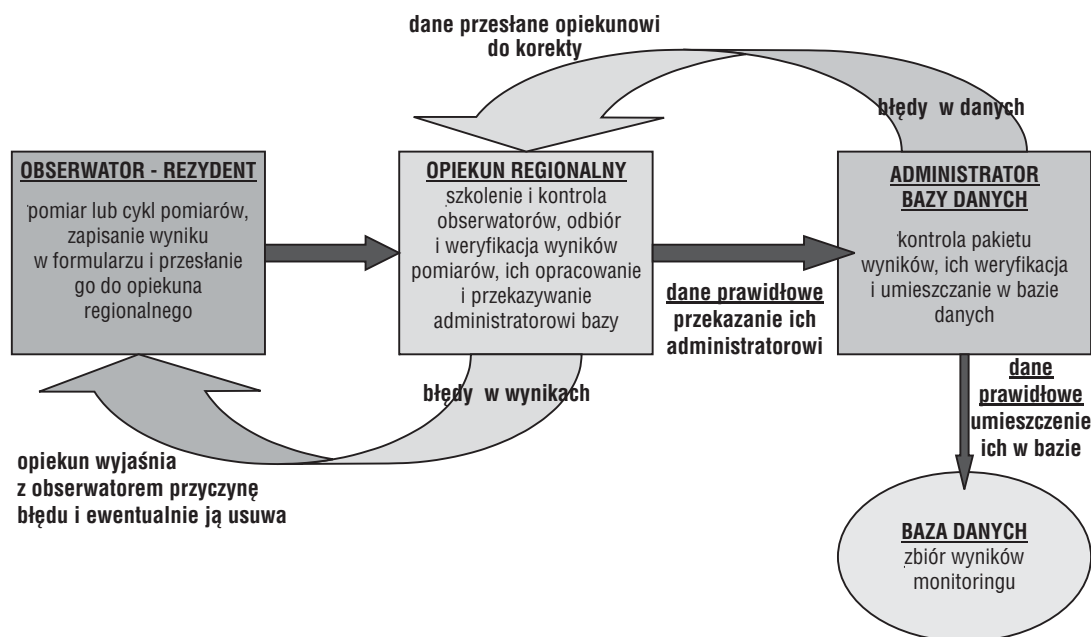
nych zadań. Raz na 3 do 5 lat należy przeprowadzać pomiar parametryczny i oceniać sprawność hydrauliczną punktu obserwacyjnego. Ma to szczególnie duże znaczenie dla punktu monitoringu poziomu wody podziemnej.

**Monitoring poziomu zwierciadła wody i wydajności źródeł.** Monitoring dynamiki zmian poziomu wody i ewentualnie wydajności źródeł można przeprowadzać metodą ekspedycyjną lub przy pomocy stałych obserwatorów rezydentów. Wybór metody zależy od wielkości sieci: liczby punktów obserwacyjnych, odległości pomiędzy nimi i częstotliwości obserwacji.

W sieciach ogólnokrajowych lub dużych sieciach regionalnych z dużą częstotliwością obserwacji, np. 365 lub 53 obserwacji na rok, zasadne jest organizowanie pomiarów z wykorzystaniem obserwatorów rezydentów. Obserwatorami są najczęściej osoby mieszkające w pobliżu punktu i jednocześnie spełniające określone kryteria kwalifikacyjne, zwykle z konieczności niezbyt wygórowane. Schemat procedury realizacji obserwacji stanu wód przedstawiono na ryc. 3.

Zadaniem obserwatora rezydenta jest dbałość o punkt obserwacyjny i urządzenia pomiarowe w określonym instrukcją zakresie oraz wykonywanie obserwacji. Przykładowy zakres jego obowiązków może być następujący:

- kontrola stanu technicznego punktu pomiarowego (piezometru, źródła) i jego otoczenia, kwalifikacja (bądź nie) do wykonania pomiaru,
- sprawdzenie stanu urządzeń pomiarowych i ich kwalifikacja do wykonania pomiaru,
- wykonanie pomiaru w ściśle określonym terminie i zapisanie wyniku w formularzu,
- przesłanie wyniku do opiekuna regionalnego,



Ryc. 3. Schemat realizacji monitoringu z udziałem obserwatorów rezydentów

Fig. 3. Realization scheme of the groundwater monitoring including participation of field observers-residents

□ uczestnictwo w szkoleniach, wykonywanie bieżących napraw i konserwacji punktu obserwacyjnego w zakresie przewidzianym instrukcją.

Opiekun regionalny jest zwykle hydrogeologiem, etatowym pracownikiem instytucji realizującej program monitoringu. Ma więc odpowiednie wykształcenie i kwalifikacje, potwierdzone odpowiednimi dokumentami (uprawnienia geologiczne, ukończone studia podyplomowe, kursy itp.). Do jego zadań należy:

□ szkolenie obserwatora terenowego, przeprowadzanie okresowych kontroli jego pracy,

□ dostarczanie i kontrola stanu urządzeń pomiarowych,

□ odbiór surowych wyników pomiarów, przeliczanie ich z uwzględnieniem odpowiednich poprawek i zapisywanie w lokalnej bazie danych,

□ weryfikacja wyników obserwacji, identyfikacja oraz ewentualne usuwanie błędów i przekazywanie zweryfikowanego zestawu wyników administratorowi bazy danych,

□ sporządzanie okresowych raportów i dokumentacji z przebiegu monitoringu.

**Monitoring jakości wód.** Kontrola procesu opróbowania powinna być przeprowadzona szczególnie starannie, bowiem na tym etapie monitoringu powstaje większość błędów.

Program zapewnienia jakości polega głównie na postępowaniu zgodnie z ustaloną procedurą opróbowania, której podstawowymi elementami są:

□ przeprowadzenie pompowania oczyszczającego w sposób i w zakresie zależnym od stanu otworu obserwacyjnego (innym dla studni eksploatowanej w sposób ciągły lub okresowo, a innym dla studni awaryjnej czy otworu nieeksploatowanego) oraz stosownie do wyposażenia otworu (z pompą zatapianą, zainstalowaną na stałe); kontrola jakości opróbowania,

□ pobranie próbki zgodnie z procedurą (np. zapewnienie braku kontaktu próbki z powietrzem atmosferycznym przez użycie wężyka, pobieranie próbek wyłącznie do

pojemników z atestowanego tworzywa, nie zmieniającego składu chemicznego próbki, o odpowiedniej konstrukcji i zamknięciu; uwzględnienie różnych wymagań dla poszczególnych rodzajów próbek, m.in. przesączanie przez filtr, utrwalanie itp.),

□ wykonanie w terenie oznaczeń szybko zmieniających się parametrów fizyczno-chemicznych, np. pH, Eh, elektrycznej przewodności właściwej, temperatury, stężeń  $\text{NO}_2$  itp.,

□ schłodzenie próbek do odpowiedniej temperatury i umieszczenie w kontenerach izotermicznych,

□ dostarczenie próbek do laboratorium w odpowiednich warunkach i w określonym przez instrukcję czasie, w tym również dostarczenie próbek kontrolnych,

□ sporządzenie protokołu pobrania próbki i przekazania do laboratorium.

Próbki pobiera hydrogeolog, który ma odpowiednią wiedzę na ten temat, ukończony kurs, zakończony egzaminem i wydaniem zaświadczenia. Szczególnej uwagi wymaga procedura poboru próbki. Nie będzie ona tu przedstawiana, ponieważ jest to problem techniczny, opisany już w wystarczającą szczegółowością w dostępnej literaturze (Witczak & Adamczyk, 1994, 1995; Kazimierski & Sadurski, 1999) i normach (PrPN-EN 25667-1, PrPN-EN 25667-2, PrPN-EN 5667-3, PrPN EN 5667-11).

Próbki kontrolne powinny stanowić od 10 do 30% ogólnej liczby próbek normalnych, pobieranych z sieci monitoringowej:

□ próbki zerowe są pobierane tym samym sprzętem co próbki normalne, ale z użyciem jako medium wody dejonizowanej o wysokiej czystości; są one tak samo przygotowywane, transportowane i przechowywane jak próbki normalne, a służą do wyznaczenia praktycznej granicy oznaczalności,

□ próbki dublowane są pobierane losowo z wybranych punktów monitoringu jako duplikaty próbek normalnych i służą do oceny precyzji uzyskiwanych wyników oznaczeń,

□ próbki znaczone są próbkami o znanym składzie lub dodatku wzorca wybranych substancji; pozwalają ocenić

dokładność, a więc pomagają w wykrywaniu błędów losowych i ewentualnych błędów systematycznych.

Bardziej szczegółowe informacje dotyczące zasad poboru i wykorzystania próbek wód w celu oceny błędów oznaczeń analitycznych przedstawili w pracach Szczepańska i Kmiecik (1998) oraz Kazimierski i Sadurski (1999).

### Program archiwizacji, udostępniania wyników i dokumentacji przebiegu monitoringu

W procesie archiwizacji, przetwarzania i udostępniania danych również mogą wystąpić liczne błędy lub niezgodności zarówno w zbiorach wyników obserwacji poziomu zwierciadła wody i wydajności źródeł, jak i w oznaczeniach chemizmu wody. W proces archiwizacji danych zaangażowane są w różnym stopniu wszystkie zespoły realizujące monitoring: zespół terenowy, pracownicy laboratorium chemicznego i zespół obsługujący komputerową bazę danych.

**Archiwizacja wyników obserwacji.** Wyniki obserwacji poziomu zwierciadła wody lub wydajności źródła są zapisywane i wstępnie przetwarzane bezpośrednio przez obserwatorów lub ich opiekunów. Wynik jest zapisywany w lokalnej bazie danych, zwykle na arkuszu kalkulacyjnym z odpowiednimi makroinstrukcjami, umożliwiającymi: zapisanie wyniku; wprowadzenie tzw. poprawki, polegającej na uwzględnieniu wysokości punktu pomiarowego nad poziom terenu i zapisanie parametrów urządzenia mierzącego wydajność źródła. Po zakończeniu serii pomiarowej wykonywany jest wykres kontrolny oraz wyznaczany jest poziom korelacji względem sąsiednich punktów obserwacyjnych, ujmujących ten sam system wodonośny. Możliwa jest też wtedy identyfikacja i ewentualne uzupełnienie braków w obserwacjach. Obserwator lub opiekun regionalny przekazują tak wstępnie zweryfikowane wyniki obserwacji, łącznie z rezultatami terenowych pomiarów parametrów fizyczno-chemicznych wody oraz informacjami dotyczącymi zmian stanu technicznego punktu obserwacyjnego i jego otoczenia w postaci sformalizowanego zapisu cyfrowego do administratora komputerowej bazy danych.

Wyniki wykonanych w laboratorium oznaczeń parametrów fizyczno-chemicznych wody są przekazywane również w postaci zapisu cyfrowego. Ponieważ oznaczenia te są wykonywane w laboratorium realizującym zwykle wewnętrzny system kontroli jakości oraz biorącym udział w kontroli międzylaboratoryjnej uznaje się, że proces kontroli i zapewnienia jakości w tym przypadku został wykonany.

Wyniki oznaczeń dla każdej próbki wody muszą być jeszcze poddane kontroli przez sprawdzenie bilansu jonowego oraz porównanie sumy stężeń elementów chemicznych z suchą pozostałością. W obu przypadkach wysokość błędu analizy można określić stosując zależności podane przez Macioszczyka (1987):

$$x = \frac{SP - \sum (A + K)}{SP} \times 100\% \quad [1]$$

$$x = \frac{\left| \sum_r K - \sum_r A \right|}{\sum_r K - \sum_r A} \times 100\% \quad [2]$$

gdzie:

SP — sucha pozostałość [mg/l]

A, K — stężenia odpowiednio: anionów, kationów [mg/l]

X — wielkość błędu [%]

Weryfikacja wyników analiz wody może być prowadzona również za pomocą kilku innych metod, przez:

□ porównanie przewodnictwa właściwego wody z sumą rozpuszczonych składników,

□ porównanie zawartości głównych kationów ( $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) i stosunków ilościowych pomiędzy nimi,

□ porównanie twardości wody z łączną zawartością jonów  $\text{Ca}^+$  i  $\text{Mg}^+$ ,

□ porównanie pH i stężenia jonu  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Należy też zwracać uwagę na powtarzalność wyników oznaczeń wody w tych samych punktach obserwacyjnych w poszczególnych seriach pomiarowych. Z reguły stężenia składników głównych nie powinny się zmieniać w znacznym zakresie i tym samym typ hydrogeochemiczny wód powinien być stały. Zaobserwowane zmiany powinny uruchomić dodatkowy program weryfikacji wyników oznaczeń składu chemicznego wody.

Zespół archiwizacji danych przeprowadza weryfikację wyników monitoringu przede wszystkim z użyciem metod statystycznych, a następnie we współpracy z zespołem terenowym i laboratorium usuwa błędy, które zostały w wyniku tych analiz zidentyfikowane. Po usunięciu zauważonych błędów administrator bazy umieszcza zestaw danych w komputerowej bazie danych. Od tej chwili wyniki monitoringu mogą być przetwarzane i udostępniane.

**Procedura udostępniania wyników.** Wyniki obserwacji monitoringowych są własnością organu, instytucji lub osoby finansującej jej funkcjonowanie. Właściciel danych ustala zasady, wykaz instytucji i osób uprawnionych do korzystania z nich, zakres oraz ewentualną odpłatność za ich udostępnianie. W przypadku monitoringów wód podziemnych, których funkcjonowanie jest finansowane ze środków budżetu państwa, właścicielem danych jest minister Skarbu Państwa. Zasady korzystania z danych monitoringowych określa Prawo wodne (Ustawa ..., 2001) i odpowiednie zarządzenia oraz decyzje ministra Skarbu Państwa (Decyzja..., 2000; Zarządzenie..., 2002).

Procedura kontroli i zapewnienia jakości udostępniania wyników monitoringu obejmuje: identyfikację i rejestrację użytkownika informacji oraz jego uprawnień, ich potwierdzenie i następnie zakwalifikowanie (bądź nie) do udostępnienia informacji, przygotowanie odpowiedniego zestawu danych, przekazanie ich użytkownikowi i w końcu zarejestrowanie wykonania usługi.

W przypadku monitoringów ogólnokrajowych i regionalnych, które z zasady są finansowane z funduszy publicznych, sposób i zakres udostępniania wyników zależy od uprawnień zgłaszającego się użytkownika i charakteru danych (płatne czy bezpłatne, do celów niekomercyjnych czy komercyjnych, jawne, do użytku służbowego czy poufne). Samo przygotowanie wyników będzie też zależało od tego, czy zestaw ten należy do grupy informacji przetwarzanych standardowo przez wykonawcę monitoringu (koszty przetwarzania standardowego pokrywane są z funduszy publicznych), czy jest to zestaw danych nie przetwarzanych standardowo. Zasady udostępniania i koszty informacji nie przetwarzanych standardowo są z reguły negocjowane pomiędzy wykonawcą monitoringu (działającym w przypadku monitoringów finansowanych z funduszy publicznych z upoważnienia ministra Skarbu Państwa) a jego przyszłym użytkownikiem.

**Dokumentacja systemu zapewnienia i kontroli jakości.** Ważnym elementem systemu zapewnienia i kontroli jakości jest jego dokumentacja. Obejmuje ona dokumentację: sieci i punktu obserwacyjnego, procesu monitoringu oraz wyników.

Dokumentacja sieci i punktów obserwacyjnych powinna być sporządzana w ramach dokumentacji powykonawczej. Następnie jest uzupełniana i uaktualniana w każdym cyklu monitoringu. Może być wykonana i użytkowana w formie tradycyjnej (dokumentacja w postaci zapisu na papierze) lub w postaci elektronicznej bazy danych. Dokumentacja punktu obserwacyjnego zawiera nie tylko informacje o profilu geologicznym i ujętej warstwie wodonośnej, ale również o wynikach opróbowań (analizy granulometrycznej, geochemicznej i hydrogeochemicznej), pompowań parametrycznych, w tym o sprawności hydraulicznej otworu, konstrukcji oraz wyposażeniu otworu. W przypadku instalacji urządzeń technicznych i pomiarowych należy załączyć ich pełną dokumentację oraz szczegółowe instrukcje obsługi. Dokumentacja ta powinna być dostępna dla osób realizujących program monitoringu, a osoba realizująca konkretną procedurę musi mieć odpowiednią część dokumentacji przy sobie do bezpośredniego użytkowania w trakcie wykonywania prac.

Dokumentacja procesu monitoringu zawiera schemat organizacyjny, zakres obowiązków i kompetencji poszczególnych wykonawców, indywidualne instrukcje realizacji poszczególnych procedur pomiarowych dla każdego z wykonawców, formularze protokołów wszystkich czynności kontrolnych, opróbowań i pomiarów oraz przekazania próbek do laboratorium. Osoba wykonująca poszczególne czynności posiada odpowiednią część instrukcji i formularze protokołów, które musi na bieżąco wypełniać. Dodatkowo ważniejsze punkty monitoringu mają wykonywaną dokumentację fotograficzną, a na każdej fotografii umieszczony jest numer punktu obserwacyjnego, data, godzina i minuta wykonania dokumentacji fotograficznej.

Po zakończeniu każdego cyklu monitoringu wykonawcy sporządzają raport z realizowanych przez siebie czynności oraz opracowują raport zbiorczy dla danego cyklu obserwacyjnego.

Wyniki obserwacji i pomiarów zapisywane są w różnej postaci, lecz zgodnie z opracowaną wcześniej instrukcją. Na odpowiednich formularzach tworzona jest dokumentacja dotycząca wyników pomiarów i obserwacji terenowych oraz wyników oznaczeń laboratoryjnych. Wyniki te są następnie zapisywane i weryfikowane w komputerowej

bazie danych. Baza danych, dzięki odpowiednim procedurom selekcji i przetwarzania danych, umożliwia interpretację oraz udostępnianie danych. Okresowo sporządzane jest sprawozdanie zawierające opis czynności związanych z realizacją monitoringu, przedstawiające stan sieci i jej punktów obserwacyjnych, zasady realizacji monitoringu ze szczególnym uwzględnieniem odstępstw od jego projektu i przewidzianych instrukcjami procedur oraz syntetyczne podsumowanie wyników obserwacji.

### Błędy obserwacji i pomiarów w monitoringu wód podziemnych

Błędy pojawiają się w całym procesie monitoringu wód podziemnych. Z innymi przyczynami błędów mamy do czynienia w monitoringu jakości wód, a z innymi podczas monitoringu poziomu zwierciadła wód podziemnych lub wydajności źródeł. Wymienić można błędy pojawiające się na różnych etapach obserwacji, jak też mające różne przyczyny.

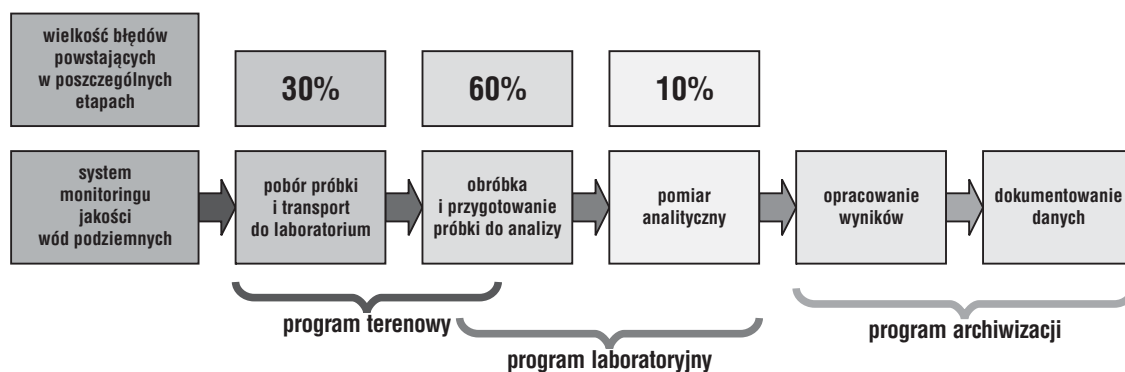
W monitoringu jakości wód z uwagi na etap badań można wyróżnić błędy:

1.1. wywołane niewłaściwą lokalizacją punktu monitoringowego (np. złym umiejscowieniem w warstwie wodonośnej względem jej parametrów, rozprzestrzeniania i tras migracji zanieczyszczeń, złym rozpoznaniem pola hydrodynamicznego, umieszczeniem w warstwie o zbyt niskich parametrach, głównie współczynnika  $k$ , co utrudnia pobranie próbki lub opóźnia reakcję poziomu wody w otworze na zmiany w warstwie wodonośnej), co czyni go niereprezentatywnym,

1.2. wynikające ze złej konstrukcji otworu: niewłaściwego umiejscowienia strefy zafiltrowanej, zbyt długiego lub zbyt krótkiego filtra, występowania przepływów pionowych w strefie wokół otworowej, złego doboru materiałów kolumny otworu i filtra, nieodpowiedniego wyposażenia otworu,

1.3. spowodowane na etapie pobierania próbek: niedostatecznym pompowaniem oczyszczającym, nieskutecznym filtrowaniem próbki, niedostatecznym oczyszczeniem sprzętu do opróbowania, błędną konserwacją próbki lub użyciem niewłaściwych pojemników na próbki lub pomyłką w oznakowaniu,

1.4. wywołane przy transferze próbki: kontaktem próbki z atmosferą (odgazowaniem, natlenieniem), wpływem warunków polowych (m.in. temperaturą, nasłonecznieniem, kurzem, opadem i spalinami),



Ryc. 4. Przykład podziału na etapy monitoringu jakości wód podziemnych i oszacowania względnego udziału błędów powstałych na poszczególnych jego etapach (wg. Nielsena, 1991; ze zmianami autorów)

Fig. 4. The example of division of the quality groundwater monitoring into stages and estimation of relative contribution of errors which are made on particular stage of monitoring process (after Nielsen, 1991; with changes)

1.5. powstałe w trakcie polowych oznaczeń analitycznych w wyniku: niewłaściwego funkcjonowania instrumentów pomiarowych, błędów procedury pomiarowej, wpływu warunków polowych,

1.6. spowodowane niewłaściwymi warunkami transportu (zbyt długim transportem, zbytnim przegrzaniem lub schłodzeniem próbek),

1.7. powstałe w laboratorium na etapie przygotowania próbki do analizy oraz samego pomiaru analitycznego,

1.8. błędy powstałe podczas archiwizacji danych.

Błędy z grup od 1.1 do 1.6 zaliczamy do błędów programu terenowego, 1.7 — programu laboratoryjnego, a 1.8 — programu archiwizacji oraz interpretacji wyników. Błędy powstałe na etapach terenowym i laboratoryjnym (ryc. 4) monitoringu jakości wód oszacował Nielsen (1991). Widać, że błąd oznaczeń analitycznych jest najniższy (10%), a błędy powstają głównie na etapie poboru i transportu próbki (30%), a więc na etapie programu terenowego oraz obróbki i przygotowania próbki do analizy (60%), przy czym część tej obróbki może być elementem programu terenowego (filtrowanie, utrwalanie itp.). Proporcje określone przez Nilsena mogą być inne, gdy weźmiemy pod uwagę również błędy archiwizacji wyników. Inaczej będą się przedstawiały błędy tej części monitoringu, w której jest określana głębokość do zwierciadła wody lub wydajność źródeł.

Ze względu na źródło powstania błędy można podzielić na:

2.1. błędy instrumentalne, mające źródło w niedoskonałości przyrządów pomiarowych,

2.2. błędy personalne, spowodowane niedoskonałością personelu wykonującego pomiary,

2.3. błędy metodyczne, tkwiące w samej metodzie pomiarowej.

Z uwagi na występowanie błędów w wynikach pomiarów można wyróżnić błędy:

3.1. przypadkowe, charakteryzujące się niewielką wartością i przypadkowym znakiem; teoretycznie nie można ich wyeliminować,

3.2. błędy systematyczne, charakteryzujące się stałym znakiem; wpływają one na wszystkie pomiary w jednaki sposób, a wartość prawdziwa  $\mu_x$  znajduje się wewnątrz przedziału rozpatrywanego rozrzutu; błąd systematyczny wyraża się najczęściej w postaci błędu bezwzględnego i wpływa on na dokładność pomiarów,

3.3. błędy grube, będące odmianą błędów przypadkowych; ich eliminacja jest możliwa, np. przez odrzucenie wyniku obciążonego błędem, gdy zauważymy odstępstwo w działaniu aparatury lub we własnym postępowaniu i po zastosowaniu eliminacyjnej analizy statystycznej; eliminacja tego błędów polega na odrzuceniu wyniku znacznie różniącego się od pozostałych.

Wskazane jest by wyznaczyć wielkość błędów pomiaru stanu wody i oznaczeń chemizmu wód. Standardowo wyznaczane są błędy: bezwzględny  $\Delta x$  i względny  $\delta x$  niżej przedstawionymi zależnościami.

$$\Delta x = x_i - \mu_x \quad [3]$$

$$\delta x = \frac{\Delta x}{\mu_x} = \frac{x_i - \mu_x}{\mu_x} = \frac{x_i}{\mu_x} - 1 \quad [4]$$

gdzie:

$x_i$  — i-ty pomiar,

$\mu_x$  — wartość prawdziwa mierzonej wielkości.

Za wartość  $\mu_x$  można uznać wartość pomierzoną za pomocą urządzeń lub procedur zapewniających dokładność

pomiaru przynajmniej o 1 rząd wyższą. W przypadku oznaczeń składu chemicznego wód podziemnych za sumaryczny błąd względny analizy można uznać jego wielkość określoną zależnościami [1] lub [2].

## Podsumowanie

System zapewnienia i kontroli jakości monitoringu wód podziemnych powinien być stosowany obligatoryjnie w dużych sieciach, obejmujących przynajmniej 50 punktów obserwacyjnych oraz we wszystkich sieciach, gdy stwierdza się w nich zagrożenia dla zdrowia ludzi, bądź gdy na podstawie wyników monitoringu podejmowane są decyzje administracyjne, np. nakładane kary.

Jego celem jest zapewnienie jednoznacznych, powtarzalnych i wiarygodnych wyników obserwacji oraz określenie dokładności (wielkości błędów) pomiarów poziomu zwierciadła i składu chemicznego (jakości) wody.

W realizacji monitoringu należy kierować się następującymi, ogólnymi zasadami:

□ sieć i wszystkie punkty obserwacyjne powinny mieć sporządzoną i na bieżąco uaktualnianą dokumentację,

□ wszystkie punkty powinny spełniać wyraźnie sprecyzowane kryteria przydatności do obserwacji,

□ wszyscy wykonawcy, biorący udział w realizacji monitoringu, powinni mieć:

— odpowiednie kwalifikacje potwierdzone świadectwem,

— pisemną instrukcję zakresu i metodyki wykonywanych przez siebie obowiązków,

□ każda czynność wykonywana w ramach monitoringu powinna być odpowiednio udokumentowana,

□ system kontroli powinien obejmować wszystkie programy realizowane w ramach monitoringu (terenowy, laboratoryjny, archiwizacji i udostępniania wyników) i musi być dostosowany do ich specyfiki.

Odpowiednie systemy zapewnienia i kontroli jakości wód podziemnych powinny być w najbliższym czasie wprowadzone do monitoringu, których realizacja finansowana jest z funduszy publicznych.

## Literatura

- Decyzja** organizacyjna nr 22 z dnia 8 czerwca 2000 r. zmieniająca decyzję organizacyjną nr 7 z dnia 1 marca 2000 r. w sprawie zasad wykonywania niektórych uprawnień w stosunku do informacji geologicznej stanowiącej własność Skarbu Państwa.
- KAZIMIERSKI B. & SADURSKI A. 1999 — Monitoring osłonowy ujęć wód podziemnych — metody badań. Wyd. PIG i MOŚZNIŁ.
- MACIOSZCZYK A. 1987 — Hydrogeochemia. Wyd. Geol.
- NIELSEN D.M. 1991 — Practical handbook of ground water monitoring. Lewis Publ. Chelsea.
- Pilot** implementation eurowaternet — groundwater. Technical report No 39 European Environmental Agency, March 2000, Copenhagen.
- PrPn-EN 256671-1** Jakość wody — Pobieranie próbek — Część 1: Wytyczne dotyczące opracowania programów pobierania próbek.
- PrPn-EN 25667-2** Jakość wody — Pobieranie próbek — Część 2: Wytyczne dotyczące technik pobierania próbek.
- PrPn-EN 5667-3** Jakość wody — Pobieranie próbek — Część 3: Wytyczne dotyczące utrwalania i postępowania z próbkami.
- PrPn-EN 5667-11** Jakość wody — Pobieranie próbek — Część 11: Wytyczne dotyczące pobierania próbek wód podziemnych.
- SZCZEPAŃSKA J. & KMIECIK E. 1998 — Statystyczna kontrola jakości danych w monitoringu wód podziemnych. Wyd. AGH, Kraków.
- Ustawa** z dnia 18 lipca 2001 r. — Prawo wodne, Dz.U. Nr 115, poz. 1229.
- WITCZAK S. & ADAMCZYK A. 1994, 1995 — Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metody ich oznaczania. T. 1 i 2. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Wyd. PIOŚ, Warszawa.
- Zarządzenie** nr 15 Ministra Skarbu Państwa z dnia 26 kwietnia 2002 r. w sprawie zasad wykonywania niektórych uprawnień w stosunku do informacji geologicznej stanowiącej własność Skarbu Państwa.