

## 1.9. PROGRAM POMIAROWY F2: WODY PODZIEMNE

Bogusław Kazimierski (Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy)

### CEL POMIARÓW:

Wody podziemne są jedną z dróg transportu materii w geosystemie i wynoszenia jej poza geosystem. Płytkie wody podziemne o zwierciadle swobodnym zasilają roślinność w składniki biogeniczne. Celem monitoringu jest uzyskanie informacji o stanie wód, ich ilości (zasobach), chemizmie, dynamice oraz wpływie na powiązane z nimi ekosystemy wód powierzchniowych i lądowe. Cele te powinny być różnicowane i uszczegóławiane dla poszczególnych zlewni badawczych, a w razie potrzeby, dla poszczególnych punktów pomiarowych.

Zakres monitoringu wód podziemnych jest ściśle uzależniony od celu badań oraz stopnia rozpoznania budowy geologicznej, warunków hydrogeologicznych zlewni oraz czynników kształtujących obieg wody zarówno naturalnych jak i antropogenicznych. Zakres ten obejmuje pomiary: poziomu zwierciadła wody w otworze badawczym lub wydajność źródła oraz oznaczenie parametrów fizykochemicznych próbki wody. Przedmiotem monitoringu programu F2 są wyłącznie wody podziemne występujące w strefie pełnego nasycenia. Wody występujące poniżej powierzchni terenu badać można na powierzchni terenu – w miejscach ich naturalnego wypływu w źródłach, w strefie aeracji (pomiędzy powierzchnią terenu a poziomem zwierciadła wody podziemnej) oraz w strefie pełnego nasycenia skał wodą (poniżej zwierciadła wody).

### ZALECANA METODYKA:

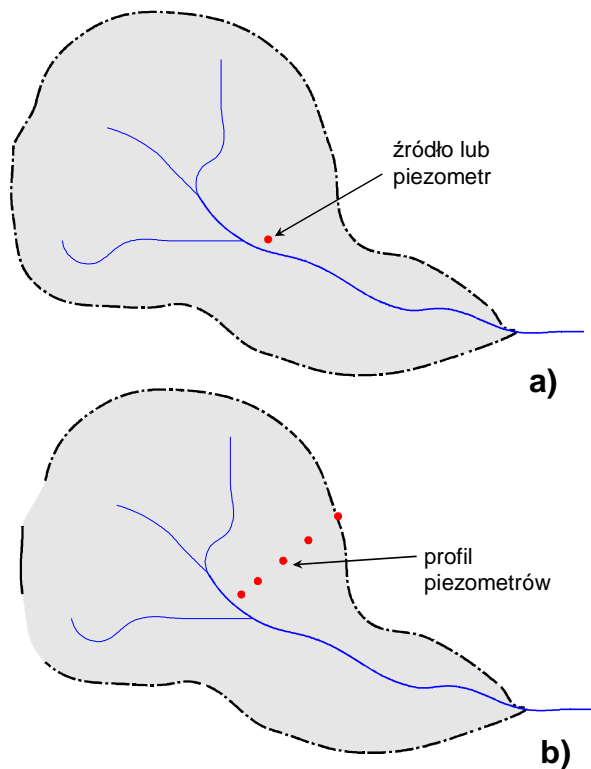
#### *Punkty pomiarowe monitoringu*

Punkty pomiarowe monitoringu lokalizuje się w sposób reprezentatywny dla badanej zlewni. Sposób ich lokalizacji zależy też od ich liczby. W przypadku gdy sieć badawcza składa się z jednego punktu, zalecane jest by był on położony w strefie drenażu wód podziemnych przez rzekę (ryc. 1a), gdzie można kontrolować ilość materii wynoszonej ze zlewni. Pożądane jest by liczba punktów była większa, minimum 3, a ich lokalizacja obejmowała strefy: zasilania (wododział), tranzytu i drenażu wód podziemnych, np. przez rzekę. Liczba punktów w poszczególnych zlewniach powinna być zróżnicowana i uwzględniać następujące czynniki:

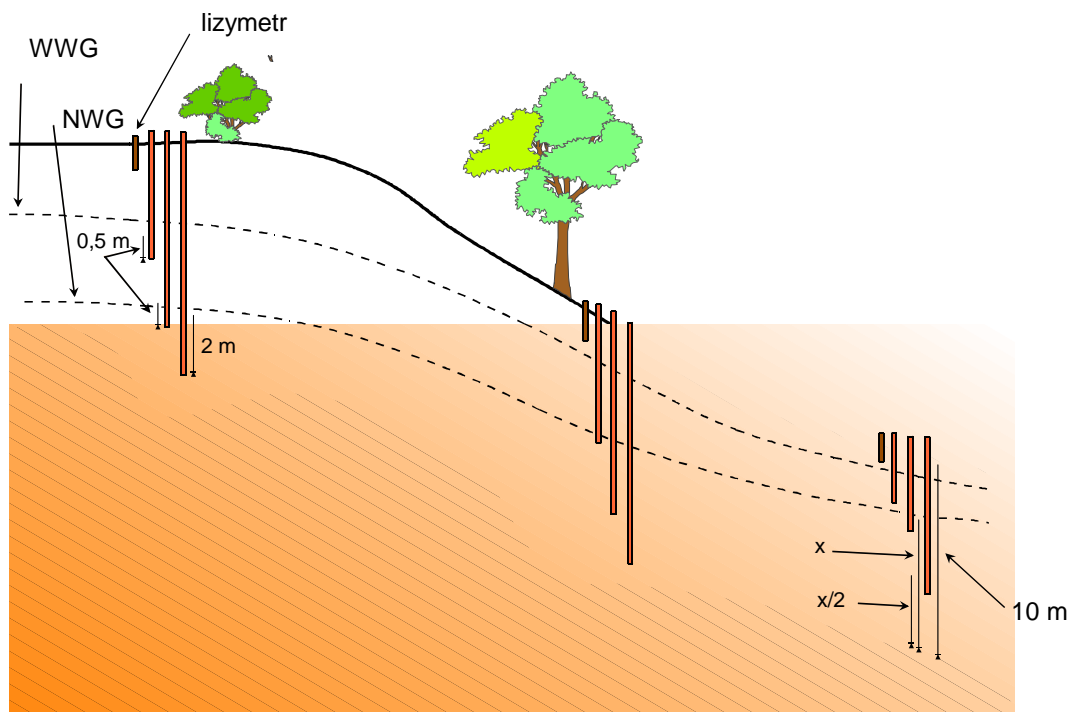
- stopień komplikacji budowy geologicznej, warunków hydrogeologicznych i oddziaływań,
- stopień antropopresji i innych czynników modyfikujących warunki naturalne.

Punkty pomiarowe powinny być usytuowane w transekcji, zgodnym z kierunkiem filtracji wód podziemnych (ryc. 1b). Z uwagi na przestrzenny charakter strumienia wód podziemnych, szczególnie w strefach zasilania i drenażu, pożądane jest również instalowanie piezometrów wielopoziomowych, ujmujących warstwę wodonośną w części stropowej, centralnej i spągowej, tak jak to przedstawiono na ryc. 2. W wyborze lokalizacji poszczególnych punktów badawczych w obrębie zlewni powinno się uwzględniać indywidualne zadania stawiane przed nim. Zadania takie mogą obejmować: obserwacje warunków zasilania infiltracyjnego, reakcje na wymuszenia naturalne (np. wahania poziomu wody w rzece) i sztuczne (pobór, piętrzenia), ustalanie kierunku filtracji, warunki dostarczania wody i substancji rozpuszczonej ekosystemom, zmiany chemizmu wody pod wpływem rozkładu substancji organicznej lub stosowania nawozów itp. Pomiary powinny być prowadzone równocześnie we

wszystkich punktach sieci obserwacyjnej, w jednoznacznie ustalonych terminach, skorelowanych z badaniami innych komponentów środowiska mającymi wpływ lub będącymi pod presją wód podziemnych.



Ryc. 1. Lokalizacja stanowisk monitoringu wód gruntowych w obrębie zlewni (Manual 1993).



Ryc. 2. Lokalizacja i sposób instalacji lizymetrów i piezometrów na transekcji stokowym (Manual 1993).

Punktami obserwacyjnymi wód podziemnych są otwory wiercone, a w miejscach naturalnego ich wypływu na powierzchnię terenu, źródła. Otwór badawczy pomiaru poziomu zwierciadła wody powinien spełniać następujące warunki:

- ujmuje selektywnie wytypowaną do monitoringu warstwę wodonośną,
- jest wykonany poprawnie pod względem merytorycznym i technicznym,
- posiada określone współrzędne (z pomocą GPS) oraz rzędną i określone położenie względem struktur i jednostek hydrogeologicznych oraz obszarów z ustalonym sposobem użytkowania terenu,
- jest położony poza zasięgiem oddziaływań lokalnych (lokalnego poboru lub zrzutu wody),
- jest zlokalizowany na terenie o unormowanej własności,
- umożliwia pomiar głębokości do zwierciadła wody, przy jego najwyższym naturalnym poziomie i największej depresji wywołanej eksploatacją,
- jest zabezpieczony przed ingerencją osób niepowołanych (np. posiada odpowiednie zamknięcie),
- posiada uaktualnianą na bieżąco dokumentację geologiczną, konstrukcji i wyposażenia otworu,
- przynajmniej raz na 5 lat ma przeprowadzone badania sprawnościowe, określające jego przydatność dla celów monitoringu oraz kontrolowaną niwelację względem reperu sieci państwowej.






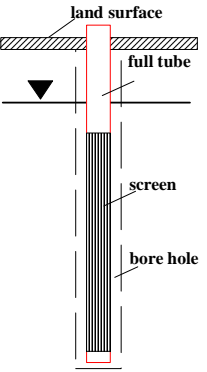
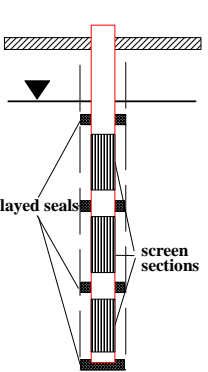
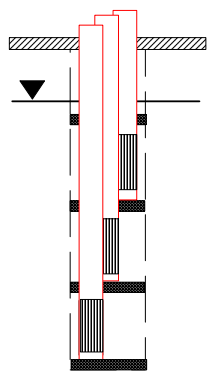
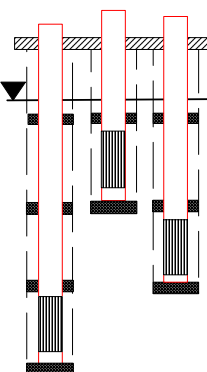
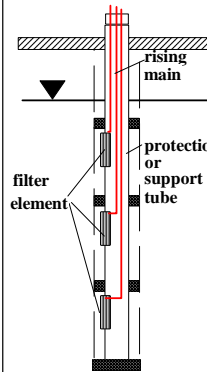
Otwór, w którym pobieramy próbki wody, powinien dodatkowo:

- być wykonany z materiałów chemicznie obojętnych, nie zmieniających składu chemicznego próbki wody (np. ze stali kwasoodpornej, PCV bezchlorkowego, polietylenu),
- w przypadku studzien eksploatowanych, mieć zainstalowany na rurze tłocznej, zawór umożliwiający pobór próbki.

Przykłady sposobu ujęcia przez otwory wiercone (piezometry) warstwy wodonośnej przedstawiono na ryc. 3.

W źródłach obserwowany jest jego wydatek. W przypadku źródła o skoncentrowanym wypływie, konieczne jest wykonanie jego obudowy umożliwiającej pomiar wydajności w każdych warunkach pogodowych (np. niska temperatura, pokrywa śniegowa). Z tych powodów obudowa źródła musi zapewniać:

- dokładne izolowanie strefy wypływu wód podziemnych od wody spływającej po powierzchni lub w spływie podpowierzchniowym:
  - szczelna obudowa i uszczelnienie terenu wokół obudowy,
  - drenaż opaskowy,
- ujmuje selektywnie wytypowaną do monitoringu warstwę wodonośną,
- nie spiętrza wody ponad poziom naturalnego wypływu,
- nie obniża poziomu wody w źródle,
- zabezpiecza przed przedostawaniem się zanieczyszczeń przenoszonych w powietrzu oraz przed dostępem osób niepowołanych,
- zapewnia izolację termiczną,
- umożliwia pomiar wydajności źródła.

Różne sposoby wykonania hydrogeologicznych otworów wiertniczych				
1	2	3	4	5
Pojedynczy otwór ujmujący całą miąższość warstwy	Pojedynczy otwór ujmujący strefowo całą miąższość warstwy	Trzy piezometry umieszczone w jednym otworze wiertniczym w różnych poziomach wodonośnych	Trzy otwory rozmieszczone wzdłuż linii, ujmujące różne poziomy wodonośne	Piezometry typu „multi-leaveł”
				
 <p>land surface full tube screen bore hole</p>	 <p>clayed seals screen sections</p>			 <p>rising main protection or support tube filter element</p>

Ryc. 3. Sposoby wykonywania otworów hydrogeologicznych, z uwagi na sposób ujmowania warstwy wodonośnej i ich przydatność dla celów monitoringu. Sposób przedstawiany w kolumnie 1 zalecany w strefie tranzytowej, gdy chcemy pobrać próbkę z całego profilu pionowego warstwy; z kolumny 4 i 5, w strefach zasilania i drenażu, gdzie mamy do czynienia z dużymi gradientami pionowymi ciśnień i stężeń substancji rozpuszczonych. Sposoby przedstawione w kolumnach 2 i 3 są nieprawidłowe.

Przelew ma być tak skonstruowany by ujmował całość wypływających wód, nie powodował podpiętrzenia wody w źródle (bo zmieni to naturalne warunki wypływu wody i wydajność źródła) i nie dopuszczał do przedostawania się do układu pomiarowego wód spływających po zboczu w czasie trwania opadów lub wód roztopowych. W przypadku gdy monitorujemy rozległą strefę źródłiskową lub strefę wysięku, obudowa nie jest konieczna, a pomiaru dokonujemy np. za pomocą przelewu w miejscu, gdzie koncentruje się przepływ wody z całej strefy. Pomiarów nie można wykonywać w okresie opadów lub roztopów, gdy do strefy źródłiskowej doływają wody spływające po powierzchni terenu.

### ***Pomiar poziomu zwierciadła wód podziemnych w piezometrach***

Pomiaru poziomu zwierciadła wody w otworach wiertniczych (piezometrach i studniach) oraz wydatku źródeł dokonujemy metodą manualną lub z użyciem urządzeń automatycznych.

Pomiary metodą manualną wykonywane są w otworach:

- za pomocą świstawki lub czujnika elektrycznego, zamocowanego na taśmie mierniczej odpowiedniej długości z materiału nie odkształcającego się (a przede wszystkim nie rozciągliwego) w otworach, w których zwierciadło wody stabilizuje się poniżej kryzy studni.
- przez odczyt ciśnienia w MPa, na manometrze, i następnie przeliczenia do wysokość słupa wody – w otworach wiertniczych, w których zwierciadło wody kształtuje się powyżej poziomu kryzy.

Pomiar głębokości dokonywany jest z dokładnością do 0,01 m (ciśnienia – 0,1 MPa) od ściśle określonego i trwale oznakowanego na krawędzi otworu / piezometru miejsca. Punkt ten ma określoną rzędną oraz wyniesienie względem powierzchni terenu. Pomiar w źródłach

wykonywany jest metodą naczyń podstawianych ( przy wydajnościach do 30 l/s) lub przelewu pomiarowego (przy wydajnościach powyżej 30 l/s); obudowa źródła i wyposażenie go do pomiarów ma uwzględniać stosowaną metodę pomiarową. W obydwu przypadkach wyniki pomiaru zapisywane są przez obserwatora natychmiast po jego wykonaniu w odpowiednim notatniku, a po powrocie do stacji przepisane do dziennika pomiarowego. W dzienniku należy odnotować warunki pomiaru, stan pogody oraz zjawiska meteorologiczne jak okres intensywne roztopów, duża pokrywa śnieżna, itp., mogące mieć wpływ na wynik pomiarów. Bezwzględnie należy zanotować ewentualne uszkodzenia lub niesprawności urządzeń pomiarowych, zmiany przyrządu pomiarowego itp.

Pomiary metodą automatyczną wykonujemy w punktach badawczych wyposażonych w czujniki pomiarowe, konwerter, łącznik i rejestrator oraz urządzenia do odczytywania wyników lub zdalnej transmisji danych. Sposób pomiaru i jego rejestracji zależą tu od rodzaju urządzenia i wykonywane są zgodnie z przedstawioną przez producenta metodyką.

### ***Opróbowanie punktu badawczego, pobór próbek do analiz składu chemicznego***

Próbki pobiera, kondycjonuje i transportuje do laboratorium pracownik stacji – próbkobiorca posiadający odpowiednie wykształcenie i przeszkolenie w zakresie pobierania próbek, potwierdzone odpowiednim certyfikatem. Na procedurę programu terenowego monitoringu chemizmu wody składają się następujące elementy:

1. Inspekcja punktu i jego pozytywna (lub nie) kwalifikacja do przeprowadzenia badań. W tym celu należy dokonać oceny stanu technicznego punktu z punktu widzenia jego przydatności do poboru próbki i wykonania oznaczeń terenowych jej parametrów fizyko-chemicznych. Następnie przeprowadza się ocenę sposobu użytkowania terenu w najbliższym otoczeniu punktu badawczego, w celu stwierdzenia czy otoczenie to nie wpłynie na reprezentatywność próbki. W przypadku stwierdzenia dewastacji punktu badawczego lub jego najbliższego otoczenia, kwalifikacja punktu jest negatywna i wtedy należy odstąpić od pobrania próbki, sporządzić odpowiednią dokumentację umożliwiającą dokonanie napraw lub przywrócenia otoczenia do odpowiedniego stanu. Wznowienie obserwacji może nastąpić po przywróceniu sprawności punktu i przeprowadzeniu nowej, tym razem pozytywnej kwalifikacji. Z wyniku inspekcji punktu sporządzana jest dokumentacja, polegająca na wypełnieniu odpowiedniego formularza.
2. Ustawienie samochodu i rozmieszczenie sprzętu do przeprowadzenia pompowania oczyszczającego, ustawienie naczyń na próbki i innego sprzętu, w odpowiedniej odległości i kierunku względem otworu.
3. Pomiar głębokości zwierciadła wody w otworze lub wydajności źródła. W przypadku studni eksploatowanej należy jeszcze podać wielkość aktualnego poboru.
4. Wykonanie pompowania oczyszczającego otworu nieeksploatowanego lub eksploatowanego okresowo czy sezonowo. Pompowanie powinno doprowadzić do usunięcia z otworu minimum 3 do 5 objętości słupa wody stagnującej w otworze. Jako warunek uruchomienia dopływu do otworu wody o ustabilizowanym składzie chemicznym, bezpośrednio z warstwy wodonośnej, uznaje się stabilizację mierzonych w czasie pompowania, w komorze przepływowej, parametrów wody: temperatury ( $\pm 0,2$  °C), elektrycznej przewodności właściwej ( $\pm 5\%$ ), odczynu pH ( $\pm 5\%$ ). W otworach z zainstalowaną pompą głębinową na stałe pompowanie oczyszczające wykonujemy za pomocą tej pompy. W otworach bez pompy, pompujemy zestawami pomp przenośnymi, np. typu GIGANT, WHALE, GRUNDFOS, a wodę z pompowania odprowadzamy na odległość gwarantującą, że nie przesączy się ona do pompowanego otworu.

5. Pomiar parametrów fizyko-chemicznych, których wartości są niestabilne i szybko zmieniają się w czasie po pobraniu próbki, w związku z tym powinny być mierzone w terenie. Są to: temperatura (TEMP), odczyn pH (PH), rozpuszczony tlen (O2D), przewodnictwo elektryczne (COND). Pomiaru dokonujemy za pomocą elektrod umieszczonych w komorze przepływowej.
6. Pobranie próbek wody, ich kondycjonowanie. Pobieramy próbkę wody surowej ze specjalnie zainstalowanego kranika na przewodzie tłocznym lub w komorze przepływowej. Na kraniku instalowany jest elastyczny przewód, który umożliwia napełnianie pojemników na próbki bez jej kontaktu z powietrzem atmosferycznym. Zwykle, w większości sytuacji związanych z pobieraniem próbek, zalecane są pojemniki polietylenowe, polipropylenowe, poliwęglanowe i szklane. Jeżeli badane substancje ulegają rozkładowi pod wpływem światła (np. pewne pestycydy), należy stosować pojemniki nieprzezroczyste. Należy minimalizować zanieczyszczenia lub zmiany składu chemicznego próbek wód podziemnych przez wybór odpowiednich materiałów na urządzenia i wyposażenie do pobierania próbek i konstrukcję odwiertu.
7. Każde laboratorium może mieć w zakresie pobierania próbek inne wymagania, do których należy się stosować. Centralne Laboratorium Chemiczne Państwowego Instytutu Geologicznego Państwowego Instytutu Badawczego (PIG-PIB) ma następujące wymagania:
  - a. Próbkę na oznaczenia kationów pobiera się od pojemnika polietylenowego o objętości 30cm<sup>3</sup>, w którym znajduje się odpowiednia ilość kwasu azotowego służącego do utrwalenia próbki; próbka przed napełnieniem pojemnika jest filtrowana przez filtr membranowy o średnicy porów 0,45 µm. Gotowe próbki są umieszczane w kontenerze transportowym i przekazane do laboratorium w terminie nie dłuższym jak 1 tydzień. W przypadku, gdy kationy oznaczane są w laboratorium stacji tego samego dnia, utrwalenie próbki nie jest konieczne.
  - b. Próbka na oznaczenie anionów nie jest filtrowana w terenie ani utrwalana. Pobiera się ją do pojemnika o objętości 60cm<sup>3</sup> „pod korek”. Próbki te są schładzane do temperatury + 5 do +10<sup>0</sup>C i umieszczane, w kontenerach transportowych, izotermicznych i dostarczane w przeciągu 24 godzin do laboratorium.
  - c. Próbki na oznaczenie innych substancji, np. organicznych są pobierane do osobnych pojemników przygotowanych przez laboratorium. Próbki te muszą być pobierane i transportowane, czasami w warunkach specjalnych. Kiedy wymagany jest duży zestaw oznaczeń, może być niezbędne pobranie kilku próbek, a każda przechowywana w odmiennym rodzaju pojemnika i z wykorzystaniem różnych technik konserwacji.
8. Do laboratorium wraz z próbkami dostarczane są wyniki pomiaru parametrów fizyko-chemicznych wykonanych w terenie oraz metryka próbki. Oznaczenia tych parametrów fizycznych wykonywane są metodami elektrochemicznymi lub kolorymetrycznymi.
9. Sporządzana jest dokumentacja z przebiegu prac i badań terenowych oraz protokół przekazania próbek do laboratorium. Ustalony jest system oznakowania i identyfikacji próbek, który zapewnia jednoznaczną metodę śledzenia losu próbek. Zastosowany jest jasny i jednoznaczny system etykietowania próbek, w celu umożliwienia skutecznego zarządzania próbkami oraz dokładnego zapisu wyników oznaczeń. Przy pobieraniu próbek należy zgłaszać i zapisywać inne istotne dane środowiskowe, które negatywnie wpływają na jakość oznaczeń (deszcz, silny wiatr, itp). W przypadku opadu atmosferycznego oraz wiatru podnoszącego kurz i pył nie można pobierać próbek.

Przy zakładaniu i obsłudze punktów pobierania próbek oraz przy analizie pobranych próbek należy uważać, żeby nie wpłynąć w sposób nieodwracalny na dostarczane dane.

Przechowywanie próbek wody podziemnej, kondycjonowanie i transport ze stanowisk poboru próbek do laboratorium są niezmiernie ważne, ponieważ wyniki analizy powinny być reprezentatywne dla warunków w momencie pobierania próbek.

*Zalecane metody analityczne zostały zamieszczone w Aneksie nr 2.*

## PARAMETRY POMIAROWE

Zakres i częstotliwość badań, w tak zwanym zakresie podstawowym i rozszerzonym, przedstawiono niżej w tabeli. Poziom zwierciadła wody lub/i wydajność źródła należą do elementów oceny stanu ilości wody (ilości wód zretencjonowanych w zlewni) i ich zmienności w czasie. Dla monitoringu stanu chemicznego proponuje się przyjąć podobny cykl oznaczeń parametrów fizykochemicznych jak dla monitoringu specjalistycznego wód podziemnych systemu Państwowego Monitoringu Środowiska (PMS). Monitoring ten, wyróżnia cykle badań: diagnostyczny i operacyjny.

Monitoring diagnostyczny służy do dokonywania ocen i weryfikacji wpływu czynników zewnętrznych (głównie antropogenicznych) na stan wód podziemnych oraz dla oceny długookresowych zmian stanu wód. Wyniki monitoringu służą do zaprojektowania monitoringu operacyjnego. Zakres tego monitoringu jest większy, obejmuje bowiem wskaźniki programu podstawowego i rozszerzonego, za to jego częstotliwość jest mniejsza i wynosi 1 raz na 3 lata.

Monitoring operacyjny musi dostarczać danych, niezbędnych dla uzyskania odpowiedniego poziomu ufności przy ustalaniu stanu wód podziemnych oraz wykrycia znaczących trendów wzrostowych zanieczyszczeń. Jego zakres i częstotliwość badań obejmuje wskaźniki i terminy przewidziane dla programu podstawowego, zawarte niżej w tabeli. Zalecane jest (lecz nie obowiązkowe), dołączenie do badań monitoringu operacyjnego tych wskaźników monitoringu diagnostycznego, które przekraczają wartości progowe przewidziane dla klasy III jakości wód podziemnych.

### *program podstawowy*

Parametr	Kod	Lista kodowa	Jednostka-dokładność (liczba miejsc dziesiętnych)	Częstotliwość pomiarów
poziom wód gruntowych lub wydajność źródła	WL SPRING_D	DB ZM	cm p.p.t. ....0 dm <sup>3</sup> /sek	1/miesiąc 1/miesiąc
temperatura wody	TEMP	DB	oC.....1	1/miesiąc lub 1/kwartał
odczyn pH	PH	DB	pH.....2	.....
przewodność elektrolityczna właściwa	COND	DB	mS/m.....1	.....
wodorowęglany (jeżeli pH > 4,5)	HCO <sub>3</sub>	ZM	mg/dm <sup>3</sup> .....1	.....
wapń Ca	CA	DB	mg/dm <sup>3</sup> .....1	.....
magnez Mg	MG	DB	mg/dm <sup>3</sup> .....1	.....
sód Na	NA	DB	mg/dm <sup>3</sup> .....1	.....

Parametr	Kod	Lista kodowa	Jednostka-dokładność (liczba miejsc dziesiętnych)	Częstotliwość pomiarów
potas K	K	DB	mg/dm <sup>3</sup> .....1	1/miesiąc lub 1/kwartał
siarka siarczanowa S-SO <sub>4</sub>	SO4S	DB	mg/dm <sup>3</sup> .....1	.....
azot azotanowy N-NO <sub>3</sub>	NO3N	DB	mg/dm <sup>3</sup> .....1	.....
azot amonowy N-NH <sub>4</sub>	NH4N	DB	mg/dm <sup>3</sup> .....1	....
fosfor ogólny P <sub>ogól.</sub>	PTOT	DB	ug/dm <sup>3</sup> .....1	.....
chlorki Cl	CL	DB	mg/dm <sup>3</sup> .....1	....
BZT5	BZT5	DB	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> .....1	....
Tlen rozpuszczony	O2	DB	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ....1	....

#### *program rozszerzony*

Parametr	Kod		Jednostka-dokładność (liczba miejsc dziesiętnych)	Częstotliwość pomiarów
rozpuszczony węgiel organiczny RWO	DOC	DB	ug/dm <sup>3</sup> .....1	1/miesiąc lub 1/kwartał
krzemionka SiO <sub>2</sub>	SIO2	DB	mg/dm <sup>3</sup> .....1	.....
glin Al	AL	DB	ug/dm <sup>3</sup> .....1	....
mangan Mn	MN	DB	ug/dm <sup>3</sup> .....1	....
żelazo Fe	FE	DB	ug/dm <sup>3</sup> .....1	....
kadm Cd	CD	DB	ug/dm <sup>3</sup> .....1	....
miedź Cu	CU	DB	ug/dm <sup>3</sup> .....1	....
ołów Pb	PB	DB	ug/dm <sup>3</sup> .....1	....
cynk Zn	ZN	DB	ug/dm <sup>3</sup> .....1	....
nikiel Ni	NI	DB	ug/dm <sup>3</sup> .....1	....
arsen As	AS	DB	ug/dm <sup>3</sup> .....1	....
chrom Cr	CR	DB	ug/dm <sup>3</sup> .....1	....

## **INTERPRETACJA WYNIKÓW BADAŃ**

Pomiędzy metodą, zakresem badań i sposobem interpretacji wyników monitoringu wód podziemnych przewidzianego dla monitoringu specjalistycznego systemu Państwowego Monitoringu Środowiska i dotychczasowym zakresem interpretacji wyników badań systemu ZMŚP istnieje duża zgodność lecz również występują pewne różnice. Dla uzyskania porównywalności ocen stanu wód podziemnych proponuje się wprowadzenie zmian w sposobie interpretacji i prezentacji wyników badań, niwelujące w znaczący sposób te różnic. .

Metodyki (Wskazówki metodyczne., 2003) i przepisy prawne (ustawa Prawo wodne i akty wykonawcze) zalecają by zakres interpretacji był wystarczający nie tylko dla oceny aktualnego stanu ilościowego, w tym poziomu zwierciadła i chemicznego wód, ale również oceny trendu ich zmian. Równoważnym elementem oceny jest też określenie wpływu warunków wodnych na ekosystemy wód powierzchniowych i lądowych bezpośrednio od nich zależnych.



## **Stan ilościowy wód podziemnych**

Położenie zwierciadła wód podziemnych określane jest w wyniku pomiarów jego głębokości i obliczeniu rzędnej. Ocena poziomu wód podziemnych obejmuje:

- charakterystykę statystyczną zmienności zwierciadła w czasie,
- określenie stopnia spełnienia pożądanych warunków hydrogeologicznych (położenia zwierciadła wód gruntowych) w obszarze występowania poszczególnych siedlisk roślinnych.

Charakterystyka statystyczna polega na określeniu stanów głównych I rzędu (stany ekstremalne oraz średni i mediana) – dla roku, oraz ewentualnie dla półroczy (zimowego i letniego) oraz kwartałów i ewentualnie miesięcy, i II rzędu, dla okresów wieloletnich, a w szczególności dla wielolecia reprezentatywnego. Określane są też odchylenia stanów głównych z rozpatrywanego okresu (kwartału, półrocza lub roku) względem miarodajnych dla nich stanów wieloletnich. Niżej przedstawiono zalecany zakres interpretacji.

- 1) Średni miesięczny stan (zwierciadła) wody podziemnej – *średnia arytmetyczna wszystkich pomiarów w danym miesiącu*:  
 $SG_M$  [m] – *średnia w miesiącu wartość głębokości do zwierciadła wody podziemnej obliczona jako suma wszystkich pomiarów głębokości do zwierciadła w okresie miesiąca, podzielona przez liczbę pomiarów.*
  - 2) Średni stan (zwierciadła) wody podziemnej z półrocza zimowego – *średnia arytmetyczna wszystkich pomiarów w półroczu zimowym, tj. z miesięcy: XI, XII, I, II, III, IV*:  
 $SG_Z$  [m] – *średnia w półroczu zimowym wartość głębokości do zwierciadła wody podziemnej obliczona jako suma wszystkich pomiarów głębokości do zwierciadła w okresie półrocza zimowego, podzielona przez liczbę pomiarów.*
  - 3) Średni stan (zwierciadła) wody podziemnej z półrocza letniego – *średnia arytmetyczna wszystkich pomiarów w półroczu letnim, tj. z miesięcy: V, VI, VII, VIII, IX, X*:  
 $SG_L$  [m] – *średnia w półroczu letnim wartość głębokości do zwierciadła wody podziemnej obliczona jako suma wszystkich pomiarów głębokości do zwierciadła w okresie półrocza letniego, podzielona przez liczbę pomiarów.*
  - 4) Średni roczny stan (zwierciadła) wody podziemnej – *średnia arytmetyczna ze wszystkich pomiarów w roku hydrologicznym (od 1.XI. roku poprzedniego do 31.X. roku bieżącego)*;  $SG_R$  [m] – *średnia w roku wartość głębokości do zwierciadła wody podziemnej obliczona jako suma wszystkich pomiarów głębokości do zwierciadła w roku, podzielona przez liczbę pomiarów.*
- Średni stan wody podziemnej dla okresu wielolecia – *średni spośród średnich rocznych stanów (zwierciadła) wody podziemnej*:  
 $SG_{W(1991-2000)}$  [m.] - *średnia arytmetyczna z wszystkich rocznych średnich arytmetycznych głębokości do zwierciadła wody podziemnej  $SG_R$  (w wieloleciu 1991-2000) obliczona jako suma średnich rocznych głębokości do zwierciadła wody podziemnej w okresie wielolecia podzielona przez liczbę wartości średnich wziętych do obliczeń (albo liczbę lat wielolecia tj. 10).*
- 5) Minimalny miesięczny stan (zwierciadła) wody podziemnej – *najmniejsza wartość wśród zmierzonych stanów zwierciadła z danego miesiąca*:  
 $NG_M$  [m] – *najwyższa w miesiącu (najwyższa liczbowo) wartość głębokości do zwierciadła wody podziemnej.*
  - 6) Minimalny stan wody podziemnej półrocza zimowego – *najmniejsza wartość wśród zmierzonych w półroczu zimowym stanów (z miesięcy: XI, X, XII, I, II, III, IV)*:  
 $NG_Z$  [m] – *najwyższa w półroczu zimowym (najwyższa liczbowo) wartość głębokości do zwierciadła wody podziemnej.*
  - 7) Minimalny stan wody podziemnej półrocza letniego – *najmniejsza wartość wśród zmierzonych w półroczu letnim stanów (z miesięcy: V, VI, VI, VIII, IX, X)*:  
 $NG_L$  [m] – *najwyższa w półroczu letnim (najwyższa liczbowo) wartość głębokości do zwierciadła wody podziemnej.*
  - 8) Minimalny roczny stan wody podziemnej – *najmniejsza wartość wśród zmierzonych w roku hydrologicznym R wszystkich stanów (od 1.XI. roku poprzedniego do 31.X. roku bieżącego)*:  
 $NG_R$  [m] – *najwyższa w roku (najwyższa liczbowo) wartość głębokości do zwierciadła wody podziemnej, gdzie  $R$  - rok np. 2001 .*
  - 9) Minimalny stan wody podziemnej dla okresu wielolecia – *najmniejsza wartość stanu wśród wszystkich najmniejszych wartości rocznych w dziesięcioleciu 1991-2000*:  
 $NG_{W(1991-2000)}$  [m] – *najwyższa wartość głębokości (największa liczbowo) do zwierciadła wody podziemnej wybrana ze wszystkich najwyższych rocznych głębokości  $NG_R$ .*

- 10) Maksymalny miesięczny stan wody podziemnej – największa wartość wśród zmierzonych stanów z danego miesiąca;  
 $WG_M$  [m] – najmniejsza w miesiącu (najmniejsza liczbowo) wartość głębokości do zwierciadła wody podziemnej.
- 11) Maksymalny stan wody podziemnej półrocza zimowego – największa wartość wśród zmierzonych w półroczu zimowym stanów (z miesięcy: XI, X, XII, I, II, III, IV);  
 $WG_z$  [m] – najmniejsza półroczu zimowym (najmniejsza liczbowo) wartość głębokości do zwierciadła wody podziemnej.
- 12) Maksymalny stan wody podziemnej półrocza letniego – największa wartość wśród zmierzonych w półroczu letnim stanów (z miesięcy: V, VI, VII, VIII, IX, X);  
 $WG_L$  [m] – najmniejsza w półroczu letnim (najmniejsza liczbowo) wartość głębokości do zwierciadła wody podziemnej.
- 13) Maksymalny roczny stan wody podziemnej – największa wartość wśród zmierzonych w roku hydrologicznym R wszystkich stanów (od 1.XI. roku poprzedniego do 31.X. roku bieżącego);  
 $WG_R$  [m] – najmniejsza w roku (najmniejsza liczbowo) wartość głębokości do zwierciadła wody podziemnej.
- 14) Maksymalny stan wody podziemnej dla okresu wielolecia – największa wartość stanu wśród wszystkich największych wartości rocznych w dziesięcioleciu 1991-2000  
 $WG_{W(1991-2000)}$  [m] – najmniejsza wartość głębokości (najmniejsza liczbowo) do zwierciadła wody podziemnej wybrana ze wszystkich najmniejszych rocznych głębokości  $WG_R$ ;
- 15) Odchylenie stanu średniego miesięcznego danego miesiąca od stanu średniego miesięcznego, tego samego miesiąca, miarodajnego dla okresu wielolecia;  
 $\Delta G_M = SG_M - (SG_{M(1991)} + SG_{M(1992)} + \dots + SG_{M(2000)}) / 10$   
 $\Delta G_M$  [m] - różnica między średnią w miesiącu  $SG_M$  wartością głębokości do zwierciadła, a średnią arytmetyczną ze średnich głębokości do zwierciadła z tego samego miesiąca z okresu wielolecia 1991-2000.
- 16) Zmiana wartości średniej rocznej zwierciadła wody podziemnej względem średniej rocznej z roku poprzedniego;  
 $ZSG_{(R,R-1)} = SG_R - SG_{R-1}$  np. R to 2002 a R-1 to 2001  
 $ZSG_{(R,R-1)}$  [m] - różnica między średnią roczną wartością głębokości do zwierciadła wody  $SG_R$  (w rozpatrywanych roku hydrologicznym), a średnią roczną wartością głębokości z roku poprzedniego.
- 17) Wskaźnik miesięcznych zmian retencji  
 $R_{G(M)} = [(G_{ppm} - G_{opm}) \mu]$  - dla warstwy wodonośnej ze zwierciadłem swobodnym  
 $R_{G(M)} = [(G_{ppm} - G_{opm}) \beta]$  - dla warstwy wodonośnej ze zwierciadłem napiętym  
 $ppm$  - ostatni pomiar głębokości do zwierciadła w miesiącu poprzednim  
 $opm$  - ostatni pomiar głębokości do zwierciadła w miesiącu bieżącym;  
 $R_{G(M)}$  [m] – wskaźnik miesięcznych zmian retencji obliczony jako różnica głębokości do zwierciadła wody na początku (ostatni pomiar głębokości do zwierciadła wody w miesiącu poprzednim) i końcu (ostatni pomiar głębokości do zwierciadła wody w rozpatrywanym miesiącu) badanego okresu.  
 $\mu, \beta$  – odpowiednio współczynnik odsączalności i współczynnik pojemności sprężystej wyznaczone na podstawie wyników pompowań parametrycznych lub określone w oparciu o wzory empiryczne. W przypadku braku takich danych należy przyjąć dla warstwy o zwierciadle swobodnym  $\mu = 0,25$ , a dla warstwy o zwierciadle napiętym  $\beta = 1 \times 10^{-6}$
- 18) Wskaźnik zagrożenia suszą gruntową – utożsamiany z niżówką wód gruntowych (gruntową) obliczany wyłącznie dla przypowierzchniowego poziomu wodonośnego o zwierciadle swobodnym (poziomu wód gruntowych)  
 $k_n = 1 - G/SNG_{W(1991-2000)}$   
 $G$  [m] - stan aktualny – określany jako głębokość do zwierciadła wody, przyjmowany umownie jako pierwszy pomiar w rozpatrywanym miesiącu. Gdy stan suszy odnoszony jest do stanów kwartalnych, półrocznych, rocznych itd. to za parametr  $G$  przyjmuje się średni poziom (tutaj głębokość) zwierciadła wody dla rozpatrywanego okresu, tj. kwartału, półrocza czy roku.  
 $SNG_w$  [m] – średni niski stan zwierciadła wody z okresu wielolecia – określany jako średni z minimalnych rocznych stanów wód podziemnych  $NG_R$  w okresie wielolecia; obliczany przez zsumowanie minimalnych rocznych stanów wód podziemnych  $NG_R$  i podzielenie ich sumy przez liczbę stanów minimalnych wziętą do obliczeń (albo liczbę lat wielolecia).  
Zasady interpretacji wskaźnika zagrożenia suszą gruntową:  
 $k_n > 0.1$  – brak zagrożenia suszą (niżówką) gruntową  
 $0.1 > k_n > - 0.1$  – zagrożenie pojawienia się niżówki  
 $- 0.1 > k_n > - 0.3$  – wystąpienie płytkiej niżówki  
 $k_n < - 0.3$  – wystąpienie głębokiej niżówki

Prezentowany wyżej zakres charakterystyki statystycznej poziomu zwierciadła wód wykonywanych w oparciu o pomiary w sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych obsługiwanej przez PIG-PIB jest publikowany w Roczniku Hydrogeologicznym i Kwartalnym Biuletynie Informacyjnym Wód Podziemnych.

Dla każdego siedliska, którego stan jest bezpośrednio zależny od wód podziemnych, należy określić zakres pożądanych stanów (lub głębokości do zwierciadła) wód, a następnie ustalić czy pomierzone zwierciadło zawiera się w tych granicach. Gdy spełnione są warunki stanu požądanego, stan ilościowy oceniamy jako dobry, w innych przypadkach jako słaby. Dla obszarów bagiennych czy podmokłych podobnie ustalamy pożądany zakres położenia zwierciadła i analogicznie określamy stan wody.

### ***Stan chemiczny wód podziemnych***

Określenie stanu chemicznego wód podziemnych może być utożsamiane z oceną jakości środowiskowej wód, ograniczonej tylko do rozpatrywania wartości ich wskaźników fizykochemicznych. W ramach tej oceny brane są pod uwagę:

- klasyfikacja monitoringowa wód podziemnych,
- ocena przydatności do zaopatrzenia w wodę do picia,
- analiza rozkładu przestrzennego wybranych wskaźników fizykochemicznych,
- określenie tła chemicznego,
- określenie trendu zmian stężeń,
- ocena stanu chemicznego wód podziemnych.

Znaczenie zasadnicze ma ocena klasy monitoringowej polegająca na porównaniu stężeń badanych wskaźników fizykochemicznych z wartościami progowymi poszczególnych pięciu klas. Klasyfikacja przeprowadzana być może dla:

- Każdej z wykonanych analiz.
- Dla punktu badawczego, gdy w okresie badań wykonywanych jest wiele analiz. W tym przypadku wyniki oznaczeń każdego wskaźnika poddawane są regularyzacji polegającej na obliczeniu średniej arytmetycznej stężeń poszczególnych parametrów fizykochemicznych. Wartość średnia każdego z parametrów jest wykorzystywana w określaniu klasy monitoringowej wody podziemnej w punkcie, miarodajnej dla okresu z którego określano średnią.
- Dla całego obszaru zlewni reprezentatywnej, w obrębie której znajduje się więcej niż jeden punkt badawczy dla którego określono skład chemiczny, klasę jakości określa się w oparciu o stężenia poszczególnych składników określonych jako średnia arytmetyczna stężeń danego wskaźnika we wszystkich punktach (tzw. wartość zagregowana).

Ocenę stanu chemicznego w punkcie pomiarowym (średnie regularyzowane) i zlewni reprezentatywnej (średnie agregowane) przeprowadza się, ustalając klasę jakości wód podziemnych przez porównanie wartości badanych elementów fizykochemicznych z wartościami granicznymi elementów określonymi w załączniku do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. (patrz tabela 1). Przy określaniu klasy jakości wód podziemnych dopuszcza się przekroczenie wartości granicznych elementów fizykochemicznych, gdy jest ono spowodowane przez naturalne procesy (nie jest to substancja zanieczyszczająca<sup>1</sup>), z

---

<sup>1</sup> Substancja zanieczyszczająca oznacza każdą substancję mogącą spowodować zanieczyszczenie, szczególnie taką

zastrzeżeniem, że to przekroczenie nie dotyczy elementów fizykochemicznych oznaczonych w załączniku do rozporządzenia symbolem "H" i mieści się w granicach przyjętych dla kolejnej niższej klasy jakości wody.

Tabela 1 Wartości graniczne wskaźników jakości wody w klasach jakości wód podziemnych (opracowano na podstawie załącznika do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23.06.2008)

Lp.	Wskaźnik jakości wody	Jednostka	Typowe tło chemiczne <sup>1)</sup>	Pochodzenie substancji	Przyczyna wprowadzenia wskaźnika	Wartości graniczne <sup>2)</sup> w klasach I-V				
						I	II	III	IV	V
<b>Grupa wskaźników ogólnych:</b>										
1	Odczyn	pH	6.5 - 8.5	N, A	E, S	6,5-9,5			<6,5 lub >9,5	
2	Ogólny węgiel organiczny	mg C/l	1 - 10	N, A	I, E	5	10 <sup>*)</sup>	10 <sup>*)</sup>	20	>20
3	Przewodność w 20 °C	µS/cm	200 - 700	N	I, E	700	2.500 <sup>*)</sup>	2.500 <sup>*)</sup>	3.000	>3.000
4	Temperatura	°C	4-20	N, A	I, E, S	<10	12	16	25	>25
5	Tlen rozpuszczony	mg O <sub>2</sub> /l	0 - 5	N	I,	>1	0.5-1	<0.5 <sup>*)</sup>	<0.5 <sup>*)</sup>	<0.5 <sup>*)</sup>
<b>Wskaźniki nieorganiczne:</b>										
6	Amoniak	mg NH <sub>4</sub> /l	0 - 1	N, A	E	0,5	1,0	1,5	3	>3
7	Arsen <sup>H)</sup>	mg As/l	0.00005-0.020	N, A	H	0,01 <sup>*)</sup>	0,01 <sup>*)</sup>	0,02	0,2	>0,2
8	Azotany <sup>H)</sup>	mg NO <sub>3</sub> /l	0 - 5	N, A	H	10	25	50	100	>100
9	Azotyny <sup>H)</sup>	mg NO <sub>2</sub> /l	0 - 0.03	N, A	H	0,03	0,15	0,5	1	>1
10	Bor <sup>H)</sup>	mg B/l	0.01 - 0.50	N, A	H	0,5	1 <sup>*)</sup>	1 <sup>*)</sup>	2	>2
11	Chlorki	mg Cl/l	2 - 60	N, A	E, S	60	150	250	500	>500
12	Chrom <sup>H)</sup>	mg Cr/l	0.0001 - 0.010	N, A	H	0,01	0,05 <sup>*)</sup>	0,05 <sup>*)</sup>	0,1	>0,1
13	Cyjanki wolne <sup>H)</sup>	mg CN/l	-	A	H	0,01	0,05 <sup>*)</sup>	0,05 <sup>*)</sup>	0,1	>0,1
14	Cynk	mg Zn/l	0.005 - 0.050	N, A	E, S	0,05	0.5	1	2	>2
15	Fluorki <sup>H)</sup>	mg F/l	0.05 - 0.5	N, A	H	0,5	1	1,5	2	>2
16	Fosforany	mg PO <sub>4</sub> /l	0.01 - 1.0	N, A	S	0,5 <sup>*)</sup>	0,5 <sup>*)</sup>	1	5	>5
17	Glin <sup>H)</sup>	mg Al/l	0.05 - 0.1	N, A	H, S	0,1	0,2 <sup>*)</sup>	0,2 <sup>*)</sup>	1	>1

jaka jest wymieniona w zał. VIII RDW. Sa to: 1) Związki chloroorganiczne i substancje, które mogą tworzyć takie związki w środowisku wodnym; 2) Związki fosforoorganiczne; 3) Związki cynoorganiczne; 4) Substancje i preparaty lub produkty ich rozkładu, o udowodnionych, właściwościach rakotwórczych lub mutagennych lub właściwościach mogących zakłócać w środowisku wodnym lub poprzez to środowisko funkcje produkcji sterydów, funkcje tarczycy, reprodukcyjne lub inne funkcje związane z hormonami; 5) Trwałe węglowodory oraz trwałe i biokumulujące się toksyczne substancje organiczne; 6) Cyjanki; 7) Metale i ich związki; 8) Arsenik i jego związki; 9) Biocydy i środki ochrony roślin; 10) Substancje w zawieszynie; 11) Substancje, które przyczyniają się do eutrofizacji (w szczególności azotany i fosforany); 12) Substancje, które wywierają niekorzystny wpływ na bilans tlenu (i można dokonać ich pomiaru przy użyciu takich wskaźników jak BZT, ChZT, itp.).

18	Kadm <sup>H)</sup>	mg Cd/l	<b>0.0001 0.0005</b> –	N, A	H, S	0,001	0,003	0,005	0,01	>0,01
19	Magnez	mg Mg/l	<b>0.5 – 30</b>	N, A	E	30	50	100	150	>150
20	Mangan	mg Mn/l	<b>0.01 – 0.4</b>	N, A	E	0,05	0,4	1 <sup>)</sup>	1 <sup>)</sup>	>1
21	Miedź	mg Cu/l	<b>0.001 – 0.020</b>	N, A	E, S	0,01	0,05	0,2	0,5	>0,5
22	Nikiel <sup>H)</sup>	mg Ni/l	<b>0.001 – 0.005</b>	N, A	H, S	0,005	0,01	0,02	0,1	>0,1
23	Ołów <sup>H)</sup>	mg Pb/l	<b>0.001 – 0.010</b>	N, A	H, S	0,01	0,025	0,1 <sup>)</sup>	0,1 <sup>)</sup>	>0,1
24	Potas	mg K/l	<b>0.5 - 10</b>	N, A	I	10 <sup>)</sup>	10 <sup>)</sup>	15	20	>20

<sup>1)</sup> Tło hydrochemiczne wg Katalogu wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania – S.Witczak, A. F. Adamczyk, 1995 (zmodyfikowane).

<sup>2)</sup> W przypadku metali podano wartości graniczne odnoszące się do ich formy rozpuszczonej.

<sup>H)</sup> Element fizykochemiczny, dla którego nie dopuszcza się przekroczenia wartości granicznej przy określaniu klasy jakości wód podziemnych w punkcie pomiarowym.

<sup>\*)</sup> Brak dostatecznych podstaw do zróżnicowania wartości granicznych w niektórych klasach jakości; przy klasyfikacji do oceny przyjmuje się klasę o najwyższej jakości spośród klas posiadających tą samą wartość graniczną.

Pochodzenie substancji:

A – antropogeniczne

N – naturalne

Przyczyna wprowadzenia wskaźnika:

E – względu na niezadowolenie konsumentów wody wywołane przez zmianę własności organoleptycznych (smak, zapach, mętność itp.),

H –składnik niekorzystny dla zdrowia człowieka (toksyczny, kancerogeny, mutageny itp.),

I – ogólny wskaźnik informujący o zmianach stanu chemicznego wód podziemnych,

P – względy polityczne – woła całkowitego wyeliminowania niektórych substancji zanieczyszczających z wód podziemnych objętych Ramową Dyrektywą Wodną. Do takich substancji objętych prawem unijnym należą pestycydy, których standard środowiskowy został ustalony na poziomie <0.1 µg/l co oznacza zejście poniżej granicy wykrywalności,

Przedstawiona w tabeli klasyfikacja uwzględnia pięć klas jakości wód podziemnych.

- 1) klasa I - wody bardzo dobrej jakości, w których:
  - a) wartości elementów fizykochemicznych są kształtowane wyłącznie w efekcie naturalnych procesów zachodzących w wodach podziemnych i mieszczą się w zakresie wartości stężeń charakterystycznych dla badanych wód podziemnych (tła hydrogeochemicznego),
  - b) wartości elementów fizykochemicznych nie wskazują na wpływ działalności człowieka;
- 2) klasa II - wody dobrej jakości, w których:
  - a) wartości niektórych elementów fizykochemicznych są podwyższone w wyniku naturalnych procesów zachodzących w wodach podziemnych,
  - b) wartości elementów fizykochemicznych nie wskazują na wpływ działalności człowieka albo jest to wpływ bardzo słaby;
- 3) klasa III - wody zadowalającej jakości, w których wartości elementów fizykochemicznych są podwyższone w wyniku naturalnych procesów zachodzących w wodach podziemnych lub słabego wpływu działalności człowieka;
- 4) klasa IV - wody niezadowalającej jakości, w których wartości elementów fizykochemicznych są podwyższone w wyniku naturalnych procesów zachodzących w wodach podziemnych oraz wyraźnego wpływu działalności człowieka;
- 5) klasa V - wody złej jakości, w których wartości elementów fizykochemicznych potwierdzają znaczący wpływ działalności człowieka.

Klasy jakości wód podziemnych I, II, III oznaczają dobry stan chemiczny, a klasy jakości wód podziemnych IV, V oznaczają słaby stan chemiczny. Wartościami progowymi elementów fizykochemicznych dla dobrego stanu chemicznego są wartości graniczne elementów fizykochemicznych określone dla III klasy jakości wód podziemnych.

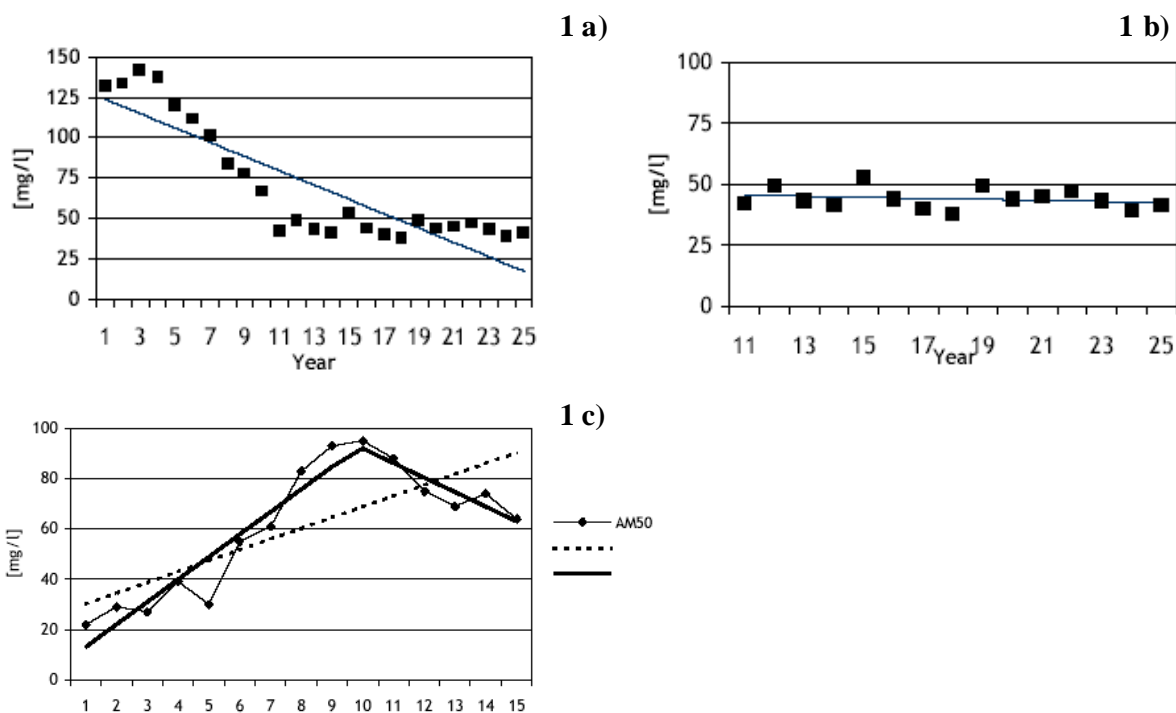
**Stan chemiczny wód podziemnych uznaje się za dobry także w przypadku, gdy w obszarze zlewni występują przekroczenia wartości progowych dla dobrego stanu chemicznego w punktach pomiarowych, ale na podstawie badań ustalono przyczynę tych przekroczeń i oceniono, że te przekroczenia są spowodowane przez zachodzące naturalne procesy lub nie stanowią ryzyka nieosiągnięcia celów środowiskowych, a w przypadku wody przeznaczonej do spożycia - nieosiągnięcia odpowiedniej jakości tej wody przez uzdatnianie.**

Jeżeli interpretacja wyników badań elementów fizykochemicznych wskazuje na występowanie wyraźnej tendencji do pogarszania się stanu chemicznego wód podziemnych, określa się tę tendencję, bazując na metodach statystycznych stosowanych do serii pomiarowych w punktach pomiarowych, oraz wyznacza się punkt początkowy do jej odwrócenia, za który uznaje się osiągnięcie przez poszczególne elementy fizykochemiczne 75 % wartości progowych określonych dla dobrego stanu chemicznego (III klasy jakości).

Analiza tendencji (trendu) przeprowadzona jest na danych poddanych regularyzacji (czasowej) i agregacji (przestrzennej), dla wód podziemnych całej zlewni (ryc. 4). Aby badanie trendu było zasadne, niezbędne jest posiadanie odpowiedniej długości ciągu obserwacyjnego. Zalecane długości okresu obserwacji, w zależności od ich częstotliwości, podano w tabeli 2.

Tabela 2. Minimalna długość szeregu czasowego badań (Wytyczne metodyczne..., 2003)

Częstość prowadzenia badań	Trend monotoniczny		Odwrócenie trendu	
	Liczba lat	Liczba pomiarów	Liczba lat	Liczba pomiarów
1 raz na rok	8	8	14	14
2 razy na rok	5	10	10	18
kwartalnie	5	15	10	30



Ryc. 4. Trendy zmian stężeń ogólnych 1 a) – nieprawidłowa interpretacja trendu w oparciu o zbyt długi okres badań, 1 b) – prawidłowa interpretacja trendu monotonicznego, 1 c) – poprawna interpretacja odwrócenia trendu.

Tło chemiczne to zakres stężeń danego pierwiastka, specjacji lub substancji chemicznej występującej w roztworze pochodzącym z naturalnych geologicznych, biologicznych lub atmosferycznych źródeł. Jest ograniczone dolną i górną granicą wartości stężeń, poza którymi występują wartości anomalne (anomalie hydrogeochemiczne). Rozróżniamy następujące rodzaje tła, w zależności od:

- Zakresu rozpatrywanych wskaźników:
  - ogólne – obejmujące ogół substancji,
  - cząstkowe – dotyczące jednego wskaźnika.
- Wielkości rozpatrywanego obszaru, obejmujące: regionalne – region lub dużą strukturę hydrogeologiczną,
- lokalne – jednostkę lub rejon hydrogeologiczny.
- Rodzaju presji:

- pierwotne (naturalne) – obszaru nie objętego antropopresją, o naturalnej zmienności hydrogeochemicznej,
- współczesne (antropogenne) – obszaru objętego antropopresją.

Najczęściej stosowane metody określania tła, to metoda arytmetyczna lub statystyki opisowej. Metoda arytmetyczna polega na określeniu wartości średniej lub mediany, a następnie dodaniu do niej i odjęciu dwóch (czasami trzech) wartości odchyłki standardowej, obliczonych z całej populacji wartości stężeń w badanym obszarze, tak jak to przedstawiono niżej. Wartości dolna tła odpowiada np.: wartość średnia ( $\bar{x}$ ) - 2 odchylenia standardowe, górna: ( $\bar{x}$ ) + 2 odchylenia standardowe.

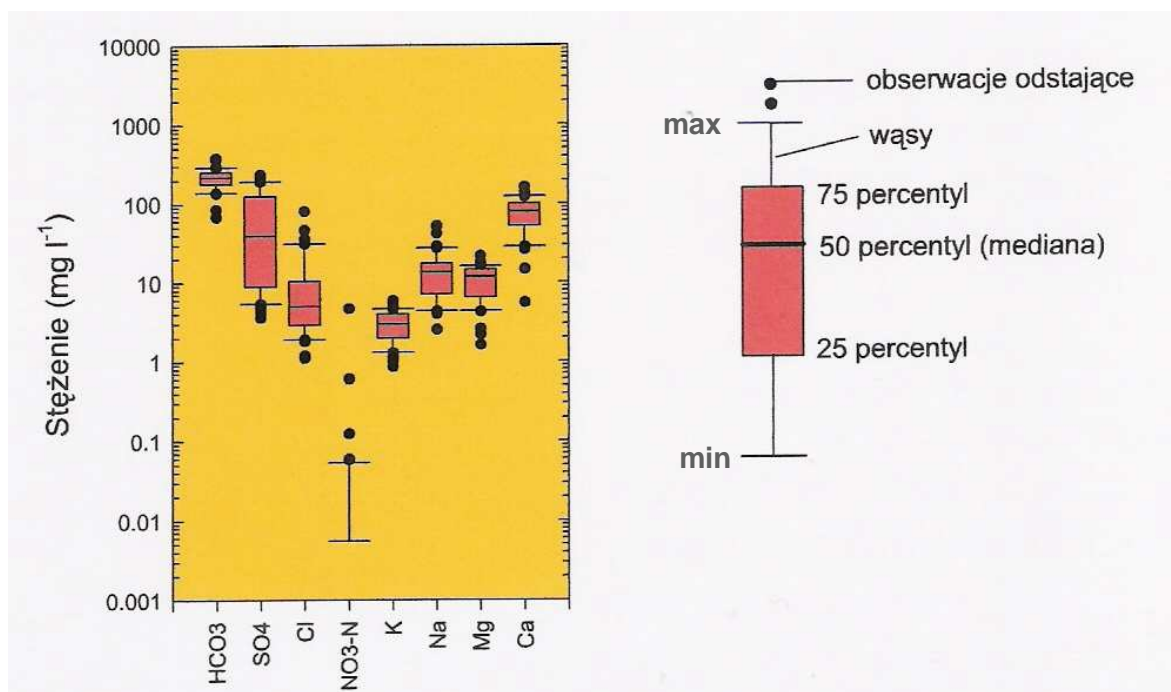
Metoda arytmetyczna oznaczania tła chemicznego:

$(\bar{x}) \pm 2$  odchylenia standardowe;  $(\bar{x}) \pm 3$  odchylenia standardowe;

$(M) \pm 2$  odchylenia standardowe;  $(M) \pm 2$  odchylenia standardowe;

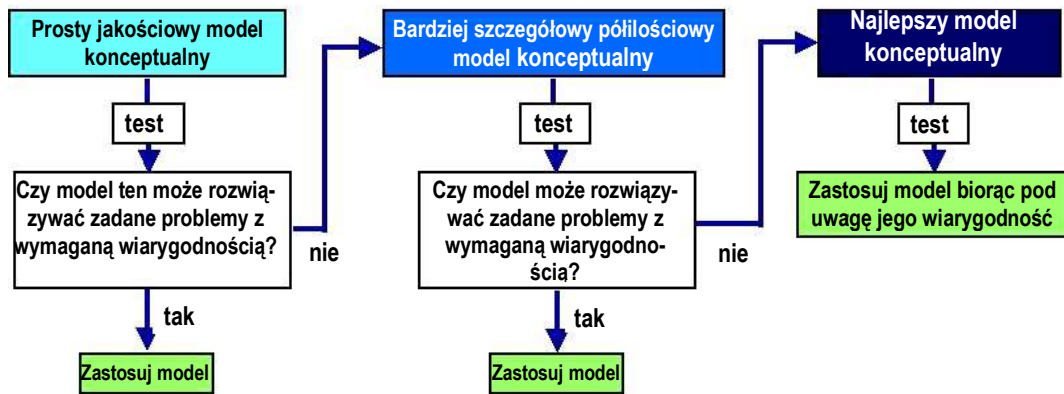
gdzie  $\bar{x}$  – średnia arytmetyczna,  $(M)$  - mediana

Metoda statystyki opisowej polega na sporządzeniu wykresu skrzynkowego z wąsem (Ryc. 5.), gdzie zakres górny tła odpowiada 75. percentylowi, a dolny 25 percentylowi.



Ryc. 5. Wykresy skrzynkowe obrazujące zakres tła chemicznego cząstkowe – dla wybranych wskaźników i ogólny (Szczepańska & Kmiecik, 1998).

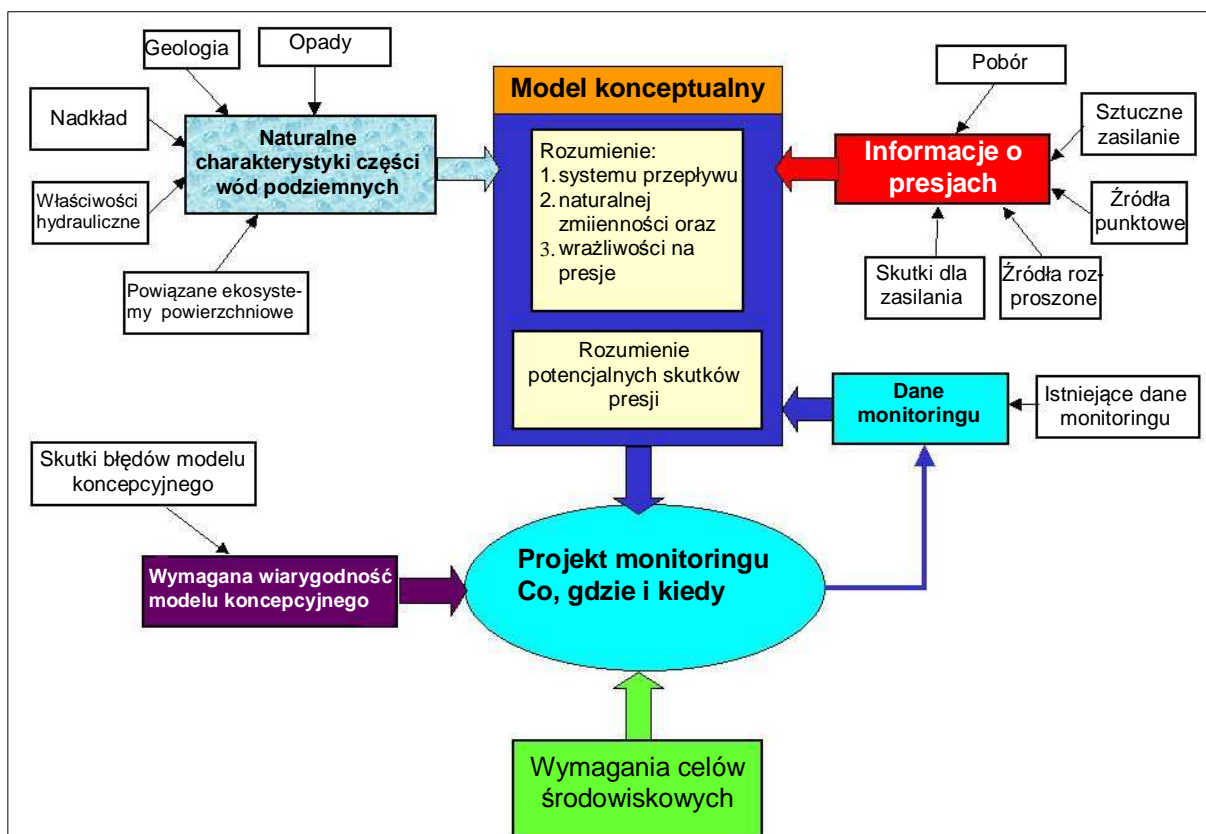




Ryc. 6. Uproszczony schemat tworzenia i poprawiania modelu konceptualnego.

Wszelkie interpretacje i oceny sytuacji hydrogeologicznej powinny być przeprowadzane z użyciem modeli konceptualnych rozpatrywanego systemu hydrogeologicznego. **Model konceptualny systemu hydrogeologicznego – jest koncepcją obrazującą wzajemne powiązania występujące w obrębie systemu wód podziemnych oraz jego otoczenia. Model konceptualny przedstawia graficznie, lub w inny sposób, np. opisowo, jak zadaniem eksperta zachowuje się system.** Po opracowaniu model jest stale udoskonalany w miarę poszerzania wiedzy o systemie, jego wrażliwości i reakcjach na wywierane na ten system presje.

W miarę dopływu danych z rozpoznania, modele są uszczegóławiane poprzez rozbudowę opisu, następnie tworzenie schematów, fludiagramów itp. Gdy zakres rozpoznania umożliwi przedstawienie opisu matematycznego zjawisk, model konceptualny przekształcany jest w model matematyczny systemu wodonośnego. Na ryc. 6. przedstawiono uproszczony schemat tworzenia modelu, a na F6. 7. schemat tworzenia i modyfikacji monitoringu z użyciem modelu, a następnie wykorzystania go dla interpretacji wyników badań.



Ryc. 7. Schemat tworzenia programu monitoringu z zastosowaniem modelu konceptualnego systemu wód podziemnych.

Model musi odwzorować obecny stan wiedzy na temat systemu krążenia wód podziemnych, parametrów systemu, wywieranych na niego presjach. Monitoring, po jego uruchomieniu, powinien dostarczać danych niezbędnych do testowania modelu i jego ewentualnej poprawy, potrzebnej dla uzyskania odpowiedniego poziomu ufności w interpretowaniu wyników monitoringu (Wytyczne..., 2003).

## ZAPIS DANYCH W RAPORCIE ROCZNYM

Wyniki badań monitoringowych ZMŚP przedstawiane są w raportach, sporządzanych po każdym cyklu badań, np. okresie rocznym, oraz w sprawozdaniach rocznych lub wieloletnich. Raporty sporządzane są po każdym cyklu badań i są krótkim opisem ich zakresu, sposobu przeprowadzenia i zgodności z przyjętym programem ich przeprowadzenia. Znaczna część raportu to zestawienia tabelaryczne dotyczące warunków prowadzenia prac i wyników pomiarów i oznaczeń.

Sprawozdania roczne powinny mieć stały układ treści oraz zestawień tabelarycznych i graficznych, ponieważ pozwala to na łatwe porównywanie raportów sporządzanych w różnych latach i na różnych stacjach bazowych. Ewentualne zmiany powinny być wprowadzane w sposób przemyślany, nie burzący dotychczasowej „logiki” sprawozdań. Ważne jest, by każde ze sprawozdań zawierał podstawowe informacje o:

- budowie geologicznej, warunkach hydrogeologicznych przedstawiających opis występowania i rozprzestrzenienia warstw wodonośnych ze szczególnym uwzględnieniem warstwy wód gruntowych,
- położeniu badanej struktury wodonośnej względem struktur regionalnych,
- systemie pomiarowym, rodzaju i miejscu lokalizacji punktów badawczych i ich przeznaczeniu,
- zakresie i metodyce badań.

Pozwala to czytelnikowi lepiej zrozumieć opis wyników i wnioski wynikające z ich interpretacji. Należy również zestawić, choćby w uproszczonej formie, wyniki badań oraz ich statystyczną charakterystykę. Opis, oprócz charakterystyki wyników z bieżącego roku powinien być rozszerzony o charakterystykę względem roku poprzedniego oraz stanów charakterystycznych dla okresu wielolecia.

Monitoring stopnia szczypania zasobów (ilości dostępnych zasobów i poboru wód) należy do zakresu nadobowiązkowego, powinien być prowadzony tylko w tych zlewniach badawczych ZMŚP, w obrębie których odbywa się istotny pobór wód podziemnych. Zakres i metodyka oceny powinny być zgodne z wykonywaną dla monitoringu specjalistycznego MŚP. Zapewnienie zgodności ocen jest podstawą współpracy tych monitoringów i jednocześnie daje możliwość oceny reprezentatywności stacji dla regionu, w którym się ona znajduje.

### ***Opracowanie wyników badań poziomu wód podziemnych***

Ocena poziomu wód podziemnych dotyczy charakterystyki jej zmienności w czasie i ewentualnie w przestrzeni oraz zaspakajania w wodę potrzeb ekosystemów wód

powierzchniowych i lądowych. Wyniki oceny zmienności w czasie poziomu wody dla punktu badawczego w zakresie i metodyką przedstawioną wyżej i zestawiamy w tabelach (Tab. 3. i 4.). Podobne zestawienia można wykonać dla przedstawienia zmienności wydajności źródeł. Ważne jest by ocena wyników badań z rozpatrywanego roku odnosiła się również do danych z wielolecia (tab. 5.), zmian ilości wody zretencjonowanej w zlewni (tab. 6.) i zagrożenia wystąpienia suszy (tab. 7.)

**Wielolecie reprezentatywne – określa się jako kolejne 6 lat z opadami poniżej średniej wieloletniej dla danego obszaru – lata suche, oraz kolejne 6 lat z opadami powyżej średniej wieloletniej – to lata mokre. Pomiedzy okresem lat suchych i mokrych może być przerwa. Dla określenia wielolecia reprezentatywnego zwykle potrzeba okresu obserwacji opadów ponad 30 lat. W przypadku braku możliwości określenia wielolecia reprezentatywnego dla jakiejś stacji bazowej należy tymczasowo przyjąć okres lat 1991 – 2000. W celu umożliwienia porównywania wyników programu wody podziemne z pozostałymi programami pomiarowymi należy obliczyć wartości dla wielolecia, obejmującego dostępne, pełne lata pomiarowe wraz z rokiem raportowania.**

Ocena zaspakajania potrzeb wodnych bytujących w zlewni ekosystemów lądowych i wód powierzchniowych, bezpośrednio zależnych od wód podziemnych powinna być obowiązkowym elementem analizy stanu tych ekosystemów. W wyniku tej oceny należy stwierdzić, czy poziom zalegania wód jest odpowiedni dla występujących tu ekosystemów. Jeśli jest nieodpowiedni należy znaleźć tego przyczynę i ewentualnie określić zakres i prędkość ewentualnych zmian sukcesyjnych.

Tabela 3. Charakterystyka statystyczna poziomu zwierciadła wody w punktach badawczych – stany miesięczne i kwartalne (dane przykładowe).

Lp.	Nr punktu	Stany minimalne				Stany średnie				Stany maksymalne			
		NG <sub>M</sub>				SG <sub>M</sub>				WG <sub>M</sub>			
		II	II	IV	Kw. II	II	II	IV	Kw. II	II	II	IV	Kw. II
1	P 1	6,95	7,12	6,85	7,12	6,93	6,86	6,74	6,84	6,89	6,50	6,58	6,50
2	P 2	6,68	6,64	6,56	6,68	6,67	6,49	6,45	6,54	6,66	6,34	6,36	6,34
3	P 4	4,62	4,57	4,61	4,62	4,60	4,53	4,59	4,57	4,58	4,50	4,56	4,50
4	P 8	2,55	2,57	2,21	2,57	2,55	2,38	2,19	2,37	2,54	2,18	2,17	2,17
5	P 9	3,59	3,59	3,58	3,59	3,57	3,56	3,56	3,56	3,56	3,51	3,54	3,51

Tabela 4. Średnie stany wód podziemnych (dane przykładowe).

Lp.	Nr punktu	Średnie stany																		
		Miesięczne SG <sub>M</sub>												Kwartalne SG <sub>K</sub>				SG <sub>Z</sub>	SG <sub>L</sub>	SG <sub>R</sub>
		XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV			
1	P 1	6,11	6,15	6,11	6,01	6,04	5,98	6,07	6,11	6,23	6,33	6,32	6,34	6,13	6,01	6,13	6,33	6,07	6,23	6,15
2	P 2	5,68	5,67	5,66	5,57	5,60	5,54	5,61	5,72	5,77	5,87	5,87	5,89	5,67	5,57	5,69	5,88	5,62	5,79	5,70
3	P 4	1,33	1,19	0,87	0,56	0,69	0,75	0,95	1,22	1,38	1,43	1,47	1,33	1,13	0,67	1,17	1,41	0,90	1,29	1,10
4	P 8	6,82	6,89	6,62	6,43	6,13	6,17	6,38	6,72	6,94	7,07	7,16	7,18	6,79	6,23	6,66	7,13	6,51	6,89	6,70
5	P 9	7,25	7,24	7,19	7,07	6,85	6,90	6,49	6,60	6,68	6,73	6,77	6,78	7,22	6,93	6,58	6,76	7,08	6,67	6,87

Tabela 5. Odchylenie stanu średniego miesięcznego od stanu średniego miesięcznego miarodajnego dla okresu wielolecia (1991 – 2000) (zwierciadło swobodne, napięte i źródła osobno).

Lp	Nr punktu	Stany miesięczne												Stany kwartalne				Stany półroczna		Stany roku
		XI	XI	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV	Z	L	

Tabela 6. Wskaźnik miesięcznych zmian retencji dla okresu roku hydrologicznego (zwierciadło swobodne, napięte i źródła osobno).

Lp	Nr punktu	Stany miesięczne												Stany kwartalne				Stany półroczna		Stany roku
		XI	XI	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV	Z	L	

Tabela 7. Wskaźnik zagrożenia suszą gruntową dla okresu roku hydrologicznego (tylko zwierciadło swobodne).

Lp	Nr punktu	Stany miesięczne												Stany kwartalne				Stany półroczna		Stany roku
		XI	XI	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV	Z	L	

Uwaga. Okres wielolecia 1991-2000 przyjęto jako okres reprezentatywny.

Badanie trendu zmian retencji, jej długookresowych cykli, da postawy dla prognozowania rozwoju sytuacji hydrogeologicznej. Wskazane jest również poszukiwanie zależności pomiędzy poziomem zwierciadła wody, a wysokością opadu, poziomem wody w rzekach itd.

W ocenie wyników monitoringu wód podziemnych stacji bazowych należy wykorzystać informacje o stanie wód regionalnych struktur wodonośnych, w obrębie których znajduje się zlewnia badawcza.

### ***Opracowanie wyników badań składu chemicznego***

**W każdym raporcie powinna znaleźć się następująca informacja:**

**Liczba próbek wody poddanych kontroli bilansu jonowego i wynik tej kontroli: ile próbek nie spełniło kryteriów bilansu jonowego.**

Badania jakości środowiskowej wód, tła chemicznego i obszarów anomalii jest podstawą oceny wpływu antropopresji. Określenie trendu zmian stężeń, szczególnie substancji zanieczyszczających, informuje o skuteczności podejmowanych ewentualnie środków zaradczych, zarówno w skali regionalnej jak i lokalnej. Wyniki interpretacji chemizmu wód zestawiamy w tabelach. Przykład takich zestawień przedstawiono w tabelach 9.

Oprócz tego w tabelach należy przedstawić:

- 1) typ chemiczny wody (dla każdego punktu – wartości regularyzowane, dla zlewni – wartości agregowane),
- 2) zakres tła chemicznego ogólnego oraz dla wybranych wskaźników,
- 3) klasę monitoringową wody podziemnej,
- 4) określenia przydatności wody podziemnej do zaopatrzenia w wodę pitną, np. przez wskazanie elementów które przekroczyły wartość normatywną (nie jest obowiązkowe),
- 5) wykres stężeń biogenów (Pogól, N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub>) dla dostępnych lat obserwacji,

Tabela 8 Metody oznaczeń chemizmu wód podziemnych (dane przykładowe).

<b>Składnik</b>	<b>Metoda oznaczania</b>
<b>HCO<sub>3</sub></b>	miareczkowanie potencjometryczne
<b>SO<sub>4</sub></b>	chromatografia jonowa
<b>NO<sub>3</sub></b>	chromatografia jonowa
<b>Cl</b>	chromatografia jonowa
<b>NH<sub>4</sub></b>	spektrofotometria
<b>Na</b>	ICP-AES
<b>K</b>	
<b>Mg</b>	
<b>Ca</b>	
<b>.....</b>	
<b>pH</b>	
<b>przewodność elektrolityczna.</b>	

Należy dla wszystkich parametrów podać zastosowaną analitykę laboratoryjną

Tabela 9 Ogólna charakterystyka składu chemicznego i ocena jakości wód podziemnych w roku hydrologicznym.....

punkt pomiarowy	S-SO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	Cl	Na	K	Mg	Ca	Pogól.
	mg/dm <sup>3</sup>						mg/dm <sup>3</sup>						
P1													
P2													
.....													

punkt pomiarowy	pH	przewodność	ogólna mineralizacja	O <sub>2</sub>	BZT5	typ hydrogeochemiczny	klasa monitoringowa
	[ - ]	mS/m	mg/dm <sup>3</sup>				
P1							
P2							
.....							

W przypadku realizowania zakresu rozszerzonego należy sporządzić analogiczną tabelę.

**Jednocześnie należy sporządzić analogiczną tabelę dla okresu wielolecia; wielolecie obejmuje okres dostępnych pełnych lat obserwacyjnych z uwzględnieniem roku raportowania**

## ZAPIS DANYCH W BAZIE DANYCH ZMŚP

*podprogram: F2 – wody podziemne* (wybrane parametry)

podpro-gram	obszar	instytucja	stanowisko	kod medium	lista medium	poziom	data	skala	parametr	lista parametru	wartość	wsk. jakości danych	wsk. typu danych	kod metody wstępnego przyg. próby	lista metod wstępnego przyg. próby	kod metody analitycznej	lista metod analitycznych	jednostka
1-2	3-6	7-8	9-11	12-19	20-21	22-25	26-35	36-38	39-48	49-50	51-57	58-58	59-59	60-65	66-67	68-70	71-72	73-102
tekst	tekst	tekst	tekst	tekst	tekst	liczba	tekst	liczba	tekst	tekst	liczba	tekst	tekst	tekst	tekst	tekst	tekst	tekst
F2	10ZM	IG	007	SPRING	IM		2004-05-10	1	TEMP	DB	11.3							oC
F2	10ZM	IG	007	SPRING	IM		2004-05-10	1	PH	DB	7.37					ELF	DB	[ - ]
F2	07ZM	SK	301	TUBE	IM		2004-05-10	1	WL	DB	862							cm
F2	10ZM	IG	007	SPRING	IM		2004-09-11	1	HCO3	ZM	250,5					TIG	DB	mg/dm3
F2	10ZM	IG	007	SPRING	IM		2004-04-11	1	CA	DB	104.8			F1	DB	AAG	DB	mg/dm3
F2	10ZM	IG	007	SPRING	IM		2004-05-10	1	MG	DB	17.3			F1	DB	AA	DB	mg/dm3
F2	10ZM	IG	007	SPRING	IM		2004-10-15	1	SO4S	DB	24.97					IC	DB	mg/dm3

**W danych przekazywanych do bazy danych podajemy formę pierwiastkową SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>. Formuły do przeliczeń zamieszczone są w Aneksie nr 1.**

**W przekazywanych danych pomiarowych do bazy danych musi być przestrzegana frekwencja zgodnie z zakresem pomiarowym.**

- podprogram (kolumny 1-2) zawiera kod podprogramu,
- obszar (kolumny 3-6) – kod Stacji Bazowej,
- instytucja (kolumny 7-8) kod instytucji wykonującej pomiar,
- stanowisko (kolumny 9-11) kod stanowiska,
- kod medium (kolumny 12-19) kod medium (źródło – SPRING, piezometr, studnia TUBE),
- lista kodowa medium (kolumny 20-21) kod listy (IM),
- poziom (kolumny 22-25) głębokość w cm pobrania próbki poniżej zwierciadła wód podziemnych,
- data (kolumny 26-35) – **w przypadku pomiarów wykonywanych z frekwencją zgodną z zakresem pomiarowym (raz na miesiąc, kwartał), należy podać datę dzienną pomiaru (poboru próbki) w formacie: RRRR-MM-DD. Jeżeli pomiary wykonywane są częściej niż raz w miesiącu a dane do bazy danych podawane są jako średnie miesięczne, datę należy podać w formacie: RRRR-MM-00. Jeżeli w danym miesiącu (kwartale) nie wykonano pomiaru należy podać datę w formacie: RRRR-MM-00,**
- skala (kolumny 36-38) liczba pobranych próbek (wykonanych pomiarów),
- parametr (kolumny 39-48),
- lista kodowa parametru (kolumny 49-50) kod listy, która zawiera dany parametr (DB, ZM, IM),



- wartość parametru (kolumny 51-57),
- wskaźnik jakości danych (kolumna 58) – patrz Aneks 11,
- wskaźnik typu danych (kolumna 59) – patrz Aneks 10. **W przypadku gdy parametr jest mierzony z frekwencją zgodną z zakresem pomiarowym pole pozostaje puste !**,
- kod metody wstępnego przygotowania próby (kolumny 60-65) - Aneks 4,
- lista kodowa metod wstępnego przygotowania próby (kolumny 66-67) (DB, ZM),
- kod metody analitycznej (kolumny 68-70) - Aneks 3,
- lista kodowa metod analitycznych (kolumny 71-72) (DB, ZM),
- jednostka (kolumny 73-102).

## LITERATURA

**Manual**, 1993: Manual for Integrated Monitoring, Programme Phase 1993-96. Environment Data Centre, National Board of Waters and the Environment, Helsinki.

**Manual** 1998: Manual for Integrated Monitoring. International Co-operative Programme on Integrated Monitoring of Air pollution Effects on Ecosystems

**Szczepańska J., Kmieciak E.**, 1998: Statystyczna kontrola jakości danych w monitoringu wód podziemnych. Wyd. AGH. Kraków.

**Wytyczne...**, 2003: Wytyczne metodyczne do monitoringu zgodnego z Ramową Dyrektywą Wodną. Wersja ostateczna 23 stycznia 2003 r. (tłumaczenie z angielskiego dla potrzeb Ministerstwa Środowiska, materiał niepublikowany).