



Państwowy Instytut Geologiczny  
Państwowy Instytut Badawczy

państwowa służba geologiczna  
państwowa służba hydrogeologiczna



**AKTUALIZACJA METODYKI OCENY STANU JCWPD  
WRAZ Z OPRACOWANIEM METODYKI ANALIZY ODWRACANIA  
TRENDÓW ZANIECZYSZCZEŃ**

**ETAP III**

***Zadanie nr 12***

Wykonano w ramach realizacji umowy nr 25/2018/F z dnia 12.07.2018 r.,  
pt. *Monitoring stanu chemicznego oraz ocena stanu  
jednolitych części wód podziemnych w dorzeczach w latach 2018–2021*,  
na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska:

Kierownik zadania

*Dorota Palak-Mazur*

.....

mgr Dorota Palak–Mazur  
nr up. V-1618

Kierownik tematu

*Rojek*

.....

mgr Anna Rojek  
nr up. V-1621



Sfinansowano ze środków  
Narodowego Funduszu  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

Warszawa, wrzesień 2020



**ZAMAWIAJĄCY:**



GŁÓWNY INSPEKTORAT OCHRONY ŚRODOWISKA,  
00-922 Warszawa, ul. Wawelska 52/54

**WYKONAWCA:**



PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY,  
00-975 Warszawa, ul. Rakowiecka 4

Państwowa Służba Hydrogeologiczna  
PROGRAM HYDROGEOLOGIA I ŚRODOWISKO

**ZESPÓŁ AUTORSKI:**

mgr Dorota Palak-Mazur

mgr Małgorzata Stojek

mgr Agnieszka Kowalczyk

mgr Anna Mikołajczyk

mgr Agnieszka Felter

mgr Karolina Piskorek

mgr Monika Połujan-Kowalczyk

mgr Elżbieta Przytuła

dr hab. Tatiana Solovey, prof. nadzw. PIG-PIB

mgr Rafał Janica

mgr Michał Galczak

mgr Tomasz Gidziński

mgr Jolanta Cabalska

mgr Anna Rojek

dr inż. Anna Kuczyńska

dr Lidia Razowska-Jaworek

dr Małgorzata Woźnicka



### Skróty i wyrażenia wykorzystane w opracowaniu:

DWP	Dyrektywa Wód Podziemnych, dyrektywa 2006/118/WE
GWQS	norma jakości wód podziemnych, zgodnie z załącznikiem I Dyrektywy Wód Podziemnych
TV	wartość progowa dobrego stanu chemicznego
LOQ	granica oznaczalności
MWP	baza danych Monitoring Wód Podziemnych
NBL	zakresy tła hydrogeochemicznego
PIG-PIB	Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
PSH	państwowa służba hydrogeologiczna
RBD	dorzecze, z ang. river basin district
REF	norma referencyjna – wartości stężeń dla wskaźników chemicznych określone przepisami odrębnymi od przepisów dotyczących jakości wód podziemnych; może to być norma jakości dla wód pitnych lub wartości graniczne wskaźników jakości wód powierzchniowych
RDW	Ramowa Dyrektywa Wodna, dyrektywa 2000/60/WE
SOBWP	sieć obserwacyjno-badawcza wód podziemnych
UE	Unia Europejska
GIOŚ	Główny Inspektorat Ochrony Środowiska
GIS	system informacji przestrzennej
GWB-TV	wartość progowa stanu dobrego, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11 października 2019 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2019 poz. 2148)
CV <sub>ELZPd-M<sub>n</sub></sub>	wartość kryterialna dobrego stanu chemicznego wód podziemnych w teście C.3 – Ochrona ekosystemów lądowych zależnych od wód podziemnych (gdzie: M – wskaźnik zanieczyszczeń, n – typ siedliska)
CV <sub>RMZ</sub>	wartość kryterialna dobrego stanu chemicznego wód podziemnych w teście C.5 – Ochrona wód podziemnych przeznaczonych do spożycia przez ludzi, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 2017 poz. 2294).
IMGW	Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy
IOŚ	Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy
JCWP	jednolite części wód powierzchniowych
JCWPd	jednolite części wód podziemnych

KZGW	Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej
MhP	Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:50 000; baza danych MhP
MhP PPW	Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:50 000. Pierwszy Poziom Wodonośny
MIDAS	System Gospodarki i Ochrony Bogactw Mineralnych MIDAS
MPHP	Cyfrowa Mapa Podziału Hydrograficznego Polski
MŚ	Minister Środowiska
MWP	baza danych Monitoring Wód Podziemnych
NFOŚiGW	Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
PIG-PIB	Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
PMŚ	Państwowy Monitoring Środowiska
POB_rej	rzeczywisty pobór rejestrowany wód podziemnych
POBORY	baza danych POBORY
PSH	Państwowa Służba Hydrogeologiczna
RDW	Ramowa Dyrektywa Wodna, dyrektywa 2000/60/WE
SCWP	scalone części wód powierzchniowych
SCWPd	subczęść jednolitej części wód podziemnych
SDNW	stan dobry o niskiej wiarygodności
SDDW	stan dobry o dostatecznej wiarygodności
SDWW	stan dobry o wysokiej wiarygodności
SSNW	stan słaby o niskiej wiarygodności
SSDW	stan słaby o dostatecznej wiarygodności
SSWW	stan słaby o wysokiej wiarygodności
SJCWP	scalone, jednolite części wód powierzchniowych
UM	urząd marszałkowski
US	urząd statystyczny
ZD	zasoby dyspozycyjne wód podziemnych (ustalone w jednostkach bilansowych w ramach dokumentacji hydrogeologicznej)
ZDG	zasoby zwykłych wód podziemnych dostępne dla zagospodarowania w JCWPd
ZP	zasoby perspektywiczne wód podziemnych (oszacowane na podstawie metod hydrologicznych)

## SPIS TREŚCI

1. Wstęp.....	13
2. Podstawy prawne i metodyczne opracowania.....	15
2.1. Prawne definicje stanu wód podziemnych.....	15
2.1.1. Dyrektywy Unii Europejskiej.....	15
2.1.2. Prawo krajowe.....	16
2.1.3. Komentarz.....	18
2.2. Wartości progowe.....	18
2.3. Wytyczne z poradników Komisji Europejskiej.....	21
3. Ocena stanu wód podziemnych.....	23
3.1. Ocena stanu chemicznego.....	28
3.1.1. Analiza tendencji zmian stężeń wskaźników fizyczno-chemicznych.....	28
3.1.2. Test C.1 – Ogólna ocena stanu chemicznego.....	43
3.1.3. Test C.2/I.2 – Ocena wpływu ingresji i ascenzji wód słonych lub innych na stan wód podziemnych.....	50
3.1.4. Test C.3 – Ochrona ekosystemów lądowych zależnych od wód podziemnych.....	56
3.1.5. Test C.4 – Ochrona wód powierzchniowych.....	64
3.1.6. Test C.5 – Ochrona wód podziemnych przeznaczonych do spożycia przez ludzi.....	73
3.2. Ocena stanu ilościowego.....	79
3.2.1. Analiza położenia zwierciadła wody.....	79
3.2.2. Test I.1 – Bilans wodny.....	87
3.2.3. Test I.3 – Ochrona ekosystemów lądowych zależnych od wód podziemnych.....	104
3.2.4. Test I.4 – Ochrona wód powierzchniowych.....	112
4. Podsumowanie i wnioski.....	119
5. Literatura.....	122





## Spis Tabel

Tabela 1.	Zestawienie wskaźników fizyczno-chemicznych z największą liczbą przekroczeń wartości progowej, na podstawie danych z monitoringu diagnostycznego w roku 2016 (Kuczyńska i in., 2019).....	20
Tabela 2.	Kryteria i zastosowanie poszczególnych rodzajów trendów w ocenie stanu JCWPd .....	33
Tabela 3.	Test C.1 – Kryteria oceny stanu i jej wiarygodności JCWPd .....	49
Tabela 4.	Wartości kryterialne wskaźników jakości wody podziemnej indykatorywnych dla oceny ingresji lub ascenzji wód słonych .....	51
Tabela 5.	Kryteria wiarygodności wyników testu C.2/I.2 – ocena wpływu ingresji i ascenzji wód słonych lub innych na stan wód podziemnych .....	55
Tabela 6.	Proponowane ekologiczne wartości kryterialne stężeń wskaźników biogennych CV <sub>ELZPd</sub> w wodzie podziemnej.....	62
Tabela 7.	Kryteria wiarygodności oceny stosowane w teście C.3.....	63
Tabela 8.	Kryteria wiarygodności oceny stosowane w teście C.4.....	72
Tabela 9.	Kryteria wiarygodności oceny stosowane w teście C.5.....	77
Tabela 10.	Szacowanie wiarygodności oceny punktowej – stwierdzenie czy reżim wód w danym punkcie jest pod wpływem istotnej, istotnie niekorzystnej antropopresji.....	85
Tabela 11.	Kryteria wiarygodności oceny stosowane w teście I.3.....	111
Tabela 12.	Kryteria wiarygodności oceny stosowane w teście I.4.....	117



## Spis Rysunków

Rysunek 1.	Schemat procedury oceny stanu jednolitych części wód podziemnych .....	26
Rysunek 2.	Przykładowy wykres przedstawiający przebieg zmian stężeń wybranego wskaźnika .....	34
Rysunek 3.	Przykładowy wykres przedstawiający analizę przebiegu zmian stężeń znaczących rosnących wybranego wskaźnika .....	34
Rysunek 4.	Schemat – Analiza tendencji zmian stężeń zanieczyszczeń wskaźników fizyczno-chemicznych w obszarze JCWPd.....	36
Rysunek 5.	Przykładowy wykres przedstawiający odwrócenie tendencji zmian stężeń wybranego wskaźnika. Objasnienia: .....	39
Rysunek 6.	Schemat przeprowadzenia analizy odwrócenia tendencji wartości wskaźników fizyczno-chemicznych.....	40
Rysunek 7.	Schemat testu C.1. – Ogólna ocena stanu chemicznego JCWPd.....	44
Rysunek 8.	Schemat oceny wpływu ingresji i ascencji wód słonych lub innych na stan wód podziemnych	53
Rysunek 9.	Schemat testu C.3 – Ochrona ekosystemów lądowych zależnych od wód podziemnych .....	59
Rysunek 10.	Schemat testu C.4 – Ochrona wód powierzchniowych.....	67
Rysunek 11.	Wpływ udziału dopływu wód podziemnych – zanieczyszczonych płytkich i niezanieczyszczonych wgłębnych do rzeki na rejestrowaną wielkość stężeń i wielkość odpływu zanieczyszczeń ze zlewni podczas różnych stanów wody w rzece (wg Eurogeosurveys position paper) .....	70
Rysunek 12.	Schemat testu C.5 – Ochrona wód podziemnych przeznaczonych do spożycia przez ludzi, etap I – ocena stanu chemicznego w punktach monitoringowych .....	75
Rysunek 13.	Wykres zmian położenia głębokości zwierciadła wody podziemnej w czasie z naniesionymi czerwonym kolorem granicami stref stanów wahań wód na przykładzie jednego z punktów monitoringowych sieci obserwacyjno-badawczej PIG-PIB; strefa stanów niskich – kolor tła pomarańczowym; objaśnienia symboli w tekście .....	83
Rysunek 14.	Schemat wykonania analizy; cyfry w pomarańczowych kółkach odpowiadają numerom kroków według opisu w tekście. ....	86
Rysunek 15.	Mapa stanu udokumentowania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w Polsce (stan na dzień 31.12.2019 r.).....	92
Rysunek 16.	Schemat testu I.1 – Bilans wodny .....	94
Rysunek 17.	Schemat testu I.3 – Ochrona ekosystemów lądowych zależnych od wód podziemnych .....	107
Rysunek 18.	Schemat testu I.4 – Ochrona wód powierzchniowych.....	115



## 1. WSTĘP

Zgodnie z wytycznymi Ramowej Dyrektywy Wodnej i Dyrektywy Wód Podziemnych (2006/118/WE) kluczowym elementem polityki wodnej w kraju, jest systemowa analiza i ocena stanu wód podziemnych, mająca na celu ochronę i sukcesywną poprawę stanu zasobów wodnych kraju i Europy. Postawione w Ramowej Dyrektywie Wodnej (2000/60/WE) postulaty integracji wszelkich zasobów wodnych, łączących w skali dorzeczy wody powierzchniowe z podziemnymi, terenami podmokłymi oraz wodami przybrzeżnymi, wymogły zintegrowane myślenie, monitorowanie, ocenianie, zarządzanie i ochronę zasobów. Dotyczy to w szczególności rozpatrywania zasobów wodnych przez pryzmat integracji celów środowiskowych, jak i użytkowych wód, a więc połączenia potrzeb wszelkiego rodzaju użytkowników wód – ludności, środowiska naturalnego, jak również poszczególnych sektorów gospodarki kraju.

Zgodnie z wymogami RDW i DWP, ocena stanu wód podziemnych dokonywana jest w cyklu planistycznym. Analiza wyników monitoringu wód podziemnych jest podstawą do podejmowania decyzji dotyczących zarządzania zasobami wodnymi w kolejnym cyklu planistycznym. Ponadto, ocena stanu wód podziemnych dokonywana pod koniec bieżącego cyklu planistycznego jest też oceną efektywności programów działań, które w danym okresie podjęto w celu ochrony i polepszenia stanu wód. Uwzględniono również warunek powtarzalności proponowanego podejścia w kolejnych cyklach planistycznych.

Aby w pełni ocenić czy wymagania wobec wód podziemnych zostają spełnione, ocena stanu musi być procedurą wielokryterialną, analizującą osobno potrzeby poszczególnych użytkowników wód. Uwzględnienie wszystkich potrzeb nie jest zadaniem łatwym i wymaga dogłębnej analizy informacji często wybiegających poza zakres danych pochodzących z monitoringu wód podziemnych. Definiując procedurę oceny stanu wód podziemnych należy mieć na uwadze dostępność danych niezbędnych do wykonania analizy, częstotliwość ich uaktualniania, jak również ich jakość i wiarygodność.

Niniejsze opracowanie zostało przygotowane na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w ramach realizacji Etapu III umowy pomiędzy Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska a Państwowym Instytutem Geologicznym – Państwowym Instytutem Badawczym pn. „*Monitoring stanu chemicznego oraz ocena stanu jednolitych części wód podziemnych w dorzeczach w latach 2018–2021*”.

Celem opracowania, zgodnie z zapisem powyższej umowy, jest przeprowadzenie aktualizacji metodyki oceny stanu JCWPd zawartej w opracowaniu „*Adaptacja metodyk przedstawionych w poradnikach UE dotyczących oceny stanu chemicznego i ilościowego wód podziemnych; opracowanie procedur i "makr" dla przeprowadzenia analiz, obliczeń i ocen*” z uwzględnieniem dostępności i jakości danych, na podstawie których przeprowadzona zostanie ocena stanu JCWPd. Konieczność aktualizacji metodyki oceny stanu JCWPd wynika ze zmian w zapisach prawa krajowego dotyczących kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych, dostępności danych i potrzeby uszczegółowienia lub uzupełnienia poszczególnych testów klasyfikacyjnych i analizy wspierających. Wzięto także pod uwagę doświadczenia z przeprowadzania ocen stanu JCWPd wykonywanych w poprzednich cyklach planistycznych.

Rozbudowana została metodyka analizy trendów chemicznych uwzględniająca analizę odwracania trendów oraz metodyka analizy położenia zwierciadła wody. Zweryfikowane zostały także kryteria wiarygodności oceny stanu JCWPd w poszczególnych testach klasyfikacyjnych i oceny końcowej.

Zakres opracowania ściśle nawiązuje do Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11 października 2019 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2019 poz. 2148), wymagań wdrażania Dyrektywy 2000/60/WE (RDW) oraz Dyrektywy 2006/118/WE (DWP), z uwzględnieniem wytycznych Komisji Europejskiej przedstawionych w poradnikach unijnych, a w szczególności w poradniku „*Guidance on groundwater status and trend assessment*” (CIS Guidance Document No. 18). Opracowanie to ma zawierać wytyczne metodyczne do wykorzystania w realizacji pozostałych zadań umowy dotyczących wykonywania oceny stanu chemicznego i ilościowego wód podziemnych.

Metodyka oceny stanu opracowana została przez zespół autorski pracowników państwowej służby hydrogeologicznej.

## 2. PODSTAWY PRAWNE I METODYCZNE OPRACOWANIA

Zgodnie z wytycznymi Zamawiającego, niniejsze opracowanie odnosi się do aktualnych przepisów prawa krajowego i unijnego. Zasadne wydaje się więc przytoczenie poszczególnych zapisów prawnych i definicji w nich zapisanych. Szereg definicji znajduje interpretację w odpowiednich poradnikach opracowywanych na zlecenie Komisji Europejskiej przez ekspertów pracujących nad interpretacją i implementacją RDW w krajach Unii Europejskiej, w ramach działalności tzw. working group C. Opracowywane przez grupę wytyczne oparte są na wiedzy i doświadczeniu krajów UE wynikających z wdrażania RDW. Ponieważ przepisy prawa krajowego ustalone zostały w konsekwencji implementacji dyrektyw europejskich, w pierwszej kolejności przedstawione są zapisy prawa europejskiego.

### 2.1. PRAWNE DEFINICJE STANU WÓD PODZIEMNYCH

#### 2.1.1. DYREKTYWY UNII EUROPEJSKIEJ

Podstawowym aktem prawnym Unii Europejskiej dotyczącym szeroko pojętej polityki wodnej jest Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej, zwana Ramową Dyrektywą Wodną (RDW, ang. WFD). Jednym z nadrzędnych celów Dyrektywy jest „zapewnianie stopniowego ograniczenia zanieczyszczenia wód podziemnych i zapobieganie ich dalszemu zanieczyszczaniu”, co jest realizowane przez szereg ustaleń dotyczących zasad zachowania dobrego stanu wód podziemnych.

„Stan wód podziemnych” jest definiowany w RDW jako stan „części wód podziemnych, wyznaczony przez gorszy ze stanów ilościowego lub chemicznego”. „Dobry stan ilościowy” wód podziemnych oznacza „stan określony w tabeli 2.1.2 załącznika V”, zaś „Dobry stan chemiczny wód podziemnych” oznacza stan chemiczny części wód podziemnych, który „spełnia wszystkie warunki wymienione w tabeli 2.3.2 załącznika V”.

Wskaźnikiem, który podlega pomiarom w celu określenia stanu ilościowego jest, według wspomnianej tabeli, poziom wód podziemnych. Stan dobry jest wtedy, gdy poziom ten „zapewnia nieprzekraczanie dostępnych zasobów wód podziemnych przy długoterminowej średniorocznej wartości poboru wód”. Takie przekroczenie mogłoby spowodować:

- znaczne obniżanie poziomu tych wód;
- niespełnienie celów środowiskowych przez powiązane wody powierzchniowe;
- szkody w powiązanych ekosystemach lądowych;
- intruzję wód słonych.

Osiągnięcie dobrego stanu chemicznego wód podziemnych wymaga (według załącznika V, tabela 2.3.2) pomiarów przewodności oraz elementów „ogólnych”, tj. szeregu parametrów fizyczno-chemicznych, wskazanych w aktach pochodnych względem RDW. Podobnie jak przy dobrym stanie ilościowym, do osiągnięcia dobrego stanu chemicznego jest wymagane, aby stężenie zanieczyszczeń nie spowodowało:

- niespełnienia celów środowiskowych przez powiązane wody powierzchniowe;

- szkody (tj. obniżenia jakości chemicznej lub ekologicznej) w powiązanych ekosystemach lądowych;
- intruzji wód stonych.

Istotnym kryterium osiągnięcia dobrej jakości chemicznej wg RDW jest wymaganie, aby stężenia zanieczyszczeń nie przekraczały „norm jakości mających zastosowanie na mocy właściwego prawodawstwa wspólnotowego zgodnie z art. 17”, który to definiuje „Strategie zapobiegania i ochrony przed zanieczyszczeniem wód podziemnych” i zawiera wezwanie do podjęcia działań, mających na celu zapobieżenie zanieczyszczeniu wód podziemnych (tworzenie programów działań). Odpowiedzią na to wezwanie było przyjęcie w 2006 roku Dyrektywy 2006/118/WE w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu (DWP, ang. GWD). Celem tej dyrektywy jest uzupełnienie przepisów RDW oraz ustanowienie szczególnych środków, obejmujących także kryteria oceny dobrego stanu chemicznego wód podziemnych. Ocenę wykonuje się dla wszystkich JCWPd uznanych za zagrożone, a jej wyniki publikuje się w planach gospodarowania wodami na obszarze dorzeczy. Zgodnie z zapisami Dyrektywy (art. 3) w celu oceny stanu chemicznego należy zbadać poziom zanieczyszczeń i porównać wynik z wartością progową. Wartość ta albo podana jest wprost (załącznik I DWP), albo musi zostać ustalona przez Państwa Członkowskie. W Dyrektywie podanych jest szereg zaleceń dotyczących tego, jakie zanieczyszczenia należy wziąć pod uwagę oraz jak ustalić dla nich dopuszczalne wartości progowe. Zgodnie z tymi zaleceniami, substancje, które powinny być badane, to te, które zidentyfikowano jako „przyczyniające się do uznania jednolitej części wód podziemnych (...) za zagrożoną”. Konieczne jest także uwzględnienie wpływu stanu wód podziemnych na „sąsiadujące wody powierzchniowe i ekosystemy naziemne oraz tereny podmokłe będące bezpośrednio zależne od nich”. Minimalny wykaz zanieczyszczeń oraz wskaźników zanieczyszczeń, których badanie musi zostać rozważone przez każde Państwo Członkowskie zawarty jest w załączniku II, część B i obejmuje 9 pozycji oraz przewodność elektrolityczną właściwą (której pomiar jest nakazany przez RDW). Dyrektywa 2006/118/WE podaje także jak powinna odbywać się „procedura oceny stanu chemicznego wód podziemnych”. Przede wszystkim, procedura powinna opierać się na wynikach z reprezentatywnego monitoringu wód podziemnych. W sytuacji, gdy warunki z RDW i DWP są spełnione w każdym punkcie obserwacyjnym w danej jednolitej części wód podziemnych, to tę część uważa się za będącą w dobrym stanie chemicznym. W sytuacji, gdy warunki z DWP są przekroczone w jednym lub wielu punktach, nadal możliwe jest uznanie JCWPd za będącą w stanie dobrym, ale taka diagnoza musi być wydana przy zachowaniu szeregu warunków, opisanych w załączniku III DWP.

### 2.1.2. PRAWO KRAJOWE

W chwili aktualizacji opracowania obowiązującym przepisem prawa krajowego określającym zasady oceny stanu chemicznego i ilościowego wód podziemnych było Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11 października 2019 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2019 poz. 2148). W odniesieniu do oceny stanu chemicznego, Rozporządzenie określa pięć klas jakości wód podziemnych. Kryterium wydzielenia są stężenia wskaźników fizyczno-chemicznych, których obecność w wodzie może być lub jest wynikiem wpływu działalności człowieka. Dopuszczalne jest przekroczenie wartości stężenia progowego dobrego stanu chemicznego wskaźników fizyczno-chemicznych w sytuacji, gdy wynika to z przebiegu naturalnych procesów hydrogeochemicznych. Rozporządzenie odróżnia ocenę dokonaną dla punktu pomiarowego od oceny dla jednolitej części wód podziemnych. Ocena dla punktu jest wynikiem porównania wyniku pomiaru (lub



średniej wyników, jeśli zachodzi wiele pomiarów w ciągu roku) z wartościami granicznymi – przy czym dopuszczalne jest przekroczenie wartości granicznej i pozostanie w dobrej (niższej) klasie, jeśli łącznie spełnione są 3 warunki:

- przekroczenie jest spowodowane naturalnymi procesami;
- przekroczenie nie dotyczy jednego z 25 elementów wskazanych jako niebezpieczne dla zdrowia ludzi;
- stężenie wskaźnika mieści się w kolejnej niższej klasie jakości.

W załączniku do rozporządzenia podane są wartości graniczne dla 55 wskaźników – wartości te decydują, do jakiej klasy jakości woda jest zakwalifikowana.

Ocena przeprowadzona w odniesieniu do JCWPd polega na określeniu jej stanu chemicznego. Rozporządzenie definiuje dwa stany chemiczne wód podziemnych: dobry i słaby, przy czym za granicę stanu dobrego ustalono granicę III klasy jakości wód, którą jest jednocześnie wartość progowa dobrego stanu wód podziemnych (TV). Dodatkowo, sformułowano ogólne kryteria, według których stan dobry osiągnąć jest wtedy, gdy:

- nie stwierdzono dopływu wód słonych lub „innych wód o jakości zagrażających zanieczyszczeniem”;
- „stężenia substancji zanieczyszczających nie przekraczają standardów jakości ustalonych (...) w przepisach odrębnych”;
- nie zachodzi obniżenie jakości w powiązanych z wodami podziemnymi wodach powierzchniowych lub ekosystemach lądowych.

Dalej w rozporządzeniu stwierdza się, że stan chemiczny JCWPd może być określony jako dobry nawet przy przekroczeniu wartości progowych, ale gdy spełniony jest jeden z warunków:

- przekroczenie jest spowodowane naturalnymi procesami;
- przekroczenie nie stanowi ryzyka nieosiągnięcia celów środowiskowych;
- skutki przekroczenia stężenia progowego w odniesieniu do wód ujmowanych w celu zaopatrzenia ludności w wody do spożycia mogą być zniwelowane przez odpowiednie jej uzdatnianie.

W odniesieniu do oceny stanu ilościowego JCWPd, rozporządzenie definiuje, że należy jej dokonać w oparciu o ustalenie wielkości rezerw zasobów wód podziemnych poprzez porównanie średniego wieloletniego poboru rzeczywistego z wielkością dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych oraz interpretację położenia zwierciadła wód podziemnych. Interpretacja powinna doprowadzić do ustalenia, czy na skutek działalności człowieka:

- zagrożone są powiązane z wodami podziemnymi wody powierzchniowe;
- zagrożone są powiązane z wodami podziemnymi ekosystemy lądowe;
- występuje znaczne obniżenie zwierciadła wód podziemnych;
- następują zmiany kierunku przepływu mogące powodować napływ wód słonych lub innych.

Dobry stan ilościowy określa się, gdy „zasoby dostępne do zagospodarowania są wyższe od średniego wieloletniego rzeczywistego poboru z ujęć wód podziemnych” i interpretacja wyników badań położenia zwierciadła nie prowadzi do wniosków, że zachodzi któraś z 4 sytuacji opisanych powyżej. Zły stan ilościowy zachodzi gdy nie spełniony jest któryś z powyższych warunków.

### 2.1.3. KOMENTARZ

Ramowa Dyrektywa Wodna akcentuje konieczność rozpatrywania zasobów wodnych nie jako jednego ze składników środowiska naturalnego, lecz jako dynamiczny proces obiegu wody w przyrodzie. Stąd też RDW, zamiast określać sztywne ramy ograniczające stan wód podziemnych, podaje kryteria środowiskowe lub funkcyjne, jakie muszą te wody spełnić w poszczególnych jednostkach – jednolitych częściach wód podziemnych.

Zgodnie z założeniami RDW i DWP ocena stanu wód podziemnych jest wypadkową dwóch równoległe do siebie przeprowadzonych ocen, mianowicie oceny stanu chemicznego i ilościowego. Konieczne jest jednak zwrócenie uwagi na fakt, że zarówno w przypadku oceny stanu chemicznego, jak i stanu ilościowego, nacisk kładzie się na ocenę skutków przekroczenia wartości progowych wskaźników zanieczyszczeń lub obniżenia zwierciadła wody poprzez analizę wzajemnych oddziaływań pomiędzy wodami podziemnymi i powierzchniowymi oraz ekosystemami lądowymi od wód podziemnych zależnymi. Tym samym, podstawą oceny stanu chemicznego wód podziemnych powinna być nie tylko analiza właściwości fizyczno-chemicznych wód podziemnych w kontekście tła hydrogeochemicznego, lecz analiza wpływu jakości wód podziemnych na wody powierzchniowe oraz ekosystemy zależne od wód podziemnych, uwzględniająca opóźnienie czasowe związane z powolnym przepływem wód podziemnych. Podobnie w przypadku oceny stanu ilościowego, analiza bilansu wodnego oraz zmian położenia zwierciadła wody powinna być rozpatrywana w kontekście spełnienia potrzeb wszystkich użytkowników wód, w tym również i co jest bardzo ważne – potrzeb środowiskowych.

## 2.2. WARTOŚCI PROGOWE

Ze względu na szeroko zakrojoną presję rolniczą, którą zidentyfikowano w krajach Unii dużo wcześniej zanim ustanowiono RDW, szczególny nacisk przy ocenie stanu wód podziemnych kładziony jest na związki odzwierciedlające tę presję, tj. azotany i pestycydy. Dla tych dwóch wskaźników Unia zdecydowała określić sztywne granice stężeń, tzw. normy jakości wód podziemnych (załącznik I Dyrektywy Wód Podziemnych 2006/118/WE), których przekroczenie wskazuje na zanieczyszczenie wód podziemnych. Ponadto, RDW nakazuje określić tzw. wartości progowe dla tych substancji, które na etapie wstępnej charakterystyki jednolitych części wód podziemnych i analizy presji na wody podziemne uznane zostały jako zanieczyszczenia wód podziemnych. Konsekwencje przekroczenia norm jakości wód podziemnych i wartości progowych są identyczne. W DWP wskazano dziesięć wskaźników, dla których należało rozważyć ustalenie tzw. wartości progowych dobrego stanu (arsen, kadm, ołów, rtęć, jony amonowe, jony chlorkowe, jony siarczanowe, tri chloroetylen, tetra chloroetylen i przewodność elektrolityczna właściwa). Normy jakości i wartości progowe są wykorzystywane przy ocenie stanu chemicznego wód podziemnych JCWPd oraz analizie tendencji zmian stężeń zanieczyszczeń. Zgodnie z zapisem art. 4 pkt. 2 c) RDW, zarówno normy jakości wód podziemnych jak i wartości progowe są traktowane jako stężenie, których przewyższenie powinno inicjować dalsze badania mające na celu sprawdzenie czy wszystkie kryteria oceny stanu wód podziemnych opisane w załączniku V RDW są spełnione. Tak więc norm jakości i wartości progowych nie należy traktować jako granicę pomiędzy dobrym i słabym stanem wód podziemnych, lecz jako element składowy tej oceny.

W Polsce przyjęto dość obszerną listę 55 wskaźników zanieczyszczeń dla których wyznaczono wartości progowe. Lista ta zawiera wszystkie wskaźniki wskazane przez RDW i DWP. Lista 55 wskaźników dla których

wyznaczono wartości progowe w pełni obejmuje elementy presji antropogenicznej mogącej wywierać negatywny wpływ na wody podziemne.

Wg aktualnej metodyki oceny stanu chemicznego wód podziemnych (Kuczyńska i in., 2015), oprócz wartości progowych dobrego stanu chemicznego, w poszczególnych testach klasyfikacyjnych, wykorzystywane są również ustalane indywidualnie tzw. wartości kryterialne (CV – Criterion Value). W teście C5 – ochrona wód podziemnych przeznaczonych do spożycia przez ludzi wartości kryterialne odpowiadają maksymalnym dopuszczalnym wartościom stężeń substancji określonym w załączniku do Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, Dz.U. 2017 poz. 2294). W teście C3 – ochrona ekosystemów lądowych zależnych od wód podziemnych wartość kryterialna stężenia  $\text{NO}_3$ , w zależności od typu siedliska, ustalono od 13 do 26 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ , a więc niższą od wartości progowej. Natomiast w teście C.2/I.2 Ocena wpływu ingresji i ascencji wód słonych lub innych na stan wód podziemnych ustalono, że wartości kryterialne stanowią 75% wartości progowych dobrego stanu chemicznego wód podziemnych.

Warto w tym miejscu wspomnieć również o opracowanym w 2019 r. na zlecenie GIOŚ, raporcie dotyczącym weryfikacji kryteriów oceny stanu chemicznego jednolitych części wód podziemnych (Kuczyńska i in., 2019), którego celem było opracowanie nowych zakresów tła hydrogeochemicznego oraz propozycji nowych wartości granicznych elementów fizyczno-chemicznych w klasach jakości dla punktów pomiarowych oraz wartości progowych dobrego stanu chemicznego jednolitych części wód podziemnych.

Celem tego opracowania była weryfikacja kryteriów oceny stanu chemicznego jednolitych części wód podziemnych, uwzględniająca opracowanie propozycji nowych wartości naturalnego tła hydrogeochemicznego elementów fizyczno-chemicznych stanu wód podziemnych, wartości granicznych elementów fizyczno-chemicznych w klasach jakości dla punktów pomiarowych oraz wartości progowych dobrego stanu chemicznego jednolitych części wód podziemnych.

Tło hydrogeochemiczne określone w tym opracowaniu jest naturalnym tłem hydrogeochemicznym, opartym na współczesnych wynikach badań monitoringowych, z wykluczeniem, w miarę możliwości, danych pochodzących z obszarów oddziaływania presji antropogenicznej. Wyznaczone wartości tła oznaczają przedziały stężeń substancji, lub wartości wskaźników, charakterystyczne dla występowania wód podziemnych w warunkach naturalnych niezmienionych, lub w bardzo nieznacznym stopniu zmienionych, działalnością człowieka.

Dla wskaźników oznaczanych w terenie oraz nieorganicznych opracowano trzy warianty wartości progowych dobrego stanu chemicznego, uwzględniające poziomy tła hydrogeochemicznego oraz właściwości poszczególnych wskaźników fizyczno-chemicznych. W wariantie pierwszym wartości progowe ustalono na poziomie górnej granicy tła hydrogeochemicznego. W wariantie II wartość progowa stanowi ok. 130% tła hydrogeochemicznego. W wariantie III wyszczególniono łącznie cztery grupy wskaźników o różnych właściwościach i szkodliwości dla zdrowia człowieka i środowiska, dla których wypracowano różne wartości progowe stanowiące 100, 130 lub 170% granicy tła hydrogeochemicznego.

Zaproponowane zmiany w wartościach progowych wskazują znaczące zmiany w stosunku do obecnie obowiązujących wartości progowych. We wszystkich zaproponowanych wariantach wyraźnie kształtują się tendencje zaostrzające wartości progowe w przypadku istotnych wskaźników zanieczyszczeń takich jak

azotany, azotyny, chlorki, siarczany, beryl, chrom, kadm, antymon, bar, bor, cyjanki, cyna, fluorki, kobalt, miedź, molibden, nikiel, ołów, rtęć, sód, srebro, tal, tytan, uran, wanad. Mniej restrykcyjnie proponuje się podejść do wskaźników geogenicznych, dla których w większości przypadków zaproponowano podwyższenie wartości progowych, bądź pozostawienie ich na dotychczasowych poziomach. Dotyczy to między innymi takich wskaźników jak żelazo, wodorowęglany, węgiel organiczny, wapń, potas, jon amonowy.

Uzyskane w opracowaniu wartości progowe oparte na tle hydrochemicznym urealniają identyfikację oddziaływania presji na jakość wód podziemnych a przeprowadzona symulacja oceny punktowej na danych w 2016 r. wskazuje na wzrost liczby punktów, w których stan jakości wód podziemnych określić należy jako słaby. Istotne w tej symulacji jest również to, że w dziesiątce każdego z wariantów najwięcej przekroczeń wartości progowej mają następujące wskaźniki: NO<sub>3</sub>, Cl, pH, SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, B, PEW, K, Ca, NO<sub>2</sub>, Na i Be. Zestaw wskaźników z największą liczbą przekroczeń wartości progowej wg aktualnego Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11 października 2019 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2019 poz. 2148) jest znacząco inny (Tabela 1). Azotany, które w każdej z symulacji są z największą liczbą przekroczeń wartości progowej tu są dopiero na szóstej pozycji.

**Tabela 1. Zestawienie wskaźników fizyczno-chemicznych z największą liczbą przekroczeń wartości progowej, na podstawie danych z monitoringu diagnostycznego w roku 2016 (Kuczyńska i in., 2019).**

Lp	Wskaźnik	Liczba punktów z przekroczoną wartością progową stanu dobrego – wariant I	Wskaźnik	Liczba punktów z przekroczoną wartością progową stanu dobrego – wariant II	Wskaźnik	Liczba punktów z przekroczoną wartością progową stanu dobrego – wariant III	Wskaźnik	Liczba punktów z przekroczoną wartością progową stanu dobrego – wg RMGMMiZ z dn. 11 października 2019 r. (Dz.U. 2019 poz. 2148).
1	NO <sub>3</sub>	247	NO <sub>3</sub>	210	NO <sub>3</sub>	130	O <sub>2</sub>	554
2	Cl	126	Cl	69	Cl	69	Fe	198
3	pH	96	O <sub>2</sub>	64	O <sub>2</sub>	64	NH <sub>4</sub>	82
4	SO <sub>4</sub>	94	NO <sub>2</sub>	59	B	58	pH	79
5	NH <sub>4</sub>	90	B	58	NH <sub>4</sub>	57	K	73
6	O <sub>2</sub>	89	NH <sub>4</sub>	57	SO <sub>4</sub>	51	NO <sub>3</sub>	65
7	B	88	K	57	Na	47	Mn	49
8	PEW	85	SO <sub>4</sub>	51	Be	45	TOC	43
9	K	73	Na	47	K	42	SO <sub>4</sub>	29
10	Ca	68	PEW	39	PEW	39	Na	27

Ten krótki opis uzyskanych w opracowaniu „Weryfikacja kryteriów oceny stanu chemicznego jednolitych części wód podziemnych” (Kuczyńska i in., 2019), pokazuje wyraźnie, że konieczna jest aktualizacja wartości progowych. Jak wspomniano wcześniej, niezależnie od przyjętego ostatecznie wariantu, wyznaczone w opracowaniu wartości progowe urealniają identyfikację oddziaływania presji na jakość wód podziemnych. Nie mniej jednak, aktualizacja wartości progowych jest decyzją strategiczną i powinna zostać poprzedzona szerszą dyskusją określającą długofalową strategię ochrony jakości wód na poziomie krajowym oraz działań, jakie Państwo polskie jest w stanie wdrożyć w celu poprawy bądź utrzymania jej jakości na określonym poziomie.

### 2.3. WYTYCZNE Z PORADNIKÓW KOMISJI EUROPEJSKIEJ

Europejskie regulacje prawne podają definicje i kryteria jakie muszą być spełnione, aby stan badanej jednolitej części wód podziemnych można było zaklasyfikować jako dobry. Sposób, w jaki poszczególne kraje Unii wykażą, że te kryteria są spełnione, jest dowolny. Niemniej jednak, w celu zapewnienia spójności we wdrażaniu założeń RDW i DWP w krajach Wspólnoty, pod auspicjami Komisji Europejskiej opracowywane są przez ekspertów Unii Europejskiej poradniki z zakresu realizacji poszczególnych zadań i założeń dyrektyw RDW i DWP. W odniesieniu do oceny stanu wód podziemnych powstało wiele poradników europejskich, m.in.:

1. Common Implementation Strategy for The Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No. 18. Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment (Technical Report – 2009 – 026);
2. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive and the Floods Directive. Technical report on groundwater quality trend and trend reversal assessment. Procedures applied by Member States for the first RBMP cycle – January 2019;
3. Common Implementation Strategy for The Water Framework Directive (2000/60/EC). Technical Report No. 6. Technical Report on Groundwater Dependent terrestrial Ecosystems (Technical Report – 2011 – 056).

Pierwszy z powyższych poradników w sposób szczegółowy przedstawia metodykę oceny stanu wód podziemnych. Mając na uwadze kryteria dobrego stanu wód podziemnych podane w załączniku V RDW, opracowana metodyka polega na analizie kryterialnej, odnoszącej się do każdego z podanych kryteriów osobno, sprawdzając, czy zostało ono spełnione czy nie. Powstała w ten sposób metodyka oparta na tzw. testach klasyfikacyjnych ukierunkowanych na tzw. odbiorcę/użytkownika wód (tzw. receptora), czyli albo wody powierzchniowe, albo ekosystemy, itd. Mając na uwadze poszczególne kryteria dobrego stanu chemicznego i ilościowego, poradnik przedstawia 5 testów klasyfikacyjnych dla oceny stanu chemicznego i 4 testy klasyfikacyjne dla oceny stanu ilościowego. Każdy z testów przeprowadza się niezależnie od pozostałych testów i może jako wartość końcową przyjąć wynik 'dobry' lub 'słaby'. Procedura ta wymaga, by osobno ocenić stan chemiczny i stan ilościowy wód podziemnych, zaś ostateczna ocena stanu wód podziemnych w jednostce przyjmuje gorszy wynik obu testów. Ocena stanu jednolitej części wód podziemnych w rozumieniu RDW i DWP jest wyrывkową kontrolą środowiska wodnego w określonych odstępach czasu. Należy mieć też na uwadze, że ocena stanu nastawiona jest głównie na zidentyfikowanie wielkoobszarowych zagrożeń i ich wpływu na środowisko wodne (ocena skutków), w związku z czym pomimo ogólnej klasyfikacji stanu JCWPd jako o stanie dobrym może w danej jednostce istnieć ognisko zanieczyszczeń/ujęcie wody mające negatywny skutek na zasoby wód podziemnych o zasięgu lokalnym, nie mające znaczenia w skali całej JCWPd. Aktualnie obowiązująca metodyka oceny stanu JCWPd (Kuczyńska i in., 2015) bazuje na założeniach przytoczonego poradnika.

Warto również tutaj poddać analizie wartości kryterialne ustalone dla testów klasyfikacyjnych. Zgodnie z wytycznymi Guidance Document No. 18. *Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment*, wartości kryterialne dla każdego testu klasyfikacyjnego powinny być ustalane indywidualnie na podstawie potrzeb i wymogów poszczególnych odbiorców, np. w teście klasyfikacyjnym analizującym wpływ jakości wód podziemnych na jakość wód powierzchniowych, wartości kryterialne dobrego stanu wód podziemnych

powinny być pochodną wartości progowej dobrego stanu wód powierzchniowych, po uwzględnieniu działania takich czynników jak rozcieńczenie, dyspersja i procesy samooczyszczania. W przypadku testu dotyczącego ochrony wód pitnych – wartości kryterialne powinny odpowiadać stężeniom, jakie uznaje się za maksymalne dopuszczalne wartości zgodnie z RMZ 466 z dn. 10 kwietnia 2010 r. zmieniające Rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Sposób, w jaki dane z monitoringu wód podziemnych będą wykorzystane i porównane z wartościami kryterialnymi w poszczególnych testach klasyfikacyjnych, tzn. czy będą dotyczyć danych zagregowanych czy punktowych, zależy od struktury poszczególnego testu. Wartości kryterialne będą szczegółowo omawiane przy opisie poszczególnych testów klasyfikacyjnych. Zgodnie z sugestią/propozycją autorów Guidance Document No. 18. *Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment*, każdy test powinien zostać również oceniony pod kątem wiarygodności jego wyników.

Drugi poradnik został opracowany w ramach współpracy państw członkowskich, krajów EFTA i innych zainteresowanych stron, w tym Komisji Europejskiej. Dokument ten koncentruje się wyłącznie na ocenie trendów i odwróceniu trendów w wodach podziemnych i ma na celu ułatwienie wdrożenia dyrektywy 2000/60/WE. Istotnym elementem tego dokumentu są propozycje i przykłady identyfikacji, monitorowania, oceny i potrzeby wdrożenia wszelkich niezbędnych środków w celu odwrócenia znaczących i utrzymujących się tendencji wzrostowych stężeń zanieczyszczeń wód podziemnych w częściach lub grupach części wód podziemnych. Określenie metodyki odwrócenia znaczących i utrzymujących się tendencji wzrostowych stężeń zanieczyszczeń wód podziemnych jest jednym z ważniejszych wymogów RDW (2000/60/WE) oraz dyrektywy DWP (2006/118 / WE).

Istotnym elementem tego opracowania jest przegląd prac poszczególnych państw nad oceną trendów i ich odwróceniu. Wykazano, że większość państw członkowskich zdecydowała się na zastosowanie metod statystycznych, ale stosowane metody różnią się znacznie między kolejnymi cyklami wodnymi, w zależności od długości rozważanych szeregów czasowych lub zastosowanej metodologii odwrócenia trendu.

Trzeci poradnik, *Common Implementations Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), 2011 – Technical report No. 6: Technical report on groundwater dependent terrestrial ecosystems*, uszczegóławia procedurę testu klasyfikacyjnego odnoszącego się do badania zależności pomiędzy wodami podziemnymi i ekosystemami lądowymi zależnymi od wód podziemnych. Złożoność tej zależności oraz samych ekosystemów spowodowała, że niemal we wszystkich krajach wspólnoty pojawiły się problemy z wykonaniem oceny wpływu wód podziemnych na jakość ekosystemów, co zainicjowało wspólne opracowanie metodyki dla tego testu.

### 3. OCENA STANU WÓD PODZIEMNYCH

Proponowana w niniejszym opracowaniu metodyka oceny stanu wód podziemnych stanowi aktualizację metodyki oceny stanu JCWPd opracowanej przez PIG-PIB w roku 2015 i wykonana/sporządzona została w nawiązaniu do aktualnie obowiązujących formalnych wytycznych zawartych w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11 października 2019 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2019 poz. 2148) oraz w unijnych dyrektywach w zakresie gospodarowania i ochrony wód. Podczas pracy uwzględniono również wieloletnie doświadczenia metodyczne i wyniki z dotychczasowych opracowań i publikacji z zakresu ocen stanu wód podziemnych w JCWPd (Herbich i in., 2007; Hordejuk i in., 2007, 2008; Kuczyńska, Hordejuk, 2010; Kuczyńska, 2010; Mitrega i in., 2010; Gałkowski i in., 2011, 2012a, 2012b; Palak i in., 2011, Kuczyńska i in. 2013, Kuczyńska i in. 2017). Metodyka oparta jest w dużym stopniu na wytycznych proponowanych przez Komisję Europejską (CIS Guidance Document No.18; CIS Technical Report No. 1; CIS Technical Report No. 6, UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive Paper 11b(i) Groundwater Chemical Classification for the purposes of the Water Framework Directive and the Groundwater Directive. 2019) z uwzględnieniem specyfiki danych pomiarowych dostępnych w krajowych realiach. Prace nad ocenami stanu wg danych za 2012 i 2016 r. pokazały, że kompletność i wiarygodność poszczególnych elementów oceny stanu zależy w dużej mierze od możliwości pozyskania danych zewnętrznych, ich zakresu i częstotliwości uaktualniania.

Ocena stanu w rozumieniu RDW to proces nie tyle skomplikowany, co kompleksowy i jako taki wymaga dużej ilości informacji, wybiegającej poza ramy monitoringu wód podziemnych. Wykonanie pełnej oceny stanu na podstawie testów klasyfikacyjnych wymaga m.in. pozyskania informacji dotyczących jakości wód powierzchniowych, jakości wód na ujęciach komunalnych oraz stanu zachowania ekosystemów lądowych zależnych od wód podziemnych. Jednym z istotnych problemów zidentyfikowanych w trakcie realizacji pracy jest brak zgrania czasowego pomiędzy poszczególnymi zasobami danych oraz zmiennym w czasie zakresem przestrzennym uaktualnianych danych w poszczególnych monitoringach. Przyjęty w Polsce tryb realizacji monitoringu jakości wód podziemnych zakłada wykonanie monitoringu diagnostycznego „przynajmniej raz w ciągu 6-letniego cyklu aktualizacji planu gospodarowania wodami na obszarze dorzecza” (§18 pkt.1. RMGMIŻŚ z dnia 9 października 2019 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i jednolitych części wód podziemnych, Dz.U. 2019 poz. 2147) a monitoringu operacyjnego „przynajmniej raz w roku, z wyłączeniem roku, w którym jest prowadzony monitoring diagnostyczny stanu chemicznego jednolitych części wód podziemnych” (§18 pkt.2. wyżej wymienionego RMGMIŻŚ). Zakres badanych wskaźników w monitoringu diagnostycznym i operacyjnym był do tej pory identyczny co znacząco ułatwiało interpretację danych i analizę zmian jakości wody w czasie.

Monitoring wód powierzchniowych prowadzony jest w zupełnie innym trybie. Monitoring diagnostyczny, którego celem jest dostarczenie ogólnej oceny stanu wód powierzchniowych każdej zlewni i podzlewni wewnątrz obszaru dorzecza oraz umożliwienie oceny długoterminowych zmian w warunkach naturalnych, realizowany jest w wybranych JCWP z częstotliwością od 1 do 12 razy w roku. W związku z tym ocena stanu/potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych objętych monitoringiem diagnostycznym dokonywana jest na podstawie pełnego zakresu wskaźników. Zakres oceny w jednolitych częściach wód powierzchniowych objętych monitoringiem operacyjnym uzależniony jest od zrealizowanego w danym roku programu. Ocena ta sporządzona jest na podstawie ograniczonej liczby wskaźników i ukierunkowana na oddziaływującą na daną jednolitą część wód presję. Ocena ta nie świadczy

więc w pełni o rzeczywistym stanie ekologicznym, ale o skuteczności wdrożonych programów działań, tak więc ma ograniczone wykorzystanie do analizy relacji pomiędzy wodami podziemnymi i powierzchniowymi.

Dyskusyjna jest kwestia wykorzystania wyników monitoringu siedlisk przyrodniczych, które niezbędne są do interpretacji skutków ekologicznych w sytuacji obniżenia zwierciadła wód podziemnych w ELZPd. Przyjętą miarą znaczenia ekologicznego obniżenia zwierciadła wód podziemnych w ELZPd powinno być stwierdzenie stanu złego w zakresie parametru „specyficzna struktura i funkcje siedliska przyrodniczego” na podstawie danych monitoringu stanu zachowania siedlisk przyrodniczych. Jednak warto zaznaczyć, że obecnie metodyka oceny uwodnienia siedliska nie jest obligatoryjnie oparta na wynikach monitoringu zwierciadła wód w ELZPd, a zaleca się wizualną jednorazową ocenę uwodnienia, na przykład występowanie wody na powierzchni przy chodzeniu po torfowisku. Ograniczenie metodyczne stosowanego podejścia skutkuje brakiem wiarygodnego poziomu odniesienia się w teście I.3. Dodatkowo uniemożliwia wprowadzenie algorytmów obliczenia, bazujących na zależnością między położeniem zwierciadła wody w ELZPd i ilością dopływu do nich wód podziemnych.

Ocena stanu wód podziemnych składa się z oceny stanu chemicznego i ilościowego. Obie oceny są w stosunku do siebie równorzędne, a za ostateczny stan wód podziemnych przyjmuje się gorszą z tych dwóch ocen. W ramach oceny wykonuje się łącznie dziewięć testów klasyfikacyjnych, które przeprowadza się w odniesieniu do wszystkich JCWPd, niezależnie od wyników pozostałych testów klasyfikacyjnych. Oprócz testów klasyfikacyjnych wykonuje się również dwie analizy wspierające, dotyczące zmian długoterminowych. Są to analiza tendencji zmian stężeń wskaźników fizyczno-chemicznych oraz analiza położenie zwierciadła wody. Ponieważ obie analizy zasilają testy klasyfikacyjne, proponuje się je wykonywać na początku procedury oceny stanu. Wyniki tych analiz będą miały status wspierający pozostałe testy ilościowe i jakościowe, zwłaszcza końcową ocenę stanu JCWPd.

Metodyka oceny stanu JCWPd nie rozróżnia JCWPd zagrożonych i niezagrożonych – wszystkie JCWPd traktowane są jednakowo. Ocena stanu JCWPd powinna dostarczyć informacji odnośnie stanu wód podziemnych we wszystkich JCWPd w dorzeczach – nie tylko w zagrożonych. Ma to szczególne uzasadnienie w przypadku wykonywania oceny stanu raz w cyklu planistycznym.

Zgodnie z wytycznymi unijnymi (Guidance Document No. 18. *Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment*) każdy z testów wykonywany jest w odniesieniu do wartości granicznych stężeń, które są ustalone odpowiednio dla każdego testu, w zależności od analizowanego problemu. W celu rozróżnienia od wartości progowych, które stosuje się jedynie w trakcie realizacji testu C.1. – Ogólna ocena stanu chemicznego, wartości graniczne w pozostałych testach klasyfikacyjnych nazwano wartościami kryterialnymi. Na podstawie wartości kryterialnych stwierdza się, czy jakość wód podziemnych może potencjalnie negatywnie oddziaływać na receptor, jakim może być ekosystem lądowy zależny od wód podziemnych, wody powierzchniowe bądź też jakość wód przeznaczonych do spożycia. Wartości kryterialne oparte są na przepisach odpowiednich rozporządzeń bądź wyników ocen stanu i badań naukowych dotyczących poszczególnych receptorów. Z reguły są one bardziej rygorystyczne od wartości progowych określonych w obecnie obowiązującym Rozporządzeniu Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11 października 2019 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2019 poz. 2148), a ich zastosowanie w testach klasyfikacyjnych zależy od (a) identyfikacji receptorów w poszczególnych JCWPd oraz (b) diagnozy stanu receptorów.



Ważnym elementem procedury oceny stanu jednolitych części wód podziemnych jest ekspercka analiza wyników, która wykorzystywana jest we wszystkich testach klasyfikacyjnych. Doświadczenia zebrane w trakcie realizacji oceny stanu (Kuczyńska i in., 2013 i 2017) wykazały, że poddanie wyników krytycznej analizie wykonanej przez eksperta jest konieczne ze względu na nie zawsze zadawalającą ilość i jakość danych wykorzystywanych w testach klasyfikacyjnych oraz na stosunkową małą elastyczność testów klasyfikacyjnych. Mała elastyczność testów klasyfikacyjnych jest konieczna ze względu na cel jaki przyświeca ocenie stanu JCWPd, która ma być procedurą systematyczną i powtarzalną. Nie mniej jednak, na wynik oceny bardzo duży wpływ ma jakość i przede wszystkim ilość danych ją zasilających, w tym głównie liczba punktów monitoringowych w jednolitych częściach wód podziemnych reprezentatywnych dla oceny w poszczególnych testach klasyfikacyjnych. Konieczne jest również skonfrontowanie wyników poszczególnych testów klasyfikacyjnych ze zdefiniowaną presją i przyczynami zagrożenia JCWPd z rozróżnieniem przyczyn geogenicznych i antropogenicznych. Wykorzystanie wiedzy eksperckiej pozwala na uwzględnienie w procesie oceny doświadczenia osób wykonujących analizy hydrogeologiczne, zarówno na poziomie lokalnym jak i regionalnym.

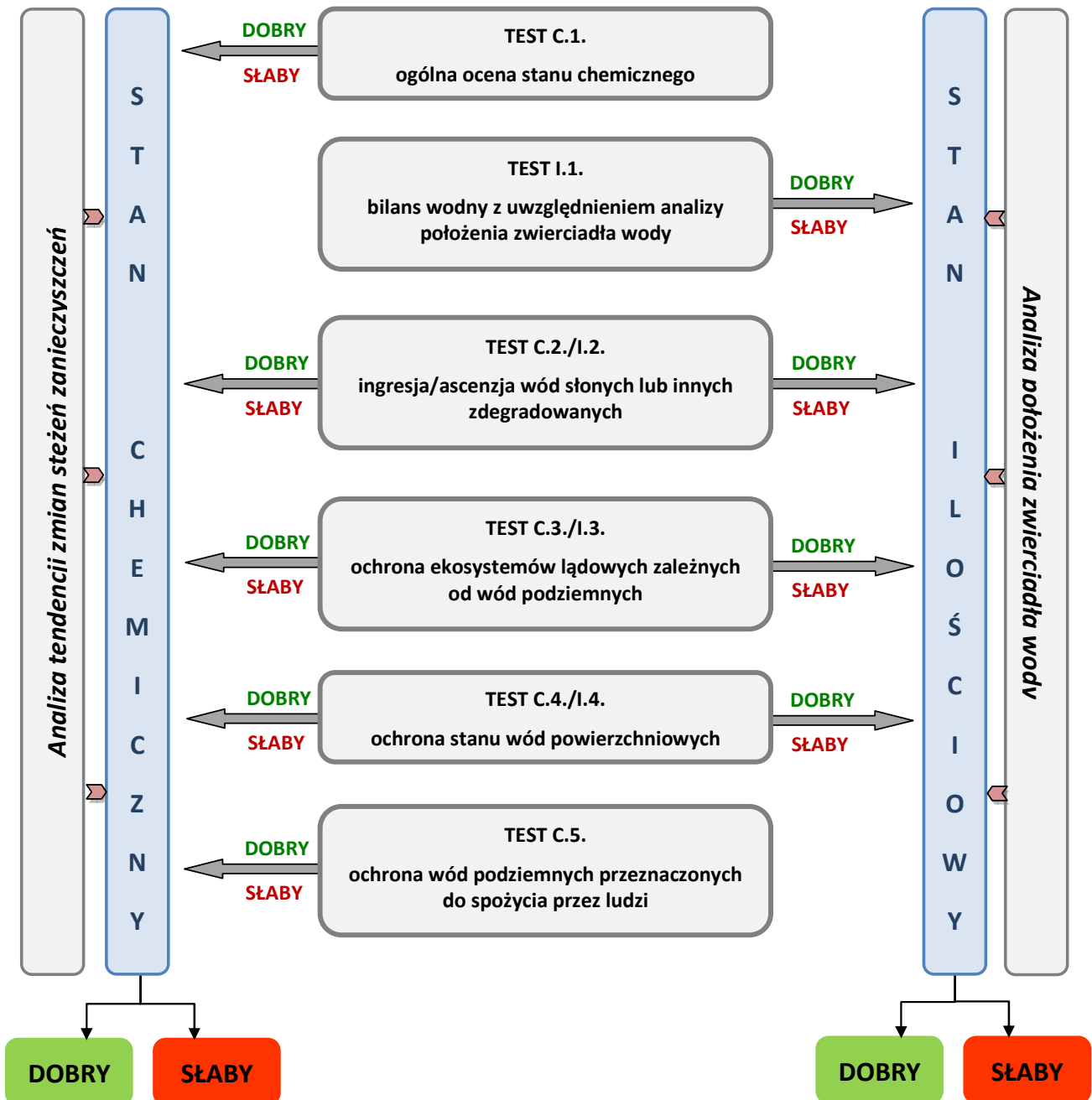
Analiza ekspercka bazuje zatem na śledzeniu, kojarzeniu faktów i stawianiu tez, które następnie należy udowodnić lub obalić. Opiera się na informacjach i zaleceniach (np. przepisach prawa, metodykach, założeniach projektowych itp.). Wykonując analizę ekspercką wykorzystuje się wiedzę eksperta i zgromadzone informacje o badanej JCWPd, w tym z modelu pojęciowego który syntetyzuje informacje nie tylko o strukturze ale również procesach w niej zachodzących. Ekspert stawia tezy i opierając się na wiedzy i danych ocenia czy są prawdziwe, czy nie, przez przeprowadzenie dowodu. Zakres oceny eksperckiej powinien być ograniczony do udzielania odpowiedzi na pytania pojawiające się w trakcie wykonywania oceny stanu JCWPd nie znajdujące procedur postępowania w opracowanej metodyce oceny. Analiza ta powinna być wykonywana przez hydrogeologa posiadającego wiedzę dotyczącą budowy geologicznej warunków hydrologicznych i środowiskowych, w tym presji wywieranej przez działalność gospodarczą człowieka, odnoszącą się do ocenianej JCWPd oraz o wynikach badań i pomiarów monitoringowych.

Zgodnie z wytycznymi przedstawionymi w poradnikach unijnych, integralnym elementem oceny stanu JCWPd jest ocena jej wiarygodności. Z tego względu przedstawiona metodyka zawiera również kryteria wiarygodności poszczególnych testów klasyfikacyjnych, które zależne są od charakteru danych potrzebnych do ich wykonania. Stosuje się podział na wiarygodność dostateczną (DW) i niską (NW) a w nielicznych sytuacjach autorzy zdecydowali się na wprowadzenie dodatkowej kategorii – wysokiej wiarygodności (WW). Ze względu na kompleksowość procedury oceny stanu, która wymaga wykonania łącznie 11 różnych analiz w odniesieniu do każdej jednolitej części wód podziemnych z osobna, należy przyjąć ostateczną wiarygodność oceny stanu za dostateczną.

Procedura kompleksowej oceny stanu JCWPd polega na wykonaniu, jeśli to możliwe wszystkich testów klasyfikacyjnych ukierunkowanych na potrzeby poszczególnych komponentów środowiska, użytkowników lub konsumentów wód podziemnych. Realizacja testów wymaga często korzystania z informacji lub wyników oceny stanu ekosystemów powiązanych z wodami podziemnymi, informacji na temat stanu wód powierzchniowych. W procedurze oceny stanu JCWPd uwzględniono dostępność danych niezbędnych do wykonania oceny, częstotliwość ich uaktualniania, jak również ich jakość i wiarygodność. Przyjęto, że punktem wyjścia w kompleksowej ocenie stanu chemicznego, polegającej na przeprowadzeniu wszystkich testów klasyfikacyjnych, będą dane z monitoringu diagnostycznego, w trakcie którego opróbowywane są punkty monitoringowe na terenie całego kraju. W analizie tendencji zmian stężeń i wartości pomiarów

wskaźników fizyczno-chemicznych wspomagającej testy w ocenie stanu chemicznego wykorzystywane będą dane z monitoringu operacyjnego.

Stosując się do wytycznych przedstawionych w poradnikach unijnych oraz krajowych i europejskich wymogów prawnych, jak również przeprowadzonej analizy oceny stanu, w celu weryfikacji spełnienia kryteriów dobrego stanu w rozumieniu RDW i DWP proponuje się zastosowanie następującej procedury, przedstawionej graficznie na Rysunek 1.



Rysunek 1. Schemat procedury oceny stanu jednolitych części wód podziemnych

## Prezentacja wyników oceny stanu JCWPd

Zgodnie z zapisami Ramowej Dyrektywy Wodnej (2000/60/WE; Załącznik V, pkt. 2.2.4 i 2.4.5) otrzymane wyniki oceny stanu Jednolitych Części Wód Podziemnych zostaną przedstawione na mapach w następujący sposób:

- Stan dobry: **barwa zielona**
- Stan słaby: **barwa czerwona.**

Taki sam system kolorów będzie zastosowany w zestawieniach tabelarycznych.

Na mapach, w postaci czarnych punktów, w JCWPd, w których zostanie określona znacząca i trwała tendencja wzrostu stężeń wszelkich zanieczyszczeń wynikających z działalności człowieka. Odwrócenie takich tendencji oznaczone zostanie na mapie w postaci niebieskiego punktu (RDW 2000/60/WE; Załącznik V, pkt. 2.2.4 i 2.4.5).

### 3.1. OCENA STANU CHEMICZNEGO

Procedura oceny stanu chemicznego składa się pięciu testów klasyfikacyjnych: ogólnej oceny stanu chemicznego, testu ingresji/ascenzji, testu ochrony ekosystemów lądowych zależnych od wód podziemnych, testu ochrony stanu wód powierzchniowych oraz testu ochrony wód podziemnych przeznaczonych do spożycia przez ludzi. Dodatkowo, ze względu na wymóg art. 5 DWP, w ramach oceny stanu chemicznego wykonywana jest analiza tendencji zmian zanieczyszczeń wód podziemnych, a więc identyfikacja znaczących i utrzymujących się trendów wzrostowych. Analiza ta jest wykonywana dla każdego wskaźnika zanieczyszczeń i w odniesieniu do każdego punktu pomiarowego, niezależnie od wyniku porównania stężeń z wartościami progowymi. Wynik analizy tendencji zmian służy zarówno identyfikacji trendów wzrostowych, jak również zasila niektóre testy klasyfikacyjne jako kryterium oceny. Z tego względu metodyka analizy tendencji zmian omówiona zostanie przed testami klasyfikacyjnymi.

#### 3.1.1. ANALIZA TENDENCJI ZMIAN STĘŻEŃ WSKAŹNIKÓW FIZYCZNO-CHEMICZNYCH

##### WPROWADZENIE

Celem analizy tendencji wartości stężeń wskaźników fizyczno-chemicznych jest identyfikacja znaczących i utrzymujących się trendów wzrostowych stężeń zanieczyszczeń. Znaczący i utrzymujący się trend wzrostowy oznacza każdy statystycznie i pod względem środowiskowym istotny wzrost stężenia zanieczyszczeń w wodach podziemnych, w związku z którym istnieje konieczność odwrócenia tego trendu. Zgodnie z zapisami Dyrektywy Wód Podziemnych 2006/118/WE (DWP, Załącznik IV, część B, punkt 1), punktem początkowym inicjowania działań mających odwrócić znaczące i utrzymujące się trendy wzrostowe jest stan, kiedy stężenie zanieczyszczenia osiąga 75% wartości parametrów norm jakości wód podziemnych określonych w załączniku I i wartości progowych ustalonych zgodnie z art. 3 DWP (2006/118/WE) i określonych w RMG MiZŚ z dnia 9 października 2019, w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz. U. 2019, poz. 2147). Wybrana metoda do analizy trendu powinna mieć możliwość określenia istotności statystycznej mierzonego trendu, która wynika bezpośrednio z wartości p zastosowanych testów statystycznych. Na podstawie powyższych zapisów, jako znaczące trendy wzrostowe uznano istotne statystycznie trendy rosnące, dla których stwierdzono przekroczenie 75% wartości progowej dobrego stanu chemicznego. Znaczące i utrzymujące się tendencje wzrostowe identyfikuje się zarówno w pojedynczych punktach, jak i na obszarach jednolitych części wód podziemnych. Analizę tendencji zmian wartości wskaźników fizyczno-chemicznych w punktach przeprowadza się dla tych wskaźników, które mogą występować jako potencjalne zanieczyszczenia wód podziemnych oraz dodatkowo dla wskaźników geogenicznych, które są potrzebne przy interpretacji wyników w wybranych testach np. w teście C.5 (mangan i żelazo). Dla analizy tendencji zmian stężeń wykonywanej dla obszaru jak i odwrócenia trendu bierze się pod uwagę tylko wskaźniki pochodzenia antropogenicznego.

Dodatkowo zostanie wykonana analiza tendencji zmian stężeń zanieczyszczeń w punktach z prognozą poprzez przedłużenie linii trendu do końca danego cyklu planistycznego. Wyniki podane zostaną w formie tabelarycznej, gdzie dla każdego wskaźnika określony będzie rodzaj trendu. W przepisach prawnych nie ma odniesienia do prognozowania analiz szeregów czasowych. Nie mniej jednak przewidywanie znaczących i utrzymujących się trendów wzrostowych w kolejnych cyklach wodnych jest ważnym elementem w śledzeniu zmian stężeń zanieczyszczeń i daje możliwość oceny ryzyka nieosiągnięcia dobrego stanu. Uzasadnione wydaje się rozszerzenie analizy tendencji zmian stężeń zanieczyszczeń w postaci niezależnego

raportu w ramach oddzielnego tematu, który obejmowałby wykonanie analizy tendencji zmian w cyklach gospodarowania wodami na podstawie danych półrocznych, otrzymanych z monitoringów operacyjnych.

Dyrektywy Unijne i Rozporządzenia krajowe wskazują, że do identyfikacji trendów należy określić rok bazowy i poziomy początkowe. W Ramowej Dyrektywie Wodnej jest zapis, że zostanie określony rok lub okres bazowy, od którego obliczane będą wieloletnie trendy wzrostowe zanieczyszczeń oraz odwrócenie tych trendów (RDW, Załącznik V, 2.4.4), zaś w definicji zastosowano nazwę „poziom początkowy” jako przeciętne stężenie, zmierzone przynajmniej w latach referencyjnych 2007 i 2008 na podstawie programów monitorowania wdrożonych zgodnie z art. 8 dyrektywy 2000/60/WE lub, w przypadku substancji wykrytych po upływie lat referencyjnych, w pierwszym okresie, dla którego dostępne są reprezentatywne dane z monitorowania” (DWP, Artykuł 2, pkt. 6).

Dyrektywa Wód Podziemnych określa zasady stosowania poziomów początkowych: „przy określaniu znaczącego i utrzymującego się trendu wzrostowego w stężeniach substancji, które występują zarówno naturalnie, jak i w wyniku działalności człowieka, uwzględniane będą poziomy początkowe oraz, o ile takie dane będą dostępne, dane zgromadzone przed rozpoczęciem programu monitorowania w celu sporządzenia sprawozdania dotyczącego określania trendu w ramach pierwszego planu gospodarowania wodami w dorzeczu, o którym mowa w art. 13 dyrektywy 2000/60/WE” (DWP, Załącznik IV, Część A, 3). Rozporządzenia krajowe nazywają „rokiem bazowym rok 2007 albo 2008, w zależności od dostępności danych monitoringowych w ramach monitoringu diagnostycznego lub operacyjnego, przy czym przy obliczeniu tych trendów będą uwzględniane poziomy początkowe, które oznaczają przeciętne stężenia zmierzone w roku bazowym albo w przypadku substancji wykrytych po upływie lat bazowych – w pierwszym okresie, dla którego są dostępne reprezentatywne dane z monitoringu” (RMGMIŻŚ Poz. 2147, § 15, pkt.3). Z powyższych zapisów wynika, że w I cyklu gospodarowania była możliwość przyjęcia za rok bazowy roku 2007 lub 2008 i miał on wskazywać moment rozpoczęcia wykonywania analizy trendów w I cyklu gospodarowania wodami. W związku z ustalonymi zasadami na poziomie europejskim i aktualnym brakiem możliwości ich zmiany i uaktualnienia, w metodyce analizy tendencji zmian stężeń za rok bazowy przyjmuję się rok 2007.

Mając jednak na uwadze założenia metody użytej do wykrycia trendów bazowanie cały czas na tym samym wyznaczonym roku bazowym prowadzi do osłabienia jej mocy i wiarygodności pozyskanych wyników. Zebrane informacje z raportów/wytycznych wskazują, iż należy dopasować długości szeregów czasowych do metodyki i rodzaju analizy trendów. W przypadku analizy trendu w punkcie i obszarze zalecane jest stosowanie minimum 8 rocznych pomiarów, natomiast stosując analizę odwrócenia trendu należy posiadać minimum 14 rocznych wartości stężeń. Przy ocenie wieloletnich szeregów czasowych istnieje ryzyko otrzymania wyników dotyczących trendu, na które wpłynęły zmiany w poprzednich latach danego szeregu. Ograniczenie długości serii czasowych do oceny trendów zmian jakości wód ma duże znaczenie, gdyż w przypadku zarówno zbyt długich jak i za krótkich serii pomiarowych można wyciągnąć błędne wnioski co do tendencji zmian jakości wód w czasie. W Raporcie przedstawiającym szczegółowe algorytmy do identyfikacji analizy trendów zanieczyszczeń jak i w danych literaturowych (Szczepańska, Kmiecik, 2005) dla celów identyfikacji trendów przyjmuje się ograniczenie przedziału czasowego identyfikacji trendu w punkcie i obszarze do ostatnich 15 lat a w metodyce odwrócenia trendu do 30 lat (*Raport końcowy "Ramowa Dyrektywa Wodna UE: Statystyczne aspekty identyfikacji trendów zanieczyszczeń wód podziemnych oraz agregacja wyników monitoringu, 2001"*). Zgodnie z powyższym satysfakcjonujące byłoby w przyszłości dostosowanie zakresu czasowego do przyjętych założeń i możliwość zmiany roku bazowego oraz poziomu początkowego co 6 lat. Zmiana byłaby kompatybilna z możliwością uaktualnienia i modyfikacji punktu

początkowego dla jednolitej części wód podziemnych uznanej za zagrożoną, który nie podlega zmianie w ciągu sześcioletniego cyklu objętego planem gospodarowania wodami na obszarze dorzecza, wymaganym na podstawie art. 13 dyrektywy 2000/60/WE (Dyrektywa Wód Podziemnych Załącznik IV, Część B, pkt. 2);

Poza ustaleniem punktu początkowego, roku bazowego i długości szeregów czasowych należy określić częstotliwość badania trendu. Wytyczne zalecają ograniczyć badanie trendu do maksimum trzech testów po 8, 14 i 20 latach (*Raport końcowy "Ramowa Dyrektywa Wodna UE: Statystyczne aspekty identyfikacji trendów zanieczyszczeń wód podziemnych oraz agregacja wyników monitoringu, 2001"*). Biorąc pod uwagę minimalne wymagania dotyczące monitorowania częstotliwości (raz do roku), harmonogram realizacji Ramowej Dyrektywy Wodnej, możliwość istotnego wykrycia tendencji zmian wybraną metodą oraz specyfikacje trendów proponuje się wykonywanie analizy tendencji odwrócenia zmian zanieczyszczeń i analizy trendu dla obszaru raz w ciągu cyklu gospodarowania wodami. Wyznaczenie konkretnych zakresów czasowych będzie wymagało dostosowania się do terminów cykli wodnych oraz przeprowadzanych ocen stanu chemicznego.

### 3.1.1.1. ANALIZA TENDENCJI ZMIAN STĘŻEŃ WSKAŹNIKÓW FIZYCZNO-CHEMICZNYCH W PUNKTACH MONITORINGU WÓD PODZIEMNYCH

#### PRZYJĘTE ZAŁOŻENIA

Zgodnie z wytycznymi zawartymi w poradnikach UE (*Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive and the Floods Directive. Technical report on groundwater quality trend and trend reversal assessment. Procedures applied by Member States for the first RBMP cycle – January 2019*), minimalna długość szeregu czasowego potrzebna do wykrycia trendu, przy próbkach wód pobieranych raz na rok, wynosi 8 lat. W przypadku, gdy w danym roku wykonano więcej niż jedno oznaczenie składu chemicznego wód podziemnych w punkcie, dla każdego wskaźnika fizyczno-chemicznego należy obliczyć średnią arytmetyczną, tzw. „wartość regularyzowaną”. Wartość tę należy wykorzystywać do dalszych obliczeń.

W przypadku wyników oznaczeń wskaźników fizyczno-chemicznych, zapisanych jako wyniki poniżej granicy oznaczalności (<LOQ), do dalszych obliczeń, w miejsce pomiarów <LOQ, należy wstawić wartości równe połowie LOQ (<LOQ = 0,5 LOQ). Takie postępowanie jest wymagane z zapisami dyrektywy 2009/90/WE i jednocześnie jest najlepsze z możliwych podejść, gdyż nie znając dokładnie wartości <LOQ, średnio najmniejszy błąd popełni się wstawiając wartość równą połowie LOQ.

W przypadku braku danych w analizowanym ciągu pomiarowym, brakujące wartości należy uzupełnić średnią arytmetyczną obliczoną z sąsiadujących danych wskaźnika z danego punktu pomiarowego. Analizę tendencji zmian przeprowadza się jedynie dla punktów i wskaźników, dla których liczba wartości poniżej granicy oznaczalności (<LOQ) jest nie większa niż 2 a liczba braków w danych jest nie większa niż 1. Czyli w szeregu danych dopuszcza się istnienie 1 braku w pomiarach i 2 wartości <LOQ. Takie założenie pozwala rozszerzyć analizowany zbiór punktów.

Analizę przeprowadza się w odniesieniu do punktów monitoringowych, a jej wyniki wykorzystywane są w testach kwalifikacyjnych oceny stanu chemicznego jednolitych części wód podziemnych:

- test C.1 – ogólna ocena stanu chemicznego JCWPd,
- test C.2/1.2 – ocena wpływu ingresji i ascenzji wód słonych lub innych na stan wód podziemnych,
- test C.5 – ochrona wód podziemnych przeznaczonych do spożycia przez ludzi.

#### DANE POTRZEBNE DO PRZEPROWADZENIA ANALIZY

Wyniki oznaczeń składu chemicznego próbek wód podziemnych pochodzące z monitoringu wód podziemnych z zakresem czasowym obejmującym minimum 8 rocznych wartości pomiarowych, uzyskanych w ramach PMŚ oraz działalności PSH z punktów uznanych za reprezentatywne do oceny stanu chemicznego JCWPd.

## OPIS METODYKI

Do przeprowadzenia analizy tendencji zmian wykorzystuje się metodę regresji liniowej. Na podstawie szeregu obserwacji danego wskaźnika w punkcie pomiarowym, stosując metodę najmniejszych kwadratów, należy dopasować prostą. Wynikiem tego dopasowania są następujące parametry:

- współczynnik kierunkowy prostej (nachylenie) trendu [a] – informujący o tym, czy trend jest rosnący czy malejący;
- stała – współczynnik przesunięcia trendu
- współczynnik dopasowania prostej  $R^2$

Współczynnik kierunkowy prostej decyduje o kącie nachylenia wykresu funkcji liniowej do osi X. Ujemna wartość tego współczynnika informuje o tendencji spadkowej wartości badanych stężeń a trendy określane są jako malejące. Wartość dodatnia współczynnika kierunkowego informuje zaś o tendencji wzrostowej wartości zmiennej w czasie. Wśród trendów rosnących mogą występować przypadki o nieznaczonej tendencji wzrostowej, w których nie ma zagrożenia osiągnięcia słabego stanu chemicznego wód podziemnych w punkcie pomiarowym. Są one określane jako trendy wzrostowe. Mogą też być przypadki, gdzie wzrost stężeń jest znaczny i może stanowić zagrożenie dla dobrego stanu chemicznego wód podziemnych. Aby zidentyfikować takie sytuacje (trendy znaczące) należy określić przekroczenie punktu początkowego odwrócenia zmian, określone jako 75% wartości progowej stanu dobrego. Jeżeli na podstawie przeprowadzonej analizy obserwuje się trend wzrostowy stężeń danego wskaźnika oraz przekroczenie punktu początkowego odwrócenia zmian, trend uznaje się jako znaczący i utrzymujący się trend wzrostowy. Trendy malejące, dla których przewiduje się przekroczenie wartości 75% TV, określono jako znaczące trendy malejące.

Dla wskaźników ze zidentyfikowanym znaczącym i utrzymującym się trendem wzrostowym przeprowadza się analizę statystyczną, mającą na celu wykazanie czy dany trend jest istotny statystycznie. Za trend istotny statystycznie uznaje się trend, dla którego wartość p jest równa lub mniejsza od 0,05. Przyjęty poziom ufności wynosi 95%.

Podsumowując, na podstawie analizy tendencji zmian, dla każdego punktu i dla każdego wskaźnika uzyskuje się informacje o różnych rodzajach trendu zawartych w Tabela 2:



**Tabela 2. Kryteria i zastosowanie poszczególnych rodzajów trendów w ocenie stanu JCWPd**

Rodzaje trendu wyznaczone w analizie punktowej [Symbol]	Kryteria	Zastosowanie
malejący [M]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>R^2 &gt; 0,6</math></li> <li>• <math>a &lt; 0</math></li> <li>• linia trendu nie przecina wartości 75% TV w badanym zakresie czasowym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zestawienie ilości punktów z trendami malejącymi</li> <li>– przy analizie odwrócenia trendu</li> <li>– jako test wspierający do testu C.5</li> </ul>
wzrostowy [W]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>R^2 &gt; 0,6</math></li> <li>• <math>a &gt; 0</math></li> <li>• linia trendu nie przekracza wartości 75% TV (punktu początkowego odwrócenia trendu) w badanym zakresie czasowym</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zestawienie ilości punktów z trendami wzrostowymi</li> </ul>
znaczący malejący [ZM]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>R^2 &gt; 0,6</math></li> <li>• <math>a &lt; 0</math></li> <li>• linia trendu przecina wartość 75% TV w badanym okresie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zestawienie ilości punktów z trendami znaczącymi malejącymi</li> <li>– przy analizie odwrócenia trendu</li> </ul>
znaczący i utrzymujący się trend wzrostowy [ZW]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>R^2 &gt; 0,6</math></li> <li>• <math>a &gt; 0</math></li> <li>• linia trendu przekracza wartość 75% TV (punkt początkowy odwrócenia trendu) w badanym zakresie czasowym</li> <li>• <math>p \leq 0,05</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zestawienie ilości punktów z trendami znaczącymi i utrzymującymi wzrostowo</li> <li>– spełnienie wymagań zawartych w Dyrektywach Unijnych i Rozporządzeniach krajowych</li> <li>– przy analizie trendów w obszarze JCWPd uznanych za zagrożone</li> <li>– przy analizie odwrócenia trendu</li> <li>– jako test wspierający do testu C.1</li> <li>– jako test wspierający do testu C.2/I.2</li> <li>– jako test wspierający do testu C.5</li> </ul>

Wyniki przeprowadzenia analizy tendencji zmian przedstawia się w formie tabelarycznej, gdzie dla każdego wskaźnika określony będzie rodzaj trendu (malejący lub wzrostowy) oraz informacja o tym, czy trend jest znaczący.

W celu graficznej prezentacji wyników, dla każdego wskaźnika, w każdym punkcie pomiarowym wykonuje się wykres przedstawiający przebieg zmian stężeń. Przykładowy wykres przedstawia Rysunek 2.

Ponadto wyniki analizy trendu prezentuje się na mapie oceny stanu chemicznego w postaci czarnych punktów, w których określono znaczące i utrzymujące się trendy wzrostowe oraz niebieskich punktów dla odwrócenia trendów wzrostowych (RDW, RMGMiŻŚ poz. 2148).

Początek okresu analizy: 2007  
 Koniec okresu analizy: 2019  
 Rok ekstrapolacji: 2019

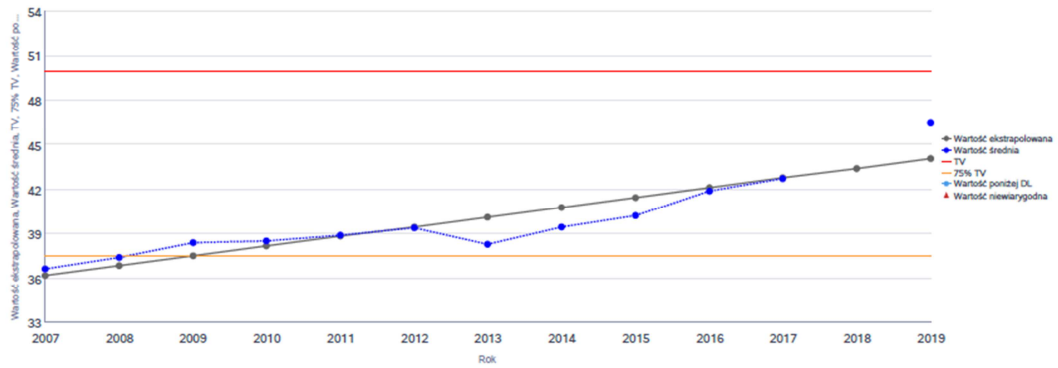
Klasyfikacja: KLASY JAKOŚCI 2018 - testy  
 Wartość dla pomiarów <DL [%]: 50  
 Wartość przekroczenia %TV: 75

Uwzględniono dane niewiaryg.: Tak  
 Wskaźnik terenowy: Nie  
 R2: 0,82635

Nazwa wskaźnika: NO<sub>3</sub>

MONBADA 505 ID Monitoring 1278 CBDH 7820024 SOH II/368/1 Identyfikator zewnętrzny

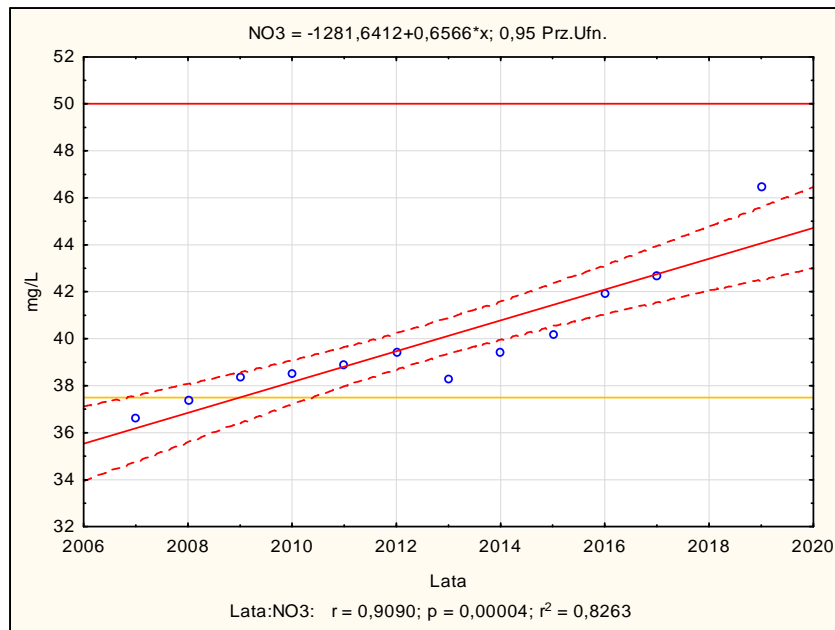
Wartość ekstrapolowana, Wartość średnia, TV, 75% TV, Wartość poniżej DL, Wartość niewiarygodna



Rysunek 2. Przykładowy wykres przedstawiający przebieg zmian stężeń wybranego wskaźnika

Dla trendów znaczących rosnących dodatkowo sporządza się wykresy uwzględniające przedział ufności 95% i wartość p. Przykładowy wykres przedstawia Rysunek 3.

### Punkt nr 505, wskaźnik NO<sub>3</sub>



Rysunek 3. Przykładowy wykres przedstawiający analizę przebiegu zmian stężeń znaczących rosnących wybranego wskaźnika

### 3.1.1.2. ANALIZA TENDENCJI ZMIAN STĘŻEŃ WSKAŹNIKÓW FIZYCZNO-CHEMICZNYCH W JCWPd UZNANYCH ZA ZAGROŻONE NIEOSIĄGNIĘCIEM CELÓW ŚRODOWISKOWYCH

#### PRZYJĘTE ZAŁOŻENIA

Zgodnie z zapisami Dyrektywy 2006/WE/118 Państwa członkowskie zobligowane są do identyfikacji znaczących i utrzymujących się trendów wzrostowych stężeń zanieczyszczeń we wszystkich JCWPd uznanych za zagrożone nieosiągnięciem celów środowiskowych. Ma to na celu określenie czy dany obszar JCWPd nie wykazuje trwałych tendencji wzrostowych wywołanych antropogenicznie. W przypadku JCWPd zagrożonych określenie tendencji wzrostowej dla obszaru może być istotne w znaczeniu nieosiągnięcia przez zbiornik wód podziemnych jego celów środowiskowych. Minimalna długość szeregu czasowego potrzebna do wykrycia trendu, przy próbkach wód pobieranych raz na rok, wynosi 8 lat. Analiza przeprowadzana jest jedynie na danych wykorzystanych do analizy tendencji wartości wskaźników fizyczno-chemicznych w punktach pomiarowych (rozdział 3.1.1.1).

Analizę tę wykonuje się na podstawie danych zagregowanych przestrzennie z reprezentatywnych punktów monitoringu wód podziemnych, z uwzględnieniem schematyzacji pionowej JCWPd na kompleksy wodonośne. Metoda analizy trendu w obszarze opiera się na średniej arytmetycznej na poziomie zbiornika wód podziemnych. W celu jej przeprowadzenia przyjmuje się, że w danym obszarze JCWPd występują minimum 2 punkty monitoringowe w obrębie jednego kompleksu wodonośnego.

Do oceny jakości dopasowania funkcji regresji wykorzystano współczynnik determinacji  $R^2$ . Do dalszej analizy zakwalifikowano te szeregi czasowe, dla których współczynnik determinacji wynosił  $R^2 > 0.6$

#### DANE POTRZEBNE DO PRZEPROWADZENIA ANALIZY

Wyniki oznaczeń składu chemicznego próbek wód podziemnych pochodzące z monitoringu wód podziemnych z zakresem czasowym obejmującym minimum 8 rocznych wartości pomiarowych, uzyskanych w ramach PMŚ oraz działalności PSH, z punktów uznanych za reprezentatywne do oceny stanu chemicznego JCWPd.

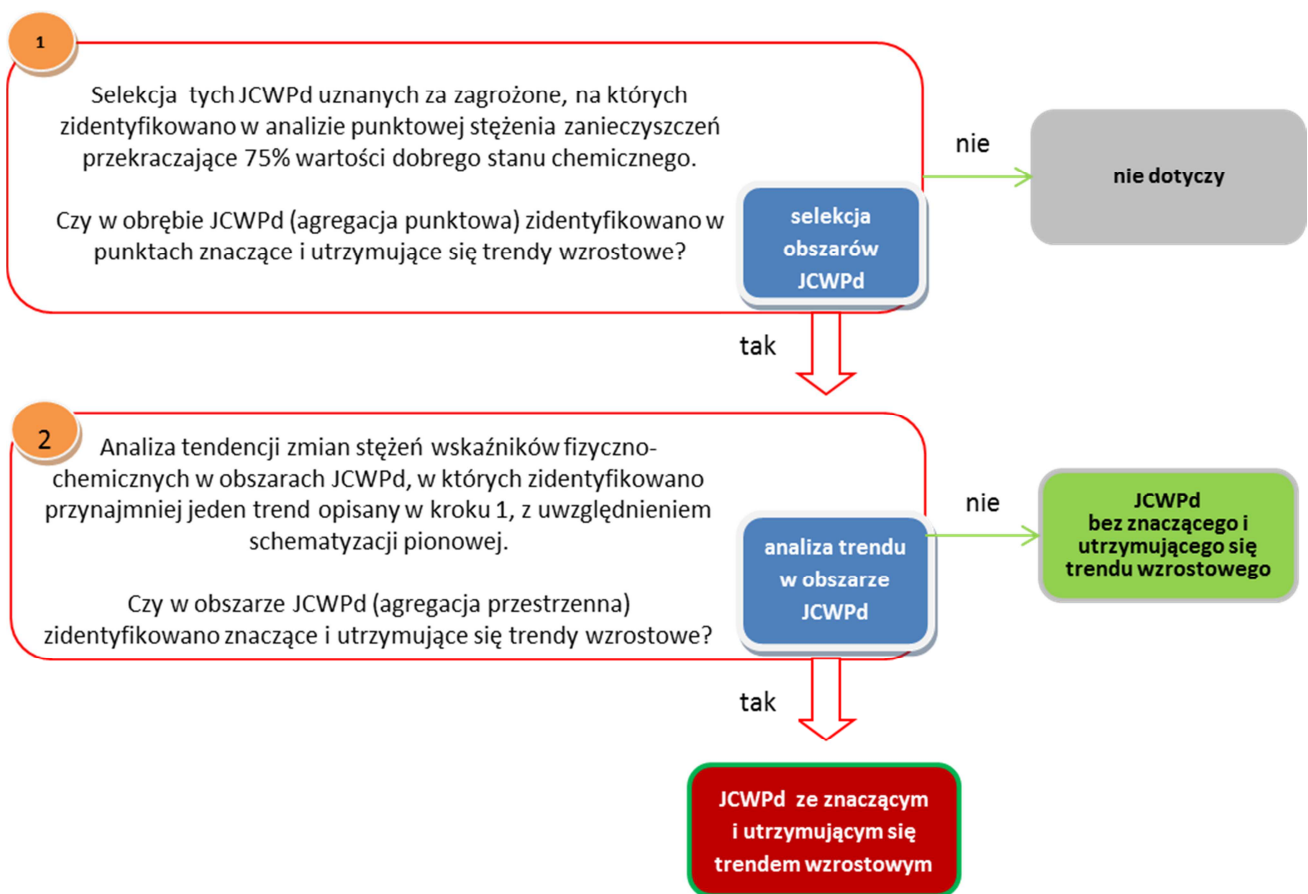
#### OPIS METODYKI

Do przeprowadzenia analizy tendencji zmian stężeń zanieczyszczeń wskaźników fizyczno-chemicznych w obrębie JCWPd uznanych za zagrożone wykorzystuje się metodę regresji liniowej opisaną w rozdziale 3.1.1.1. Aby przeprowadzić analizę na obszarze, najpierw wymagana jest selekcja tych JCWPd uznanych za zagrożone, w których punktowo występują stężenia przekraczające 75% wartości progowej dobrego stanu chemicznego (wykorzystanie wyników z analizy tendencji zmian stężeń w punktach wynikających z wpływu działalności człowieka zgodnie z rozdziałem 3.1.1.1). Następnie wykonywana jest analiza zmienności stężeń w czasie na poziomie całej jednolitej części wód podziemnych (agregacja przestrzenna) tylko dla wskaźników fizyczno-chemicznych, dla których odnotowano wspomniane wcześniej przekroczenia.

Przeprowadzana analiza opiera się zatem na agregacji danych i wykonaniu średnich na kilku etapach zarówno punktowej jak i przestrzennej z zastosowaniem następujących kryteriów:

- Agregacja danych punktowych: w analizowanych ciągach pomiarowych w punktach dopuszczono istnienie jednej brakującej wartości pomiarów lub stężeń; braki te uzupełniono średnią z sąsiadujących wartości, dzięki czemu po agregacji danych punktowych, ciągi czasowe stężeń badanego wskaźnika w analizowanym kompleksie JCWPd pozbawione będą braków;
- Agregacja przestrzenna: opiera się na średniej arytmetycznej na poziomie zbiornika wód podziemnych z uwzględnieniem schematyzacji pionowej JCWPd na kompleksy wodonośne, tzn. agregacja danych następuje jedynie w obrębie jednego kompleksu wodonośnego; w JCWPd wielokompleksowych w zależności od dostępności danych analizuje się trendy w większej liczbie kompleksów. Minimalna ilość punktów w obrębie jednego kompleksu to 2 punkty.

Rysunek 4 przedstawia schemat przeprowadzenia analizy tendencji zmian stężeń wskaźników fizyczno-chemicznych w obszarze JCWPd.



**Rysunek 4. Schemat – Analiza tendencji zmian stężeń zanieczyszczeń wskaźników fizyczno-chemicznych w obszarze JCWPd**

**Krok 1 – Selekcja tych JCWPd uznanych za zagrożone, dla których wykonana zostanie analiza obszarowa tendencji zmian stężeń zanieczyszczeń**

**Rodzaj analizy:** selekcja obszarów JCWPd.

**Cel:** Wybór tych JCWPd, dla których w analizie punktowej zidentyfikowano stężenia przekraczające 75% wartości progowej dobrego stanu chemicznego wód podziemnych

W kroku 1 wykorzystywane są wyniki otrzymane w analizie tendencji zmian w punktach (rozdział 3.1.1.1). Sprawdzane jest w którym JCWPd uznanym za zagrożone analiza punktowa wykazała trendy przekraczające 75% TV. Wskaźniki w punktach w obrębie obszaru JCWPd, dla których zidentyfikowano trendy znaczące i utrzymujące się wzrostowe wskazują, w którym JCWPd będzie wykonywana analiza trendu obszarowa i tylko te wskaźniki będą tam analizowane. Oznacza to, że w kolejnym kroku każdy obszar JCWPd będzie poddany analizie biorąc pod uwagę inny (określony w kroku 1) zestaw wskaźników fizyczno-chemicznych.

## **Krok 2 – Analiza tendencji zmian stężeń wskaźników fizyczno-chemicznych w JCWPd**

**Rodzaj analizy:** analiza trendu w obszarze JCWPd.

**Cel:** Analiza zmienności stężeń wskaźników fizyczno-chemicznych w jednolitych częściach wód podziemnych uznanych za zagrożone nieosiągnięciem celów środowiskowych

W kroku 2 przeprowadza się analizę tendencji zmian stężeń wskaźników fizyczno-chemicznych obszarową dla tych JCWPd, w których przynajmniej jeden punkt wykazał zidentyfikowane trendy opisane w kroku 1. Do analizy trendu w obrębie obszaru stosuje się takie same kryteria czasowe jak w przypadku analizy punktowej. Uwzględnia się dodatkowo schematyzację pionową JCWPd, czyli bierze się pod uwagę pogrupowanie punktów do odpowiednich kompleksów wodonośnych i wyznacza się średnią arytmetyczną, przy czym wymagane są minimum 2 punkty w obrębie jednego kompleksu wodonośnego.

Zidentyfikowanie znaczącego i utrzymującego się trendu wzrostowego w analizowanym obszarze jest informacją i dopełnieniem końcowej oceny stanu JCWPd. Wyniki obszarowej analizy tendencji zmian mają znaczenie przy rozważaniu ewentualnego, powszechnego ryzyka dla środowiska spowodowanego przez zanieczyszczenia np. z rozproszonych ognisk zanieczyszczeń.

Wyniki analizy trendu dla obszarów JCWPd prezentuje się na mapie w postaci kodów barwnych:

- Obszar JCWP wykazujący znaczącą i utrzymującą się tendencję wzrostową – **barwa czerwona**
- Obszar JCWP nie wykazujący znaczącej i utrzymującej się tendencji wzrostowej – **barwa zielona**

Ponadto dla każdego obszaru JCWPd, dla którego zidentyfikowano znaczący i utrzymujący się trend wzrostowy wykonany zostanie wykres przedstawiający zidentyfikowaną tendencję zmian.

### 3.1.1.3. ANALIZA ODWRÓCENIA TENDENCJI WARTOŚCI WSKAŹNIKÓW FIZYCZNO-CHEMICZNYCH

#### PRZYJĘTE ZAŁOŻENIA

Zgodnie z wytycznymi zawartymi w poradnikach UE, minimalna długość szeregu czasowego potrzebna do wykrycia odwrócenia trendu, przy próbkach wód pobieranych raz na rok, wynosi 14 lat.

W przypadku, gdy w danym roku wykonano więcej niż jedno oznaczenie składu chemicznego wód podziemnych w punkcie, dla każdego wskaźnika fizyczno-chemicznego należy obliczyć średnią arytmetyczną, tzw. „wartość regularyzowaną”. Wartość tę należy wykorzystywać do dalszych obliczeń.

Podobnie jak w przypadku analizy tendencji zmian stężeń wskaźników fizyczno-chemicznych w punktach monitoringu wód podziemnych wartości stężeń wskaźników fizyczno-chemicznych, zapisanych jako wyniki poniżej granicy oznaczalności (<LOQ), do dalszych obliczeń, należy zastąpić połową LOQ (<LOQ = 0,5 LOQ, Dyrektywa 2009/90/).

W przypadku braku danych w analizowanym ciągu pomiarowym, brakujące wartości należy uzupełnić średnią arytmetyczną obliczoną z sąsiadujących pomiarów dla danego wskaźnika z danego punktu pomiarowego. Wyjątkiem są dane na początku i na końcu badanego szeregu czasowego, wartości te nie są brane do analiz. Analizę przeprowadza się jedynie dla punktów i wskaźników, dla których liczba brakujących danych jest nie większa niż 1 a liczba wartości poniżej granicy oznaczalności (<LOQ) jest nie większa niż 2. Takie założenie pozwala rozszerzyć analizowany zbiór punktów.

Do oceny jakości dopasowania funkcji regresji wykorzystano współczynnik determinacji  $R^2$ . Do analizy odwrócenia tendencji zmian zakwalifikowano te szeregi czasowe, dla których współczynnik determinacji  $R^2 > 0,6$ .

#### DANE POTRZEBNE DO PRZEPROWADZENIA ANALIZY

Wyniki oznaczeń składu chemicznego próbek wód podziemnych pochodzące z monitoringu wód podziemnych z zakresem czasowym obejmującym minimum 14 lat pomiarowych, uzyskanych w ramach PMŚ oraz działalności PSH, z punktów uznanych za reprezentatywne do oceny stanu chemicznego JCWPd.

#### OPIS METODYKI

W celu wykonania analizy odwrócenia zmian stężeń zanieczyszczeń należy określić punkt początkowy odwrócenia trendu. Przyjęto, że punktem początkowym inicjowania działań mających odwrócić znaczące i utrzymujące się trendy wzrostowe jest stan, w którym stężenie substancji zanieczyszczającej osiągnęło poziom to 75% wartości progowej stanu dobrego. Jeżeli na podstawie przeprowadzonej analizy obserwuje się trend wzrostowy stężeń danego wskaźnika i przekroczenie punktu początkowego odwrócenia zmian, trend należy uznać za znaczący i utrzymujący się trend wzrostowy i należy uwzględnić go w dalszej analizie.

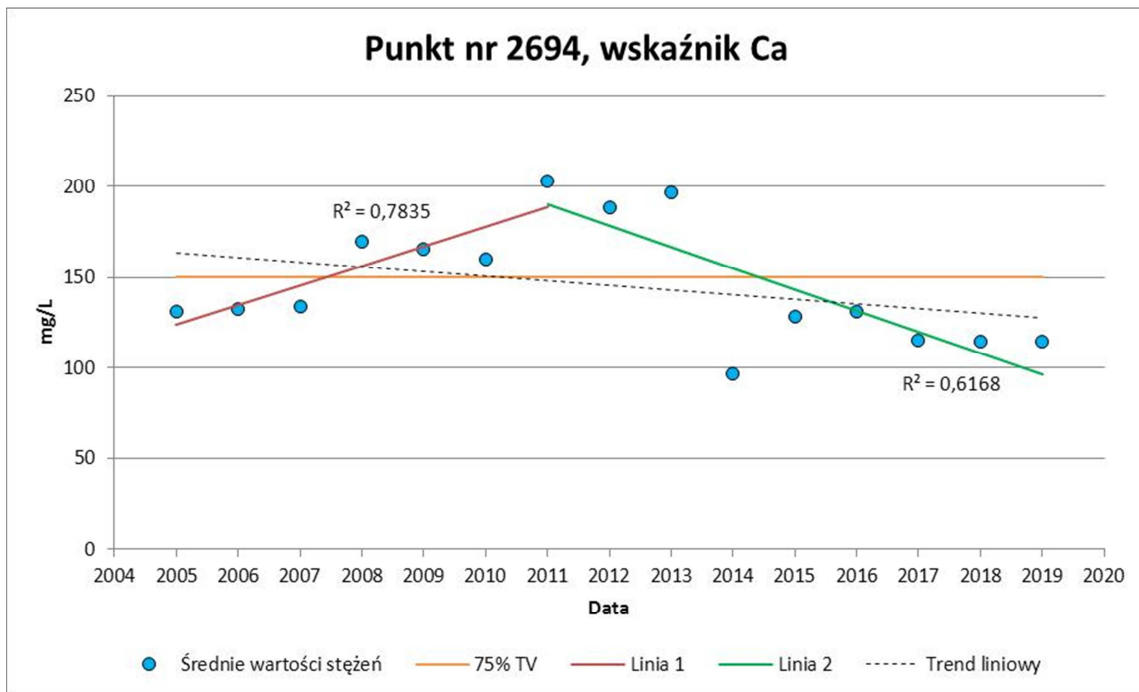
Do przeprowadzenia analizy odwrócenia tendencji zmian zastosowano poszerzoną metodę regresji liniowej. Jest to model dwuliniowy, w którym następuje jedno załamanie w badanym przedziale czasowym. Odwrócenie trendu można zrobić tylko wtedy, gdy w pierwszym okresie czasowym zaobserwowano znaczący i utrzymujący się trend wzrostowy (pierwsza linia z minimum 4 wartościami pomiarowymi) a w kolejnym

trend malejący (druga linia z minimum 4 wartościami pomiarowymi). Każda linia charakteryzuje się następującymi parametrami:

- współczynnik kierunkowy prostej (nachylenie prostej) – informujący o tym, czy trend jest rosnący czy malejący,
- stała – współczynnik przesunięcia trendu,
- współczynnik dopasowania prostej  $R^2$ ,
- $p$  – istotność statystyczna (wartość  $p$ ).

Ujemna wartość współczynnika kierunkowego prostej informuje o malejącym trendzie stężeń danego wskaźnika, wartość dodatnia oznacza trend rosnący. Do oceny jakości dopasowania funkcji regresji wykorzystuje się współczynnik determinacji  $R^2$ . Za trend istotny statystycznie uznaje się trend, dla którego wartość statystyczna  $p$  jest równa lub mniejsza od 0,05 ( $p \leq 0,05$ ).

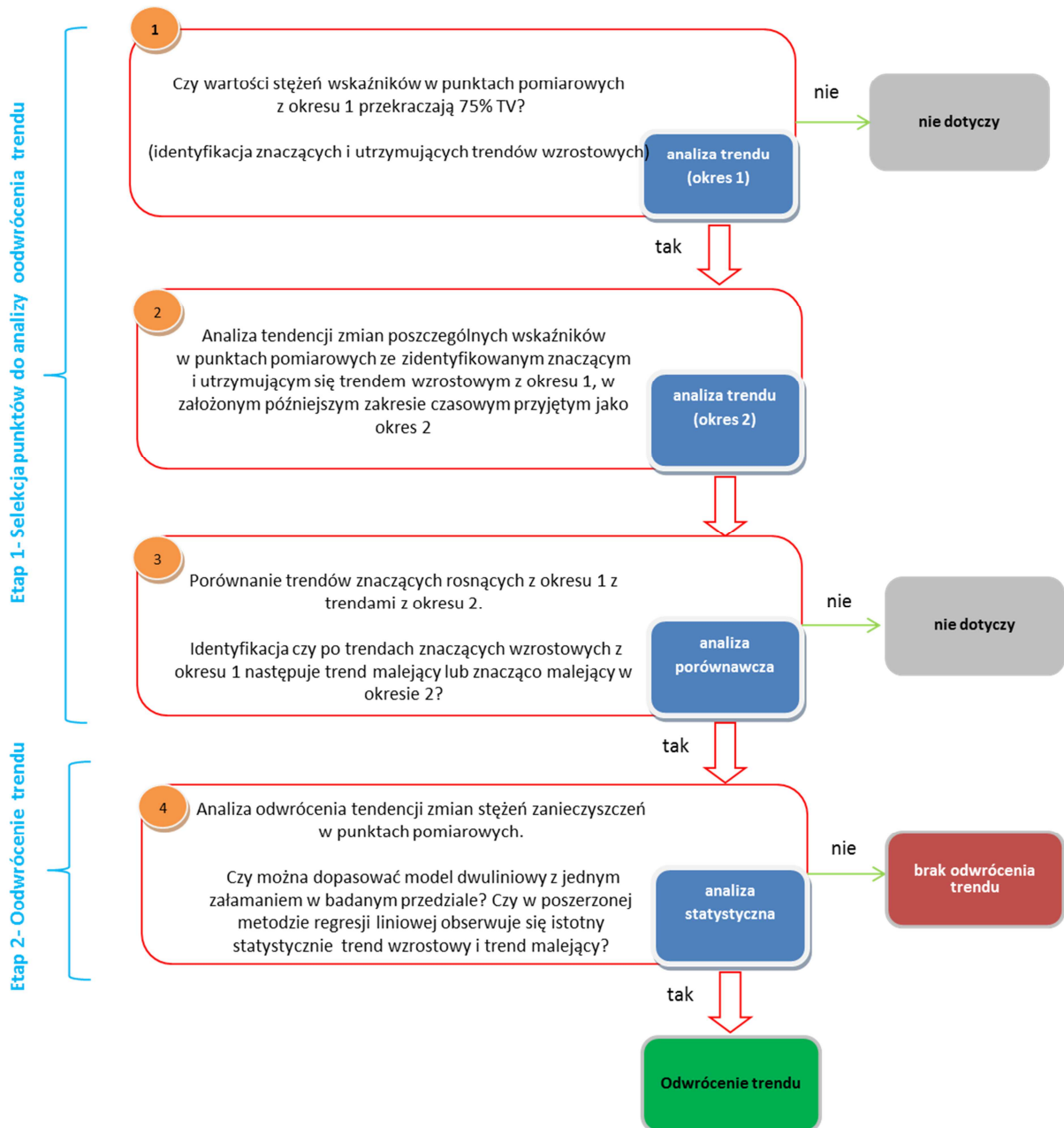
W celu graficznej prezentacji wyników, dla każdego wskaźnika, w każdym punkcie pomiarowym, w którym zidentyfikowano odwrócenie trendu wykonuje się wykres. Przykładowy wykres przedstawia Rysunek 5.



**Rysunek 5. Przykładowy wykres przedstawiający odwrócenie tendencji zmian stężeń wybranego wskaźnika**  
**Objaśnienia:**

Tabela wartości współczynników					
Linia 1		Linia 2		Trend liniowy	
$y = -21509,3142 + 10,7898 \cdot x$		$y = 23743,5381 - 11,7473 \cdot x$		$y = 5290,6375 - 2,5572 \cdot x$	
współczynnik dopasowania $R^2$	0,7835	współczynnik dopasowania $R^2$	0,6168	współczynnik dopasowania $R^2$	0,1207
współczynnik kierunkowy	10,7898	współczynnik kierunkowy	-11,7473	współczynnik kierunkowy	-2,5572
wartość $p$	0,0081	wartość $p$	0,0121	wartość $p$	0,2045

Schemat metodyki uwzględniono na Rysunek 7.



Rysunek 6. Schemat przeprowadzenia analizy odwrócenia tendencji wartości wskaźników fizyczno-chemicznych

### Etap 1 –Selekcja punktów pomiarowych do analizy odwrócenia tendencji zmian

Etap 1 ma celu przygotowanie i wstępną selekcję punktów wraz ze wskaźnikami fizyczno-chemicznymi i opiera się na analizie tendencji zmian w dwóch szeregach czasowych, przyjętych jako okres 1 i okres 2. Dla każdego z okresów stosuje się te same kryteria jak w analizie trendu w punktach, czyli minimum 8 wartości pomiarów rocznych. Ważne jest że zakresy czasowe nie powinny na siebie nachodzić (brak możliwości porównania danych) ani być od siebie znacznie oddzielone (aby nie doszło do utworzenia luki pomiarowej). Przykład prawidłowego wyznaczenia przedziału czasowego: 2005–2014 (okres 1) i 2014–2021 (okres 2). Porównanie tendencji zmian stężeń wskaźników w różnych latach (przedziałach czasowych) daje możliwość obserwacji zmiany trendów z wzrostowych na malejące a tym samym identyfikuje wskaźniki, dla których należy wykonać odwrócenie trendu.



### **Krok 1 – Wybór punktów pomiarowych ze znaczącymi i utrzymującymi się trendami wzrostowymi**

**Rodzaj analizy:** trendu.

**Cel:** identyfikacja punktów pomiarowych ze znaczącymi i utrzymującymi się trendami wzrostowymi w okresie 1

W kroku 1 sprawdza się, w których punktach pomiarowych i wskaźnikach w okresie 1 przewiduje się przekroczenie punktu początkowego odwrócenia zmian (75% wartości progowej dobrego stanu). W tym celu przeprowadza się prognozę analizy tendencji zmian stężeń wskaźników fizyczno-chemicznych.

Punkty, w których zaobserwowano znaczący i utrzymujący się trend wzrostowy przechodzą do dalszej analizy.

### **Krok 2 – Analiza tendencji zmian stężeń zanieczyszczeń dla punktów i wskaźników wyselekcjonowanych w kroku 1**

**Rodzaj analizy:** trendu.

**Cel:** analiza tendencji zmian stężeń zanieczyszczeń w okresie 2

W kroku 2, przeprowadza się analizę tendencji zmian stężeń dla punktów, które w okresie 1 zidentyfikowano znaczący i utrzymujący trend wzrostowy.

### **Krok 3 – Porównanie wyników analizy tendencji zmian stężeń w dwóch zakresach czasowych**

**Rodzaj analizy:** porównanie.

**Cel:** porównanie i zidentyfikowanie, w których punktach i wskaźnikach nastąpiła zmiana rodzaju trendu ze znaczącego i utrzymującego się trendu wzrostowego z okresu 1 na trend malejący lub znacząco malejący w okresie 2

W kroku 3, porównano wyniki analiz, które zostały wyselekcjonowane w kroku 1 jako trendy znaczące i utrzymujące się wzrostowo z wynikami analiz otrzymanymi w kroku 2. Punkty, w których zaobserwowano zmianę rodzaju trendu z rosnącego na malejący lub znacząco malejący przechodzą do dalszej analizy.

### **Etap 2 – Analiza odwrócenia trendu**

Etap 2 ma na celu wykonanie analizy odwrócenia trendu dla wskaźników wyselekcjonowanych w etapie 1. Przyjęty zakres czasowy jest dłuższy niż dla zwykłej analizy tendencji zmian, ponieważ minimalna wartość rocznych pomiarów nie może być mniejsza niż 14.

### **Krok 1 – Analiza tendencji odwrócenia zmian stężeń zanieczyszczeń wyselekcjonowanych w kroku 3**

**Rodzaj analizy:** statystyczna.

**Cel:** identyfikacja, w których punktach pomiarowych i w jakich wskaźnikach fizyczno-chemicznych nastąpiło odwrócenie trendu

W kroku 1, sprawdza się, które punkty i wskaźniki fizyczno-chemiczne spełniają kryteria niezbędne do przeprowadzenia oceny odwrócenia trendu. W tym celu przeprowadza się analizę tendencji zmian stężeń w rozszerzonym zakresie czasowym, który zapewnia minimum 14 wartości pomiarowych rocznych wartości pomiarowych. A następnie przeprowadza się analizę odwrócenia trendu. W tym celu dopasowuje się model dwuodcinkowy do sporządzonych wcześniej wykresów z pojedynczymi trendami liniowymi. W poszerzonym modelu regresji dwuliniowej sprawdzana jest istotność statystyczna. W przypadku, gdy dla dopasowanych dwóch linii prostych regresji liniowych stwierdzono istotność statystyczną a dla modelu z jedną prostą regresji liniowej nie wykazano istotności statystycznej stwierdzamy odwrócenie trendu.

Podsumowując odwrócenie trendu następuje jeżeli:

Dla linii pierwszej wykazano:

- Trend rosnący dla minimum 4 wartości pomiarowych,
- Dopasowanie funkcji regresji:  $R^2 > 0,6$ ,
- Istotność statystyczną: wartość  $p \leq 0,05$ .

Dla linii drugiej wykazano:

- Trend malejący dla minimum 4 wartości pomiarowych,
- Dopasowanie funkcji regresji:  $R^2 > 0,6$ ,
- Istotność statystyczną: wartość  $p \leq 0,05$ .

### 3.1.2. TEST C.1 – OGÓLNA OCENA STANU CHEMICZNEGO

#### WPROWADZENIE

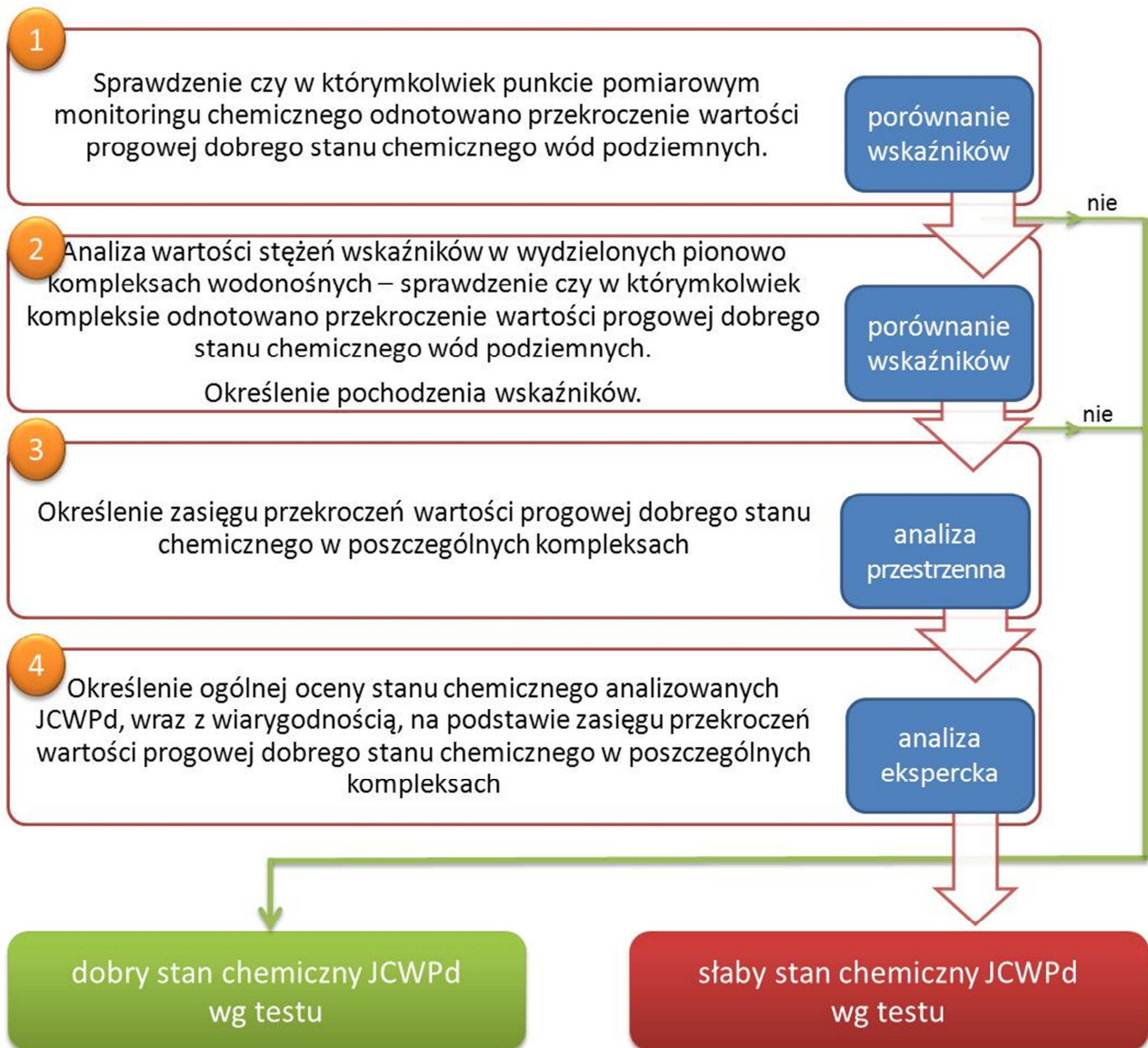
Test C.1, Ogólna ocena stanu chemicznego JCWPd, wykonywany jest w celu identyfikacji ryzyka związanego z zanieczyszczeniem wód podziemnych w całym obszarze JCWPd poprzez ustalenie zakresu wskaźników wpływających na słaby stan chemiczny JCWPd a także przestrzennego zasięgu zanieczyszczenia wód podziemnych. W pierwszym kroku oceny stanu chemicznego przeprowadza się, na podstawie analizy jakości wody w punktach pomiarowych, porównanie wartości stężeń wskaźników z obowiązującymi wartościami progowymi stanu dobrego (GWB-TV). W etapie tym dokonuje się także agregacji wartości stężeń w poszczególnych punktach monitoringowych. W kolejnych krokach dokonuje się analizy wartości stężeń w wydzielonych kompleksach wodonośnych w jednolitej części wód podziemnych oraz w obszarze całej JCWPd. W etapie tym dokonuje się także agregacji wyników punktowych w wydzielonych kompleksach wodonośnych w jednolitej części wód podziemnych oraz w obszarze całej JCWPd.

Warunkiem określenia dobrego stanu chemicznego JCWPd w teście jest wykazanie braku przekroczeń wartości progowej dobrego stanu chemicznego, a w przypadku gdy występują przekroczenia wykazanie, że obszar na którym zidentyfikowano to przekroczenie nie jest większy od 20% całkowitej powierzchni JCWPd dla jednokompleksowych i 40% dla wielokompleksowych.

Aby móc wykonać ogólną ocenę stanu chemicznego JCWPd konieczna jest znajomość hydrodynamiki badanej jednostki. Informacje te dostępne są w postaci charakterystyk JCWPd, modeli koncepcyjnych, a w niektórych przypadkach w postaci modeli numerycznych JCWPd. Niezbędne dane, potrzebne do przeprowadzenia testu to wyniki oznaczenia składu chemicznego próbek wód z okresu, którego dotyczy ocena stanu, wyniki analizy hydrochemicznej wód podziemnych, wyniki analizy tendencji zmian stężeń wskaźników fizyczno-chemicznych w punktach pomiarowych i w obszarze JCWPd uznane za zagrożone nieosiągnięciem celów środowiskowych a także wyniki analizy presji dla poszczególnych części i subczęści wód podziemnych.

W celu zapewnienia wysokiej wiarygodności oceny, do analizy i interpretacji wyników badań monitoringu chemicznego w teście C.1 – Ogólna ocena stanu chemicznego, należy wykorzystać jedynie wyniki analiz chemicznych, dla których obliczony błąd analizy nie przekracza 10%. Z dalszej analizy należy wykluczyć także punkty położone w obszarach współwystępowania zwykłych wód podziemnych z wodami mineralnymi. Próbkę pobrane z punktów położonych w obszarach współwystępowania zwykłych wód podziemnych z wodami mineralnymi charakteryzują się wielojonowym składem chemicznym i wysoką mineralizacją.

Algorytm testu ogólnej oceny stanu chemicznego przedstawia (Rysunek 7).



Rysunek 7. Schemat testu C.1. – Ogólna ocena stany chemicznego JCWPd

Jeśli w żadnym punkcie monitoringowym na obszarze analizowanej jednostki nie stwierdza się przekroczenia wartości progowych wskaźników zanieczyszczeń, to stan chemiczny jednolitej części wód podziemnych określa się jako dobry. W przypadku, gdy w co najmniej jednym punkcie monitoringowym wartości stężeń z ostatniego analizowanego roku przekraczają wartości progowe dobrego stanu chemicznego wód podziemnych, konieczna jest dalsza analiza jakości wód podziemnych.

Z uwagi na skomplikowaną budowę geologiczną i warunki hydrogeologiczne na przeważającym obszarze Polski oraz fakt występowania wód podziemnych w JCWPd w wielopoziomowych strukturach mających charakter wielopiętrowych jednostek hydrogeologicznych składających się najczęściej z kilku pięter, a niekiedy nawet ponad dziesięciu poziomów wodonośnych stwierdzono, że objęcie monitoringiem wszystkich poziomów czy pięter nie jest możliwe. Dlatego pogrupowano poszczególne poziomy i/lub piętra w trzy kompleksy wodonośne, uwzględniając zarówno warunki hydrogeologiczne, dynamikę krążenia wód oraz presję wywieraną na nie. I tak:

1. **Pierwszy kompleks wodonośny** to poziomy wodonośny o zwierciadle swobodnym, lokalnie napiętym, pozostające w bezpośrednim kontakcie z wodami powierzchniowymi i ekosystemami zależnymi od wód. **Charakteryzuje się on zazwyczaj wysoką podatnością na zanieczyszczenie z powierzchni terenu.**
2. **Drugi kompleks wodonośny** tworzą poziomy wodonośny o zwierciadle napiętym, niepozostające w bezpośrednim kontakcie hydraulicznym z wodami pierwszego kompleksu. **Kompleks ten często stanowi podstawę zbiorowego zaopatrzenia w wodę do spożycia.**
3. **Trzeci kompleks wodonośny** to najniżej rozpoznane użytkowe poziomy wodonośnych, **pozostające niekiedy w kontakcie z niżej występującymi poziomami wód słonych.**

Wymogi RDW w stosunku do wód podziemnych wskazują na konieczność traktowania różnych użytkowników/odbiorców wód podziemnych (społeczeństwo, ekosystemy lądowe, wody powierzchniowe) równorzędnie. Kompleksy pierwszy i drugi mają największe znaczenie użyteczności w zaopatrzeniu ludzi w wodę pitną oraz pozostają w relacjach z ekosystemami lądowymi zależnymi od wód podziemnych i wodami powierzchniowymi. Dlatego przy określaniu stanu chemicznego całej JCWPd, stan tych kompleksów ma decydujące znaczenie. Ze względu na to, że wody trzeciego kompleksu wodonośnego mogą lokalnie współwystępować z wodami mineralnymi i często nie mają znaczenia użytkowego, przyjęto, że stan chemiczny w danej JCWPd określany jest jako dobry pomimo stwierdzonych przekroczeń wartości progowych (GWB-TV) w tym kompleksie.

Zaktualizowane przez PIG-PIB w 2020 roku charakterystyki oraz geobaza JCWPd, będące zbiorem danych o jednolitych częściach wód podziemnych, pozwalają na przyporządkowanie wszystkich punktów pomiarowych monitoringu wód podziemnych do wydzielonych w pionie kompleksów wodonośnych. Odkryto się to poprzez analizę profili hydrogeologicznych punktów monitoringowych, przekrojów hydrogeologicznych w obszarach JCWPd a czynnikami decydującymi była stratygrafia ujmowanych utworów, głębokość występowania stropu warstw wodonośnych, charakter i położenie zwierciadła wody.

Analiza przebiega w odniesieniu do kompleksów wodonośnych. Obliczane są średnie wartości stężeń poszczególnych wskaźników z punktów monitoringowych ujmujących badane kompleksy wodonośne z poszczególnych lat. Agregacja danych daje poglądowe spojrzenie na średnie wartości stężeń poszczególnych wskaźników w kompleksach i w JCWPd. Brak przekroczeń wartości progowej dobrego stanu chemicznego wód podziemnych dla wartości średnich pozwala przypuszczać, że odnotowane przekroczenia TV w pojedynczych punktach występują lokalnie i nie mają wpływu na stan chemiczny w całej jednostce. Wartości stężeń poszczególnych wskaźników w punktach monitoringowych ujmujących badany kompleks wodonośny porównuje się z wartościami progowymi stanu chemicznego dobrego w celu ustalenia stanu chemicznego kompleksów w danej JCWPd. Następnie ustalany jest zasięg przekroczeń wartości progowej dobrego stanu chemicznego wód podziemnych. W ostatnim kroku ustala się ogólny stan chemiczny JCWPd na podstawie wyników oceny stanu chemicznego poszczególnych kompleksów wodonośnych oraz ich wiarygodność.

#### DANE POTRZEBNE DO PRZEPROWADZENIA TESTU

- wyniki oznaczeń składu chemicznego próbek wód podziemnych uzyskanych w ramach monitoringu stanu chemicznego funkcjonującego w PMŚ oraz z działalności PSH, z roku dla którego wykonywana jest ocena stanu;

- wyniki analizy presji dla poszczególnych części wód podziemnych;
- modele pojęciowe i charakterystyki JCWPd;
- geobaza JCWPd.

### **Wskaźniki fizyczno-chemiczne**

Podstawą do wykonania oceny stanu chemicznego są wyniki analiz wskaźników fizyczno-chemicznych oznaczanych podczas monitoringu chemicznego wód podziemnych z roku dla którego wykonywana jest ocena.

Zgodnie z aktualnym stanem prawnym, lista wskaźników fizyczno-chemicznych koniecznych do uwzględnienia podczas monitoringu diagnostycznego stanu chemicznego wód podziemnych jest regulowana Rozporządzeniem Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 9 października 2019 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2019 poz. 2147) i zawiera 32 wskaźniki (odczyn pH, ogólny węgiel organiczny, przewodność elektrolityczna właściwa w 20°C, temperatura, tlen rozpuszczony, antymon, jon amonowy, arsen, azotany, azotyny, bor, chlorki, chrom, cyjanki wolne, fluorki, fosforany, glin, kadm, magnez, mangan, miedź, nikiel, ołów, potas, rtęć, siarczany, selen, srebro, sól, wapń, wodorowęglany, żelazo). Dodatkowo oznacza się 10 następujących wskaźników nieorganicznych wybranych spośród nieobowiązkowych wskaźników określonych w załączniku 6 ww rozporządzenia: bar, beryl, cyna, cynk, kobalt, molibden, tal, tytan, uran i wanad oraz 5 wskaźników organicznych: pestycydy, trichloroeten, tetrachloroeten, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne WWA, indeks fenolowy.

Zakres monitoringu operacyjnego stanu chemicznego jednolitych części wód podziemnych określony w RMGMIŻŚ z dnia 9 października 2019 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2019 poz. 2147) obejmuje pomiary wskaźników fizykochemicznych określonych w załączniku nr 6 do ww rozporządzenia, z tym, że są to wskaźniki charakteryzujące rodzaj zidentyfikowanych oddziaływań antropogenicznych mających wpływ na badane wody podziemne oraz wskaźniki, których wartości, stwierdzone na podstawie monitoringu diagnostycznego stanu chemicznego jednolitych części wód podziemnych, są wyższe od wartości progowych dobrego stanu chemicznego.

W odniesieniu do wskaźników, które powinny być brane pod uwagę w ocenie stanu chemicznego wód podziemnych, zgodnie z zaleceniami DWP, procedurę oceny stanu powinno przeprowadzać się w stosunku do zanieczyszczeń, które przyczyniły się do zaklasyfikowania JCWPd lub grupy takich części jako „zagrożone”. Podczas pierwszych lat funkcjonowania monitoringu przeprowadzono ocenę presji wywieranej na wody podziemne, określając jakie substancje i wskaźniki mogą mieć podwyższone wartości wywołane tą presją i stwierdzono, że zakres badań uwzględniający wyżej wymienione wskaźniki nieorganiczne w pełni je obejmuje.

## OPIS METODYKI

**Krok 1:** porównanie wartości stężeń z wartościami progowymi dobrego stanu chemicznego wód podziemnych.

**Rodzaj analizy:** porównanie wskaźników

**Cel:** sprawdzenie, czy (i w odniesieniu do jakich wskaźników) nastąpiło przekroczenie wartości stężeń wskaźników w stosunku do wartości progowych.

W kroku tym sprawdza się, czy w obszarze JCWPd w jakimkolwiek punkcie monitoringowym wystąpiło przekroczenie wartości progowej dobrego stanu chemicznego wód podziemnych dla wartości stężeń z ostatniego analizowanego roku. Jeżeli nie wystąpiło, JCWPd przypisuje się dobry stan chemiczny, w przeciwnym przypadku przystępuje się do realizacji kroku 2.

W przypadku, gdy w danym punkcie w ciągu roku pobrano więcej niż jedną próbkę do przeprowadzenia analizy fizyczno-chemicznej, do dalszych obliczeń przyjęto wartość równą średniej arytmetycznej stężeń badanych elementów fizyczno-chemicznych, tzw. „wartość regularyzowana”. Wartości oznaczeń poniżej granicy oznaczalności (<LOQ) zastąpiono wartościami równymi połowie granicy oznaczalności (<LOQ = 1/2 LOQ) zgodnie z wymogami Dyrektywy 2009/90/WE.

**Krok 2 – analiza wartości stężeń wskaźników w wydzielonych pionowo kompleksach wodonośnych i w JCWPd dla ostatniego badanego roku**

**Rodzaj analizy:** porównanie wskaźników

**Cel:** sprawdzenie, czy (i w odniesieniu do jakich wskaźników) nastąpiło przekroczenie wartości stężeń wskaźników w stosunku do wartości progowych.

Jeżeli wartości stężeń poszczególnych wskaźników wskazują na przekroczenie wartości progowej dobrego stanu chemicznego w co najmniej jednym punkcie monitoringowym, to kolejnym etapem analizy jest sprawdzenie, na ile przekroczone wartości stężeń stanowią zagrożenie dla jakości wód podziemnych w kontekście całej jednolitej części wód podziemnych.

W pierwszym kroku analizy dokonuje się porównania otrzymanych wartości stężeń poszczególnych wskaźników w punktach monitoringowych ujmujących badany kompleks wodonośny z wartościami progowymi dobrego stanu chemicznego wód podziemnych. W przypadku nieprzekroczenia wartości progowej dobrego stanu chemicznego uznaje się badany kompleks wodonośny za będący w dobrym stanie chemicznym, w przeciwnym razie należy przeanalizować charakter wskaźników i określić ich pochodzenie (geogeniczne czy antropogeniczne?). Porównanie to wykonuje się dla danych z ostatniego badanego roku.

**Krok 3 – określenie zasięgu przekroczeń wartości progowej dobrego stanu chemicznego w poszczególnych kompleksach i w JCWPd**

**Rodzaj analizy:** przestrzenna

**Cel:** określenie zasięgu przekroczeń wartości progowej dobrego stanu chemicznego

Zasięg przekroczeń wartości progowej dobrego stanu chemicznego wyznacza się biorąc pod uwagę stosunek całkowitej powierzchni JCWPd do powierzchni scalonych zlewni wód powierzchniowych, w których zlokalizowane

są punkty monitoringowe, w których odnotowano przekroczenie wartości progowych dobrego stanu chemicznego wód podziemnych. Wykorzystanie powierzchni scalonych części wód powierzchniowych (SCWP) jest szczególnie uzasadnione w przypadku wód pierwszego kompleksu wodonośnego, ponieważ są to głównie wody o zwierciadle swobodnym, pozostające w relacjach z wodami powierzchniowymi i ekosystemami lądowymi zależnymi od wód podziemnych. Kompleks drugi to wody poziomów użytkowych o zwierciadle napiętym, lokalnie swobodnym, bardzo często o zasięgu regionalnym wykraczającym poza granice danej JCWPd. W tym przypadku określenie zasięgu zanieczyszczenia stwierdzonego w punkcie badawczym jest bardziej skomplikowane i powinno być wykonane przez eksperta – hydrogeologa. Wymaga to wykorzystania szeregu dodatkowych danych źródłowych i informacji o systemie hydrogeologicznym, np. z modelu pojęciowego JCWPd, bazy danych MhP (jednostki hydrogeologiczne MhP) i innych. Należy również wykorzystać metody interpretacji przestrzennej oparte na interpolacji i ekstrapolacji wartości stężeń oznaczonych w punktach badawczych, posiłkując się wiedzą o warunkach filtracji i transportu substancji w wodach podziemnych.

Zasięg przekroczeń wartości progowej dobrego stanu chemicznego obliczany jest dla każdego punktu monitoringowego, w którym odnotowano przekroczenie GWB-TV. W sytuacji, gdy jest więcej niż jeden obszar przekroczeń wartości progowej dobrego stanu chemicznego, obliczone powierzchnie są sumowane.

#### **Krok 4 – Ogólna ocena stanu chemicznego jednolitych części wód podziemnych**

**Rodzaj analizy:** ekspercka

**Cel:** ogólna ocena stanu chemicznego wód podziemnych w JCWPd

Ogólna ocena stanu chemicznego analizowanych JCWPd określana jest na podstawie sumarycznego zasięgu przekroczeń wartości progowej dobrego stanu chemicznego w poszczególnych kompleksach wodonośnych.

Uwzględniając wielokompleksowość JCWPd, ustalono, że maksymalna dopuszczalna powierzchnia zasięgu zanieczyszczeń w JCWPd jednokompleksowych wynosi 20% powierzchni JCWPd. W wielokompleksowych JCWPd, gdy w pierwszym kompleksie wodonośnym odnotowano przekroczenie wartości progowej dobrego stanu chemicznego a w drugim nie, maksymalny zasięg zanieczyszczeń może wynosić 40%. W sytuacji, gdy nie odnotowano przekroczeń w pierwszym kompleksie tylko w drugim, maksymalny dopuszczalny zasięg przekroczeń wartości progowej dobrego stanu może wynosić 20% analizowanej JCWPd. Związane jest to z tym, że wody drugiego kompleksu stanowią na ogół poziomy użytkowe. Jeżeli JCWPd, w której istnieją co najmniej dwa kompleksy wodonośne, i w obu odnotowano przekroczenie wartości progowej dobrego stanu chemicznego, suma oszacowanych zasięgów przekroczeń wartości progowej dobrego stanu dla obu kompleksów nie może przekraczać 40%, przy czym w kompleksie drugim zasięg odnotowanych przekroczeń TV nie może być większy od 20% (Tabela 3). W końcowej ocenie stanu chemicznego JCWPd brane są wyniki analizy tendencji stężeń i wartości pomiarów wskaźników fizyczno-chemicznych i wartości średnie obliczone na podstawie danych z ostatnich sześciu lat. Wynik analizy tendencji zmian służy identyfikacji znaczących i utrzymujących się trendów wzrostowych stężeń zanieczyszczeń w punktach jak i w obszarze całej JCWPd. Wyniki tej analizy a także zestawienie wartości średnich stężeń z ostatnich sześciu lat dają podstawę do tego aby stwierdzić czy odnotowane przekroczenia wartości progowej dobrego stanu chemicznego JCWPd mają charakter incydentalny czy trwałe. Jest to zatem informacja wspomagająca wynik oceny stanu chemicznego według testy C.1.

Ostatnim elementem kroku jest określenie wiarygodności oceny stanu JCWPd. Jako kryterium wiarygodności przyjęto liczbę punktów wykorzystanych do oceny danej JCWPd (Tabela 3).



Tabela 3. Test C.1 – Kryteria oceny stanu i jej wiarygodności JCWPd

Przypadek	Kompleks 1		Kompleks 2		Stan chemiczny JCWPd	Wiarygodność oceny stanu
	Stan kompleksu	Zasięg przekroczeń wartości progowej dobrego stanu chemicznego	Stan kompleksu	Zasięg przekroczeń wartości progowej dobrego stanu chemicznego		
1	dobry	<20%	brak danych		dobry	DD
2						DN
3	słaby	>20%	brak danych		słaby	SD
4						SN
5	brak danych		dobry	<20%	dobry	DD
6						DN
7	brak danych		słaby	>20%	słaby	SD
8						SN
9	dobry	<40%	dobry	brak przekroczeń wartości progowej dobrego stanu chemicznego	dobry	DD
10						DN
11	słaby	>40%	dobry	brak przekroczeń wartości progowej dobrego stanu chemicznego	słaby	SD
12						SN
13	dobry	brak przekroczeń wartości progowej dobrego stanu chemicznego	dobry	<20%	dobry	DD
14						DN
15	dobry	brak przekroczeń wartości progowej dobrego stanu chemicznego	słaby	>20%	słaby	SD
16						SN
17	dobry	<20%	dobry	<20%	dobry	DD
18						DN
19	słaby	>20%	słaby	>20%	słaby	SD
20						SN
21	słaby	>20%	dobry	<20%	dobry $\Sigma < 40\%$	DD
22						DN
23	słaby	>20%	dobry	<20%	słaby $\Sigma > 40\%$	SD
24						SN
25	dobry	<20%	słaby	>20%	dobry $\Sigma < 40\%$	DD
26						DN
27	dobry	<20%	słaby	>20%	słaby $\Sigma > 40\%$	SD
28						SN

DN – stan dobry, niska wiarygodność oceny: liczba punktów monitoringowych  $\leq 3$ ;

DD – stan dobry, dostateczna wiarygodność oceny: liczba punktów monitoringowych  $\geq 4$ ;

SN – stan słaby, niska wiarygodność oceny: liczba punktów monitoringowych  $\leq 3$ ;

SD – stan słaby, dostateczna wiarygodność oceny: liczba punktów monitoringowych  $\geq 4$ .

### 3.1.3. TEST C.2/I.2 – OCENA WPŁYWU INGRESJI I ASCENZJI WÓD SŁONYCH LUB INNYCH NA STAN WÓD PODZIEMNYCH

#### CEL TESTU

Celem testu jest identyfikacja występowania procesów ascenzji lub ingresji wód słonych i innych wód zdegradowanych do poziomów wód słodkich na obszarze JCWPd oraz ocena, czy zjawiska te zostały wywołane czynnikami antropogenicznymi (np. wzmożoną eksploatacją ujęć, odwodnieniami górniczymi lub innymi, np. melioracjami odwadniającymi itp.).

Ocena polega na stwierdzeniu czy w wodach podziemnych zostały przekroczone wartości kryterialne dobrego stanu chemicznego wód podziemnych, w odniesieniu do wskaźników indykatywnych ingresji lub ascenzji wód słonych, w powiązaniu z oceną znaczących i utrzymujących się tendencji wzrostowych stężeń analizowanych wskaźników oraz identyfikacją współwystępowania antropopresji wywołującej oba procesy.

#### PRZYJĘTE ZAŁOŻENIA

Test należy wykonać łącznie do oceny stanu chemicznego i ilościowego, ponieważ wystąpienie ingresji lub ascenzji skutkuje oceną słabą JCWPd w obu tych przypadkach, ale tylko wtedy, gdy ingresja lub ascenzja wywołane zostały poborem wód lub zmianą warunków ich przepływu w wyniku gospodarczej działalności człowieka, a jego skutkiem jest wzrost zasolenia wód podziemnych.

Przeprowadzenie testu C.2/I.2 wymaga wykonania wieloetapowej analizy, pozwalającej na sklasyfikowanie punktów monitoringowych pod kątem przekroczeń wartości progowych oraz standardów jakości wód podziemnych dla wybranych kluczowych parametrów: PEW i wskaźników np. Cl, Na i SO<sub>4</sub>, wpływu presji antropogenicznej lub sytuacji hydrogeologicznej w rejonie lokalizacji punktów obserwacyjnych.

Na końcowe wyniki testu C.2/I.2 mają wpływ także dane odnośnie poboru wód podziemnych. Należy jednak zaznaczyć, że w najbliższej ocenie stanu JCWPd według danych za 2019 r., końcowe wyniki niniejszego testu, zwłaszcza wyniki wskazujące na słaby stan jednolitych części wód podziemnych JCWPd poddawanych ocenie, nie powinny mieć decydującego wpływu na ogólną ocenę stanu jednolitych części wód podziemnych ze względu na brak dostępnych, aktualnych danych (w analizie presji za 2019 rok wykorzystywane będą dane z bazy POBORY, o stanie aktualności na 2017 rok). W przypadku dostępności aktualnych i równoczesowych (z tego samego roku) danych dotyczących wielkości poborów, niezbędnych do jego realizacji, oraz wyników badań chemicznych wody wyniki testu będzie można uznać za wiarygodne w kontekście oceny stanu JCWPd.

Podstawową informacją wyjściową dla przeprowadzenia testu powinna być identyfikacja obszarów, w których warunki geologiczne i hydrogeologiczne, przy istniejącym poborze wód podziemnych mogłyby sprzyjać zachodzeniu procesów ascenzji lub ingresji. Ponieważ w dostępnej literaturze brak jest powołań na opracowania, wskazujące i szczegółowo charakteryzujące omawiane obszary w skali całego kraju lub są to informacje jedynie ogólne dotyczące najczęściej charakterystyk regionalnych lub zjawisk incydentalnych, o genezie zarówno antropogenicznej, jak również naturalnej, wykonanie przedmiotowego testu każdorazowo wymaga indywidualnej analizy warunków hydrogeologicznych w rejonach wytypowanych podczas analiz realizowanych w ramach poszczególnych etapów testu.

Ocena wpływu wód słonych lub wód zdegradowanych na wody słodkie poziomów wodonośnych w jednolitych częściach wód podziemnych powinna uwzględniać następujące elementy:

- kryteria oceny stanu chemicznego wód podziemnych w teście (wartości kryterialne zawartości poszczególnych wskaźników),
- zakres przekroczeń,
- lokalizacja przekroczeń,
- identyfikacja czynników antropogenicznych wywierających presję ilościową, wywołujących bądź sprzyjających utrzymywaniu się zjawisk ingresji lub ascenzji,
- agregacja danych,
- stopień wiarygodności oceny stanu w teście.

#### WARUNEK PODSTAWOWY PRZEPROWADZENIA TESTU

Za wskaźnik wystąpienia ingresji lub ascenzji wód słonych uznano stężenia jonów:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$  oraz wartość przewodności elektrolitycznej właściwej PEW. Jako kryterium oceny, przyjmuje się wartości kryterialne, odpowiadające 75% wartości progowych dobrego stanu chemicznego GWB-TV dla wartości PEW, stężeń chlorków ( $\text{Cl}^-$ ), siarczanów ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) i sodu ( $\text{Na}^+$ ), określone w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11 października 2019 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2019 poz. 2148), (Tabela 4). Zgodnie z zapisami wymienionego powyżej rozporządzenia 75% wartości progowej jest punktem początkowym inicjowania działań mających odwrócić znaczące statystycznie i utrzymujące się trendy wzrostowe. Zasadne wydaje się ustalenie wartości kryterialnej w teście C.2/I.2 na tym poziomie w celu zidentyfikowania wartości stężeń substancji indykatorywnych przed osiągnięciem wartości progowej dobrego stanu chemicznego wód podziemnych.

**Tabela 4. Wartości kryterialne wskaźników jakości wody podziemnej indykatorywnych dla oceny ingresji lub ascenzji wód słonych**

Wskaźnik jakości wody	Jednostka	Wartość progowa GWB-TV dobrego stanu	Wartość kryterialna
Przewodność elektrolityczna właściwa w 20 °C	$\mu\text{S}/\text{cm}$	2500	1875
Chlorki	$\text{mg Cl}/\text{l}$	250	187,5
Siarczany	$\text{mg SO}_4/\text{l}$	250	187,5
Sód	$\text{mgNa}/\text{l}$	200	150

Nieodłącznym elementem analizy jest identyfikacja punktów monitoringowych, w których przekroczeniu jednego ze wskaźników w wodzie:  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$  i  $\text{Na}$  lub ewentualnie innych istotnych wskaźników towarzyszy jednoczesny znaczący i utrzymujący się trend wzrostowy wartości PEW. Wartości kryterialne są więc rozpatrywane obligatoryjnie w połączeniu z oceną trendów zmian. Dopływ wód o podwyższonej wartości PEW lub wód słonych musi być wywołany poborem wód podziemnych i jednocześnie musi utrzymywać się trend wzrostu zawartości wskaźnika tzn. w ramach realizacji testu nie powinny być brane pod uwagę czasowe wpływy wód słonych, ale dopływ wód zasolonych lub zdegradowanych, wywołany poborem wód podziemnych, przy stałym i utrzymującym się trendzie wzrostu zawartości kluczowych wskaźników.

## DANE POTRZEBNE DO PRZEPROWADZENIA TESTU

- wyniki oznaczeń składu chemicznego próbek wód podziemnych w zakresie stężeń jonów:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$  oraz wartości PEW pochodzące z monitoringu wód podziemnych, uzyskanych w ramach PMŚ oraz działalności PSH, w danym roku dla którego wykonywana jest ocena stanu JCWPd;
- wyniki analizy tendencji zmian stężeń wskaźników indykatywnych w punktach monitoringowych;
- dane o poborze wód podziemnych – baza POBORY i stopień wykorzystania dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych;
- charakterystyki JCWPd 172;
- wyniki oceny presji dla poszczególnych części i subczęści wód podziemnych;
- modele pojęciowe i poszerzone charakterystyki JCWPd.

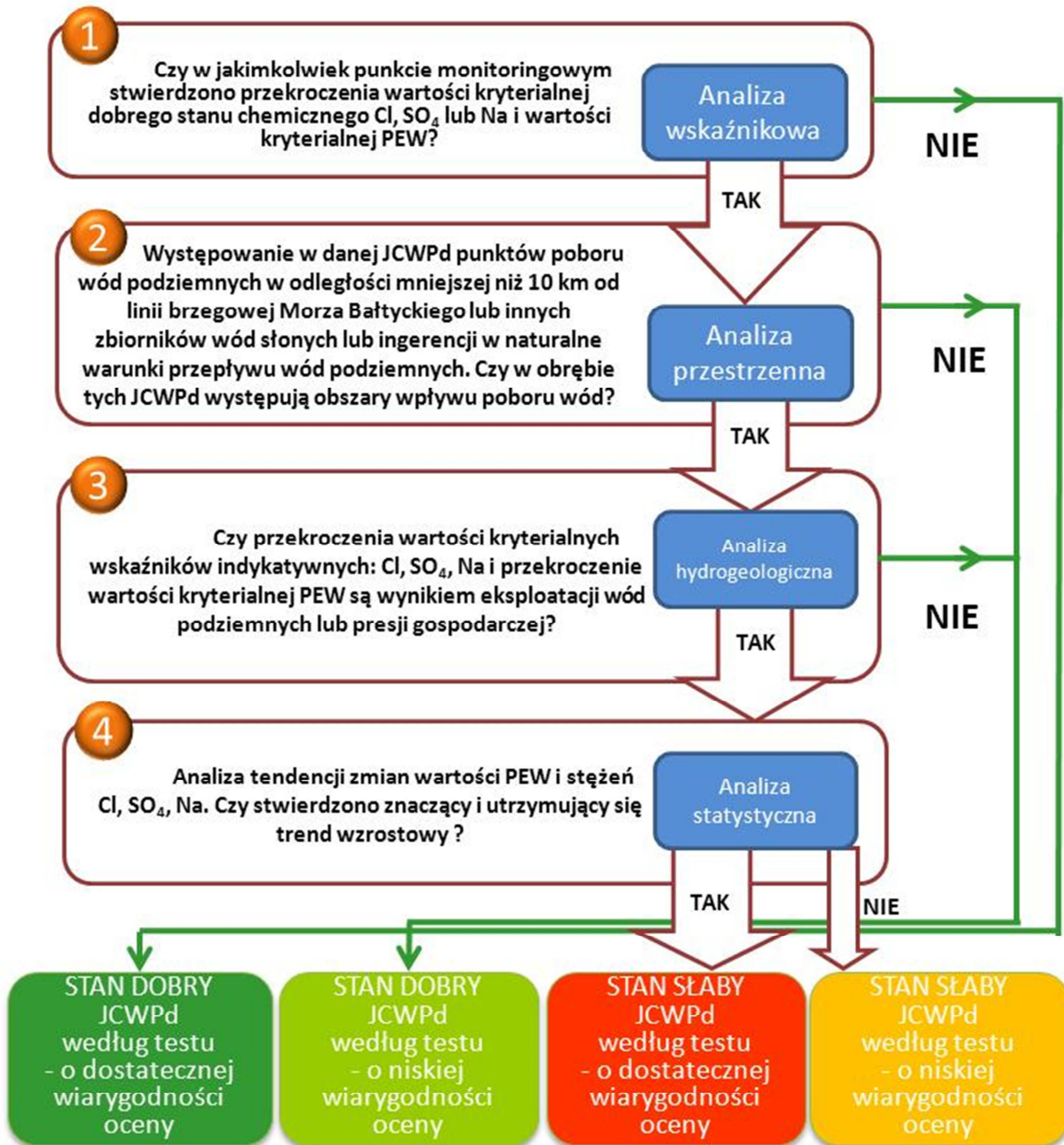
## OPIS METODYKI

Ocena polega na stwierdzeniu czy w wodach podziemnych zostały przekroczone wartości kryterialne dobrego stanu chemicznego wód podziemnych, w odniesieniu do wskaźników indykatywnych ingresji lub ascenzji wód słonych (Tabela 4), w powiązaniu z oceną znaczących i utrzymujących się tendencji wzrostowych stężeń analizowanych wskaźników (Rozdział 3.1.1).

W realizacji testu przyjęto, że dobry stan wód podziemnych w JCWPd nie został osiągnięty jeżeli spełnione są wszystkie następujące warunki:

- średnie arytmetyczne wartości wyników oznaczeń  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$  oraz pomiarów PEW (dla punktu monitoringowego, w danym roku dla którego wykonywana jest ocena stanu JCWPd) przekroczyły wartości kryterialne dobrego stanu wód podziemnych ustalone dla testu C.2/I.2;
- w punktach, w których występują przekroczenia wartości kryterialnych stanu dobrego poszczególnych wskaźników, obserwuje się trend znaczący wzrostowy dla jednego, lub większej liczby wskaźników;
- stwierdzono obniżenie się poziomu zwierciadła wód podziemnych wywołane gospodarczą działalnością człowieka w obszarze, gdzie znajdują się punkty monitoringowe, w których stwierdzono przekroczenie wartości kryterialnych dobrego stanu chemicznego w odniesieniu do indykatywnych wskaźników zasolenia.

Schemat oceny wpływu ingresji i ascenzji wód słonych lub innych wód zdegradowanych na stan wód podziemnych przedstawiono na Rysunek 8.



Rysunek 8. Schemat oceny wpływu ingresji i ascencji wód słonych lub innych na stan wód podziemnych

### Krok 1 – Analiza przekroczeń wartości kryterialnych

Rodzaj analizy: wskaźnikowa

**Cel:** identyfikacja punktów obserwacyjnych, w których stwierdzono przekroczenia przyjętych wartości kryterialnych odpowiednich dla testu C.2

Na tym etapie analizy spośród punktów monitoringowych, w których zostały wykonane analizy składu chemicznego wód podziemnych, następuje identyfikacja punktów obserwacyjnych, w których stwierdzono przekroczenia przyjętych wartości kryterialnych wskaźników: PEW, Cl, SO<sub>4</sub> oraz Na lub ewentualnie także innych specyficznych wskaźników, istotnych przy opracowaniu przedmiotowego testu. Jako wartości

kryterialne zdecydowano się przyjąć wyniki zawartości wyżej wymienionych wskaźników stanowiące 75% wartości progowych dobrego stanu chemicznego, według Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11 października 2019 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Dz. U. 2019 poz. 2148) Tabela 3.

## **Krok 2 – Analiza presji**

**Rodzaj analizy:** przestrzenna

**Cel:** identyfikacja punktów monitoringowych znajdujących się w zasięgu oddziaływania czynników antropogenicznych

Na tym etapie testu na podstawie m.in. analizy przestrzennej następuje identyfikacja punktów monitoringowych znajdujących się w zasięgu oddziaływania czynników antropogenicznych mogących stanowić przyczynę powstania lub nasilenia się procesów ascenzji lub ingresji, do których należą m. in.:

- wpływ eksploatacji ujęć wód podziemnych,
- odwodnienia górnicze lub inne,
- melioracje odwadniające.

## **Krok 3 – Analiza lokalnej sytuacji hydrogeologicznej**

**Rodzaj analizy:** analiza hydrogeologiczna

**Cel:** powiązanie przekroczeń wartości kryterialnych dobrego stanu chemicznego wskaźników indykatorywnych dla zasolenia z gospodarczą działalnością człowieka

Analiza lokalnej sytuacji hydrogeologicznej wymaga szczegółowego rozpatrzenia uwarunkowań geologicznych i hydrogeologicznych na obszarach, w których znajdują się punkty obserwacyjne wód podziemnych wytypowane na podstawie wcześniejszych etapów testu, także ich położenie pod względem odległości od strefy brzegowej Morza Bałtyckiego lub innych zbiorników wód słonych lub np. zanieczyszczonych. Jako odległość znaczącą dla procesów ingresji uznano pas o szerokości do 10 km od strefy brzegowej. Pod uwagę brane są m.in. uwarunkowania strukturalne, identyfikacja warstw wodonośnych z występującymi w nich wodami zasolonymi lub zanieczyszczonymi oraz ocena możliwości występowania procesów ingresji lub ascenzji tych wód przez warstwy izolujące do wód słodkich, które występują w położonych płycej poziomach wodonośnych. Podczas analizy prowadzone jest rozpoznanie czy procesy ascenzji lub ingresji zachodzą pod wpływem antropopresji np. związanej z poborem wód podziemnych, czy też są wynikiem procesów geogenicznych. W przypadku, gdy przekroczenie wartości kryterialnej dobrego stanu chemicznego wskaźników indykatorywnych w wodach podziemnych nie zostały spowodowane poborem wód stan JCWPd jest określany jako dobry (o niskiej wiarygodności).

## **Krok 4 – Analiza tendencji zmian stężeń wskaźników, których wartości kryterialne zostały przekroczone**

**Rodzaj analizy:** statystyczna

**Cel:** identyfikacja punktów obserwacyjnych, w których stwierdzono występowanie znaczących trendów rosnących wskaźników analizowanych w teście C.2/1.2

Wśród punktów monitoringowych, które zostały wyłonione na etapie analizy przekroczeń wartości kryterialnych w wodach podziemnych, w rezultacie wykonania analizy trendów zmian stężeń wskaźników: PEW, Cl, SO<sub>4</sub> oraz Na następuje identyfikacja znaczących, utrzymujących się trendów rosnących wartości wybranych, wyżej wymienionych wskaźników w punktach obserwacyjnych, na podstawie danych z rozpatrywanego okresu prowadzenia badań monitoringowych

## WYZNACZANIE OCENY KOŃCOWEJ I JEJ WIARYGODNOŚĆ

Ostatni etap testu polega na skontrolowaniu stopnia wiarygodności oceny przyznanej JCWPd. W tym celu, wyniki z poszczególnych analiz/kroków należy poddać ocenie zgodnie z założeniami przedstawionymi w Tabeli 5:

**Tabela 5. Kryteria wiarygodności wyników testu C.2/1.2 – ocena wpływu ingresji i ascenzji wód słonych lub innych na stan wód podziemnych**

STAN DOBRY	Dostateczna wiarygodność oceny	Brak stwierdzonych przekroczeń wartości kryterialnych kluczowych wskaźników.
	Niska wiarygodność oceny	Przekroczenia wartości kryterialnych wskaźników indykatorywnych nie wynikają z presji.
STAN SŁABY	Niska wiarygodność oceny	Występują przekroczenia wartości kryterialnych kluczowych wskaźników w wodach, w obszarach znajdujących się pod wpływem poboru lub presji innego typu. Brak utrzymującego się statystycznie istotnego trendu wzrostowego zawartości przekroczonych wskaźników.
	Dostateczna wiarygodność oceny	Występują przekroczenia wartości kryterialnych zawartości kluczowych wskaźników w obszarach znajdujących się pod wpływem presji wywołanej poborem lub presją innego typu, przy utrzymującym się, statystycznie istotnym trendzie rosnącym zawartości przekroczonych wskaźników.

## KOMENTARZ

Podczas realizacji testu napotkać można na wiele trudności i problemów, które należy mieć na uwadze interpretując uzyskane wyniki końcowe. Główna trudność polega na stwierdzeniu czy przekroczenie wartości kryterialnych zostało spowodowane dopływem (ingresją lub ascenzją) wód słonych w warunkach zmiany naturalnego reżimu wód podziemnych przez ingerencję człowieka. A więc po stwierdzeniu, że w obrębie JCWPd występują wody „zasolone” należy obligatoryjnie ustalić przyczynę pojawienia się zasolenia.

W stosunku do metodyki z 2015 r. (Kuczyńska i in., 2015) zmianie uległy wartości kryterialne wskaźników rozpatrywanych w teście – przyjęto 75% wartości progowych dla stanu dobrego (III klasa) PEW, SO<sub>4</sub>, Cl i Na według Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11 października 2019 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Dz. U. 2019 poz. 2148).

### 3.1.4. TEST C.3 – OCHRONA EKOSYSTEMÓW LĄDOWYCH ZALEŻNYCH OD WÓD PODZIEMNYCH

#### CEL TESTU

Celem testu jest identyfikacja zagrożenia dla funkcjonowania i bioróżnorodności ekosystemów lądowych zależnych od wód podziemnych (ELZPd, ang. GWDTE) wywołanego antropogeniczną zmianą składu chemicznego wód podziemnych w obszarze zasilania ELZPd. Identyfikacja zagrożenia następuje poprzez stwierdzenie, czy w wodach podziemnych zasilających ELZPd nastąpiło przekroczenie wartości kryterialnych stężeń pierwiastków biogennych limitujących produkcję pierwotną. W ELZPd do tych pierwiastków należą N, P i K, powszechnie uznane za najważniejsze czynniki kontrolujące stabilność bioróżnorodności ekosystemów. Z tego powodu monitoring hydrogeochemiczny ELZPd powinien być ukierunkowany przede wszystkim na stężenia tych składników odżywczych.

Koncepcja testu zakłada wykorzystanie wyników oznaczeń składu chemicznego próbek wód podziemnych pobranych z punktów pomiarowych sieci monitoringu wód podziemnych w ramach realizacji zadań państwowej służby hydrogeologicznej oraz monitoringu stanu zachowania siedlisk przyrodniczych, realizowanych przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.

#### PRZYJĘTE ZAŁOŻENIE

Warunek dobrego stanu JCWPd w zakresie oddziaływania na ELZPd nie jest spełniony, gdy występuje zagrożenie pogorszenia stanu ELZPd wynikające z oddziaływania chemicznego wód podziemnych. Analiza przeprowadzana jest w odniesieniu do wszystkich typów ELZPd na podstawie przyjętych wartości kryterialnych  $C_v$  stężeń wybranych wskaźników biogennych, charakterystycznych dla każdego typu siedlisk lub zbiorowisk roślinnych. Wprowadzone w teście C.3 wartości kryterialne są zaostrzone w stosunku do wartości progowych dobrego stanu chemicznego. W celu odróżnienia ich od wartości kryterialnych stosowanych w innych testach, wprowadza się oznaczenie  $CV_{ELZPd} - B_n$ , gdzie B – wskaźnik biogeny, n – stanowi typ siedliska/zbiorowiska.

Jeśli w żadnym punkcie monitoringowym reprezentatywnym dla ELZPd na obszarze analizowanej jednostki nie stwierdza się przekroczenia wartości kryterialnych  $CV_{ELZPd} - B_n$  wskaźników biogennych (N, P i K), to stan chemiczny jednolitej części wód podziemnych wg tego testu określa się jako dobry. W przypadku, gdy w co najmniej jednym punkcie reprezentatywnym dla ELZPd wartości stężeń przekraczają ekologiczne wartości kryterialne dobrego stanu chemicznego wód podziemnych, konieczna jest dalsza analiza jakości wód podziemnych.

#### WARUNEK PODSTAWOWY MOŻLIWOŚCI PRZEPROWADZENIA TESTU

Test w zakresie oceny zagrożenia pogorszeniem stanu ELZPd, wynikającego z oddziaływania chemicznego wód podziemnych wykonywany jest pod warunkiem, że istnieją wyniki jakości wód podziemnych w punktach reprezentatywnych dla tej oceny.



## WPROWADZENIE

Ekosystemy lądowe zależne od wód podziemnych definiowane są jako naturalne ekosystemy, które wymagają dostępu do wód podziemnych w celu zapewnienia podstawowych potrzeb wodnych niezbędnych do zachowania ich siedlisk i gatunków (Laio i in., 2009; Kupfersberger i in., 2010; Bertrand i in., 2012). Powszechnie funkcjonującymi synonimami do terminu „ekosystemy lądowe zależne od wód” są mokradła i siedliska hydrogeniczne. Ochrona ELZPd, ze względu na ich ogromne znaczenie przyrodnicze oraz dużą wrażliwość na zmiany warunków wodnych, jest jednym z najważniejszych zagadnień Polityki Wodnej Państwa 2030 (PWP 2030), Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW, Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/60/WE z dnia 23 października 2000 r.), Dyrektywy Siedliskowej (Dyrektywa Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory).

Zróznicowanie warunków siedliskowych w ELZPd determinowane jest przez trzy podstawowe gradienty ekologiczne – zasobności w sole mineralne, poziomu wody i żyzności. Czynnikiem hydrogeologicznym jest kluczowy w kształtowaniu wszystkich tych gradientów. Gradient zasobności w sole mineralne (w którym szczególne znaczenie mają kationy metali) uzależniony jest od interakcji ELZPd z lokalnymi, subregionalnymi i regionalnymi systemami przepływu wód podziemnych oraz budowy geologicznej zlewni, w szczególności składu mineralogicznego (Dahl et al., 2007; Tóth, 1963). W warunkach naturalnych, niezaburzonych antropogenicznie, gradient zasobności wzrasta ze zwiększeniem skali systemu wodonośnego, zasilających ELZPd. Gradient poziomu wody jest zależny od umiejscowienia ELZPd w układzie hydrodynamicznym (strefie zasilania, tranzytu i drenażu) oraz struktury hydrogeologicznej. Największą zmiennością poziomu wody charakteryzują się małe ELZPd podporządkowane lokalnemu systemowi krążenia wód podziemnych. Gradient żyzności wyrażany jest przez dostępność podstawowych pierwiastków biogennych (N, P i K) dla roślin. Czynnikiem hydrogeologicznym kształtuje ten gradient poprzez regulację uwalniania biogenów z osadów organicznych wskutek wahań poziomu wody w ELZPd. Reasumując, wody podziemne kontrolują skład chemiczny wód bagiennych poprzez transport substancji rozpuszczonych, zdolność do buforowania, regulację warunków redox i pH oraz procesów uwalniania biogenów.

Zagrożenie dla ELZPd spowodowane pogorszeniem jakości wód zasilających generalnie rozpatrywane jest w dwóch aspektach: (1) migracji zanieczyszczeń syntetycznych oraz (2) zwiększenia ładunku substancji rozpuszczonych. Prowadzone od kilku lat w PIG-PIB badania w tym zakresie aktualnie pozwalają określić wartości kryterialne stężeń wskaźników biogennych (N, P i K) w odniesieniu do torfowisk ściśle zależnych od wód podziemnych siedlisk typu 7230. W miarę rozwoju badań przewiduje się aktualizację metodyki w zakresie wartości kryterialnych stężeń dla pozostałych typów siedlisk/zbiorowisk roślinnych.

## DANE POTRZEBNE DO PRZEPROWADZENIA TESTU

- wyniki oznaczeń składu chemicznego próbek wód podziemnych pobranych z punktów pomiarowych sieci monitoringu chemicznego oraz ilościowego, pochodzące z realizacji zadań Państwowej Służby Hydrogeologicznej;
- wyniki oceny stanu zachowania siedlisk – dane uzyskane w ramach Państwowego Monitoringu Gatunków i Siedlisk Przyrodniczych (Główny Inspektorat Ochrony Środowiska);
- baza danych GIS występowania ELZPd na obszarach chronionych – w ocenie stanu wg danych za 2019 r. wykorzystana będzie baza danych stworzona w PIG-PIB uwzględniająca granice ekosystemów zawartych w bazie danych przestrzennych GIS „Ekosystemy lądowe pozostające w dynamicznych

relacjach z wodami podziemnymi i powierzchniowymi dla obszarów dorzeczy w Polsce”, wykonana przez konsorcjum firm w składzie TECHMEX S.A. oraz Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych;

- baza danych GIS podziału hydrograficznego Polski (MPHP);
- warstwa informacyjna GIS lokalizacji punktów poboru próbek wód podziemnych oraz dane odnośnie kategorii kompleksu wodonośnego, z którego pobrano próbkę i profilu litologicznego otworu;
- modele pojęciowe i charakterystyki JCWPd;
- baza danych GIS Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 – „Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika” oraz objaśnienia i profile hydrogeologiczne do arkuszy map.

## OPIS METODYKI

Poniżej przedstawione są czynności, jakie należy wykonać w trakcie przeprowadzania testu. Schemat testu przedstawiony został na Rysunku 8. Głównymi elementami oceny stanu JCWPd w ramach testu C.3 są:

- zidentyfikowanie JCWPd posiadających chronione ELZPd;
- wybór punktów pomiarowych monitoringu wód podziemnych spełniających kryteria reprezentatywności w kontekście oceny oddziaływania wód podziemnych na ELZPd;
- analiza stężeń wskaźników biogennych w wodach podziemnych według danych wytypowanych punktów monitoringowych w kontekście przekroczenia wartości progowych dla poszczególnych typów ELZPd;
- analiza przyczyn(y) przekroczenia wartości progowych wskaźników biogennych;
- analiza stanu zachowania siedlisk uwzględnionych w ocenie.

Poniżej na Rysunek 9 przedstawiono schemat przeprowadzenia testu C.3 – Ochrona ekosystemów lądowych zależnych od wód podziemnych

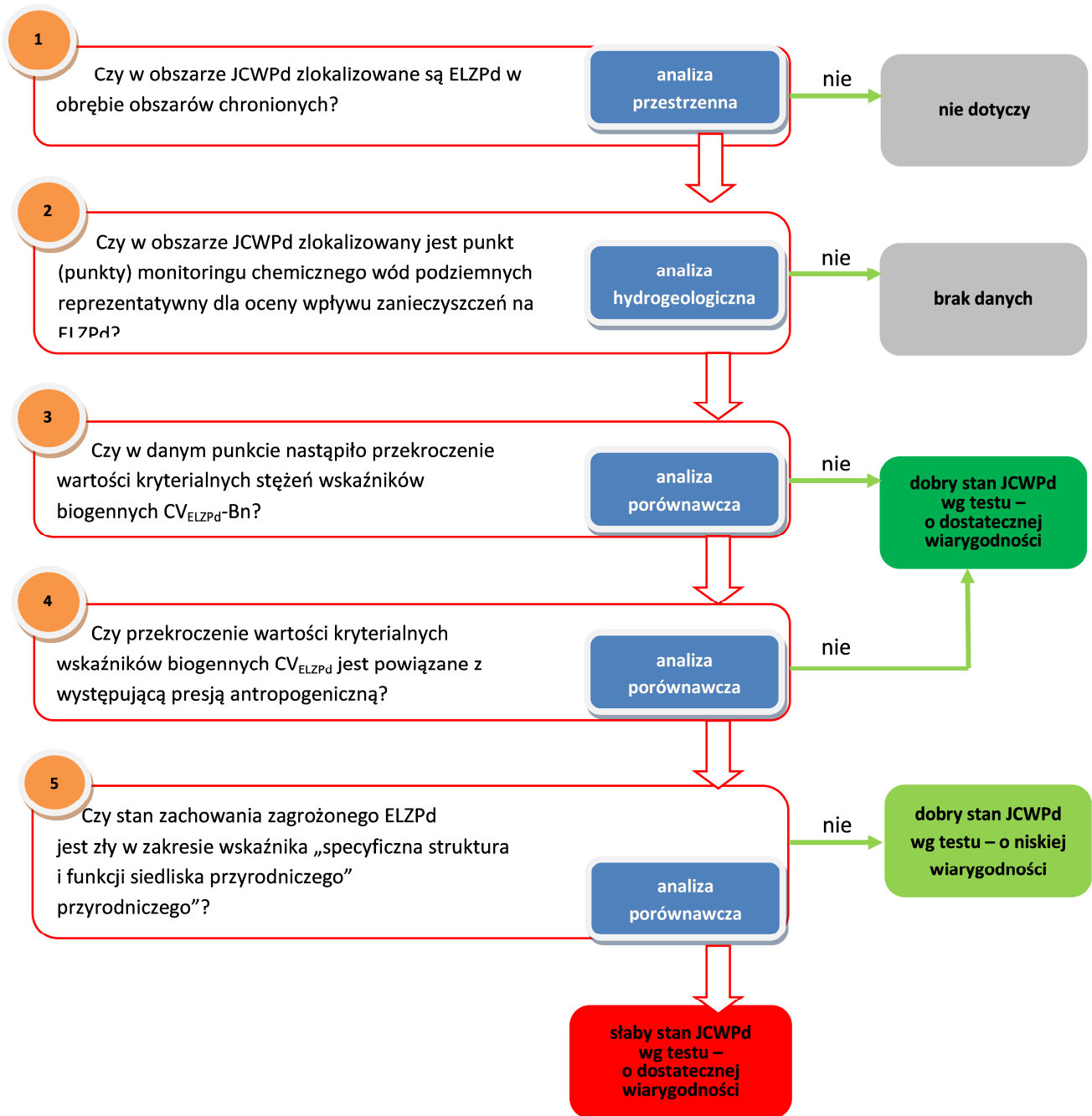
**Krok 1** – Selekcja JCWPd posiadających chronione ELZPd.

**Rodzaj analizy:** przestrzenna.

**Cel:** identyfikacja JCWPd w których występują chronione ELZPd.

W kroku 1 sprawdza się, czy w obszarze JCWPd zlokalizowane są ELZPd w obrębie następujących obszarów chronionych: Parków Narodowych i Krajobrazowych, Obszarów Natura 2000 OSO i SOO, Rezerwatów, Obszarów Chronionego Krajobrazu, Zespołów Przyrodniczo-Krajobrazowych oraz Użytków Ekologicznych.

Informacja o lokalizacji ELZPd zawarta jest w bazie danych GIS „Występowanie Ekosystemów Zależnych od Wód Podziemnych na obszarach chronionych”. Powyższa baza danych opracowana została w PIG-PIB na podstawie warstwy „Ekosystemy lądowe pozostające w dynamicznych relacjach z wodami podziemnymi i powierzchniowymi dla obszarów dorzeczy w Polsce”, zwanej potocznie GIS MOKRADŁA, wykonanej przez konsorcjum firm w składzie TECHMEX S.A. oraz Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych. Wynikowa warstwa zawiera ELZPd w podziale na typy zbiorowisk roślinnych wyselekcjonowane na podstawie kryteriów hydrogeologicznych.



Rysunek 9. Schemat testu C.3 – Ochrona ekosystemów lądowych zależnych od wód podziemnych

JCWPd, w obrębie których występują chronione ELZPd przechodzą do dalszej procedury testu. Jednolite części wód podziemnych, w których nie występują ELZPd na obszarach chronionych kwalifikowane są do kategorii „nie dotyczy” w kontekście przeprowadzenia testu ze względu na brak przedmiotu oceny.

**Krok 2 – Selekcja JCWPd, w których istnieje punkt (punkty) pomiarowy monitoringu chemicznego wód podziemnych reprezentatywny w kontekście oceny ELZPd.**

**Rodzaj analizy:** hydrogeologiczna.

**Cel:** Dalsza selekcja JCWPd – ograniczenie analizowanych JCWPd wyłącznie do monitorowanych w kontekście wpływu wód podziemnych na ELZPd.

W kroku 2 sprawdza się, czy w obszarze JCWPd zlokalizowany jest punkt (punkty) monitoringu wód podziemnych posiadający wyniki analiz fizyczno-chemicznych reprezentatywny dla oceny wpływu na ELZPd. Zakwalifikowanie punktu jako reprezentatywnego następuje, jeżeli istnieją przesłanki logiczne co do występowania takich warunków hydrogeologicznych, które umożliwiają migrację zanieczyszczeń z punktu monitoringowego do ELZPd. Przyjęta metodyka określenia warunków hydrogeologicznych sprzyjających migracji zanieczyszczeń opiera się na uproszczonym modelu konceptualnym zastosowanym do oceny wrażliwości wód podziemnych Polski na zanieczyszczenie (Witczak, 2011). Za kompleksowy wskaźnik przyjęto czas ( $\Delta t$ ) dopływu lateralnego w strefie saturacji, określany na podstawie formuły Darcy (Kleczkowski, red. 1984):

$$\Delta t = \frac{N_e (\Delta L^2)}{k \cdot \Delta H},$$

gdzie:

$k$  i  $N_e$  – współczynnik filtracji i porowatość efektywna warstwy wodonośnej;

$\Delta H$  – różnica ciśnień na odcinku  $\Delta L$ .

Do obliczeń potencjalnego czasu migracji zanieczyszczeń od punktu pomiarowego do ELZPd wytypowano otwory spełniające następujące kryteria:

- 1) posiadają łączność hydrauliczną pomiędzy ujmowaną warstwą wodonośną a systemem hydrogeologicznym ELZPd;
- 2) stwierdzony przepływ wód podziemnych w kierunku ELZPd.

Dla wytypowanych punktów przeprowadza się obliczenie czasu dopływu lateralnego do ELZPd. W oparciu o kryteria stosowane w ocenie wrażliwości wód podziemnych Polski na zanieczyszczenie, przyjmuje się, że czas migracji poniżej 5 lat określa bardzo sprzyjające warunki hydrogeologiczne dla lateralnej migracji zanieczyszczeń, znajdujących się w pierwszym poziomie wodonośnym. Ostatecznym wynikiem kroku 2 jest selekcja punktów monitoringowych zlokalizowanych w obszarze odpowiadającemu 5-letniemu czasowi dopływu wód podziemnych do ELZPd.

JCWPd odrzuconym ze względu na brak punktów monitoringu chemicznego wód podziemnych w strefie oddziaływania na ELZPd przypisuje się status „brak danych” według testu. W przypadku pozostałych JCWPd, w celu ustalenia stanu, test się kontynuuje.

### **Krok 3 – Analiza przekroczeń wartości kryterialnych stężeń wskaźników biogenych w punktach monitoringowych reprezentatywnych w kontekście oceny ELZPd.**

**Rodzaj analizy:** porównawcza.

**Cel:** sprawdzenie, czy w punkcie (punktach), ujmującym warstwą wodonośną zasilającą ELZPd nastąpiło przekroczenie wartości progowych stężeń wskaźników biogenych.

W kroku 3 sprawdza się, czy w obszarze JCWPd w jakimkolwiek punkcie monitoringowym, ujmującym warstwą wodonośną zasilającą ELZPd wystąpiło przekroczenie wartości kryterialnych stężeń wskaźników

limitujących rozwój ELZPd (i w odniesieniu do jakich pierwiastków). Polskie przepisy nie określają standardów jakości wód podziemnych w sensie ekologicznym, nie istnieje również ustalona lista wskaźników fizyczno-chemicznych uznawanych za limitujące rozwój poszczególnych typów siedlisk zależnych od wód podziemnych. Wobec tego należy wykorzystać wskaźniki, które są kluczowe jednocześnie dla wszystkich ELZPd, czyli: pierwiastki biogenne limitujące produkcję pierwotną i skład gatunkowy. W ELZPd produkcja pierwotna zwykle limitowana jest niedoborem azotu i fosforu, a w przypadku torfowisk (szczególnie w warunkach przesuszenia) także potasu (De Mars i in. 1996, Olde Venterink i in. 2003). W związku z tym, wskaźniki biogenne – N, P i K uznano za priorytetowe w ocenie warunków hydrochemicznych ELZPd i wykorzystano w teście C.3. Problematyczne okazało się jednak ustalenie wartości kryterialnych dla stężeń tych wskaźników. Dane literaturowe w większości dotyczą określenia normatywów dla wód wewnątrz, a nie na dopływie do ELZPd. Jedynym wskaźnikiem, dla którego istnieją dane literaturowe dotyczące dopuszczalnych stężeń maksymalnych w wodach podziemnych zasilających ekosystemy lądowe zależne od wód podziemnych, uwzględniającym typ siedliska, są azotany (Technical report on groundwater dependent terrestrial ecosystem (GWDTE) threshold values, 2012). Wychodząc naprzeciw powyższym ograniczeniom, od 2016 roku w PIG-PIB prowadzone są badania nad ustaleniem wartości kryterialnych wskaźników chemicznych w wodach podziemnych zasilających ELZPd.

Wartości kryterialne zostały wyznaczone na poziomie górnej granicy lokalnego tła hydrogeochemicznego, charakterystycznego dla obszarów w najmniejszym stopniu dotkniętych działalnością człowieka – terenów chronionych. Wyznaczenie wartości tła lokalnego było oparte na określeniu zmienności stężeń składników w warunkach naturalnych, charakterystycznych dla wód podziemnych zasilających ELZPd (Solovey i in., 2019). Aktualnie wyniki dostępne są jedynie dla torfowisk niskich typu 7230, dla których wartości tła hydrogeochemicznego wskaźników biogennych okazały się nieznacznie niższe od współczesnego tła hydrogeochemicznego w skali krajowej (Kuczyńska i in., 2019), co jest logiczne ze względu na specyfikę lokalną – reprezentatywnie dla terenów chronionych, a w szczególności obszarów występowania torfowisk typu 7230 zachowanych w stanie dobrym. Dla pozostałych typów ELZPd do czasu uzyskania obiektywnych danych na podstawie prowadzonych badań w PIG-PIB proponuje się stosowanie następujących założeń (Tabela 6):

- (1) dla ELZPd o charakterze oligo- lub mezotroficznym – siedlisk typu 7210, 7220, 91DO i 91XX uzasadnionym jest stosowanie wartości kryterialnych na tym samym poziomie jak dla torfowisk 7230;
- (2) dla ELZPd tolerujących eutroficzne warunki – siedlisk typu 1310, 1340, 6410, 6510, 65XX, 91E0-4 i 91F0 proponuje się wartość kryterialną na poziomie tła hydrogeochemicznego w skali krajowej, w oparciu o „Opracowanie dotyczące kryteriów oceny stanu chemicznego jednolitych części wód podziemnych”, Kuczyńska i in., 2019.

**Tabela 6. Proponowane ekologiczne wartości kryterialne stężeń wskaźników biogennych CV<sub>ELZPd</sub> w wodzie podziemnej**

Lp.	Wskaźnik	Wartość kryterialna (górną granicę lokalnego tła hydrogeochemicznego) w wodach podziemnych dla oligo- i mezotroficznych ELZPd (siedliska 7210, 7220, 7230, 91DO, 91XX)	Wartość kryterialna (górną granicę ogólnokrajowego tła hydrogeochemicznego) w wodach podziemnych dla eutroficznych ELZPd (siedliska 6410, 6510, 65XX, 91E0-4 i 91F0)	Górną granicę tła hydrogeochemicznego w skali krajowej, na podstawie Kuczyńska i in., 2019
1.	NH <sub>4</sub> [mg/l]	1,1	1,4	1,4
2.	NO <sub>3</sub> [mg/l]	12	15	15
3.	NO <sub>2</sub> [mg/l]	0,03	0,03	0,03
4.	HPO <sub>4</sub> [mg/l]	0,5	1	1
5.	K [mg/l]	9	15	15

Proponowane podejście ustalenia wartości kryterialnych na poziomie górnej granicy lokalnego lub ogólnokrajowego tła hydrogeochemicznego jest rygorystyczne, ale w najlepszy sposób spełnia cele ochrony ELZPd przed eutrofizacją.

Na podstawie powyższych wartości kryterialnych wskaźników biogennych w kroku 3 przeprowadza się klasyfikację stanu chemicznego wód podziemnych w punktach (wyłonionych w kroku 2) reprezentatywnych dla oceny wpływu na ELZPd. Algorytm klasyfikacji jest oparty na porównaniu średniej arytmetycznej stężeń wskaźników biogennych z okresu ostatnich sześciu lat w poszczególnych punktach z wartościami kryterialnymi. Wartości oznaczeń stężeń poniżej granicy oznaczalności (<LOQ) zaleca się zastąpić wartościami równymi połowie granicy oznaczalności (<LOQ = 1/2 LOQ) zgodnie z wymogami Dyrektywy 2009/90/WE. Jeżeli w obszarze JCWPd w określonych dla oceny punktach wynik monitoringu nie wskazuje na przekroczenie wartości kryterialnej żadnego wskaźnika biogenego, to JCWPd przypisuje się dobry stan chemiczny o dostatecznej wiarygodności, w przeciwnym przypadku przystępuje się do realizacji kolejnego kroku 4.

#### **Krok 4 – Analiza przyczyny przekroczenia wartości kryterialnych wskaźników biogennych**

**Rodzaj analizy:** porównawcza

**Cel:** sprawdzenie, czy występujące przekroczenie wartości kryterialnych wskaźników biogennych można powiązać z procesami naturalnymi bądź antropopresją

Szeroko znane są naturalne przyczyny podwyższonych stężeń wskaźników biogennych w wodach podziemnych wskutek wzmożonej mineralizacji substancji organicznej w profilu glebowym. Przyczyny antropogeniczne stwierdza się w przypadku występowania podwyższonych stężeń wskaźników biogennych w powiązaniu z innymi składnikami wskazującymi na zanieczyszczenie wód. W związku z tym, każdy z punktów zaliczonych do kroku 4 powinien być przeanalizowany indywidualnie, w celu wyłonienia przypadków antropogenicznej przyczyny podwyższonych stężeń wskaźników biogennych. Jako kryterium należy wykorzystać wartości mediany ze średnich rocznych stężeń analitycznych z okresu 1995–2019 dla następujących wskaźników: 1) Na+Cl>1000 mg/l; 2) SO<sub>4</sub>>165 mg/l; 3) obecność substancji organicznych (pestycydów i WWA); 4) As, Be, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb i Zn > wartości odstających (75% percentyli). Gdy stwierdzono takie przypadki, uważa się że pochodzenie biogenów w wodach podziemnych jest wywołane antropopresją. W tym przypadku test się kontynuuje. W przeciwnym razie należy uznać, że procesy