

PROCEDURA
MONITOROWANIA
INTERWENCYJNEGO
Prymnesium parvum
„ZŁOTEJ ALGI”

AKCEPTUJĘ

Krzysztof Gołębiowski
Główny Inspektor
Ochrony Środowiska
/ – podpisany cyfrowo /

.....
Krzysztof Gołębiowski
Główny Inspektor
Ochrony Środowiska

ZATWIERDZAM

.....
Anna Moskwa
Minister Klimatu i Środowiska

Pojęcia:

GIOŚ – Główny Inspektor Ochrony Środowiska / Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

MKiŚ – Minister Klimatu i Środowiska

WIOŚ – Wojewódzki Inspektor Ochrony Środowiska / Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska

CLB – Centralne Laboratorium Badawcze GIOŚ

DMŚ – Departament Monitoringu Środowiska GIOŚ

KLRW – Krajowe Laboratorium Referencyjne do spraw jakości wód powierzchniowych GIOŚ

ZKiA – Zespół do spraw Kontroli i Audytu GIOŚ

DI – Departament Inspekcji GIOŚ

CZK MKiŚ – Centrum Zarządzania Kryzysowego Ministerstwa Klimatu i Środowiska

KZGW PGW WP – Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie

GDOŚ – Generalny Dyrektor Ochrony Środowiska / Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska

GIG – Główny Instytut Górnictwa

WCZK – Wojewódzkie Centrum Zarządzania Kryzysowego

Spis treści

1. Cel procedury	4
2. Zakres	4
3. Zasada metody	4
4. Aparatura, materiały pomocnicze	4
5. Obiekt badań i charakterystyka „złotej algi”	4
5.1. Temperatura	5
5.2. Substancje odżywcze	5
5.2.1. Stosunek atomów N:P	5
5.2.2. Azot ogólny	5
5.2.3. Fosfor ogólny	6
5.3. Zasolenie	6
5.3.1. Przewodność elektryczna właściwa	6
5.3.2. Chlorki i siarczany	6
5.4. Odczyn pH	7
6. Wskaźniki fizyko-chemiczne i biologiczne badane w wodzie	7
7. Poziomy alarmowe	7
8. Opis postępowania	8
8.1. Droga przekazywania informacji	8
8.2. Szczegółowy opis poszczególnych zadań/etapów	8
8.2.1. Zadanie I.1 - pomiary terenowe i pobieranie próbek	8
8.2.2. Zadanie I.2 - badania laboratoryjne	9
8.2.3. Zadanie II - analiza wyników	9
8.2.4. Zadanie III - informacja na zewnątrz- Raport „złota alga”	9
8.3. Częstotliwość wykonywania pomiarów/badań	10

1. Cel procedury

Zgodnie z zaktualizowanym międzyresortowym dokumentem *Instrukcją działania w zakresie występowania *Prymnesium parvum* „złotej algi” w wodach rzeki Odry*, GIOŚ jest odpowiedzialny za:

- wykonywanie pomiarów terenowych,
- pobieranie próbek do badań,
- badania laboratoryjne,
- analizy wyników i raporty w związku z wystąpieniem ryzyka zakwitów *Prymnesium parvum* „złotej algi”

Wszystkie powyższe działania wykonywane są w ramach tzw. monitoringu interwencyjnego. Niniejsza procedura określa sposób prowadzenia monitoringu interwencyjnego zanieczyszczenia *Prymnesium parvum*, w celu wykrycia potencjalnego ryzyka wystąpienia zakwitów „złotej algi”.

2. Zakres

Metoda podana w niniejszej procedurze określa:

- wskaźniki fizyko-chemiczne i biologiczne wody objęte badaniem,
- częstotliwość wykonywania badań,
- wartości alarmowe wskaźników fizyko-chemicznych świadczące o wystąpieniu ryzyka zakwitów,
- sposób postępowania z próbkami,
- czas wykonania badań,
- odpowiedzialność komórek organizacyjnych GIOŚ,
- sposób raportowania wyników badań,
- sposób i drogę informowania odpowiednich służb.

3. Zasada metody

Metoda polega na wykonywaniu badań terenowych i laboratoryjnych, które umożliwią wykrycie ewentualnego ryzyka wystąpienia zakwitów haptofitów z gatunku *Prymnesium cf. parvum*, a następnie informowanie odpowiednich służb.

4. Aparatura, materiały pomocnicze

Zarówno do badania wskaźników fizyko-chemicznych wykonywanych w terenie jak i w laboratorium, o których mowa w pkt 6, należy stosować aparaturę i materiały pomocnicze określone w metodach referencyjnych^a.

^a Wykaz metod referencyjnych znajduje się w Rozporządzeniu Ministra i Infrastruktury z dnia 13 lipca 2021 r. „w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i jednolitych części wód podziemnych”, (Dz. U. z 2021 poz. 1576)

Aparatura niezbędna do wykonania jakościowego oznaczenia organizmów fitoplanktonowych, zawarta jest w Procedurze badawczej PB-01/KLRW „Pobieranie i oznaczanie *Prymnesium cf. parvum* w wodzie powierzchniowej”.

5. Obiekt badań i charakterystyka „złotej algi”

Obiektem badań jest wyznaczony przez DMŚ we współpracy z KLRW oraz DI punkt monitoringu, w którym istnieje potencjalne ryzyko wystąpienia zakwitów „złotej algi”.

Punkt monitoringu może być wyznaczony na rzece, starorzeczu, kanale, zbiorniku.

Wzrost „złotej algi” oraz jej toksyczność pojawia się przy optymalnych dla niej warunkach opisanych poniżej. Niektóre badania sugerują, że produkcja toksyn może być kluczowym mechanizmem, dzięki któremu *Prymnesium parvum* zyskuje selektywną przewagę nad innymi gatunkami fitoplanktonu, umożliwiając w ten sposób tworzenie kwitnienia. *Prymnesium parvum* wytwarza toksyny, które po uwolnieniu wpływają na ryby, skrzelodyszne skorupiaki, heterotroficzne wiciowce, bakterie, fitoplankton i orzęski.

Na podstawie historycznych obserwacji w jeziorach południowo-środkowych Stanów Zjednoczonych, gęstość komórek *Prymnesium parvum* na poziomie powyżej 10 mln komórek/litr wskazuje na ilości zakwitowe „złotej algi”.¹

Natomiast toksyczność zakwitów „złotej algi” jest wykazywana przy liczebności powyżej 50-100 mln komórek/litr.²

5.1. Temperatura

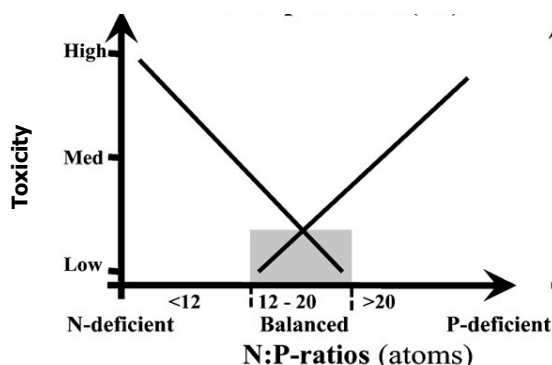
Przy zasoleniu 20-25 psu optymalny przedział temperatury wody wzrostu „złotej algi” to 25-28,8°C, jednak ze spadkiem zasolenia temperatura optymalna zakwitów obniża się.³

5.2. Substancje odżywcze

Tak jak każdy organizm, „złota alga” potrzebuje do wzrostu substancji odżywczych, którymi są związki azotu i fosforu, które są pochłaniane przez wszystkie organizmy fitoplanktonowe. W warunkach braku dodatku składników odżywczych gatunek *Prymnesium parvum* jest najbardziej toksyczny.

5.2.1. Stosunek atomów N:P

Pośrednią toksyczność można zaobserwować w warunkach gdy zaczyna brakować substancji odżywczych. Potwierdza to poniższy wykres, który przedstawia zależność pomiędzy stosunkiem azotu do fosforu (N:P) a toksycznością. Utrzymanie stosunku molowego azotu do fosforu na poziomie 12-20 powoduje zwiększenie gęstości osobników, ale zmniejsza ryzyko wystąpienia toksyczności. W warunkach niedoboru w składniki odżywcze *Prymnesium parvum* staje się dominujący, a toksyczność wzrasta.⁴



Z obserwacji KLRW wynika, że deficyt fosforu ogólnego nie wpływa na rozwój (wzrost bioobjętości) *Prymnesium cf. parvum* a więc determinujący wpływ na wzrost ilości „złotej algi” ma niski stosunek atomów N:P (< 3).

5.2.2. Azot ogólny

Azot ogólny jest jednym z kluczowych składników odżywczych, którymi żywi się „złota alga”. Znaczny spadek tego składnika świadczy o aktywności (rozwoju) *Prymnesium parvum*.

5.2.3. Fosfor ogólny

Biogenem limitującym przyrost fitoplanktonu jest fosfor, którego udział w tkance roślinnej w stosunku do azotu wynosi 1:16.

Obieg fosforu w wodzie rozpoczyna się od pobierania go z wody przez rośliny. Ulega dalej przemianom biochemicznym przez co wchodzi w skład komórek roślin, a następnie zwierząt. Z obumarłych organizmów, fosfor znowu przechodzi do wody. W przypadku zakwitów wód, glony nadmiernie rozwijające się wykorzystują rozpuszczalne związki fosforowe i jony fosforanowe. Obumarłe glony pod wpływem grawitacji opadają na dno akwenów wodnych, gdzie następuje ich rozkład i uwalnianie mineralnych form fosforu do wody.⁵

Analizy przeprowadzone w GIOŚ potwierdzają, że wysokie stężenia fosforu ogólnego (powyżej 0,75 mg/l) obserwowane są przy maksymalnych wartościach *Prymnesium*. Po przekroczeniu tej wartości wskaźnika „złota alga” ulega degradacji. Im mniej fosforu tym większy stosunek N:P, co przyczynia się do zmniejszenia ryzyka wystąpienia toksycznego zakwitów.

5.2.4. Azot Kjeldahla

Azot Kjeldahla składa się z azotu amonowego i aminowego. Okazuje się, że azot amonowy na wysokich poziomach może hamować zarówno tempo wzrostu reprodukcyjnego, jak i tempo fotosyntezy. Wiele taksonów fitoplanktonu jest w stanie wykorzystać azot amonowy bezpośrednio jako składnik odżywczy, a większość taksonów jest w stanie wykorzystać azotany, produkt nitrifikacji, który zmniejsza stężenia amoniaku.¹

Ze wstępnych analiz wynika, że wzrost azotu Kjeldahla powoduje jednoczesne zmniejszenie ilości tlenu rozpuszczonego i pH, czyli hamuje przebieg fotosyntezy a tym samym wzrost „złotej algi”. Danych jest jeszcze za mało, aby potwierdzić tę tezę. Należy dalej monitorować wpływ zawartości azotu Kjeldahla na rozwój *Prymnesium parvum*.

5.3. Zasolenie

5.3.1. Przewodność elektryczna właściwa

Przewodność elektryczna właściwa jest wprost proporcjonalna do zasolenia, co jest bardziej ogólnym terminem używanym do opisanie ilości soli w wodzie. Zasolenie jest nie tylko ważnym czynnikiem definiującym zagęszczenie „złotej algi”, ale także kluczowym prekursorem toksycznego potencjału kwitnienia. Naukowcy ustalili wartość progową przewodności elektrolitycznej właściwej w 25°C wynoszącą 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}^6$, powyżej której istnieje ryzyko wystąpienia zakwitów. Wartość przewodności elektrolitycznej właściwej w przeliczeniu na 20°C wynosi 1350 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Natomiast z badań przeprowadzonych na rzece Kolorado, minimalna przewodność elektrolityczna właściwa wymagana do wystąpienia zakwitów „złotej algi” wynosiła 1998 $\mu\text{S}/\text{cm}$, co odpowiada zasoleniu - 1,02 psu².

Nie mniej jednak w badanych zbiornikach wystąpił zakwit *Prymnesium cf. parvum* przy poziomie przewodności ok. 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

5.3.2. Chlorki i siarczany

Przewodność elektrolityczną właściwą determinują jony tj. chlorki i siarczany. Najczęściej poziom chlorków był utożsamiany z zasoleniem wody, jednak z badań przeprowadzanych w Texasie, wynika, że to siarczany oprócz chlorków przyczyniają się do ogólnego zasolenia, pośrednio zwiększając potencjał kolonizacyjny *Prymnesium parvum*.

Na podstawie danych literaturowych, wartość chlorków na poziomie 228 mg/l Cl^1 stanowi wartość alarmową, poniżej której nie występuje ryzyko wystąpienia zakwitów.

Z dotychczasowych badań wykonanych w zbiornikach, zakwit *Prymnesium cf. parvum* był obserwowany już przy poziomie ok. 170 mg/l Cl .

5.4. Odczyn pH

Obecność haptofitów z rodzaju *Prymnesium* powoduje wzrost pH. Jednak, gdy $\text{pH} > 8,5$, toksyczność jest znacznie większa niż przy niższym pH.

Ze wstępnej analizy wyników próbek pobranych z rzeki Odry i jej dopływów wyznaczono wartość pH na poziomie 8,9, powyżej której następuje znaczny przyrost ilości „złotej algi”.

5.5. Tlen rozpuszczony

Przy pełnym nasyceniu czystej wody powietrzem pod ciśnieniem 101325 Pa zawartość tlenu w wodzie wynosi w temperaturze 0°C 14.6 mg O_2/l , a w temperaturze 30°C 7,5 mg O_2/l .⁷

Przyczyną nieco wyższego poziomu tlenu rozpuszczonego w zbiornikach gdzie występują „złote algi” może być częściowo wyższy poziom produkcji tlenu, który występuje podczas kwitnienia (w ciągu dnia) glonów. Zjawisko to spowodowane jest procesem fotosyntezy, gdzie produktem reakcji jest właśnie tlen.

6. Wskaźniki fizyko-chemiczne i biologiczne badane w wodzie

Wskaźniki fizyko-chemiczne i biologiczne badane w ramach monitoringu interwencyjnego, w celu wykrycia potencjalnego zagrożenia zakwitami *Prymnesium*, wskazane są w **załączniku nr 1** do niniejszej procedury. Załącznik nr 1 może być aktualizowany, jeśli zajdzie taka konieczność, po jego zatwierdzeniu przez Głównego Inspektora Ochrony Środowiska w uzgodnieniu z MKiŚ.

7. Poziomy alarmowe

Na potrzeby oszacowania poziomu ryzyka związanego z zakwitami „złotej algi”, ustala się 4 stopniową skalę alarmowania, która wyróżnia stopnie ostrzegawcze (stopień ostrzegawczy*, stopień ostrzegawczy**) i 3 stopnie zagrożenia (I, II i III).

Ze względu na odmienną specyfikę wód płynących tj. rzek i starorzeczy oraz kanałów i zbiorników zdecydowano o wyznaczeniu oddzielnych poziomów alarmowych dla rzek/starorzeczy oraz kanałów/zbiorników dla badanych wskaźników. Tylko część z badanych parametrów wskazanych w **załączniku nr 1** brana jest do oceny ryzyka.

Poziomy alarmowe dla każdego wskaźnika objętego oceną dla każdej z wyznaczonych grup obiektów badań, na podstawie których wyznacza się odpowiedni alert (stopień ostrzegawczy/stopień zagrożenia), zostały zawarte w **załączniku nr 2** do niniejszej procedury.

Ponieważ *Prymnesium parvum* zachowuje się różnie w zależności od warunków klimatycznych (pór roku), zdecydowano, że okresowo będą badane zależności pomiędzy liczebnością *Prymnesium parvum* a badanymi parametrami fizyko-chemicznymi. W przypadku, gdy kolejne analizy danych okresowych w porównaniu do poprzedniej, wykażą znaczące różnice w zależnościach „liczebność *Prymnesium parvum*-parametr fizyko-chemiczny”, poziomy alarmowe zostaną zmienione, poprzez aktualizację **załącznika nr 2**, po uprzednim jego zatwierdzeniu przez GIOŚ, w uzgodnieniu z MKiŚ. Zmiana załącznika może obejmować zarówno wielkość stężenia/zawartości/poziomu danego parametru jak i zmianę parametru fizyko-chemicznego (dodanie i/lub usunięcie) branego do oceny.

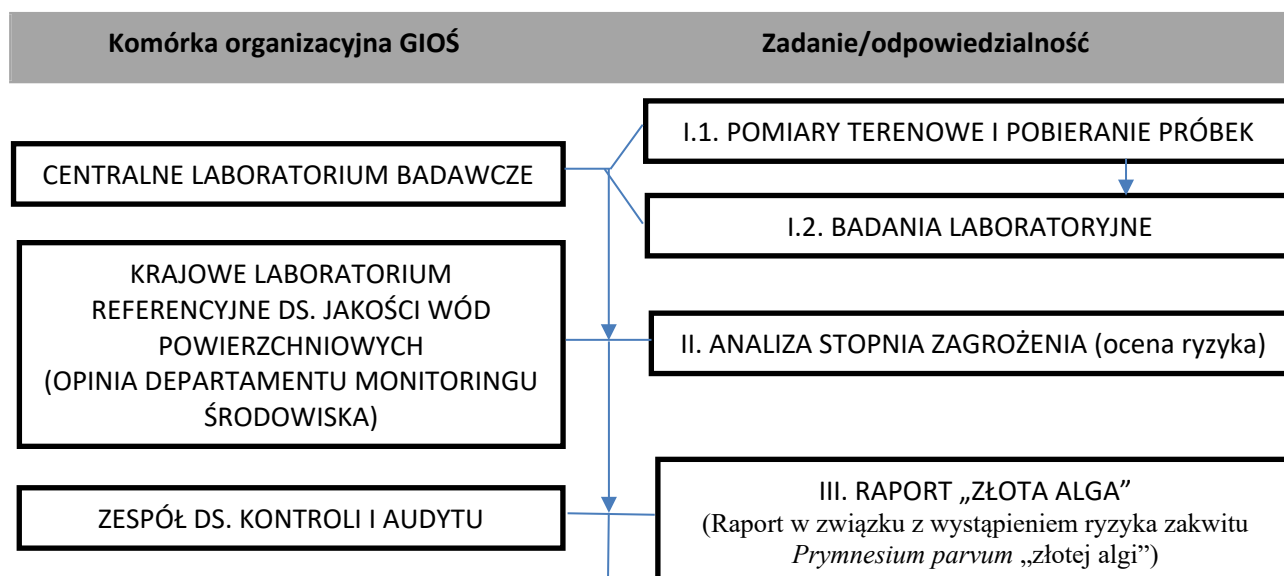
Poniżej objaśnienia do każdego stopnia na 4-stopniowej skali wraz z przypisanym ryzykiem.

Przypisany stopień		Poziom ryzyka
stopień ostrzegawczy ²	stopień ostrzegawczy**	ryzyko związane z pojawieniem się (lub znacznym wzrostem populacji) <i>Prymnesium parvum</i> spowodowane zwiększonym poziomem zasolenia (przewodność przekracza I poziom alarmowy); może zostać przypisany w punktach, w których nie stwierdza się obecności <i>P. parvum</i>
	stopień ostrzegawczy*	niskie ryzyko wystąpienia zakwitu spowodowane obecnością <i>Prymnesium parvum</i>
I stopień zagrożenia		średnie ryzyko wystąpienia zakwitu spowodowane obecnością <i>Prymnesium parvum</i>
II stopień zagrożenia		wysokie ryzyko wystąpienia zakwitu spowodowane obecnością <i>Prymnesium parvum</i>
III stopień zagrożenia		bardzo wysokie ryzyko wystąpienia zakwitu spowodowane obecnością <i>Prymnesium parvum</i>

8. Opis postępowania

8.1. Droga przekazywania informacji

Procedura przekazywania informacji składa się z trzech etapów, które zostały przedstawione na poniższym diagramie.



² Dopuszcza się dodawanie kolejnych stopni ostrzegawczych, które będą wynikać z rekomendacji wydawanych przez grono ekspertów z Zakładu Zmędlin i Zmędlinokształtów (ZMZ) w Zakładzie Monitoringu Środowiska (ZMS) w GIG. Wydział 3 z 4

8.2. Szczegółowy opis poszczególnych zadań/etapów

8.2.1. Zadanie I.1 - pomiary terenowe i pobieranie próbek

Komórka merytoryczna GIOŚ odpowiedzialna za realizację: Oddział CLB działający na zlecenie WIOŚ/GIOŚ.

Efekt etapu: wypełniony protokół pobierania i przekazanie próbek do laboratorium, wpisanie danych do dedykowanego formularza.

Opis wykonania: Pomiary terenowe oraz pobór próbek przeznaczonych na wykonanie badań wskazanych w p.6, należy wykonać metodami referencyjnymi. Wyniki należy umieścić w protokole pobierania, a następnie wprowadzić wyniki do dedykowanego formularza. Osoba nadzorująca badania weryfikuje i autoryzuje dane.

Czas wykonania etapu: wpisanie wyników do dedykowanego formularza najpóźniej do godziny 9.00 następnego dnia.

8.2.2. Zadanie I.2 - badania laboratoryjne

Komórka merytoryczna GIOŚ odpowiedzialna za realizację: Oddział CLB działający na zlecenie WIOŚ/GIOŚ

Efekt etapu: wyniki badań wprowadzone do dedykowanego formularza.

Opis wykonania: Badania laboratoryjne należy wykonać metodami referencyjnymi. Wyniki należy umieścić w dedykowanym formularzu. Dla badania biologicznego - analizy fitoplanktonu oprócz ilości osobników/l *Prymnesium* cf. *parvum* należy podać organizm dominujący.

Czas wykonania etapu: maksymalnie do 48 h od pobrania próbek.

8.2.3. Zadanie II - analiza stopnia zagrożenia

Komórka merytoryczna GIOŚ odpowiedzialna za realizację: KLRW.

Efekt etapu: ocena ryzyka wystąpienia zakwitu, informacja do DMS, a następnie do ZKiA o przekroczeniu poziomów alarmowych.

Opis wykonania: Monitorowanie wyników badań, określenie stopnia ostrzegawczego/zagrożenia wystąpienia zakwitu. Głównym wyznacznikiem przypisania stopnia ostrzegawczego** jest przewodność elektrolityczna właściwa. Natomiast dla stopnia ostrzegawczego* oraz stopni zagrożenia wyznacznikiem jest ilość *Prymnesium* cf. *parvum*. Na przypisany stopień zagrożenia wystąpienia zakwitu ma również zmiana parametrów fizyko-chemicznych w czasie a nie tylko ich wartość. Podwyższone wartości parametrów terenowych tj. pH i tlen rozpuszczony mogą wskazywać na rozwój organizmów fitoplanktonowych (zachodzi proces fotosyntezy). Informacja dot. organizmu dominującego jest kluczowa do zbadania czy przyczyną zakwitu jest *Prymnesium* cf. *parvum*. W przypadku gdy wskaźniki fizyko-chemiczne będą wskazywać na III stopień zagrożenia, a dominującym organizmem fitoplanktonowym nie będzie *Prymnesium* cf. *parvum*, zostanie przypisany II stopień zagrożenia wystąpienia zakwitu.

W przypadku przypisania odpowiedniego alertu z przyjętej czterostopniowej skali, niezwłocznie przekazać informację do DMS w celu analizy uzyskanych wyników pod kątem

danych z lat ubiegłych. Po uzyskaniu opinii DMŚ, niezwłoczne przekazanie informacji do ZKiA celem poinformowania innych instytucji (wskazanych w p.8.2.4).

Czas wykonania etapu: w ciągu 4 h od otrzymania zatwierdzonych wyników badań laboratoryjnych.

8.2.4. Zadanie III - informacja na zewnątrz- Raport „złota alga”

Komórka merytoryczna GIOŚ odpowiedzialna za realizację: ZKiA

Efekt etapu: poinformowanie o przypisanym stopniu ostrzegawczym/zagrożenia wystąpienia zakwitu:

- CZK MKiŚ, KZGW PGW WP, GDOŚ, GIG oraz właściwych terytorialnie WCZK i WIOŚ.

Opis wykonania: ZKiA informuje odpowiednie ww. instytucje o ryzyku wystąpienia zakwitu celem podjęcia działań i poinformowania podległych sobie właściwych terytorialnie jednostek. Następnie WIOŚ/GIOŚ daje zlecenie dla CLB na wykonanie badań (zakres zgodny z **załącznikiem nr 1**) z określoną częstotliwością zgodną z **załącznikiem nr 3** do procedury.

Czas wykonania etapu: w ciągu 1 h od uzyskania informacji z KLRW.

8.3. Częstotliwość wykonywania pomiarów/badań

Częstotliwość wykonywania pomiarów terenowych i badań laboratoryjnych uzależniona jest od przypisanego ryzyka wystąpienia zakwitu. **Załącznik nr 3** do niniejszej procedury określa częstotliwość wykonywania pomiarów terenowych, badań fizyko-chemicznych i biologicznych. W uzasadnionych przypadkach, dopuszcza się możliwość zwiększenia/zmniejszenia częstotliwości pomiarów/badań, poprzez aktualizację **załącznika nr 3**, po zatwierdzeniu zmian przez GIOŚ, w uzgodnieniu z MKiŚ. Zatwierdzając zmiany w załączniku 3 GIOŚ może brać pod uwagę m.in. dostosowanie działań do bieżącej sytuacji i/lub optymalizacja kosztów badań.

Załączniki:

1. Wskaźniki fizyko-chemiczne i biologiczne badane w ramach monitoringu interwencyjnego.
2. Wskaźniki fizyko-chemiczne i biologiczne objęte oceną wraz z przypisanymi poziomami alarmowymi.
3. Częstotliwość wykonywania pomiarów / badań w ramach monitoringu interwencyjnego.

Bibliografia:

¹ D.L. Roelke, B.W. Brooks, J.P. Grover, D.M. Kalisek, B.L. Harris “Approaches to Golden Algae Control: In-Lake Mesocosm Experiments”

² Aquatic Invasive Species Control Plan Division of Environmental Services, Golden Alga 2021

³ R. Patin˜o, D. Dawson, M. M. VanLandeghem “Retrospective analysis of associations between water quality and toxic blooms of golden alga (*Prymnesium parvum*) in Texas

reservoirs: Implications for understanding dispersal mechanisms and impacts of climate change”

⁴ E. Grane'li, Bente Edvardsen, D. L. Roelke, J. A. Hagstro ïm “Ekofizjologia i dynamika kwitnienia Prymnesium spp.”

⁵ E. Szatyłowicz, A. Siemieniuk “Przegląd metod oceny stanu troficznego wód powierzchniowych”

⁶ K.J. Hartman, D. I. Wellman, J. W. Kingsbury, D. A. Cincotta, J. L. Clayton, K. M. Eliason, F. A. Jernejcic, N. V. Owens, D. M. Smith. “A Case Study of a Prymnesium parvum Harmful Algae Bloom in the Ohio River Drainage: Impact, Recovery and Potential for Future Invasions/Range Expansion”

⁷ https://zasoby1.open.agh.edu.pl/dydaktyka/chemia/a_e_chemia/9_ochrona_srodowiska/02_02_00.htm