# ZINTEGROWANE DZIAŁANIA NA RZECZ POPRAWY JAKOŚCI WÓD: OD ZWALCZANIA ZŁOTEJ ALGI PO OGRANICZANIE NADMIERNEJ EUTROFIZACJI W ZLEWNIACH. KSIĄŻKA ABSTRAKTÓW.

SERIA PUBLIKACJI POKONFERENCYJNYCH IMGW-PIB
2025

Strategie życiowe i skutki występowania zakwitów Prymnesium parvum 5

Wpływ eutrofizacji oraz zakwitów „złotych alg" na ichtiofaunę 7

Aktualny stan wiedzy w zakresie nowoczesnych metod rekultywacji wód powierzchniowych 9

SinStop – opis eksperymentu na Kanale Gliwickim w 2024 r. 11

BIOMFILTER – Innowacyjna metoda filtracji wód powierzchniowych z odzyskiem biogenów na cele rolnicze 13

Czy trzeci stopień oczyszczania ścieków może zmniejszyć problem eutrofizacji naszych wód? 15

Wykorzystanie narzędzi informatyczny do wspomagania decyzji w zakresie odzysku wody w miejskich oczyszczalniach ścieków 17

Synergia sorpcji i ponownego wykorzystania: efektywne rozwiązania w oczyszczaniu wód w praktyce GOZ 19

Eksperymentalne zastosowanie nadtlenku wodoru do ograniczenia zakwitu Prymnesium parvum w rzece Kłodnicy latem 2024 r. 21

Nadzór organów Państwowej Inspekcji Sanitarnej nad jakością wody w kąpieliskach 23

Opracowanie Autonomicznego Systemu do Monitorowania Jakości Wody 25

Sen2WaQ – System monitoringu jakości wód powierzchniowych z wykorzystaniem danych satelitarnych 27

Wpływ zmiany klimatu na ładunki biogenów ze spływów powierzchniowych z obszarów zurbanizowanych 29



Z przyjemnością oddajemy w Państwa ręce niniejszą Książkę Abstraktów, która stanowi zbiór najważniejszych wniosków, wyników badań i propozycji rozwiązań zaprezentowanych podczas konferencji „Zintegrowane działania na rzecz poprawy jakości wód: od zwalczania złotej algi po ograniczanie nadmiernej eutrofizacji w zlewniach". Wydarzenie zostało zorganizowane przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy (IMGW-PIB) w odpowiedzi na narastające problemy z jakością wód w Polsce.

Celem konferencji było zgromadzenie szerokiego grona specjalistów – naukowców, praktyków, przedstawicieli administracji publicznej oraz firm komercyjnych – aby wspólnie przedyskutować wyzwania i zaproponować skuteczne rozwiązania na rzecz poprawy stanu wód powierzchniowych. Podczas sesji plenarnych oraz równoległych paneli tematycznych zaprezentowano innowacyjne metody monitoringu, narzędzia prognostyczne i zaawansowane technologie, które mogą być z powodzeniem stosowane zarówno w codziennym zarządzaniu jakością wody, jak i w sytuacjach kryzysowych.

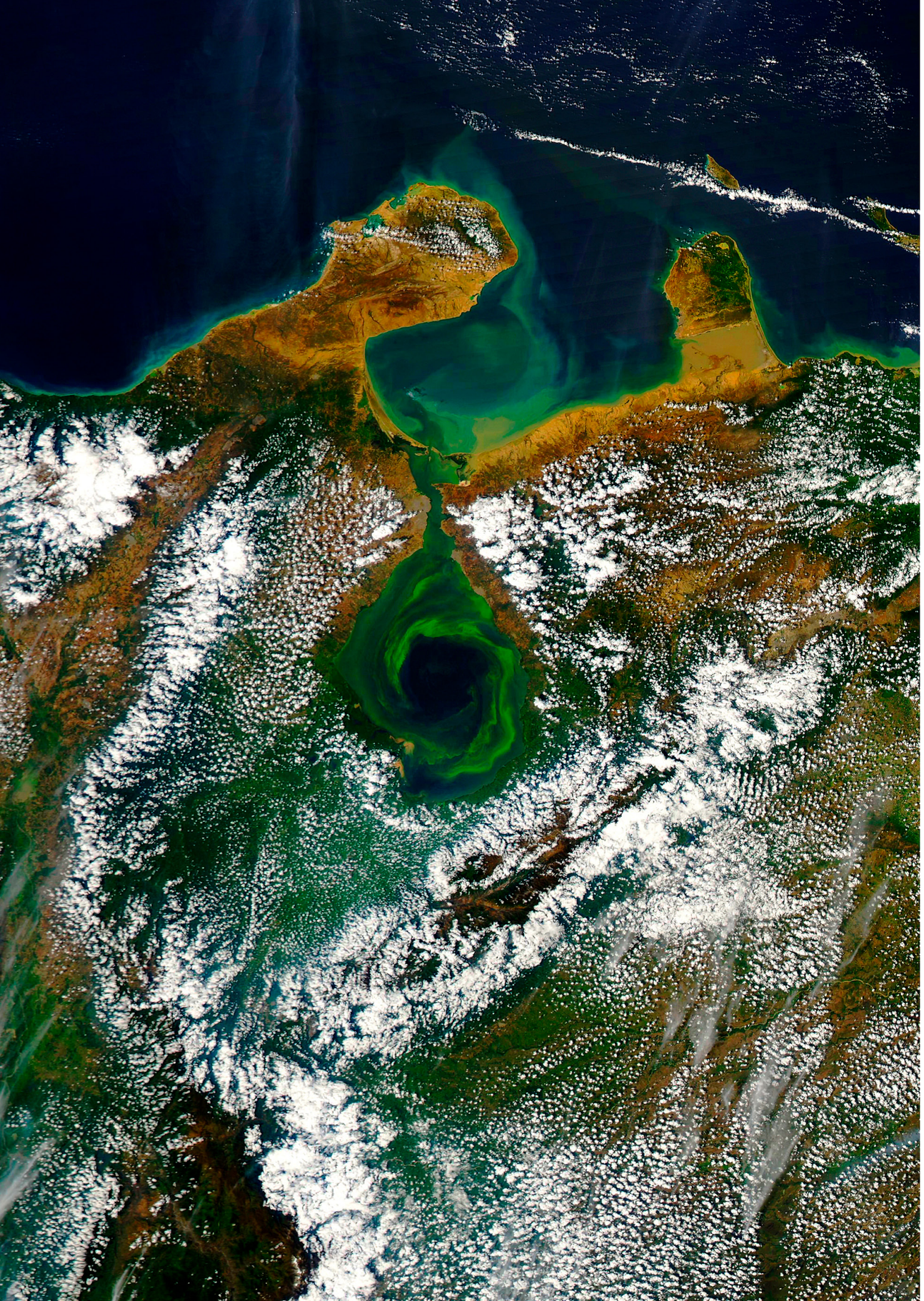
Głównym zagadnieniem omawianym w trakcie konferencji była eutrofizacja, w szczególności w kontekście tzw. złotej algi (Prymnesium parvum), która w ostatnich latach coraz częściej pojawia się w polskich ekosystemach wodnych. Jej masowe zakwity wzbudzają niepokój zarówno ze względu na potencjalną toksyczność dla organizmów wodnych, jak i negatywny wpływ na ekosystemy oraz gospodarkę wodną.

Eksperci podkreślali złożoność przyczyn sprzyjających rozwojowi złotej algi: od zmiany klimatu i rosnących temperatur wód, przez niekontrolowany dopływ biogenów z rolnictwa i przemysłu, aż po nieodpowiednie zarządzanie zbiornikami wodnymi. W ramach prezentowanych referatów zaproponowano możliwe działania prewencyjne oraz interwencyjne – od nowoczesnych metod oceny ryzyka, po zintegrowane podejścia do ochrony i rekultywacji akwenów. Dyskusje prowadzone w trakcie wydarzenia skupiały się na przyczynach i skutkach eutrofizacji, a także na sposobach przeciwdziałania temu niekorzystnemu zjawisku. Prelegenci omawiali zarówno rozwiązania prawne i administracyjne, jak i innowacyjne technologie (np. metoda SinStop; projekt BIOMFILTER, technologia WaterSense – ASIR). Szczególny nacisk położono na konieczność współpracy różnych sektorów i instytucji, aby wdrożone działania były skuteczne i trwałe.

---

KOMITET ORGANIZACYJNY:
Joanna Temiza, dr Dariusz Włóka

KOMITET NAUKOWY:
prof. dr hab. inż. Robert Czerniawski; prof. dr hab. inż. Małgorzata Kacprzak;
dr hab. Piotr Rychter, prof. UJD; dr hab. inż. Paweł Wilk, prof. IMGW-PIB;
dr hab. inż. Paulina Orlińska-Woźniak, prof. IMGW-PIB; dr Joanna Kończyk, prof. UJD



# Strategie życiowe i skutki występowania zakwitów *Prymnesium parvum*

Justyna Kobos | Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii, Katedra Biologii Morza i Biotechnologii

e-mail: justyna.kobos@ug.edu.pl

Fitoplankton odgrywają istotną rolę w ekosystemie wodnym – jest m.in. producentem tlenu oraz źródłem pokarmu dla wyższych stopni łańcucha pokarmowego. Jego różnorodność biologiczną kształtują czynniki naturalne (np. położenie i kształt zbiornika, temperaturę, dostępność związków biogenicznych) i antropogeniczne (np. wprowadzanie dodatkowych ładunków soli biogenicznych lub wpływając na zasolenie zbiornika). Fitoplankton, jak każdy organizm, posiada zestaw cech przystosowawczych do środowiska, dzięki którym może się w nim rozwijać i przetrwać. Istnieją wzory zachowań, które różnicują poszczególne grupy fitoplanktonu ze względu np. na sposób wykorzystania źródła pokarmu i energii.

Obecnie glony można sklasyfikować wg trzech typów zachowań, ponieważ o strategii życia mikroglonów (jak i roślin) decydują trzy typy nacisku selekcyjnego: konkurencja (C), stres (S) i zaburzenia (R). Jako konkurencję należy rozumieć tendencję sąsiadujących glonów do używania tego samego jonu mineralnego nutrientu, kwantu światła, cząsteczki wody lub objętości przestrzeni. Stres jest definiowany jako zewnętrzne ograniczenie fotosyntezy (przez niedobór np. związków biogenicznych, światła), który limituje rozwój. Z kolei zaburzenia to wszystkie czynniki ograniczające wzrost i biomasę organizmów przez częściową lub całkowitą destrukcję środowiska. W odpowiedzi na te czynniki stwierdzono, że organizmy mogą specjalizować się w szybkim wykorzystaniu dostępnego pokarmu (C-stratedzy), tolerować stres związany z brakiem dostępności pokarmu (S-stratedzy) lub tolerować zaburzenia występujące w środowisku (R-stratedzy). W środowisku spotyka się nie tylko gatunki C, S i R – wiele organizmów wykazuje cechy pośrednie, łącząc w sobie charakterystyki różnych typów strategii. Problem pojawia się, gdy jakaś grupa organizmów fitoplanktonowych zaczyna dominować, tworząc zakwit i/lub produkując toksyny oddziaływujące na inne organizmy.

Gatunek Prymnesium parvum – haptofit wytwarzający ichtiotoksynę (prymnezynę), który przyczynia się do śniecia ryb i małży – tzw. „złotą algę", należałoby zaliczyć do strategów CSR. Jego pojawianie się w wodach (czasem bardzo licznie) obserwuje się w każdej porze roku. Wynika to m.in. z rozmiaru tych glonów, sposobu poruszania się, złożonego cyklu rozwojowego i miksotroficznego sposobu odżywiania. Wydaje się, że obecnie najbardziej kluczowe jest zahamowanie rozwoju potencjalnie toksycznego organizmu w tych wodach, w których stwierdzono jego występowanie, zanim rozmnoży się w ilościach powodujących katastrofalne skutki dla środowiska.

Pojawia się więc pytanie, czy w pewnych warunkach można zahamować rozwój konkretnego taksonu bez uśmiercenia wszystkich innych organizmów planktonowych. Wstępne wyniki doświadczeń z wykorzystaniem środka SinStop wykazały, iż działa on hamująco na rozwój komórek P. parvum, a jednocześnie nie ogranicza wzrostu innych grup fitoplanktonu, zwłaszcza okrzemek i zielenic.

Słowa kluczowe: strategie życiowe, fitoplankton, Prymnesium parvum.

# Wpływ eutrofizacji oraz zakwitów „złotych alg” na ichtiofaunę

Bogdan Wziątek | Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Turystyki Rekreacji i Ekologii

e-mail: minug.b.w@gmail.com

Powszechnie wiadomo, że pierwiastki biogenne mają istotne znaczenie dla jakości wód powierzchniowych, powodując m.in. zakwity glonów, w tym również Prymnesium parvum. Jednak ich obecność prowadzi również do zmian w ichtiofaunie zasiedlającej daną rzekę/akwen. Procesy przebudowy zespołów ichtiofauny na skutek postępującego procesu eutrofizacji zostały szeroko opisane w literaturze.

Zgodnie z regułą Colby'go (1972) oraz modelem Hartmana (1977), postępująca eutrofizacja powoduje stopniowe ustępowanie gatunków stenotypowych (łososiowate, głębielowate) na rzecz eurytypowych (okoniowate, karpiowate) i tym samem przyczynia się do spadku bioróżnorodności. Przekształceniom ulega nie tylko struktura gatunkowa, ale również troficzna. Dodatkowo, wzrost liczebności gatunków planktonożernych w ichticenozie przyśpiesza tempo procesu eutrofizacji, ponieważ wyżerowywanie zooplanktonu przez ryby skraca czas obiegu fosforu w toni wodnej.

Negatywne oddziaływanie zakwitów Prymnesium parvum na ichtiofaunę wiąże się także z produkcją prymnezyn – substancji bezpośrednio toksycznie oddziałujących na ryby, które powodują masowe śnięcia i poważne straty dla gospodarki. Cykliczne występowanie toksycznych zakwitów Prymnesium parvum w Kanale Gliwickim sprzyja ekspansji populacji gatunków obcych, zwłaszcza karasia srebrzystego (Carassius auratus) oraz sumika karłowatego (Ictalurus nebulosus). Przyczynia się to dodatkowo do degradacji wód tego akwenu.

Słowa kluczowe: ichtiofauna, zakwit wody, eutrofizacja, złota alga.

# Aktualny stan wiedzy w zakresie nowoczesnych metod rekultywacji wód powierzchniowych

dr inż. Michał Łopata | Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geoinżynierii, Katedra Inżynierii Ochrony Wód i Mikrobiologii Środowiskowej

Rekultywacja zbiorników wodnych to stosunkowo młoda dziedzina ochrony środowiska naturalnego. Pierwszy na świecie, pełnoskalowy projekt opracowano i wdrożono w 1956 roku – na Jeziorze Kortowskim w Olsztynie zastosowano metodę selektywnego odprowadzania wód. Od tego czasu opracowano kilkanaście rozwiązań poprawy funkcjonowania naturalnych zbiorników wodnych. Z lepszym bądź słabszym skutkiem wdrożono kilkaset programów naprawczych w Europie, przede wszystkim wykorzystując techniki napowietrzania wód naddennych. Równolegle do sztucznego napowietrzania opracowano metodę inaktywacji fosforu, polegającą na używaniu substancji zdolnych do wytrącania tego pierwiastka z wody, takich jak związki żelaza, glinu, wapnia, a także metali ziem rzadkich i związków organicznych. Kolejne techniki koncentrowały się wokół osadów dennych – ich usuwania lub obróbki chemicznej i mechanicznej w celu ograniczenia negatywnego wpływu substancji zdeponowanych w dnie na czystość wód.

Przełom XX i XXI wieku to rozwój metod biologicznych ukierunkowanych na biomanipulację środowiskową i sztuczne kształtowanie piramid troficznych ekosystemów wodnych, zaburzonych niegdyś wskutek nadmiernej antropopresji. Wśród nich wymienić należy m.in. biomanipulacje rybackie, czyli sterowanie strukturą ichtiofauny, nasadzenia roślinności naczyniowej, usuwanie nadmiernej biomasy roślinnej oraz biosestonu, aplikowanie efektywnych mikroorganizmów.

Obszerna literatura przedmiotu potwierdza, że warunkiem sukcesu rekultywacji zbiornika wodnego jest dobre przygotowanie go do programu działań (odcięcie nadmiernego ładunku zewnętrznych zanieczyszczeń biogennych), dobór odpowiednich technik (nie ma metody uniwersalnej!), odpowiednio silna ingerencja w ekosystem (pokonanie odprężności ekosystemu), holistyczne podejście do programu naprawczego, konsekwencja w jego realizacji oraz kontrola procesu umożliwiająca wprowadzanie korekt i uzupełnień (monitoring środowiskowy). Coraz większą wagę zyskuje akceptacja społeczna planowanych działań, wypracowana dzięki edukacji ekologicznej i aktywnemu udziałowi interesariuszy w programach rekultywacji.

# SinStop – opis eksperymentu na Kanale Gliwickim w 2024 r.

Krzysztof Gliński | Ecco-Logic Sp. z o.o., Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie

e-mail: biuro@ecco-logic.pl

Przeprowadzone badania miały na celu ocenę efektywności innowacyjnego preparatu SinStop w ograniczeniu zakwitu glonów i sinic, zwłaszcza złotej algi (Prymnesium parvum). Planowano w ten sposób zmniejszyć ryzyko śnięcia ryb w obrębie Kanału Gliwickiego w 2024 r. Zakres prac podzielono na dwa etapy: pierwszy – w skali półtechnicznej – realizowano w zbiornikach zanurzonych w kanale; drugi – w skali operacyjnej – prowadzono w dwóch komorach śluzy Rudziniec, przy czym jedna z nich pełniła rolę obiektu testowego, a druga stanowiła układ kontrolny.

W pierwszym etapie badano różne warianty preparatu SinStop (m.in. SinStop-2, SinStop-A, SinStop-B i SinStop-N), stosując zróżnicowane dawki oraz sposoby aplikacji. W etapie drugim wdrożono wypracowaną metodę dawkowania, monitorując parametry fizykochemiczne wody, a także stan ichtiofauny i zooplanktonu. W komorze śluzy poddanej działaniu preparatu zaobserwowano istotne obniżenie liczebności złotej algi przy jednoczesnym wzroście populacji pożądanych gatunków (np. okrzemek). Nie stwierdzono znaczących śnięć ryb ani podwyższonych stężeń toksyn. Natomiast w komorze kontrolnej wystąpiło około 100 przypadków śnięcia ryb, a także gwałtowny wzrost poziomu prymnezyny i intensywny zakwit złotej algi.

Wyniki badań wskazują, że preparat SinStop skutecznie hamuje rozwój niepożądanych glonów i stabilizuje najważniejsze parametry wody (m.in. pH, zawartość substancji biogenicznych), przyczyniając się do ograniczenia eutrofizacji. Jednocześnie wykazano, że SinStop jest bezpieczny dla organizmów wodnych, a ewentualne zmiany w ich funkcjonowaniu mają charakter odwracalny. Niezależne prace, m.in. prowadzone na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie, potwierdzają skuteczność tego preparatu w zwalczaniu zakwitów glonów, co otwiera perspektywę jego szerokiego zastosowania w rekultywacji różnego typu zbiorników wodnych.

Słowa kluczowe: rekultywacja zbiorników wodnych, eutrofizacja, złota alga, SinStop.

# BIOMFILTER – Innowacyjna metoda filtracji wód powierzchniowych z odzyskiem biogenów na cele rolnicze

Dariusz Włóka, Paweł Wilk, Paulina Orlińska-Woźniak, Urszula Dmitruk | Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

e-mail: dariusz.wloka@imgw.pl

Celem projektu BIOMFILTER jest opracowanie innowacyjnego, modularnego filtra substancji biogenicznych przeznaczonego do oczyszczania płynących wód powierzchniowych, takich jak małe cieki wodne, rowy melioracyjne czy dopływy do zbiorników wodnych. Wpisuje się on w założenia Ramowej Dyrektywy Wodnej (2000/60/WE) oraz Dyrektywy 91/271/EWG dotyczącej m.in. oczyszczania ścieków komunalnych, a także w europejską strategię przechodzenia na gospodarkę o obiegu zamkniętym (GOZ).

Kluczowym elementem systemu jest autorska, mineralna mieszanina filtracyjna, która skutecznie sorbuje związki azotu (sorpcja fizyczna) oraz fosforu (sorpcja fizyczna i chemiczna), co potwierdzono w badaniach laboratoryjnych i środowiskowych. Zastosowane złoże, dzięki unikatowej formule, stymuluje procesy samooczyszczania wód poprzez buforowanie pH, wspieranie rozwoju zooplanktonu oraz ograniczanie wzrostu sinic i złotej algi (Prymnesium parvum). Dodatkową zaletą rozwiązania jest możliwość regeneracji wkładu filtracyjnego oraz odzysku związków biogenicznych (N, P, K) i ich ponownego zagospodarowania, np. w produkcji nawozów lub polepszaczy glebowych.

System BIOMFILTER ma charakter modułowy, co ułatwia montaż i konserwację poszczególnych elementów oraz pozwala dostosować skalę instalacji do zróżnicowanych warunków terenowych. Podstawą konstrukcji jest prefabrykowana podstawa hydrotechniczna, do której w prosty sposób można dołączyć moduły filtracyjne. Takie podejście upraszcza prace montażowe, redukuje koszty eksploatacji i umożliwia szybką wymianę lub uzupełnianie złoża w zależności od potrzeb.

Słowa kluczowe: filtracja wody, eutrofizacja, sorpcja związków biogenicznych, gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ).

# Czy trzeci stopień oczyszczania ścieków może zmniejszyć problem eutrofizacji naszych wód?

prof. dr hab. inż. Małgorzata Kacprzak | Politechnika Warszawska

e-mail: malgorzata.kacprzak@pw.edu.pl

Eutrofizacja wód, wynikająca z nadmiernego wzbogacania środowisk wodnych biogenami (głównie N i P), stanowi jedno z największych wyzwań dla ochrony zasobów wodnych. Proces ten prowadzi do intensywnego rozwoju glonów i roślinności wodnej, powodując degradację ekosystemów, spadek różnorodności biologicznej oraz problemy z jakością wody pitnej i użytkowej. Jedną z przyczyn tego zjawiska jest wysokie stężenie N i P w ściekach oczyszczonych kierowanych do odbiorników jakimi są wody powierzchniowe. Zgodnie z Dyrektywą (UE) 2024/3019 z dnia 27 listopada 2024 r. dotyczącą oczyszczania ścieków komunalnych, w wyniku obowiązkowego wprowadzenia trzeciego stopnia oczyszczania ścieków stężenie fosforu w ściekach oczyszczonych nie powinno przekraczać 0,5 mg/dm$^3$ a azotu 8 mg/dm$^3$ (dla RLM wynosząca co najmniej 150 000). Dla RLM między 10 a 150 tys. wartości te wynoszą odpowiednio 0,7 mgP/dm$^3$ oraz 10 mg M/dm$^3$ oczyszczonych ścieków.

Aby spełnić wymogi Dyrektywy, oczyszczalnie muszą wprowadzić odpowiednie technologie do procesów oczyszczania ścieków, takie jak zaawansowane utlenianie (AOP), koagulacja chemiczna czy membranowe techniki filtracji. Coraz częściej stosuje się metody hybrydowe, łączące procesy chemiczne i biologiczne w celu maksymalizacji efektywności usuwania zanieczyszczeń. Do kluczowych wyzwań związanych z koniecznością dostosowania istniejących oczyszczalni do nowych standardów należą wysokie koszty inwestycji oraz wymóg ciągłego monitorowania i optymalizacji procesów. Ważne są także różnice w efektywności oczyszczania w zależności od specyfiki lokalnych ścieków, co wymaga indywidualnego podejścia do projektowania systemów oczyszczania. Szczególnie istotne jest to w przypadku małych oczyszczalni, dla których alternatywą jest stosowanie sztucznych mokradeł lub naturalnych filtrów.

Rozwiązanie problemu eutrofizacji wymaga zintegrowanego podejścia, które obejmuje nie tylko modernizację oczyszczalni, ale także ograniczenie spływu zanieczyszczonych wód z rolnictwa i przemysłu oraz edukację społeczeństwa w zakresie ochrony zasobów wodnych. Wdrożenie trzeciego stopnia oczyszczania ścieków nie tylko redukuje bezpośrednie zanieczyszczenie wód biogenami, ale także przyczynia się do ochrony ekosystemów wodnych, poprawy jakości życia mieszkańców oraz zwiększenia dostępności czystej wody. Trzeci stopień oczyszczania ścieków jest ważnym narzędziem w walce z eutrofizacją, jednak jego skuteczność w dużej mierze zależy od odpowiedniego wsparcia finansowego, regulacyjnego i technologicznego.

Słowa kluczowe: eutrofizacja, azot, fosfor, trzeci stopień oczyszczania ścieków.

# Wykorzystanie narzędzi informatycznych do wspomagania decyzji w zakresie odzysku wody w miejskich oczyszczalniach ścieków

Marzena Smol, Dominika Szołdrowska | Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, Polska Akademia Nauk

e-mail: smol@meeri.pl

W ostatnich latach nastąpił szybki rozwój narzędzi informatycznych, które wspierają proces decyzyjny w różnych sektorach, m.in. gospodarce wodno-ściekowej. W ramach międzynarodowego projektu ReNutriWater opracowywane jest rozwiązanie „WaterSafe", którego zadaniem jest wspomaganie decyzji w zakresie doboru odpowiedniej metody odzysku wody w miejskich oczyszczalniach ścieków. Docelowym użytkownikiem narzędzia są operatorzy oczyszczalni ścieków, którzy rozważają wprowadzenie odzysku wody, zgodnie z wymaganiami Komisji Europejskiej (KE) wskazanymi w Rozporządzeniu nr 741 z 2020 r. (dotyczącym odzysku wody na cele rolnicze).

Główną funkcjonalnością „WaterSafe" jest dokonywanie obliczeń na podstawie parametrów ścieków wprowadzonych przez użytkownika, w celu wybrania zalecanej metody oczyszczania ścieków (biorąc pod uwagę określone aspekty technologiczne, środowiskowe i ekonomiczne). Opracowane narzędzie informatyczne oferuje również dodatkowe funkcje, jak np. kompendium wiedzy (z informacjami na temat aktualnych norm prawnych dotyczących ponownego wykorzystania i metod oczyszczania wody). „WaterSafe" może być z powodzeniem wykorzystywane przez decydentów rozważających wprowadzenie odzysku wody będącego kierunkiem rekomendowanym przez KE, dlatego też działania w tym zakresie są podejmowane w ramach projektu.

Podziękowania: Praca przygotowana w ramach projektu „Zamykanie lokalnych obiegów wodnych poprzez recyrkulację składników odżywczych i wody oraz ich wykorzystanie w przyrodzie" (ReNutriWater) finansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR), nr projektu #C016.

Słowa klucze: narzędzia informatyczne, odzysk wody, sektor wodny, gospodarka o obiegu zamkniętym.

# Synergia sorpcji i ponownego wykorzystania: efektywne rozwiązania w oczyszczaniu wód w praktyce GOZ

Piotr Rychter, Joanna Kończyk, Kamila Lewicka, Izabela Szymanek | Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie, Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych

W obliczu wyzwań związanych z ochroną zasobów wodnych oraz dążeniem do efektywnego zarządzania odpadami, synergia sorpcji i ponownego wykorzystania materiałów posorpcyjnych stanowi niezwykle cenne narzędzie. Jego wdrożenie w ramach założeń gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) sprzyja osiąganiu korzyści zarówno ekologicznych, jak i ekonomicznych poprzez redukcję ilości odpadów i zamknięcie cyklu obiegu substancji w środowisku.

Procesy sorpcyjne, dzięki możliwości wykorzystania różnorodnych materiałów adsorpcyjnych (syntetycznych i naturalnych), odgrywają kluczową rolę w wychwytywaniu związków biogennych, takich jak azot czy fosfor, z wód powierzchniowych i opadowych. Składniki te, będące główną przyczyną eutrofizacji, mogą zostać skutecznie usunięte, dzięki czemu minimalizuje się ich negatywny wpływ na ekosystemy wodne. Materiały posorpcyjne, wzbogacone w pochłonięte biogeny, mogą znaleźć zastosowanie jako polepszacze gleby czy materiały nawozowe, dostarczając glebie, a tym samym roślinom, cennych substancji odżywczych. Biorąc pod uwagę fakt, iż użycie nawozów mineralnych stale rośnie, co spowodowane jest zwiększającą się produkcją żywności roślinnej, istnieje pilna potrzeba zagospodarowania ich strat. Niewątpliwie przyczyni się to nie tylko do ograniczenia procesu eutrofizacji i degradacji gleb, ale także umożliwi powtórne wykorzystanie biogenów jako składników odżywczych dla roślin.

# Eksperymentalne zastosowanie nadtlenku wodoru do ograniczenia zakwitu Prymnesium parvum w rzece Kłodnicy latem 2024 r.

Agnieszka Kolada | Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

e-mail: agnieszka.kolada@ios.edu.pl

Zakwit haptofitu Prymnesium parvum, potocznie nazywanego „złotą algą", został uznany za bezpośrednią przyczynę katastrofy ekologicznej w Odrze latem 2022 r., której wynikiem były masowe śnięcia ryb, małży, ślimaków i innych organizmów skrzelodysznych. Od tego czasu prowadzone są intensywne działania mające na celu opracowanie metod zapobiegania, eliminacji oraz ograniczania skutków zakwitów tego gatunku w wodach śródlądowych.

Jednym z przytaczanych w literaturze sposobów eliminacji Prymnesium parvum ze środowiska jest zastosowanie nadtlenku wodoru. Metoda ta została przetestowana latem 2024 r. do ograniczenia ryzyka przedostania się zakwitu haptofita z jeziora Dzierżno Duże do Odry wodami rzeki Kłodnicy. Uzyskane w trakcie eksperymentu wyniki potwierdziły wysoką skuteczność tego rozwiązania, przy akceptowalnym poziomie negatywnych oddziaływań substancji na ekosystem.

Słowa kluczowe: zakwit, złota alga, Prymnesium parvum, ochrona wody.

# Nadzór organów Państwowej Inspekcji Sanitarnej nad jakością wody w kąpieliskach

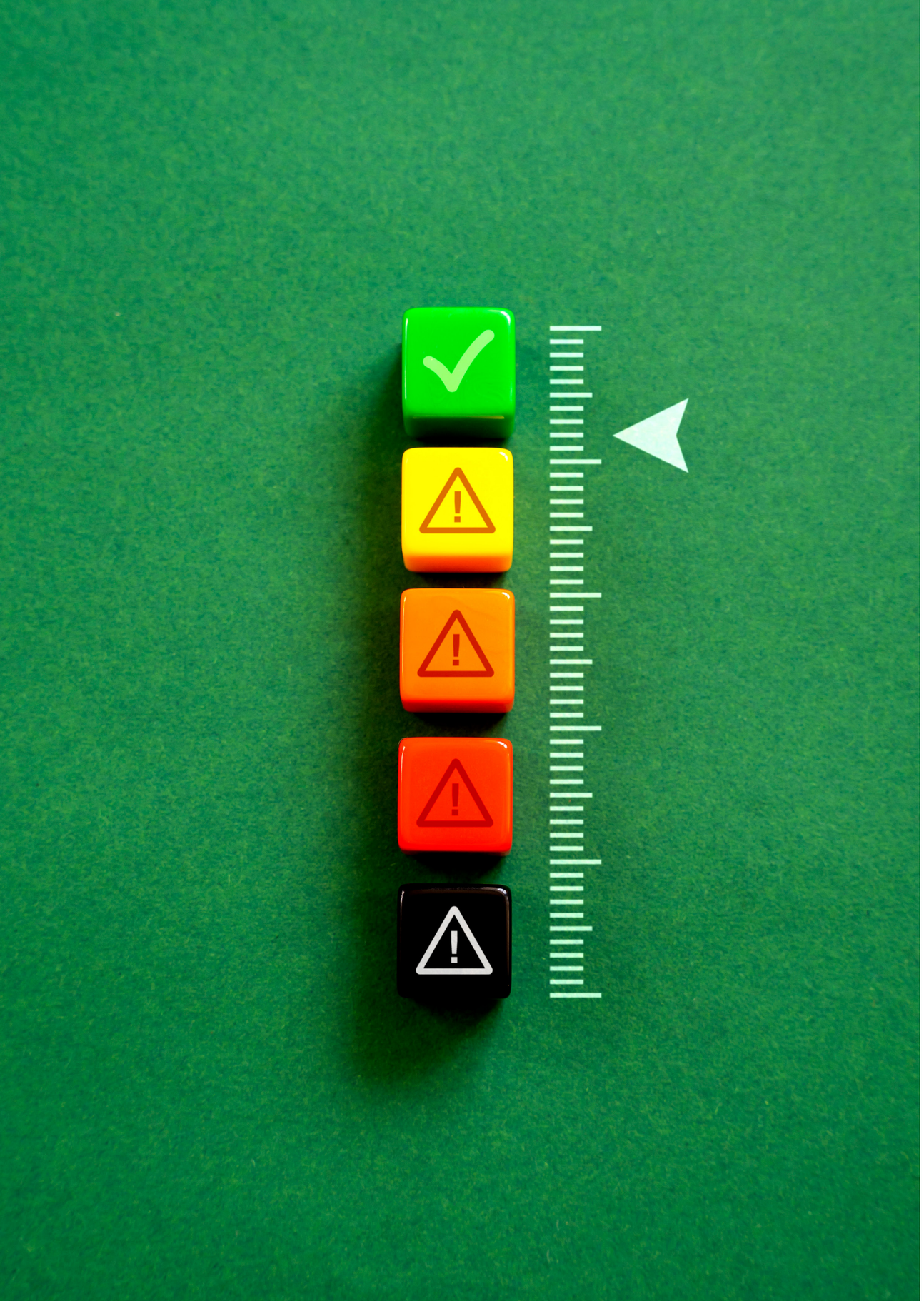
Weronika Sołtan | Główny Inspektorat Sanitarny, Zespół ds. Bezpieczeństwa Zdrowotnego Wody Departamentu Bezpieczeństwa Zdrowotnego Człowieka w Środowisku

e-mail: weronika.soltan@sanepid.gov.pl

Zagadnienia związane z funkcjonowaniem oraz nadzorem organów Państwowej Inspekcji Sanitarnej nad jakością wody w kąpieliskach regulują krajowe akty prawne, implementujące dyrektywę 2006/7/WE z dnia 15 lutego 2006 r. dotyczącą zarządzania jakością wody w kąpieliskach i uchylającą dyrektywę 76/160/WE. W wyniku działań podejmowanych przez PIS w ramach nadzoru nad jakością wody w kąpieliskach, regularnie przeprowadzane są kontrole i badania jej jakości (w zakresie parametrów mikrobiologicznych – Escherichia coli i enterokoki).

W 2024 r. organy PIS objęły bieżącym nadzorem sanitarnym 703 kąpieliska. W każdym przypadku wystąpienia okresowych zanieczyszczeń mikrobiologicznych, nadmiernego zakwitu sinic lub innych przekroczeń, organizatorzy kąpielisk oraz organy PIS podejmowali natychmiastowe działania dla zapewnienia bezpieczeństwa osób kąpiących się oraz ochrony wód w kąpieliskach. Polegały one na określeniu i ocenie przyczyn zanieczyszczenia, skutecznym informowaniu osób kąpiących się (w tym zamieszczaniu stosownych informacji na internetowym Serwisie Kąpieliskowym), podejmowaniu czynności mających na celu zapobieganie narażeniu osób kąpiących się na działanie zanieczyszczeń oraz obniżeniu ryzyka zanieczyszczenia. Regularne badania i kontrola kąpielisk zapobiegają rozprzestrzenianiu się chorób oraz ewentualnym hospitalizacjom.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo kąpielisk, ryzyko środowiskowe, analiza ryzyka, czysta woda.



# Opracowanie Autonomicznego Systemu do Monitorowania Jakości Wody

Filip Budny[1, 2], Mateusz Korona[1, 2], Mikołaj Stryja[3], Małgorzata Jakubowska[1, 4]

[1] Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii CEZAMAT, Politechnika Warszawska, [2] MAGLY Sp. z o.o., [3] NEBUCODE Sp. z o.o.,

[4] Wydział Mechaniczno-Technologiczny, Politechnika Warszawska

e-mail: filip.budny@watersense.pl

Prezentowany poster dotyczy projektu badawczo rozwojowego mającego na celu opracowanie innowacyjnego autonomicznego systemu monitorowania jakości wód WaterSense (ASIR), zaprojektowanego w odpowiedzi na poważne problemy związane ze złym stanem wód powierzchniowych w Polsce i Europie. Obecnie stosowane metody monitoringu, oparte na sporadycznych pomiarach, nie są w stanie precyzyjnie uchwycić dynamicznych zmian parametrów fizykochemicznych wody, co utrudnia identyfikację zagrożeń i skuteczne działania naprawcze. W kontekście wyników, wskazujących na zły stan aż 99 proc. jednolitych części wód powierzchniowych w Polsce (Raport GUS 2021), konieczne jest wdrożenie zaawansowanych systemów umożliwiających ciągły i precyzyjny monitoring.

W ramach projektu zostaną opracowane nowatorskie miniaturowe sensory, które charakteryzują się niskim kosztem produkcji oraz brakiem konieczności kalibracji i czyszczenia. Zintegrowanie tych sensorów z mechanizmem automatycznego przesuwu pozwala na ciągłe pomiary bez potrzeby ręcznej obsługi, co znacząco zwiększa efektywność systemu. Autonomię stacji zapewnia system zasilania oparty na mikro hydrogeneratorze wytwarzającym energię z płynącej wody oraz na panelach słonecznych, co zapewnia całoroczne funkcjonowanie, nawet w trudnych warunkach atmosferycznych.

Trwają również badania nad opracowaniem zaawansowanych algorytmów sztucznej inteligencji do analizy danych pomiarowych. Modele prognostyczne oparte na metodach takich jak MLP, LSTM czy TransformerEncoder już na tym etapie umożliwiają przewidywanie parametrów wody na 72 godziny do przodu z dużą dokładnością oraz detekcję anomalii w systemie pomiarowym, co zwiększa możliwości szybkiego reagowania na nagłe zmiany w ekosystemach wodnych. Dodatkowo, opracowanie czasowo-przestrzennych modeli ryzyka zanieczyszczenia rzek wspiera optymalizację lokalnych sieci pomiarowych, co stanowi istotny element strategii zarządzania jakością wód.

Projekt, który rozpoczął się 1 września 2024 r. i przewidziany jest na okres 36 miesięcy, już na wczesnym etapie realizacji został wyróżniony w prestiżowym programie akceleracyjnym Warsaw Booster 2024, organizowanym przez Miasto Stołeczne Warszawa. W ramach projektu nawiązano współpracę pilotażową z licznymi instytucjami, w tym przedsiębiorstwami wodno-kanalizacyjnymi oraz jednostkami odpowiedzialnymi za ochronę środowiska wodnego. Dotychczasowe badania potwierdzają znaczący potencjał opracowanego systemu jako narzędzia umożliwiającego bardziej zrównoważone i efektywne zarządzanie zasobami wodnymi.

Słowa kluczowe: monitoring jakości wód, autonomiczne systemy IoT, sztuczna inteligencja w zastosowaniach wodnych, miniaturowe sensory na elastycznych podłożach.

# Sen2WaQ – System monitoringu jakości wód powierzchniowych z wykorzystaniem danych satelitarnych

dr inż. Michał Lupa | Centrum Technologii Kosmicznych, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

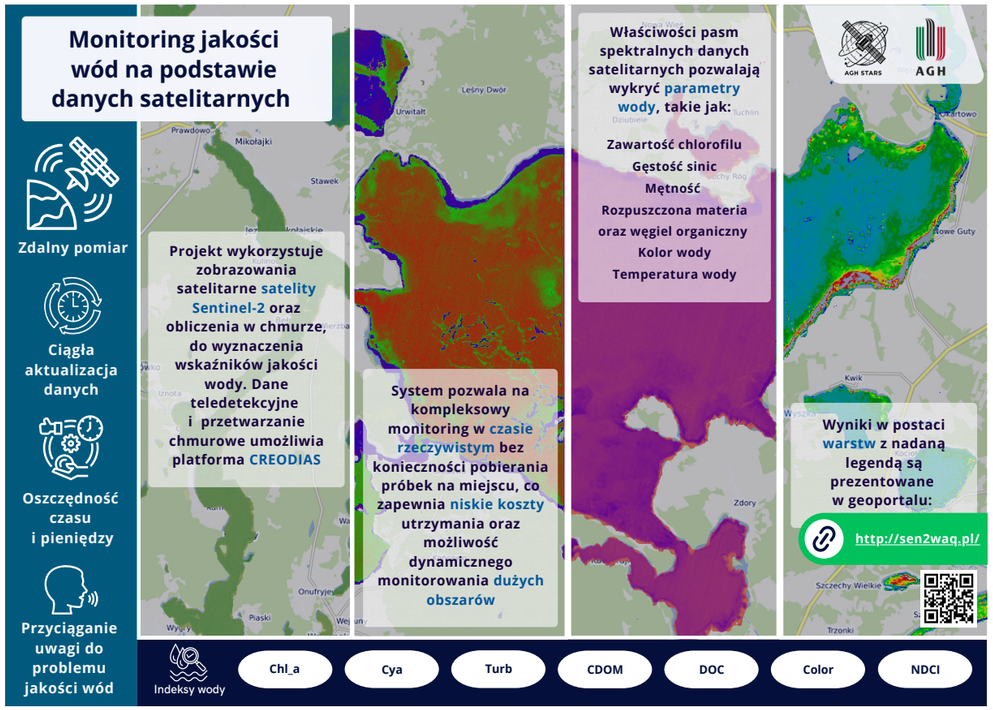
e-mail: mlupa@agh.edu.pl

Sen2WaQ to zaawansowany system monitoringu jakości wód powierzchniowych, oparty na danych satelitarnych Sentinel-2, opracowany w celu regularnego i automatycznego dostarczania informacji o stanie wód w skali całej Polski. System oblicza wartości siedmiu kluczowych wskaźników jakości wody: stężenie chlorofilu-a (Chl_a), gęstość sinic (Cya), mętność (Turb), zawartość rozpuszczonych substancji organicznych (CDOM, DOC), barwa wody (Color) oraz znormalizowany wskaźnik chlorofilu (NDCI). Aktualizacja wskaźników odbywa się co 5 dni, zgodnie z czasem rewizyty satelitów, pod warunkiem spełnienia kryteriów pogodowych, takich jak ograniczone pokrycie chmurami.

Dodatkową funkcjonalnością systemu jest możliwość retrospektywnej analizy jakości wód dzięki dostępowi do danych archiwalnych od 2015 r., czyli początku misji Sentinel-2. Architektura systemu, zbudowana na infrastrukturze chmurowej CREODIAS, została zaprojektowana z myślą o pełnej skalowalności, co umożliwia jego przyszłe wdrożenie na poziomie europejskim.

Sen2WaQ wspiera zarządzanie zasobami wodnymi poprzez dostarczanie aktualnych danych i przewidywanie występowania epizodów eutrofizacji oraz zakwitów sinic. Rozwiązanie to ma na celu zwiększenie efektywności działań ochronnych i wsparcie w podejmowaniu decyzji w zakresie gospodarki wodnej i ochrony środowiska.

Słowa kluczowe: jakość wód, eutrofizacja, dane satelitarne, teledetekcja, Copernicus.



# Wpływ zmiany klimatu na ładunki biogenów ze spływów powierzchniowych z obszarów zurbanizowanych

Paweł Wilk[1], Damian Bojanowski[2], Ewa Szalińska[2], Elżbieta Jarosińska[3], Paulina Orlińska-Woźniak[1], Ewa Jakusik[1]

[1] Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, [2] Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, [3] Politechnika Krakowska

e-mail: pawel.wilk@imgw.pl

Strefy buforowe to powszechnie stosowane działania mające na celu redukcję ładunków biogenów trafiających do środowiska wodnego. Ocena ich skuteczności, zwłaszcza w scenariuszach zmiany klimatu, jest kluczowa dla planowania przyszłych środków łagodzących i wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej. Celem tego badania była ocena potencjalnego wpływu wdrożenia strefy buforowej w zlewni rzeki Nurzec (wschodnia Polska) w obecnych i przyszłych warunkach klimatycznych.

Ładunki biogenów modelowano przy użyciu modelu SWAT (Soil & Water Assessment Tool) i symulowano wpływy czterech szerokości strefy buforowej (2 m, 5 m, 10 m i 20 m) przy użyciu wbudowanej opcji modelu SWAT (FILTERW). Wszystkie warianty badano przy użyciu scenariuszy zmiany klimatu (RCP4.5 i 8.5) w trzech horyzontach czasowych (2026-2050, 2051-2075 i 2076-2100), co dało 35 indywidualnych ustawień modelu. Wdrożenie stref buforowych na badanym obszarze zmniejszyło ładunki biogenów o około 27-55% i 19-37% odpowiednio dla azotu całkowitego (TN) i fosforu całkowitego (TP), w zależności od zwiększenia szerokości bufora. Wartości te odpowiadają redukcji 396,7 ton TN i 18,6 ton TP rocznie.

Wyniki pokazują, że zmiana klimatu będzie miała niejednoznaczny wpływ na ładunki biogenów (spadek TN i wzrost TP). Pomimo tych różnic prognozujemy, iż skuteczność wdrożonych stref buforowych zostanie utrzymana na poziomie 66% i 30% (odpowiednio dla TN i TP). Jeszcze ważniejsze w naszych badaniach są szczegółowe informacje na temat skuteczności opisanych badań, co stanowi znaczący krok naprzód w stosowaniu analiz modelowych jakości wody.

Słowa kluczowe: strefy buforowe, ładunki biogenów, modelowanie, zmiana klimatu, SWAT.

# Opracowanie Autonomicznego Systemu do Monitorowania Jakości Wody


Filip Budny[1,2], Mateusz Korona[1,2], Mikołaj Stryja[3], Małgorzata Jakubowska[1,4]

[1]Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii CEZAMAT, Politechnika Warszawska

[2]MAGLY Sp. z o.o.

[3]NEBUCODE Sp. z o.o.

[4] Wydział Mechaniczno-Technologiczny, Politechnika Warszawska


WaterStation

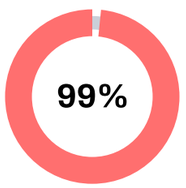
www.watersense.pl

## Wprowadzenie

Ramowa Dyrektywa Wodna zobowiązuje państwa UE do systematycznego monitorowania stanu wód. W Polsce zadania te realizuje Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ). Jakość wód ma kluczowe znaczenie również dla jednostek samorządu terytorialnego, gmin, spółek wodnych oraz przedsiębiorstw wodno-kanalizacyjnych. W latach 2014–2019 oceniono 4 585 jednolitych części wód powierzchniowych (JCWP), z czego jedynie 50 osiągnęło stan dobry, a aż 99% miało stan zły (GUS „Ochrona środowiska 2021"). Wyniki te wskazują na pilną potrzebę wdrożenia ciągłego monitoringu wód w celu precyzyjniejszej analizy i skutecznych działań naprawczych.

Obecnie pomiary jakości wód wykonywane są kilka razy w roku, nie oddając rzeczywistej zmienności parametrów. Zwiększenie częstotliwości i wdrożenie monitoringu procesów zachodzących w rzekach poprawiłoby ocenę ekologiczną wód [1]. System monitorowania w trybie ciągłym umożliwiłby zwiększenie częstotliwości pomiarów, szybkie i zdalne pozyskiwanie wskaźników, przetwarzanie dużych zbiorów danych oraz wczesne ostrzeganie o nagłych zmianach parametrów [2].

Wdrożenie takich systemów napotyka jednak bariery, jak brak dostosowania do europejskich warunków atmosferycznych. Dostępne technologie, np. boje pomiarowe kosztujące ponad 250 000 zł netto, są przeznaczone głównie do zastosowań oceanicznych, co czyni je nieekonomicznymi i trudnymi do wdrożenia lokalnie. Do największych problemów obecnych rozwiązań należą m.in.: zanurzenie sensorów bezpośrednio w wodzie powoduje szybki ich porost biofilmem i utratę wiarygodności pomiarowej, autonomia energetyczna oparta o panele fotowoltaiczne skutkuje częstymi wymianami baterii w związku z niskim nasłonecznieniem.




Ilość jednolitych część wód powierzchniowych w Polsce posiadających stan zły wg. GUS "Ochrona środowiska 2021"

## Projekt Badawczo Rozwojowy

Celem projektu jest opracowanie oraz wprowadzenie na rynek innowacyjnego, dostosowanego do warunków środowiska rzecznego ASIRu - Autonomicznego Systemu Internetu Rzeczy (IoT) do Monitorowania Jakości Wód oraz Operacyjnego Wspomagania Identyfikacji Zagrożeń w trybie ciągłym. ASIR będzie sygnalizował bieżące zagrożenia dla ekosystemów oraz przewidywał potencjalne skutki dla środowiska umożliwiając odpowiednie i wczesne działaniai wymianami baterii w związku z niskim nasłonecznieniem. Problemy badawcze do rozwiązania:

- Opracowanie tanich w produkcji, niewymagających kalibracji ani czyszczenia miniaturowych sensorów umieszczonych na elastycznych podłożach, które będą służyć do pomiaru parametrów wody, takich jak przewodność, tlen, pH, chlorki, azotany(V), jonów amonowe oraz ortofosforany(V).
- Opracowanie technologii mikro hydrogeneratora generującego energię z płynącej wody, zintegrowanego z akumulatorem podtrzymującym i panelami słonecznymi. Będzie to system zasilania, który zapewni ciągłą pracę stacji, niezależnie od warunków atmosferycznych.
- Opracowanie skutecznego algorytmu opartego na sztucznej inteligencji (SI) prognozującego wartości parametrów fizykochemicznych wody na 72 godziny do przodu oraz efektywnego algorytmu SI identyfikującego anomalie w systemie pomiarowym.
- Opracowanie modelu czasowo-przestrzennych zależności kształtujących poziom ryzyka zanieczyszczeniem rzek w różnych skalach przestrzennych będącą podstawą zakładania lokalnych sieci pomiarowych oraz jej optymalizację.

## Bibliografia


[1] prof. Maciej Zalewski, "Nakłady na system monitorowania stanu środowiska i unowocześnić gospodarkę wodną", 2022

[2] dr. Liwiusz Siemianowski „Technologie informatyczne we wspomaganiu zautomatyzowanego monitoringu wód", 2021


## Technologia autonomii energetycznej

Autonomia energetyczna stacji pomiarowej 365 dni w roku również w warunkach zimowych będzie zapewniona poprzez mikro hydrogenerator generujący energię z płynącej wody zintegrowany z panelami słonecznymi oraz akumulatorami.

*Rys. 1. Wizualizacja mikrohydrogeneratora*

## Metodologia opracowania sensorów

Pomiar parametrów będzie realizowany przez moduły pomiarowe z rolkami wyposażonymi w kilkaset jednorazowych miniaturowych sensorów. Jeden sensor mierzy jeden dzień, po czym automatycznie rolka się przesuwa i odsłania nowy sensor do pomiaru. Dzięki temu moduły nie wymagają ani kalibracji, ani czyszczenia. W momencie zużycia wszystkich sensorów na rolce jest ona po prostu wymieniana na nową raz na 3 miesiące.

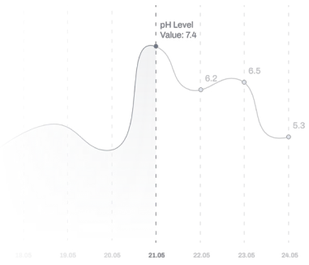
*Rys. 2. Wizualizacja modułu pomiarowego*

## Metodologia opracowania prognostycznego modelu SI

W celu opracowania prognostycznego modelu SI zastosowano metody imputacji brakujących wartości, tj. np. transformata Fouriera. Dane zostały poddane segmentacji i konwersji szeregów czasowych na zbiory treningowe, co umożliwiło efektywne wykorzystanie ich w procesie uczenia modeli.

Do prognozowania parametrów badano różne techniki, w tym m.in.: MLP, LSTM, TransformerEncoder czy TimesNet. Na wstępnych badaniach osiągnięto średni błąd bezwzględny (MAPE) na poziomie 5,6% dla stężenia tlenu, 5,4% dla azotanów i 2,7% dla temperatury wody, wykazując dużą stabilność w konfiguracji autoregresywnej. Natomiast dla przewodności elektrycznej i pH wyniki były odpowiednio mniej dokładne, osiągając MAPE na poziomie 11,6% i 9%.

Wstępne eksperymenty potwierdziły potencjał w opracowaniu modelu SI prognozującego długozakresowe zależności parametrów wody. Dalsze prace koncentrują się na optymalizacji hiperparametrów, aby poprawić dokładność predykcji oraz stabilność modeli w zastosowaniach praktycznych.




*Rys. 3. Schemat funkcjonowania modelu SI*

## Komercjalizacja

W zakresie komercjalizacji, projekt został laureatem akceleracyjnego programu Warsaw Booster 2024, organizowanego przez Miasto Stołeczne Warszawa. Uzyskano również zgodę na iteracyjny montaż prototypów opracowywanej stacji pomiarowej na rzece Wilanówka oraz zamontowano pierwszy prototyp. Rozpoczęto również współpracę z Zespół Elektrowni Wodnych Niedzica S.A. w ramach której zidentyfikowano 14 lokalizacji do wdrożenia pilotażowego. Odbyto również spotkania z instytucjami takimi jak Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w m.st. Warszawie S.A., Zarząd Zieleni m. st. Warszawy czy Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej, które to wyraziły duże zainteresowanie wdrożeniami pilotażowymi a dalsza współpraca z nimi jest w trakcie formalizacji.

## Realizacja Projektu

Projekt WaterSense (ASIR) - "Autonomiczny System Internetu Rzeczy (IoT) do Monitorowania Jakości Wód oraz Operacyjnego Wspomagania Identyfikacji Zagrożeń" jest realizowany przez konsorcjum: Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii CEZAMAT Politechnika Warszawska, IMGW - PIB, MAGLY Sp. z o.o., NEBUCODE Sp. z o.o. oraz współfinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu Hydrostrateg II.

Prezentowane na "Zintegrowane działania na rzecz poprawy jakości wód: od zwalczania złotej algi po ograniczanie nadmiernej eutrofizacji w zlewniach", 22.01.2025, IMGW-PIB, Warszawa


Informacje o projekcie

Rzeczpospolita Polska

NCBR Narodowe Centrum Badań i Rozwoju


Informacje kontaktowe

www.watersense.pl

tel. (+48) 796 580 533

filip.budny@watersense.pl

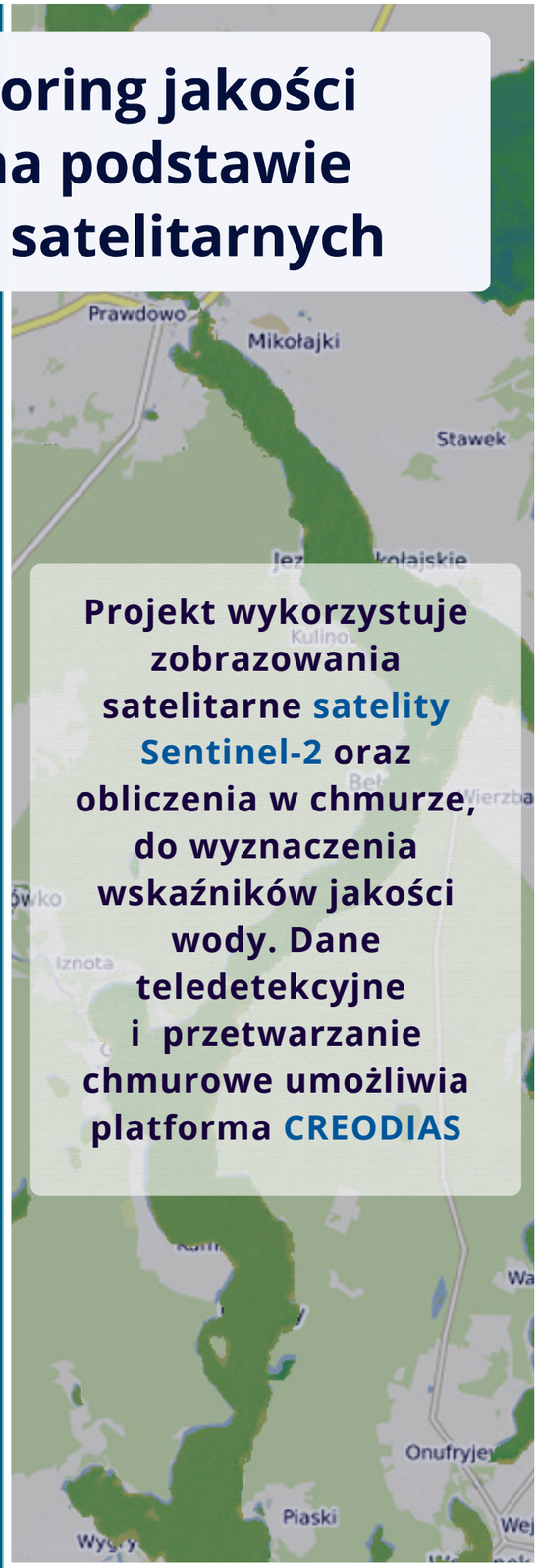
# Monitoring jakości wód na podstawie danych satelitarnych

**Zdalny pomiar**

**Ciągła aktualizacja danych**

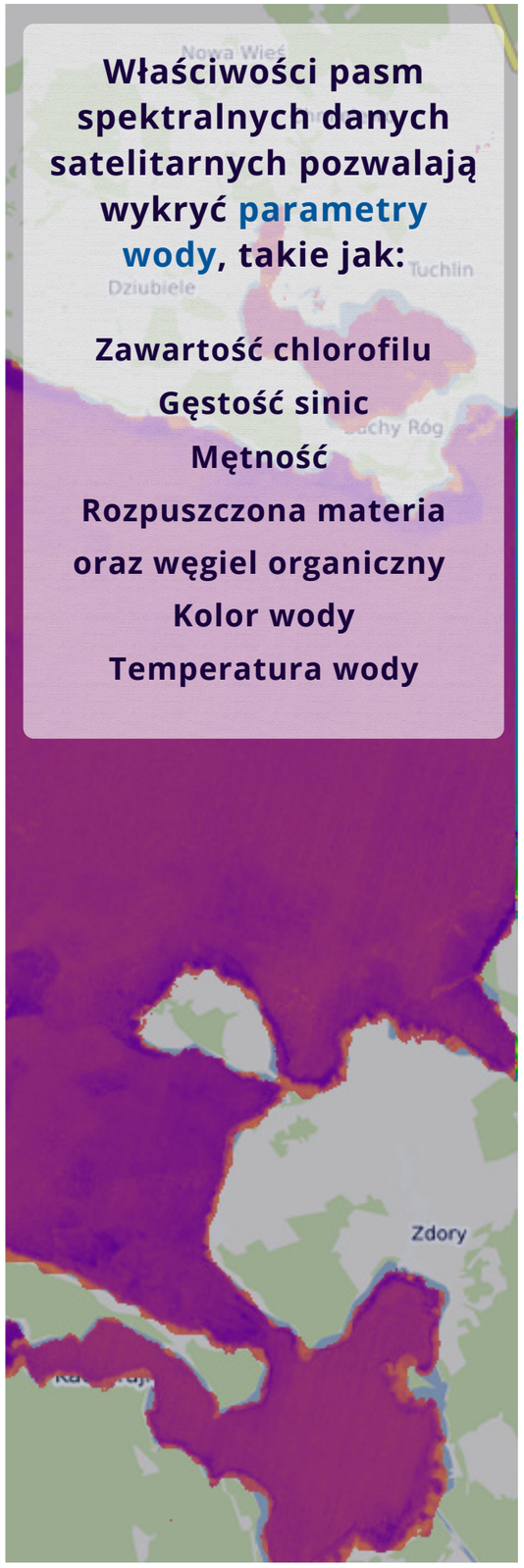
**Oszczędność czasu i pieniędzy**

**Przyciąganie uwagi do problemu jakości wód**



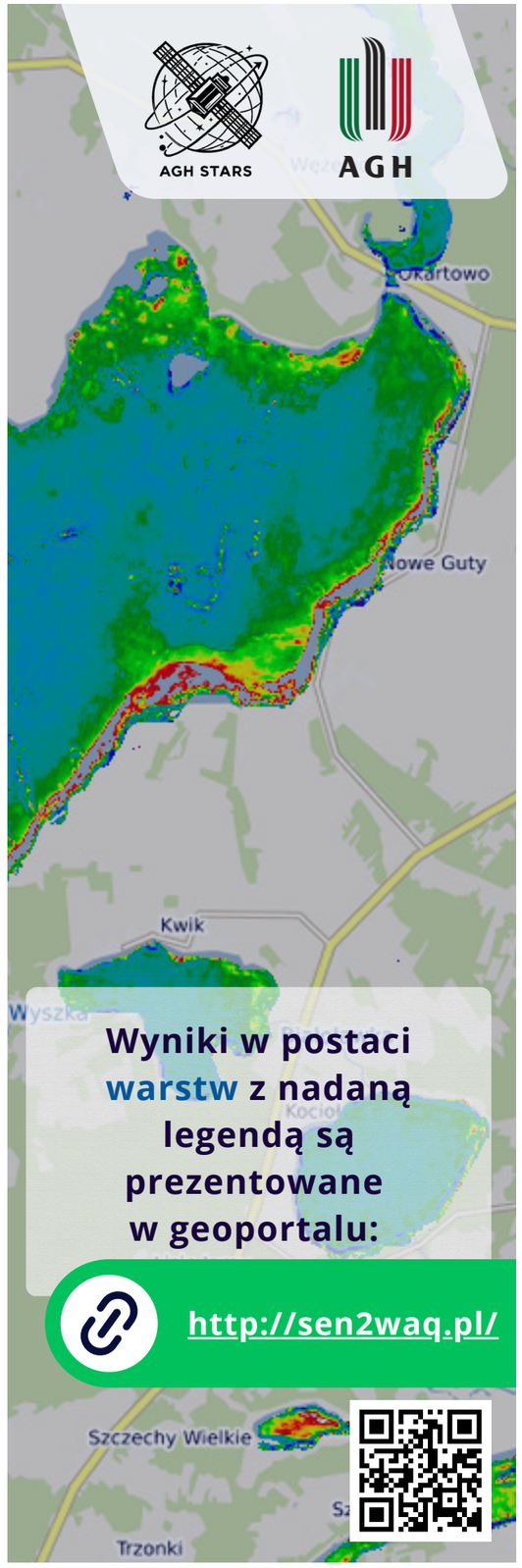

Projekt wykorzystuje zobrazowania satelitarne satelity Sentinel-2 oraz obliczenia w chmurze, do wyznaczenia wskaźników jakości wody. Dane teledetekcyjne i przetwarzanie chmurowe umożliwia platforma CREODIAS

System pozwala na kompleksowy monitoring w czasie rzeczywistym bez konieczności pobierania próbek na miejscu, co zapewnia niskie koszty utrzymania oraz możliwość dynamicznego monitorowania dużych obszarów




Właściwości pasm spektralnych danych satelitarnych pozwalają wykryć parametry wody, takie jak:

- Zawartość chlorofilu
- Gęstość sinic
- Mętność
- Rozpuszczona materia oraz węgiel organiczny
- Kolor wody
- Temperatura wody




AGH STARS

AGH

Wyniki w postaci warstw z nadaną legendą są prezentowane w geoportalu:

http://sen2waq.pl/

Indeksy wody

Chl_a | Cya | Turb | CDOM | DOC | Color | NDCI

Opracowanie: Klaudia Kościuk, Franciszek Batko, Łukasz Firek, Piotr Krajewski

SERIA PUBLIKACJI POKONFERENCYJNYCH IMGW-PIB

# KSIĄŻKA ABSTRAKTÓW
# ZINTEGROWANE DZIAŁANIA NA RZECZ POPRAWY JAKOŚCI WÓD: OD ZWALCZANIA ZŁOTEJ ALGI PO OGRANICZANIE NADMIERNEJ EUTROFIZACJI W ZLEWNIACH

Opracowanie redakcyjne

Rafał Stepnowski

Opracowanie graficzne i techniczne

Michał Seredin

ISBN: 978-83-64979-54-5

Wydawca

Wydawca Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

01-673 Warszawa, ul. Podleśna 61, E. content@imgw.pl

Redaktor Wydawniczy/Publishing Editor

Rafał Stepnowski, E. rafal.stepnowski@imgw.pl

ISBN: 978-83-64979-54-5
www.imgw.pl