

**Raport końcowy z realizacji zadania z zakresu ochrony przyrody
pn.: „Poprawa jakości ekologicznej jeziora Jeziorko we Wdzydzach
Kiszewskich poprzez wykorzystanie metod probiotycznych
z monitoringiem indukowanych zmian i opracowaniem służącym
propagowaniu metody“ finansowanego ze środków *Wojewódzkiego
Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Gdańsku*
oraz *Federacji Zielonych „GAJA”***



Szczecin, 2019

Streszczenie

Od maja 2016 roku do końca listopada 2018 prowadzono praktyczne działania w ramach realizacji projektu „Poprawa jakości ekologicznej jeziora Jezioro we Wdzydzach Kiszewskich poprzez wykorzystanie metod probiotycznych z monitoringiem indukowanych zmian i opracowaniem służącym propagowaniu metody” zasadniczo finansowanego ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony i Gospodarki Wodnej w Gdańsku (umowa dotacyjna nr WFOŚ/D/821/55/2016), a koordynowanego i współfinansowanego przez Federację Zielonych „GAJA” i prowadzonego we współpracy z zespołem naukowym Instytutu Badań nad Bioróżnorodnością Wydziału Biologii Uniwersytetu Szczecińskiego, Zespołem Pomorskich Parków Krajobrazowych oraz Przedsiębiorstwem „Aquamar” z Miastka.

Realizacja zadania zasadniczo sprowadzała się do kontrolowanej probiotycznej stymulacji procesów rozkładu materii organicznej osadów dennych w silnie zeutrofizowanym jeziorze Jezioro w miejscowości Wdzydze Kiszewskie. Ze względu na stan ekologiczny tego akwenu związany z jego hipertrofią nastąpiło nawarstwienie się problemów odnoszących się do utraty walorów siedliskowych, jak również użytkowych zbiornika w tym rybackich (ostatnie odłowy komercyjne w roku 2000) oraz turystyczno-rekreacyjnych. Ekologicznie jezioro to jest typowym przykładem zjawiska rosnącej redukcji bioróżnorodności wraz ze wzrostem eutrofizmu (mało gatunków reprezentowanych masowo). Poprzez odpowiednią aplikację preparatu probiotycznego „Aquamar Water Purification” zainicjowano efekt redukcji dominującego, w chwili rozpoczęcia realizacji projektu, niekorzystnego biologicznie typu rozkładu materii organicznej zdominowanego przez beztlenowce bezwzględne. Dzięki likwidacji stref beztlenowych w hypolimnionie oraz intensyfikacji procesów rozkładu w oparciu o beztlenowce względne stwierdzono pośrednio wzrost produkcji wtórnej na dnie zbiornika wykazując wzrost ilościowy oraz zróżnicowania jakościowego bezkręgowców dennych stanowiących ważne ogniwo łańcuchów pokarmowych istniejącej sieci troficznej. Zapoczątkowany proces wzrostu efektywności produkcji wtórnej spowoduje odbudowę utraconych nisz ekologicznych i tym samym możliwość powrotu utraconych w skutek eutrofizmu gatunków zwierząt i makrofitów (szczególnie kluczowych dla ekosystemu tego zbiornika ramienic). W konsekwencji zaobserwowano okresową poprawę walorów zbiornika. Dzięki prowadzonemu przez ponad 31 miesięcy kompleksowemu monitoringowi środowiska jeziora Jezioro zidentyfikowano zjawisko zasilania wód jeziora związkami biogenicznymi (głównie azotu) oraz okresowe pojawienie się zanieczyszczeń organicznych o charakterze ścieków bytowych. W wyniku synergii tego zjawiska z niekorzystnymi warunkami pogodowymi

zaobserwowano w drugiej połowie roku 2018 spowolnienie korzystnych zmian środowiskowych.

Wszystkie działania realizowano w warunkach kontaktu ze społecznością lokalną reprezentowaną przez Sołtysa miejscowości Wdzydze Pana Józefa Brzezińskiego oraz aktywnej współpracy z administracją Wdzydzkiego Parku Krajobrazowego reprezentowaną przez jego Kierownika Pana Andrzeja Penka.

Wyniki osiągniętych prac były przyczynkiem podjętych działań popularyzatorskich w postaci wydanej broszury pt. „Bioremediacja biologiczna jeziora Jeziorko Wdzydzkie we Wdzydzech”, 3 doniesień na międzynarodowych konferencjach oraz 2 przygotowanych publikacji naukowych oraz 5 prac dyplomowych (magisterskich i licencjackich) studentów Wydziału Biologii Uniwersytetu Szczecińskiego.

Celem uzyskania wyraźniejszego i trwałego efektu środowiskowego opracowano propozycję dalszych działań i zobowiązano się do kontynuacji prac celem odzyskania walorów użytkowych jeziora Jeziorko we Wdzydzech w perspektywie najbliższych lat.

Z ramienia Federacji Zielonych „GAJA” projekt realizowany był pod kierownictwem dr inż. Jakuba Skorupskiego, natomiast wszystkie zaplanowane działania realizowane były pod naukowym nadzorem zespołu specjalistów z Wydziału Biologii Uniwersytetu Szczecińskiego niżej podanym składzie osobowym uwzględniającym obszar realizacji badań.

Monitoring hydrochemiczny

Prof. zw. dr hab. Gorzysław Poleszczuk,

Dr Tymoteusz Miller.

Monitoring roślinności

Dr Edyta Stępień.

Monitoring mikrobiologiczny

Prof. zw. dr hab. Wiesław Deptuła

Dr Małgorzata Pawlikowska - Warych

Mgr Paulina Czupryńska

Monitoring fauny bezkręgowej

prof. ndzw. dr hab. Andrzej Zawal,

prof. ndzw. dr hab. inż. Robert Czerniawski,

prof. ndzw. dr hab. Agnieszka Szlauer-Łukaszewska,

dr Łukasz Sługocki,

dr Izabella Rząd,

mgr Grzegorz Michoński,
mgr Aleksandra Bańkowska,
mgr Magdalena Klosowska.

Monitoring fauny kręgowej (*ichtiofauna*)

prof. ndzw. dr hab. inż. Przemysław Śmietana, (Koordynator naukowy projektu)

mgr Marek Budniak

Wyniki realizacji projektu – efekt ekologiczny

Projekt był realizowany według schematu grupującego zespoły kompleksowych działań sprawczych w obrębie zaplanowanych etapów (Ryc. 1):

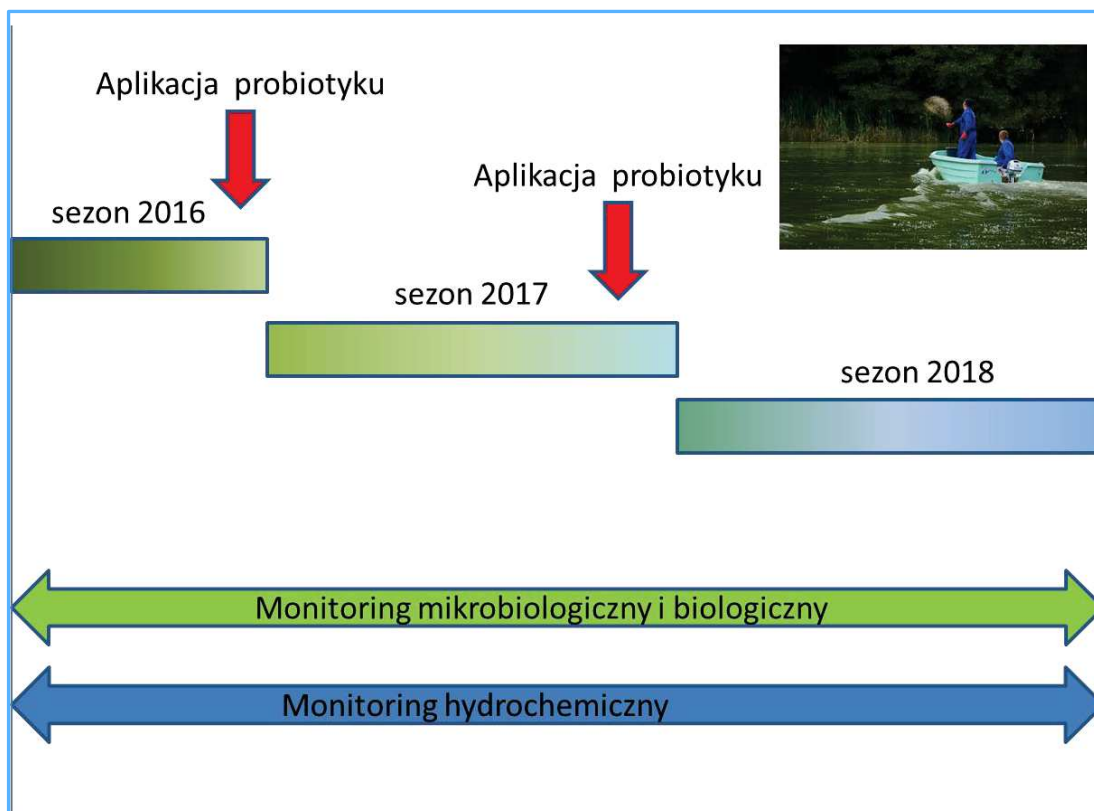
Etap I – Badania stanu środowiska przyrodniczego i jakości hydrochemicznej wód i osadów oraz morfologii jeziora Jeziorko. Określenie uwarunkowań środowiskowych oraz poziomu i charakteru oddziaływań człowieka, na jakość wód jeziora (np. pochodzenie i wielkość zanieczyszczeń).

Etap II – Zapoczątkowanie remediacji biologicznej przez odpowiednio dobraną i zrealizowaną aplikację czynnika probiotycznego „Aquamar Water Purification”

Etap III – Badanie, jakości tempa i nasilenia zmian związanych z procesem remediacji biologicznej wód jeziora Jeziorko przy wykorzystaniu porównawczych analiz hydrochemicznych i metod bioindykacyjnych.

Etap IV – Bieżąca analiza naukowa wyników badań i ich popularyzacja.

Etap V – Opracowanie zespołu działań służących trwałości efektów realizacji projektu i zalecanych działań celem optymalnej restytucji walorów przyrodniczych i użytkowych środowiska jeziora Jeziorko. Działania służące bezpośredniej remediacji mikrobiologicznej zostały zainicjowane poprzez aplikację odpowiednio dobranych dawek efektywnych mikroorganizmów stanowiących substancję czynną środka „Aquamar Water Purification” (AWP), którego kompozycja oraz metodyka stosowania stanowi chronioną prawem własność intelektualną ww. przedsiębiorstwa. W rezultacie analizy wyników badań prowadzonych na obszarze jeziora Jeziorko w okresie I etapu określono wielkość, termin i sposób aplikacji preparatu probiotycznego do wód jeziora. Efektem powyższego była aplikacja we wrześniu 2016 roku



Ryc. 1. Schemat działań realizacyjnych projektu

dawki 1000 kg preparatu (AWP) rozprowadzonego równomiernie na dnie całego zbiornika przekładając się na koncentrację ok. 110 g preparatu na 1 m² powierzchni jeziora. Ze względu na stwierdzoną w trakcie badań dużą intensywność procesów biochemicznych w zbiorniku i wyraźnie korzystne zmiany w biocenozie zdecydowano o ponadplanowym powtórzeniu zabiegu aplikacji we wrześniu 2017 w sposób i przy dawkowaniu analogicznym do roku poprzedniego.

Realizacja etapu III związana jest bezpośrednio z naukowym opracowaniem wyników badań monitoringu środowiska abiotycznego i biotycznego jeziora Jeziorko. W wyniku tych prac zebrano olbrzymią ilość materiału którego opracowanie jest i będzie przedmiotem dalszych analiz i opracowań. Zasadniczo jednak należy stwierdzić, że mimo zaistniałych komplikacji środowiskowych maskujących w pewnym stopniu efekt środowiskowy zastosowanej metody remediacji udało się wykazać korzystne i zgodne z oczekiwaniami kierunkowe oddziaływanie probiotyku na ekosystem jeziorny. Wskazują na to wyniki poszczególnych kierunków badań, których najważniejsze wyniki wraz ze streszczającym opisem naukowym prezentowane są poniżej.

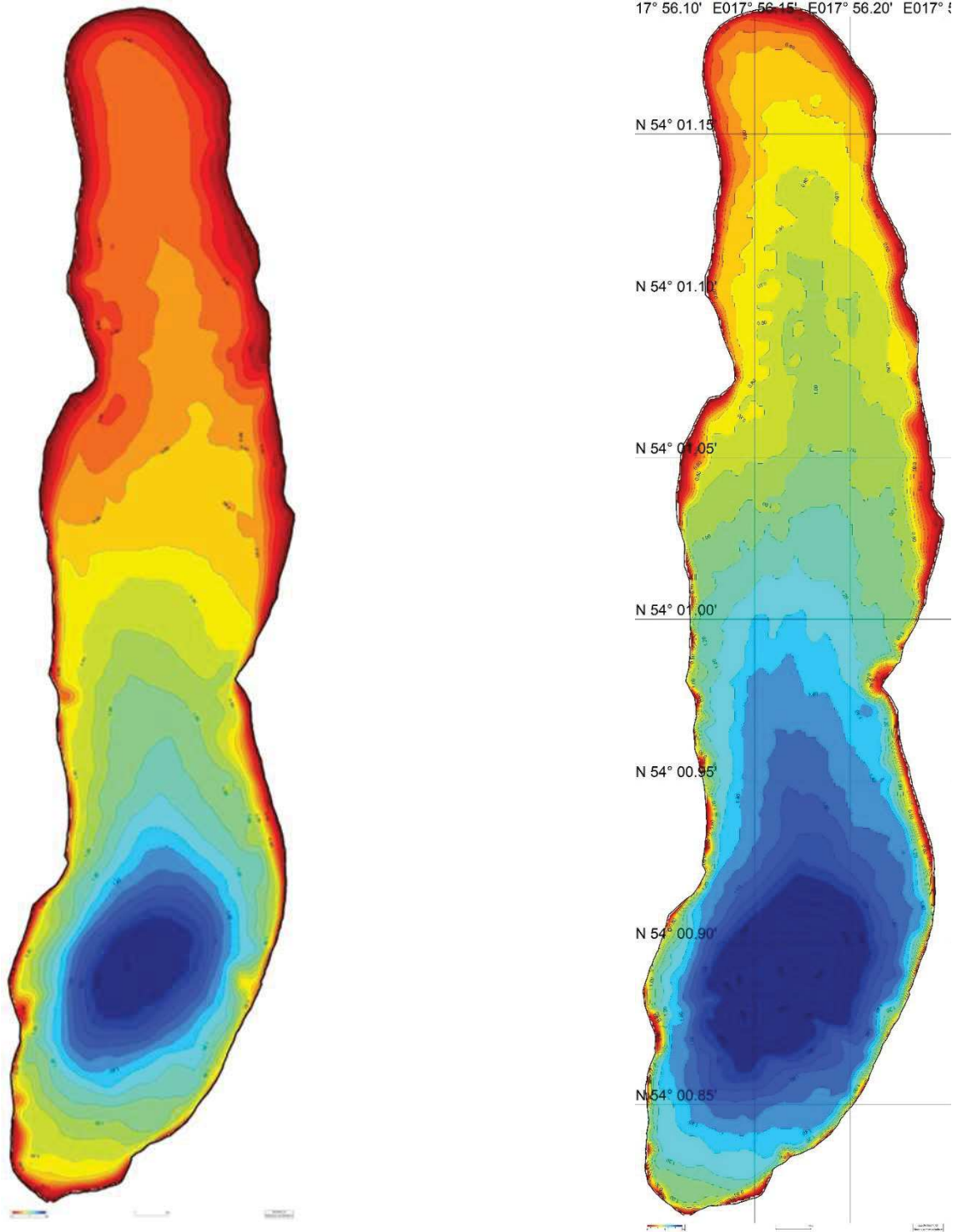
Badania stanu osadów

Wyniki badań stanu osadów w jeziorze Jeziorko stanowią jeden z najbardziej czytelnych przejawów skuteczności metody probiotycznej z zastosowaniem preparatu (AWP). Z analizy danych historycznych dotyczących morfologii misy jeziornej Jeziorka wynika, że procesy intensywnej produkcji pierwotnej będącej skutkiem hipertrofii tego zbiornika przyczyniły się do szybkiej sedymentacji materii organicznej na dnie tego akwenu. W skutek niepełnej mineralizacji osadów ich miąższość w ciągu ostatnich 55 lat przyrosła aż o ok. 70 cm. Miało to między innymi w zmianach maksymalnej głębokości zbiornika z poziomu 3,1 m w roku 1959 do wartości 2,4 m w roku 2016. Wyniki precyzyjnych badań echolokacyjnych prowadzonych w okresie realizacji projektu wskazują na intensywny wzrost efektywności procesów mineralizacji osadów dennych zbiornika co przejawiała się w wyraźnym statystycznie istotnym spadkiem miąższości osadów i tym samym wzrostem głębokości jeziora na całym obszarze dna. Zasadniczo miąższość warstwy sedymentów zmniejszyła się od ok. 5 cm do 20 cm, a głębokość maksymalna wzrosła od 240 do 260 cm już w rok po aplikacji preparatu i stan ten utrzymał się w roku kolejnym.

Należy podkreślić że stan osadów dennych zbiornika pomimo ewidentnego wzrostu efektywności procesów rozkładu nie uległ pogorszeniu a nawet pewnej poprawie przejawiającej się we wzroście wartości potencjały Redox z poziomu średniej wartości -380 eV w roku 2016 do wartości -248 eV w roku 2018.

Badania mikrobiologiczne

Ze względu na wykorzystanie czynnika mikrobiologicznego w procesie rekultywacji, środowisko jeziora Jeziorko od początku realizacji projektu jest monitorowane pod tym kątem. Pomimo ostrego reżimu metodycznego (każda próba pobrana w jeziorze Jeziorko w ciągu 5 godzin była dostarczana do laboratorium w Szczecinie celem wykonania analiz) udało się przeprowadzić pełny cykl badań monitoringowych obejmujących cały 2,5 roczny okres badawczy. Badania realizowano w oparciu o badania prób wody powierzchniowej (pobieranych z 3 stałych stanowisk) oraz wód przydennych. Zrealizowane analizy mikrobiologiczne pobranych prób obejmowały: oznaczenie miana i NPL bakterii grup coli i coli typu fekalnego metodą fermentacji próbkowej, detekcję paciorkowców kałowych metodą



A.

B.

Ryc. 1. Porównanie echogramów ilustrujących zmiany głębokości w obrębie misy jeziornej Jeziorka. Batymetria jeziora przed aplikacją probiotyku – wrzesień 2016 (A) i po aplikacji wrzesień 2018 (B)

filtrów membranowych, oznaczenie miana i NPL bakterii amonifikacyjnych i denitryfikacyjnych metodą próbkową, detekcję bakterii redukujących siarczyny i bakterii redukujących siarczany metodą próbkową, określenie ogólnej liczby bakterii psychrofilnych i bakterii mezofilnych metodą płytkową.

Uzyskane wyniki badań potwierdziły brak jakiegokolwiek negatywnego wpływu remediacji mikrobiologicznej na ekosystem jeziorny przy pewnych oznakach pozytywnych oddziaływań wyrażonych zmianami poziomu koncentracji bakterii uważanych za niepożądane w wodach otwartych. Porównując stan bakteriologiczny wód Jeziora przed i po aplikacji probiotyku stwierdzono spadek koncentracji paciorkowców kałowych z poziomu 1000-45000 w 2016 roku do poziomu 60-200 komórek bakteryjnych w 100 ml próby. Podobnie zanotowano spadek koncentracji w przypadku bakterii mezofilnych i psychrofilnych.

Miano coli wód Jeziora z poziomu 17 nieznacznie wzrosło do poziomu ponad 20. Miano coli zwane też mianem pałeczek okrężnicy to najmniejsza objętość wody (w cm³), z której w hodowli powstanie przynajmniej jedna kolonia *Escherichia coli*, bakterii z rodzaju *Enterobacter*, *Citrobacter*, lub *Klebsiella*. Określanie miana coli jest podstawową metodą oceny, czy woda miała kontakt z odchodami. Według obowiązujących norm, jakość wody w Jeziorze plasuje się pomiędzy wartością dla wody stosunkowo czystej (tj. możliwej do użycia – miano coli 10), a dostatecznie czystej (miano coli 100). Badania mikrobiologiczne oprócz wyżej opisanych zmian wskazujących na kierunkowe oddziaływania probiotyku pozwoliły zidentyfikować fakt okresowych zanieczyszczeń ściekami bytowymi wód jeziora w roku 2018. Zyskano dzięki temu istotną informację o przyczynach spowolnienia procesu remediacji oraz pozwoliło w świetle powyższego ustalić kierunki przyszłych działań wspomagających.

Wyniki badań mikrobiologicznych są aktualnie w dalszym opracowaniu celem publikacji w czasopiśmie naukowym.

Badania realizowane w pozostałych obszarach badawczych zostały opracowane w sposób służący przedstawieniu wyników realizacji projektu w sposób uwzględniający wymogi opracowań naukowych. Dlatego w tej formie zostały niżej przedstawione przykładowe opracowania wskazujące na osiągnięcie zamierzonego efektu ekologicznego wykazanego na bazie monitoringu hydrochemicznego, roślinności oraz fauny bezkręgowej.

Badania hydrochemiczne

Materiał i metody

Badania hydrochemiczne wód jeziora Wdzydzkiego prowadzono w okresie wrzesień 2016 – wrzesień 2018. Próbkę wody do badań pobierano w terminach: 28.09.2016, 26.08.2016, 14.09.2016, 11.07, 25.08.2017, 02.10.2017, 10.05.2018, 15.06.2018, 13.07.2018 oraz 27.09.2018. Woda czerpana była z warstw powierzchniowych toni wodnej ww. jeziora z głębokości ok 0,5 m oraz wód przydennych, przy pomocy specjalistycznego czerpaka, według zasad określonych w normach międzynarodowych (PN-EN ISO 5667-1:2008, PN-EN ISO 5667-4:2008).

W miejscu poboru próbek dokonywano oznaczeń temperatury, pH, Eh, zasadowości ogólnej oraz kwasowości ogólnej. Próbkę wody przeznaczone do przeprowadzenia wskaźników biologicznych, fizycznych i chemicznych przeprowadzanych w laboratorium były odpowiednio utrwalane (PN-EN ISO 5667-3:2013-05). Analizy laboratoryjne wykonywane były w przeciągu 24 godzin od poboru materiału do badań (PN-EN ISO 5667-3:2013-05).

Celem pogłębienia wiedzy na temat badanego zbiornika przeprowadzono również badania cieku, który okresowo doprowadzał wodę w południowej części zbiornika.

Badania jakości wód pobranych do badania obejmowały łącznie 33 wskaźniki biologiczno-fizyczno-chemiczne jakości wod., w tym jednego wskaźnika biologicznego – stężenia chlorofilu a (PN-ISO 10260:2002). Wśród parametrów fizycznych oznaczono: temperaturę - przy pomocy termometrów rtęciowych (PN-C-04584:1977); pH – potencjometrycznie (PN-EN ISO 10523:2012); Eh – potencjometrycznie (Schüring i in. 2000). Chemiczne wskaźniki jakości wody obejmowały badania: stężenia tlenu rozpuszczonego O₂ (DO) - jodometrycznie metodą Winklera (PN-EN 25813:1997); pięciodobowe biochemiczne zapotrzebowanie tlenu BZT₅ (PN-EN 1899-2:2002); chemiczne zapotrzebowanie tlenu metodą dichromianową (VI) ChZT-Cr (COD-Cr) (PN-ISO 6060:2006); chemiczne zapotrzebowanie tlenu metodą nadmanganianową (VII) ChZT-Mn (COD-Mn) (PN-EN ISO 8467:2001); stężenie biogenów - spektrofotometrycznie : azotu amonowego NH₄⁺ (PN-C-04576-4:1994), azotanów (III) NO₂⁻ (PN-C-04576-06:1973), azotanów (V) NO₃⁻ (PN-C-04576-08:1973), reaktywnych rozpuszczonych ortofosforanów (V) PO₄³⁻-rozp (SRP) (PN-EN ISO 6878:2006) oraz ogólne stężenie azotu Nog (TN) (PN-C-04576-12-14:1973) i fosforu Pog (TP) (PN-EN ISO 6878:2006); stężenia makroskładników jonowych: wapnia Ca²⁺, magnezu Mg²⁺, twardość ogólną (TH) -

kompleksometrycznie z EDTA (PN-EN ISO 9963-1:2001, PN-ISO 6058:1999), siarczanów (VI) SO₄²⁻ - grawimetrycznie (PN-ISO 9280:2002), chlorków Cl⁻ - metodą Mohra (PN-ISO 9297:1994), zasadowość ogólną (HCO₃⁻) i kwasowość ogólną (PN-EN ISO 9963-1:2001); oznaczano również stężenia spektrofotometrycznie krzemionki ogólnej, zdysocjowanej i niezdisocjowanej (PN-C-04567-09:1989), ogólne stężenia metali : żelaza Fe og i manganu Mn og (PN-ISO 6332:2001, PN-C-04590-02:1992) oraz fenoli (PN-ISO 6439:1994).

łącznie przeprowadzono ok. 3500 analiz hydrochemicznych w okresie wrzesień 2016 – wrzesień 2018.

Prowadzono dodatkowo weryfikację uzyskiwanych wyników w oparciu o gotowe zestawy LCK z wykorzystaniem spektrofotometru HACH Lange DR 3900.

Wyniki i dyskusja

Klasy czystości wód

Analizując jakość wód powierzchniowych i przydennych należy posługiwać się normami Europejskimi przyjętymi do powszechnego stosowania w Polsce – regulowanymi rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U. 2016 poz. 1187). Niestety, pomimo że jest to narzędzie praktyczne, zredukowało ilość ocenianych wskaźników fizyczno-chemicznych jakości wód, które mogą się przekładać na ostateczną ocenę stanu ekologicznego i pełne zrozumienie zmian zachodzących w danym ekosystemie. Dlatego też na poczet niniejszego opracowania dodatkowo posłużono się wytycznymi z rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (Dz.U. 2004 nr 32 poz. 284).

I tak, wg Rozporządzenia (2016) (Tab. 1, Tab. 2) stan ekologiczny badanych wód powierzchniowych i naddennych w oparciu jedynie o dane hydrochemiczne klasował się jako wody o dobrym potencjale ekologicznym (klasa II) i potencjale niższym od dobrego (klasa III-V). O takim charakterze zdecydowały przede wszystkim wartości fosforu ogólnego. Zauważalna jest tendencja do poprawy stanu ekologicznego w roku 2017 i ponownym pogorszeniu w 2018. Szczególnie zauważalne jest to w wodach naddanych 1 stacji pomiarowej.

Wg Rozporządzenia (2004) (Tab. 3) jakość badanych wód przyjmowała średnią wartość odpowiadającą II klasie czystości – czyli jakości dobrej. Wskaźnikami, które determinowały obniżanie jakości były przede wszystkim wskaźniki charakteryzujące zasobność badanych wód w rozpuszczoną i zawieszoną materię organiczną (ChZT-Mn, ChZT-Cr, BZT5), substancje biogenne, chlorofil a oraz wskaźniki charakteryzujące status pH i stężenie żelaza ogólnego.

Tab.1. Klasy jakości wody

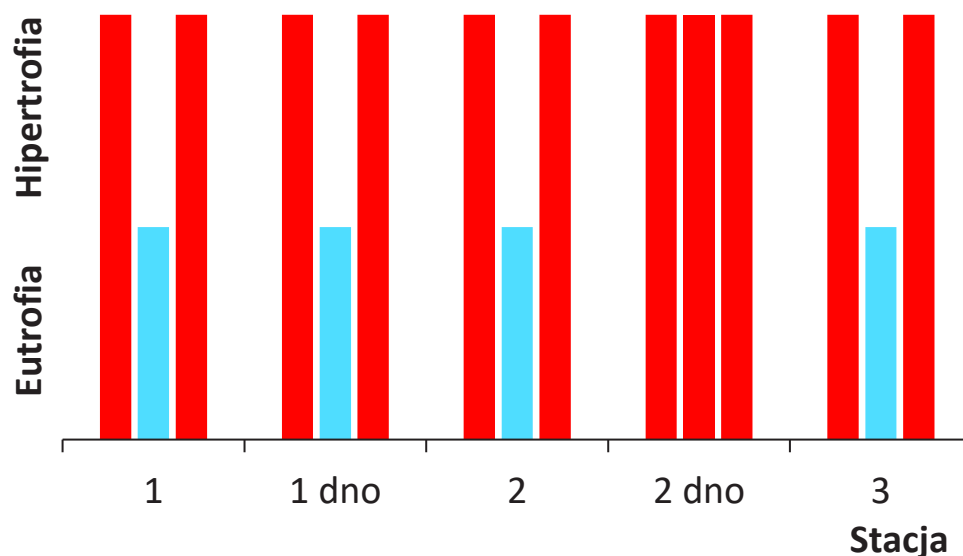
Stacja																				
	1				1 dno				2				2 dno				3			
Rok	EC	DO	TN	TP	EC	DO	TN	TP	EC	DO	TN	TP	EC	DO	TN	TP	EC	DO	TN	TP
2016	II	II	I	I	II	II	I	I	II	II	I	I	II	II	I	I	II	II	I	I
2017	II	II	I	I	II	II	I	I	II	II	I	I	II	II	I	I	II	II	I	I
2018	II	II	I	I	II	II	I	I	II	II	I	I	II	II	I	I	II	II	I	I

gdzie

■	klasa I jakości	EC	– przewodnictwo elektryczne właściwe
■	klasa II jakości	DO	– stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie
■	klasa poniżej II (klasa 3-5)	TN	– stężenie azotu całkowitego

Poziom trofii badanego zbiornika

Na Ryc. 2 i w Tab. 4 przedstawiono klasyfikację wody pod względem jej żyzności, wykorzystując w tym celu kryteria OECD oraz Indeks Stanu Troficznego Carlsona (Carlson 1977, Lampert Sommer 2001). Z przedstawionych danych wynika, że badane wody były przeważnie wodami o charakterze hipertroficznym (96% wg OECD, 80% wg TSI). Stan eutroficzny odnotowano najczęściej w 2017 roku – z wyłączeniem wód naddennych 2 stacji poboru próbek.



Ryc. 2. Stan troficzny badanych stacji pomiarowych

Jakość badanych wód

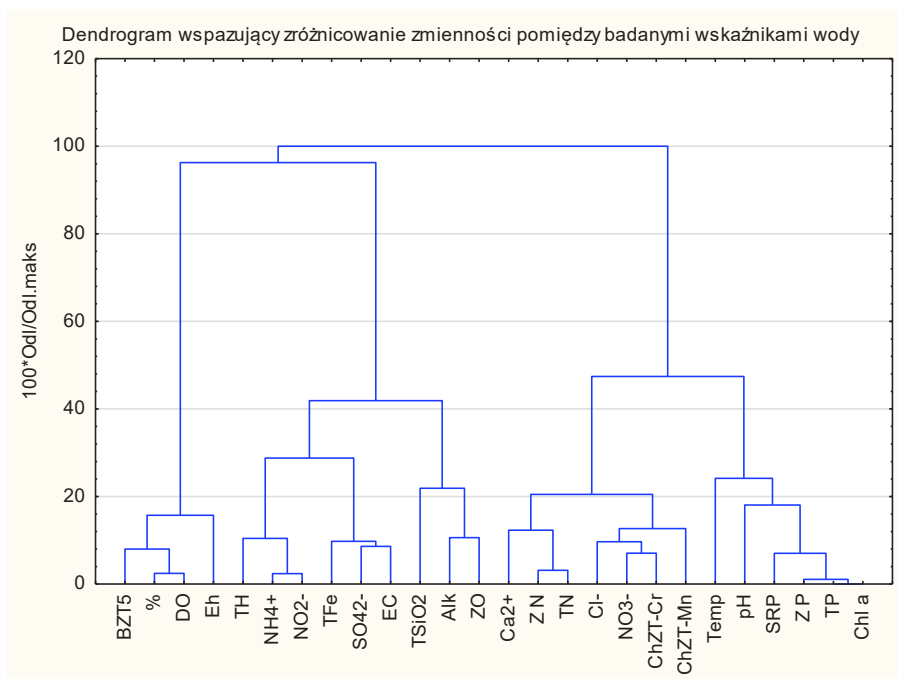
Zmienność badanych wskaźników jakości wody została przedstawiona w postaci tabeli (Tab.5), dendrogramów (Ryc. 5 i Ryc.6) oraz w postaci wykresów (Ryc. 5 – Ryc. 13).

Jakość badanych wód na 3 stacjach pomiarowych, w tym wód przydennych charakteryzowała się wyraźnymi zmianami, występującymi w każdym roku prowadzenia badań. Bardzo znaczące zmiany w zakresie wartości parametrów takich jak ChZT-Mn, O₂, WS, BZT₅, TH, Ca²⁺, Cl⁻, Fe og występowały między każdym rokiem badawczym, cechujące się spadkiem wartości w roku 2017 a następnym wzrostem w roku 2018, narzucającym generalny trend.

W przypadku wskaźników charakteryzujących zasobność badanych wód w biogeny, a w szczególności NH₄⁺ i NO₂⁻ wystąpił generalny trend spadkowy przez cały okres badawczy. W tym czasie wskaźniki NO₃⁻, TN, ZN, SRP, TP i ZP oraz ChZT-Cr odnotowywały trend wzrostowy. Taki charakter zmian ww. wskaźników jakości wody może przemawiać za tym, że w wodach badanego zbiornika wodnego w latach 2016-2018 zachodziły silne procesy utleniania materii organicznej (OM) (Poleszczuk, Bucior 2005, Dojlido 1996, Hermanowicz 1999, Macioszczyk 1987). Z przeprowadzonych analiz wynika, że zawieszona i rozpuszczona w toni wodnej OM wód powierzchniowych i naddennych pochodziła z mikrobiologicznego rozkładu osadów dennych. W roku 2018 gwałtowny wzrost biogenów oraz ogólnej zawartości materii organicznej, powiązany ze wzrostem chlorków wskazuje na dopływ zanieczyszczeń typu komunalno-bytowego, co manifestuje się na przestrzeni całego badanego zbiornika wodnego (Dojlido 1996, Hermanowicz 1999, Macioszczyk 1987).

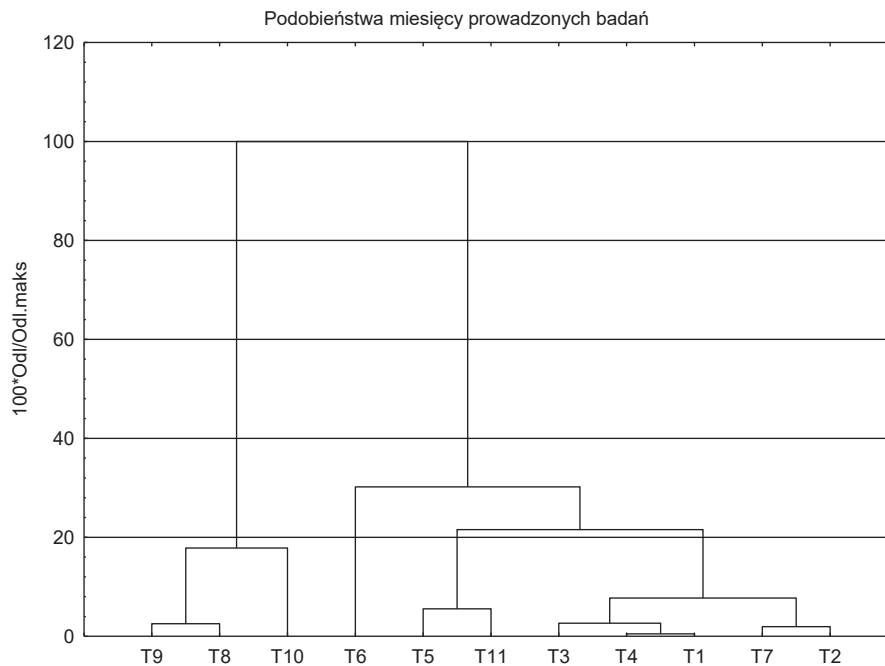
Zastanawiający jest ogólny trend spadkowy w zakresie BZT5. Zmienność parametru pomiędzy kolejnymi stacjami poboru próbek do badań, w tym między wodami powierzchniowymi i naddanymi jest niewielka, wręcz statystycznie nieistotna – co może wskazywać na dobry przepływ wód w obrębie jeziora, skutkując jednorodnym rozkładem OM poprzez stabilizację populacji mikroorganizmów odpowiedzialnych za utlenianie materii organicznej. Odnotowane spadki wartości mogą być związane z początkowym intensywnym rozkładem OM i niczym innym jak absencją składników odżywczych. Stosunkowo niewielki wzrost wartości parametru w 2018 roku, w porównaniu do wielkości dopływu biogenów oraz ogólnej zawartości OM, charakteryzowanej przez ChZT-Cr może wskazywać na obecność substancji hamujących wzrost mikroorganizmów, bądź brak mikroorganizmów rozkładających OM o typowym charakterze dla ścieków komunalno-bytowych lub konkurencję międzygatunkową w zbiorniku wodnym. Za konkurencją może przemawiać wzrost wskaźnika pośrednio określającego ilość wyprodukowanej biomasy fitoplanktonowej – tj. stężenie chlorofilu a w wodach badanego zbiornika (Dojlido 1996, Hermanowicz 1999, Macioszczyk 1987).

Przeprowadzona analiza CA pozwoliła na uwidocznienie procesów biohydrochemicznych zachodzących w zbiorniku (Ryc. 3). I tak, stosując kryterium Sneath'a wybrane wskaźniki jakości wody można przypisać do 3 głównych grup wskaźników. Pierwszą stanowiły wskaźniki tlenowe, jak DO, WS oraz BOD5, które wpływały w sposób pośredni na potencjał redokso badanego zbiornika wodnego. Są to wskaźniki mówiące o dostępności tlenu niezbędnego do przeprowadzania procesów mikrobiologicznego utleniania materii organicznej. Druga grupa wskaźników to grupa opisująca substancje zawieszone w toni wód powierzchniowy i naddennych. Z jednej strony można tu dostrzec powiązanie biogenów z zawiesinami – tj. substancjami rozproszonymi w toni wodnej, z drugiej ich pochodzenie z osadów dennych. 3 grupa czynników uwidacznia dwa istotne procesy, które miały miejsce w samym zbiorniku w całym okresie badawczym. Po pierwsze o intensywnych procesach namnażania się materii organicznej i powiązanych z nią wzrostach pH oraz dopływie zawieszonych i rozpuszczonych materii organicznej. Część OM ma w tym wypadku autochtoniczny i jest wynikiem przechodnia OM z osadów dennych do toni wodnej, zaś część ma charakter allochtoniczny – prawdopodobnie pochodzenia ściekowego i rolniczego (Macioszczyk 1987, Miller et al. 2016,).



Ryc. 2 Podobieństwa zmienności badanych wskaźników jakości wody.

Analiza klastrow pozwoliła także na zobrazowanie podobieństw pomiędzy kolejnymi miesiącami prowadzenia badań (T1-T11) (Ryc. 4). Szczególnym podobieństwem charakteryzowały się miesiące T2 i T7, w których preparat probiotyczny został zaaplikowany do wód Jeziorka. Wyraźny stał się również podział na kolejne lata prowadzonych badań – tj. rok 2016 – T1, T3, T4 oraz rok 2018 – T8-T10. Osobną grupę utworzyły miesiące T5 i T11, które w porównaniu z analizą szeregów czasowych zmian poszczególnych wskaźników jakości wody wskazuje na podobieństwo w stopniu „polepszenia” jakości wody – rozumianym jako spadek wartości określonych wskaźników jakości, jak chociażby: Chl a, pH, ChZT-Mn, O2, BZT5, NO3-, NO2-, które w sposób pośredni dostarczają nam informacji o stanie zanieczyszczeń w zbiornikach wodnych (Dojlido 1995, Hermanowicz 1999). Uwidoczniony został indywidualny charakter zmian miesiąca T6 – tzn. sierpnia 2017 roku, w którym pobór wód do badań miał miejsce po nawałnicy, która miała miejsce między 11 a 12 sierpnia.



Ryc. 4. Pokrewieństwa miesięcy w których prowadzono badania.

Podsumowanie

Przeprowadzone analizy hydrochemiczne i statystyczne pozwoliły na sformułowanie konkretnych wniosków na temat jeziora Jeziorko we Wdzydzach:

1. W okresie 2016-2018 badany zbiornik wodny miał wody przeważnie o charakterze hipertroficznym, zaś jego stan ekologiczny był poniżej stanu dobrego.
2. Po zastosowaniu preparatu probiotycznego nastąpiła wyraźna poprawa trofii i stanu ekologicznego – co przemawia za stosowaniem tej metody, jako jednej z metod rekultywacji zbiorników wodnych.
3. Badany zbiornik wodny podlegał silnej antropopresji, co manifestowało się pogorszeniem stanu (jakości) badanych wód na skutek dopływu substancji o charakterze ścieków bytowych.
4. W roku 2018 nie wystąpiła poprawa jakości wody po zastosowaniu preparatu probiotycznego. Przyczyny takiego stanu rzeczy można doszukiwać się we wzroście ilości substancji biogennej, które przeszły z osadów dennych do toni wodnej po znacznej redukcji związanej z zastosowaniem preparatu. Charakter zmian jakości wody w roku 2018 wskazuje również na wzmożony dopływ ścieków bytowych do badanego zbiornika, który wpłynął na zahamowanie efektu oczyszczającego po kolejnym zastosowaniu preparatu.

Tab.2 Ocena stanu ekologicznego wg Rozporządzenia (2016) (klasy czystości)

Stacja pomiarowa	Numer miesiąca	Rok	Wskaźnik jakości wody				
			EC	DO	TN	TP	
1	1	2016	1 i 2	2	1 i 2	2	
	2		1 i 2	2	1 i 2	3-5	
	3		1 i 2	2	1 i 2	3-5	
	4		1 i 2	2	1 i 2	3-5	
	5	2017	1 i 2	2	1 i 2	2	
	6		1 i 2	2	1 i 2	3-5	
	7		1 i 2	2	1 i 2	3-5	
	8	2018	1 i 2	2	1 i 2	3-5	
	9		1 i 2	2	1 i 2	3-5	
	10		1 i 2	2	3-5	3-5	
	11		1 i 2	2	1 i 2	3-5	
2	1	2016	1 i 2	2	1 i 2	3-5	
	2		1 i 2	2	1 i 2	3-5	
	3		1 i 2	2	3-5	3-5	
	5		1 i 2	2	1 i 2	2	
	6	2017	1 i 2	2	1 i 2	3-5	
	7		1 i 2	2	1 i 2	2	
	8		1 i 2	2	3-5	3-5	
	9	2018	1 i 2	2	3-5	3-5	
	10		1 i 2	2	3-5	3-5	
	11		1 i 2	2	1 i 2	3-5	
	11		1 i 2	2	1 i 2	3-5	
3	1	2016	1 i 2	2	1 i 2	3-5	
	2		1 i 2	2	1 i 2	3-5	
	3		1 i 2	2	1 i 2	3-5	
	5	2017	1 i 2	2	1 i 2	2	
	6		1 i 2	2	1 i 2	3-5	
	7		1 i 2	2	1 i 2	2	
	8	2018	1 i 2	2	3-5	3-5	
	9		1 i 2	2	3-5	3-5	
	10		1 i 2	2	3-5	3-5	
	11		1 i 2	2	1 i 2	3-5	
	4	2	2016	1 i 2	2	1 i 2	3-5
4		1 i 2		2	1 i 2	2	
5		2017	1 i 2	2	1 i 2	2	
6			1 i 2	2	1 i 2	2	
7			1 i 2	2	1 i 2	2	
8		2018	1 i 2	2	3-5	3-5	
9			1 i 2	2	3-5	3-5	
10			1 i 2	2	3-5	3-5	
11			1 i 2	2	3-5	3-5	
5		2	2016	1 i 2	2	1 i 2	3-5
		3		1 i 2	2	3-5	3-5
	5	2017	1 i 2	3-5	3-5	3-5	
	6		1 i 2	2	1 i 2	3-5	
	7		1 i 2	2	1 i 2	2	
	8	2018	1 i 2	2	3-5	3-5	
	9		1 i 2	2	3-5	3-5	

	10		1 i 2	2	3-5	3-5
	11		1 i 2	2	1 i 2	3-5

Tab. 3 Jakość wód wg Rozporządzenia (2004) (klasy czystości wody)

Stacja pomiarowa	Numer miesiąca	Rok	Wskaźnik jakości wody																			
			Chl a	EC	temp	pH	COD-Mn	COD-Cr	BO D	DO	N O3	N O2	N H4	T N	SR P	T P	Ca	Cl	SO 4	ZAS	Fe og	
1	1	2016	3	1	1	3	3	2	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
	2		4	1	1	2	3	2	4	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	2	2	
	3		4	1	1	3	3	2	4	1	1	3	2	1	1	2	1	1	1	2	3	
	4		4	1	1	3	2	2	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
	5	2017	3	1	1	2	3	2	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
	6		4	1	1	5	3	2	3	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	2	
	7		3	1	1	2	3	1	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	
	8	2018	5	1	1	3	3	2	4	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	2	2	
	9		5	1	1	4	3	3	4	1	1	1	1	1	2	4	1	1	1	2	2	
	10		5	1	1	2	4	3	4	1	1	2	1	3	2	3	1	1	1	2	2	
	11		4	1	1	2	3	5	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
2	1	2016	4	1	1	3	3	2	5	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
	2		4	1	1	2	3	2	4	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	2	2	
	3		4	1	1	3	3	2	4	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	2	3	
	5	2017	3	1	1	2	3	2	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
	6		4	1	1	5	3	2	3	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	2	
	7		3	1	1	2	2	2	4	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	2	2	
	8		5	1	1	4	3	2	4	1	1	1	1	2	2	5	1	1	1	2	2	
	9	2018	5	1	1	4	3	3	5	1	1	1	1	2	2	5	1	1	1	2	2	
	10		5	1	1	3	4	5	3	2	1	2	1	3	2	4	1	1	1	2	3	
	11		3	1	1	3	1	5	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
	3	1	2016	3	1	1	2	3	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
2		4		1	1	1	3	2	5	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	2	2	
3		4		1	1	3	3	3	4	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1	2	3	
5		2017	3	1	1	2	3	2	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
6			4	1	1	5	3	2	3	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	2	
7			3	1	1	2	3	2	4	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	2	2	
8			5	1	1	4	3	4	4	1	1	1	1	3	2	4	1	1	1	2	2	
9		2018	5	1	1	4	4	4	5	1	1	1	1	3	3	5	1	1	1	2	2	
10			5	1	1	2	4	5	3	1	1	2	1	2	2	3	1	1	1	2	2	
11			3	1	1	3	3	5	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
4		2	2016	4	1	1	1	3	2	4	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3
	4	3		1	1	2	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	
	5	2017	3	1	1	2	3	2	3	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	
	6		3	1	1	3	4	4	3	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	
	7		2	1	1	2	3	2	4	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	
	8	2018	5	1	1	4	3	3	4	1	1	1	1	2	2	5	1	1	1	2	2	
	9		5	1	1	4	4	4	4	1	1	1	1	2	2	5	1	1	1	2	2	
	10		5	1	1	3	3	5	4	1	1	2	1	3	2	3	1	1	1	2	2	
	11		4	1	1	2	3	3	3	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	2	
	5	2	2016	4	1	1	1	3	2	5	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	3	3
		3		3	1	1	1	3	3	5	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	3	3
5		5		1	1	1	4	5	1	5	2	5	5	4	3	4	1	1	1	2	3	

6	20	4	1	1	4	3	2	3	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	2	
		7	3	1	1	2	2	2	4	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	2	2
	20	8	5	1	1	4	4	2	4	1	1	1	1	2	3	4	1	1	1	2	2
		9	5	1	1	4	4	4	4	1	1	1	1	2	2	5	1	1	1	2	2
		10	5	1	1	3	4	5	4	1	1	2	1	2	2	3	1	1	1	2	2
		11	4	1	1	2	3	4	3	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	3

Tab. 4 Stan trofii poszczególnych stanic badanego zbiornika wodnego

Stacja	Rok	Kryterium								
		OECD		Indeks Stanu Troficznego Carlsona						
		TP [$\mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$]	Trofia	TP ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	Chl a ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	SD (m)	TSI(TP)	TSI(Chl)	TSI(SD)	Trofia
1	2016	120	hipertrofia	120	37	0,54	73	66	69	eutrofia
		490	hipertrofia	490	141	0,13	93	79	89	hipertrofia
		170	hipertrofia	170	51	0,38	78	69	74	hipertrofia
		170	hipertrofia	170	51	0,38	78	69	74	hipertrofia
	2017	220	hipertrofia	220	62	0,30	82	71	78	hipertrofia
		170	hipertrofia	170	51	0,38	78	69	74	hipertrofia
		120	hipertrofia	120	36	0,54	73	66	69	eutrofia
	2018	260	hipertrofia	260	76	0,25	84	73	80	hipertrofia
		140	hipertrofia	140	42	0,46	75	67	71	hipertrofia
		600	hipertrofia	600	171	0,11	96	81	92	hipertrofia
		1000	hipertrofia	1000	280	0,06	104	86	99	hipertrofia
	2	2016	170	hipertrofia	170	51	0,38	78	69	74
740			hipertrofia	740	210	0,09	99	83	95	hipertrofia
160			hipertrofia	160	48	0,41	77	69	73	hipertrofia
2017		200	hipertrofia	200	60	0,32	81	71	76	hipertrofia
		200	hipertrofia	200	55	0,32	81	70	76	hipertrofia
		100	eutrofia	100	30	0,65	71	64	66	eutrofia
2018		240	hipertrofia	240	71	0,27	83	72	79	hipertrofia
		110	hipertrofia	110	34	0,59	72	65	68	eutrofia
		1100	hipertrofia	1100	307	0,06	105	87	101	hipertrofia
		1300	hipertrofia	1300	360	0,05	108	88	103	hipertrofia
3	2016	140	hipertrofia	140	42	0,46	75	67	71	hipertrofia
		490	hipertrofia	490	141	0,13	93	79	89	hipertrofia
		160	hipertrofia	160	48	0,41	77	69	73	hipertrofia
	2017	220	hipertrofia	220	65	0,30	82	72	78	hipertrofia
		200	hipertrofia	200	57	0,32	81	70	76	hipertrofia
		120	hipertrofia	120	33	0,54	73	65	69	eutrofia
	2018	240	hipertrofia	240	71	0,27	83	72	79	hipertrofia
		120	hipertrofia	120	37	0,54	73	66	69	eutrofia
		1000	hipertrofia	1000	280	0,06	104	86	99	hipertrofia
		1230	hipertrofia	1230	342	0,05	107	88	102	hipertrofia
4	2016	520	hipertrofia	520	149	0,12	94	80	90	hipertrofia

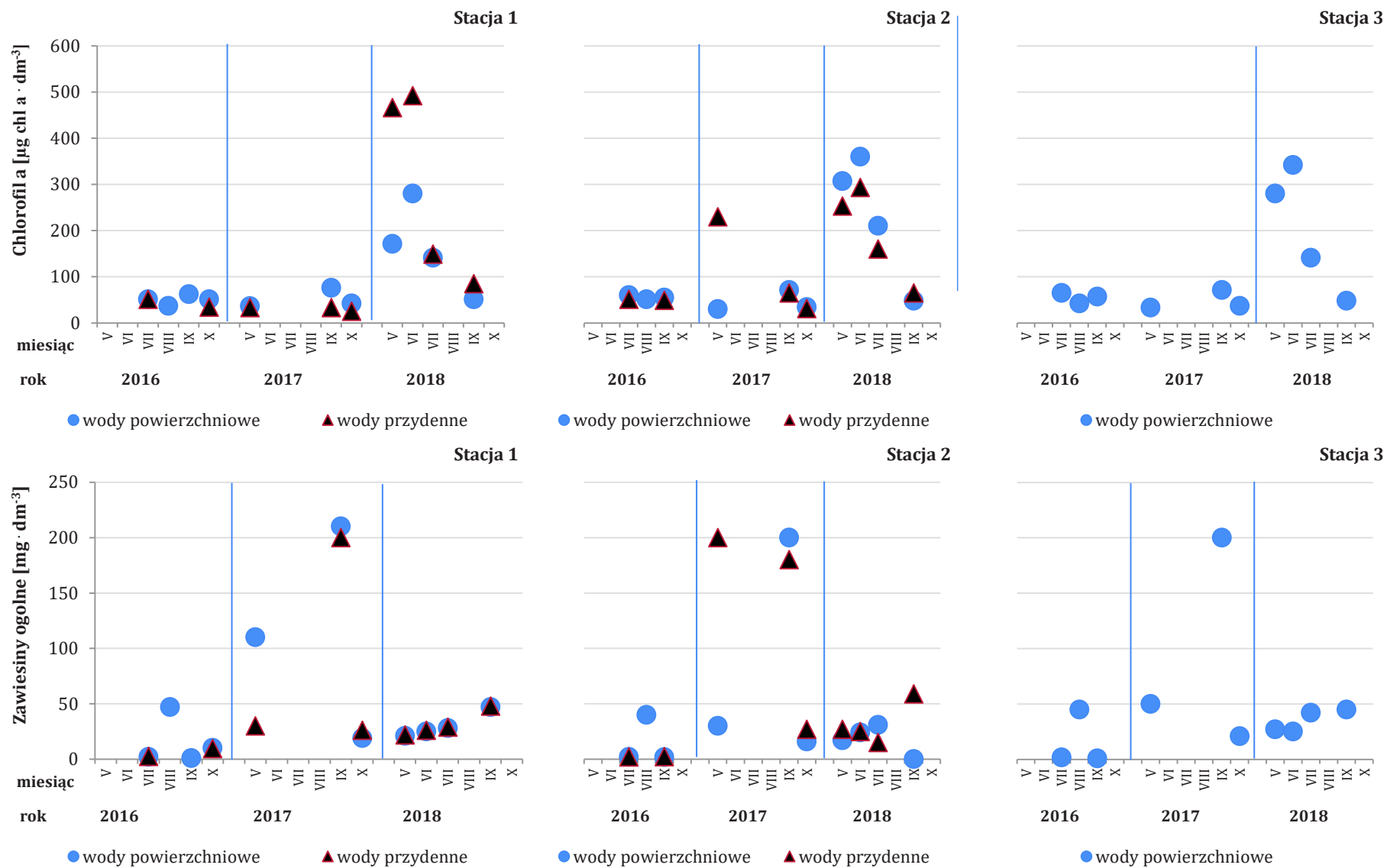
2 Dno		290	hipertrofia	290	85	0,22	86	74	82	hipertrofia	
		170	hipertrofia	170	51	0,38	78	69	74	hipertrofia	
	2017	110	110	hipertrofia	110	34	0,59	72	65	68	eutrofia
			110	hipertrofia	110	33	0,59	72	65	68	eutrofia
		120	hipertrofia	120	33	0,54	73	65	69	eutrofia	
	2018	80	eutrofia	80	25	0,81	67	62	63	eutrofia	
		1700	hipertrofia	1700	466	0,04	111	91	107	hipertrofia	
		1800	hipertrofia	1800	492	0,04	112	91	108	hipertrofia	
	2016	560	hipertrofia	560	160	0,12	95	80	91	hipertrofia	
		220	hipertrofia	220	65	0,30	82	72	78	hipertrofia	
	2017	170	hipertrofia	170	51	0,38	78	69	74	hipertrofia	
		160	hipertrofia	160	49	0,41	77	69	73	hipertrofia	
		820	hipertrofia	820	230	0,08	101	84	97	hipertrofia	
	2018	220	hipertrofia	220	65	0,30	82	72	78	hipertrofia	
		100	eutrofia	100	31	0,65	71	64	66	eutrofia	
		900	hipertrofia	900	253	0,07	102	85	98	Hipertrofia	
		1050	hipertrofia	1050	293	0,06	104	86	100	Hipertrofia	

Tab. 5 Statystyki opisowe wybranych wskaźników jakości wody jeziora Jeziorko we Wdzydzach w okresie badawczym wrzesień 2016-wrzesień 2018

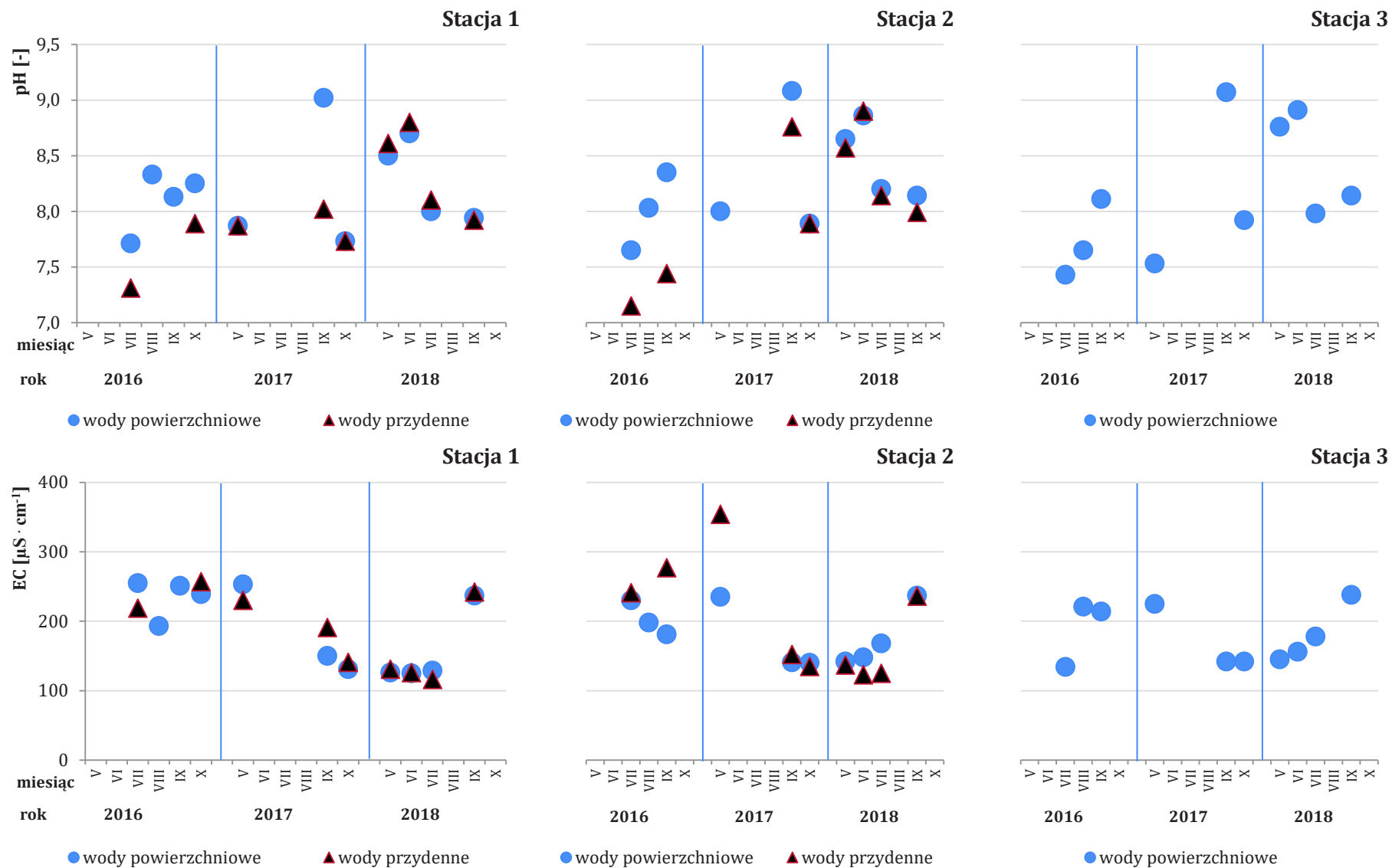
Wskaźnik jakości	Statystyka opisowa	Stacja				
		S1	S1 Dno	S2	S2 Dno	S3
Chl a	Średnia±SD	90,73±76,7	122,6±123,05	111,6±110,42	152±189,5	133±102,21
	Range	36-280	30-360	33-342	25-492	31-293
	CV	0,85	1,00	0,99	1,25	0,77
Temp	Średnia±SD	16,45±5,75	17,12±5,68	17,13±5,68	17,54±4,47	18,17±4,26
	Range	5,6-20	5,8-20	5,8-20	7-20	7-20
	CV	0,35	0,33	0,33	0,25	0,23
ZO	Średnia±SD	47,3±61,91	36,19±59,15	45,76±56,93	43,69±60	59,7±75,93
	Range	1-210	0-200	0,8-200	2,6-200	2-200
	CV	1,31	1,63	1,24	1,37	1,27
pH	Średnia±SD	8,2±0,41	8,29±0,45	8,15±0,58	8,03±0,45	7,97±0,7
	Range	7,71-9,02	7,65-9,08	7,43-9,07	7,31-8,8	6,93-8,9
	CV	0,05	0,05	0,07	0,06	0,09
EC	Średnia±SD	189,91±58,01	182±40,54	179,5±40,87	183,67±55,6	197,78±82,64
	Range	125-255	140-237	134-238	116-257	123-354
	CV	0,31	0,22	0,23	0,30	0,42
Eh	Średnia±SD	428±41,81	447,4±67,24	417,4±42,36	419,22±26,25	394±86,66
	Range	336-477	363-610	344-482	364-465	184-489
	CV	0,10	0,15	0,10	0,06	0,22
ChZT-Mn	Średnia±SD	9,31±2,51	8,91±3,96	10,46±3,47	10,29±3,46	11,6±3,7
	Range	5,4-13	1-15	6,3-17	4,4-14	6-18
	CV	0,27	0,44	0,33	0,34	0,32
ChZT-Cr	Średnia±SD	23,67±19,51	44,18±61,5	37,41±32,18	29,13±22,01	43,66±44,55
	Range	10-80	12,2-210	13-108	10,5-83	12,3-151
	CV	0,82	1,39	0,86	0,76	1,02
DO	Średnia±SD	13,25±4,69	12,13±4,44	12,31±5	10,2±2,8	10,55±5,25
	Range	8-20,4	6,8-19,5	8-22,4	6,7-15	0,5-18

	CV	0,35	0,37	0,41	0,27	0,50
%	Średnia±SD	124,98±39,1	116,48±43,77	123,07±54,91	99,71±25	102,63±50,5
	Range	87-202	74-205	67-236	55-141	5-190
	CV	0,31	0,38	0,45	0,25	0,49
BZT5	Średnia±SD	8,88±4,36	7,93±4,11	7,57±4,1	7,42±3,22	8,55±5,43
	Range	4-17	2,4-14	3,1-15	3,2-11,6	0,5-18
	CV	0,49	0,52	0,54	0,43	0,63
NO ₃ ⁻	Średnia±SD	0,31±0,2	0,34±0,23	0,39±0,27	0,29±0,23	0,47±0,33
	Range	0,04-0,59	0,14-0,69	0,12-0,89	0,05-0,75	0,15-1,15
	CV	0,63	0,66	0,71	0,79	0,70
NO ₂ ⁻	Średnia±SD	0,01±0,01	0,01±0,01	0,02±0,03	0,01±0,01	0,05±0,11
	Range	0-0,04	0-0,02	0-0,1	0-0,03	0-0,35
	CV	1,11	0,63	1,53	0,90	2,09
NH ₄ ⁺	Średnia±SD	0,3±0,41	0,36±0,39	0,3±0,34	0,32±0,27	1,2±2,16
	Range	0,03-1,42	0,05-0,94	0,05-1,02	0,06-0,69	0,05-6,8
	CV	1,38	1,06	1,13	0,82	1,79
TN	Średnia±SD	1,78±2,04	2,08±1,46	2,7±2,81	2,39±2,16	3,29±3,11
	Range	0,13-7,69	0,68-5,42	0,72-8,01	0,1-6,55	0,62-10,89
	CV	1,15	0,70	1,04	0,90	0,94
Z N	Średnia±SD	1,15±2	1,36±1,47	1,99±2,9	1,76±2,17	1,56±1,43
	Range	0,05-7,03	0,02-4,54	0,07-7,37	0,01-5,85	0,02-3,57
	CV	1,73	1,08	1,45	1,23	0,91
SRP	Średnia±SD	0,15±0,12	0,14±0,15	0,15±0,16	0,14±0,14	0,22±0,21
	Range	0,04-0,38	0,02-0,4	0,02-0,45	0,03-0,37	0,02-0,6
	CV	0,85	1,11	1,09	0,99	0,95
TP	Średnia±SD	0,31±0,28	0,43±0,45	0,39±0,4	0,54±0,7	0,47±0,37
	Range	0,12-1	0,1-1,3	0,12-1,23	0,08-1,8	0,1-1,05
	CV	0,88	1,03	1,02	1,28	0,79
Z P	Średnia±SD	0,17±0,17	0,3±0,3	0,25±0,25	0,4±0,57	0,25±0,21
	Range	0,03-0,62	0,03-0,9	0,06-0,78	0,03-1,43	0,03-0,69
	CV	1,00	1,02	1,00	1,42	0,85
TH	Średnia±SD	87,36±18,34	90,8±17,04	87,1±15,13	92,22±15,6	98,89±39,04
	Range	63-112	64-115	64-107	71-120	71-199
	CV	0,21	0,19	0,17	0,17	0,39
Ca ²⁺	Średnia±SD	23,82±5,29	24,5±5,28	25,9±3,87	28,56±6,19	27±4,06
	Range	16-31	16-31	21-30	19-40	22-33
	CV	0,22	0,22	0,15	0,22	0,15
Cl ⁻	Średnia±SD	17,91±3,14	20±8,93	19,3±5,95	18,67±4,64	19,56±3,91
	Range	11-22	11-42	13-30	13-27	14-26
	CV	0,18	0,45	0,31	0,25	0,20
SO ₄ ²⁻	Średnia±SD	40,55±13,19	41,4±9,2	40,8±3,55	39,11±10,47	43,67±12,05
	Range	25-74	29-58	34-46	27-59	26-67
	CV	0,33	0,22	0,09	0,27	0,28
TSiO ₂	Średnia±SD	19,38±3,74	21,51±2,38	21,14±2,28	18,12±3,48	19,83±5,91
	Range	10,1-25,15	18,29-26,7	17,24-26,6	9,65-21,5	5,75-27,3
	CV	0,19	0,11	0,11	0,19	0,30
Alk	Średnia±SD	131,18±11,68	131,8±16,25	123,9±18,26	124,22±9,02	125,78±29,74
	Range	113-150	110-156	98-156	110-135	92-183

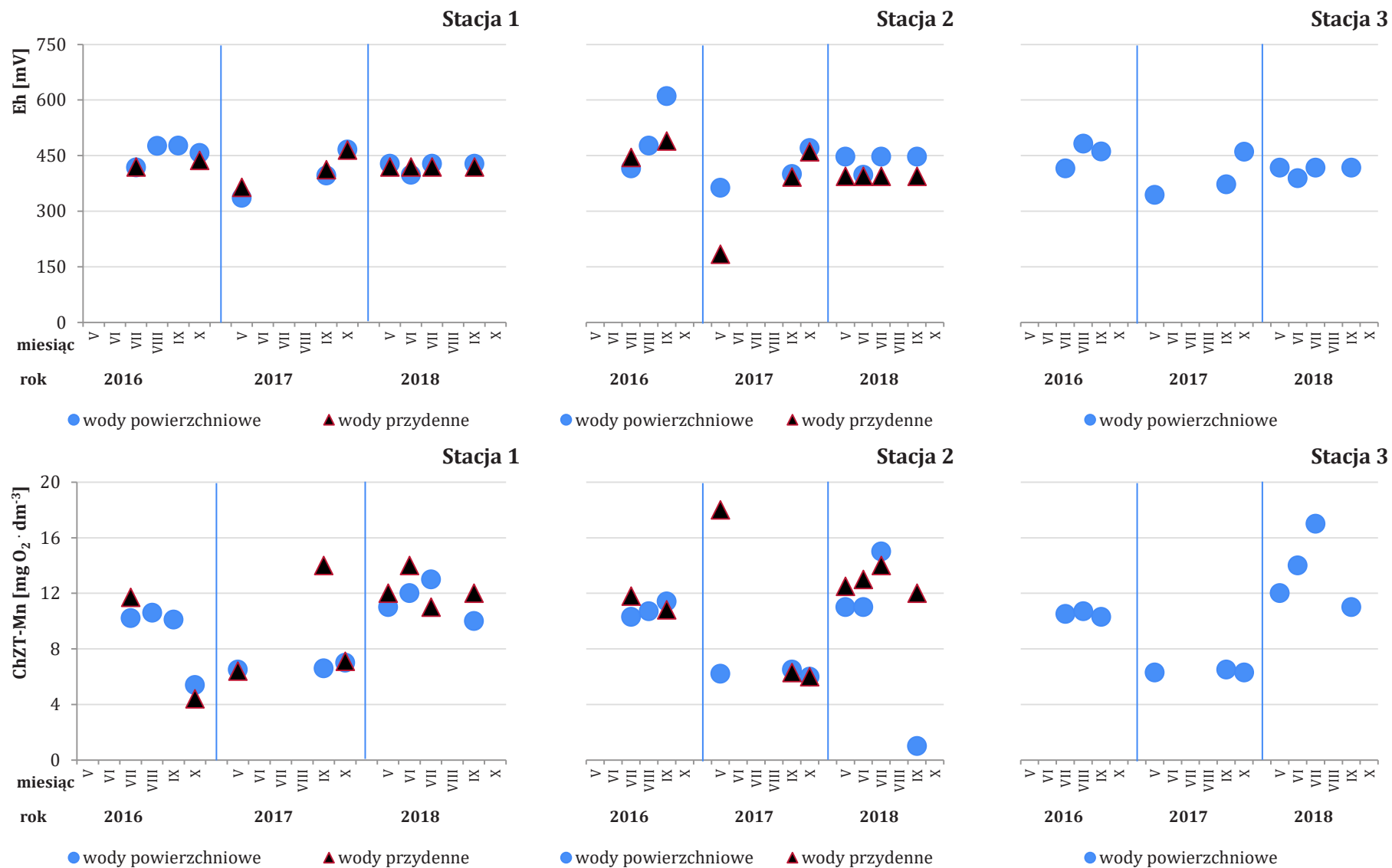
	CV	0,09	0,12	0,15	0,07	0,24
TFe	Średnia±SD	0,21±0,11	0,23±0,09	0,25±0,09	0,27±0,24	0,31±0,24
	Range	0,11-0,48	0,11-0,38	0,17-0,48	0,12-0,9	0,15-0,89
	CV	0,52	0,38	0,36	0,91	0,77



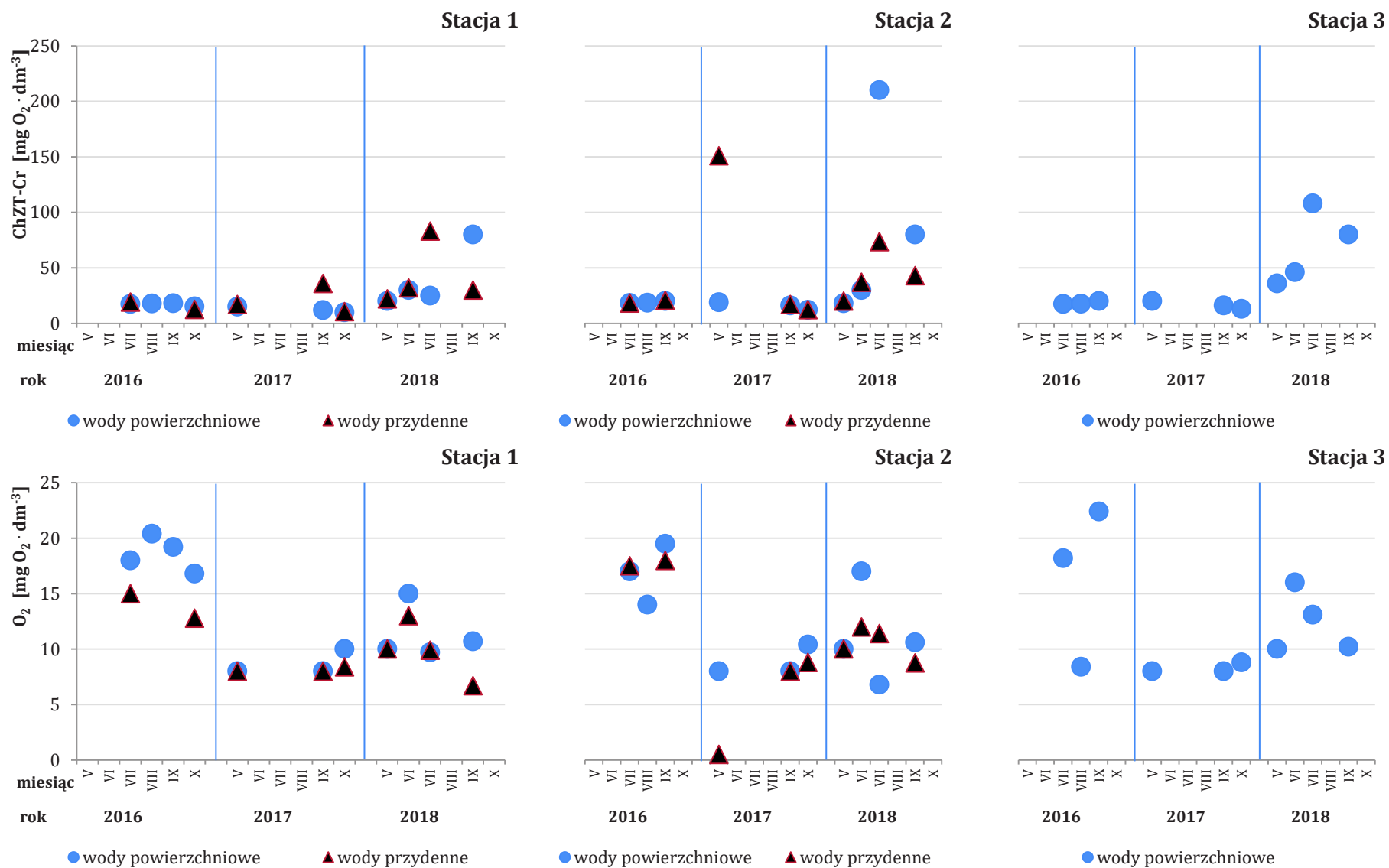
Ryc. 5. Zmienność chlorofilu a i zawiesin ogólnych w okresie badawczym 2016-2018 dla wód jeziora Jeziorko we Wdzydzach.



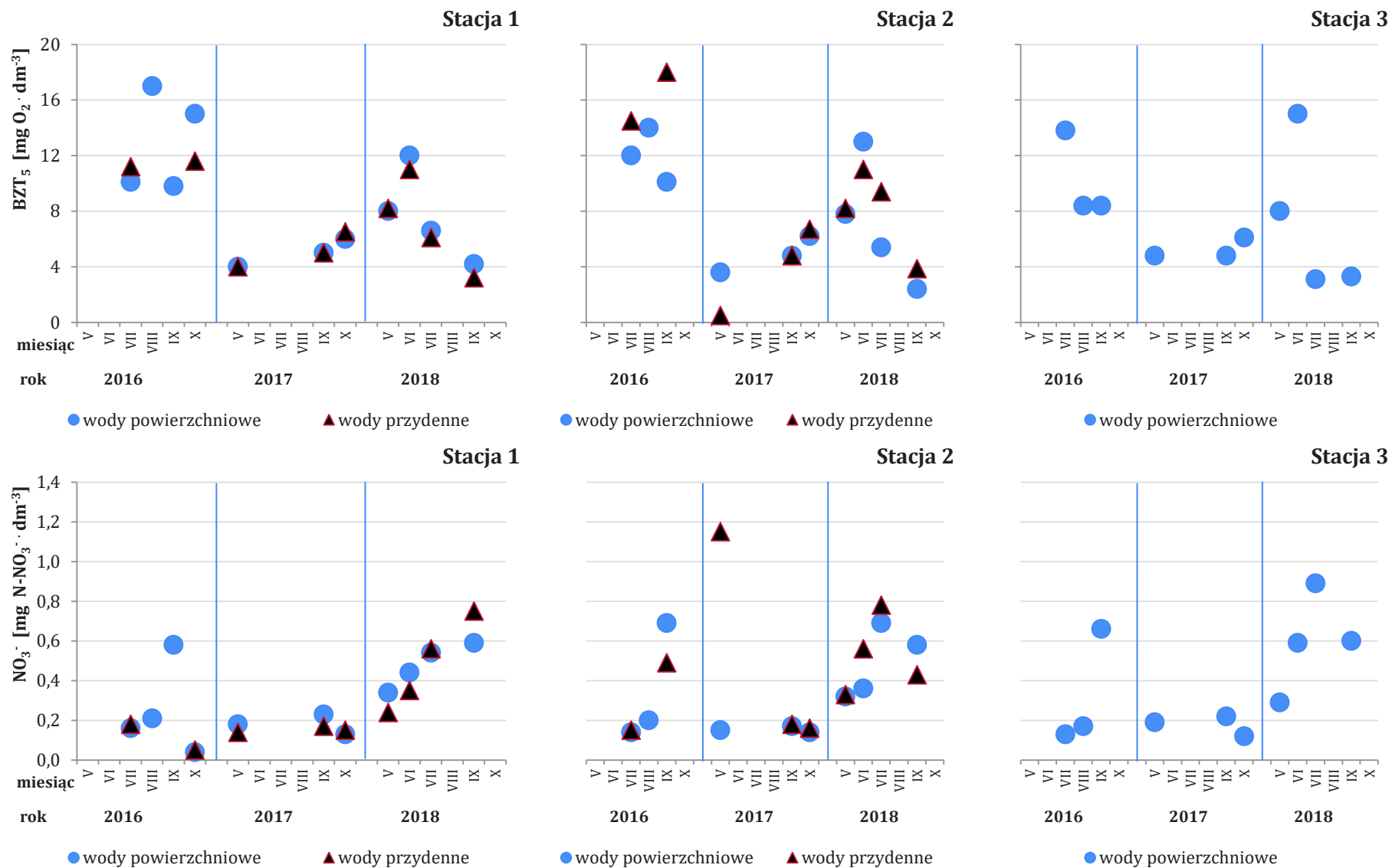
Ryc. 6. Zmienność pH i przewodność wody w okresie badawczym 2016-2018 dla wód jeziora Jeziorko we Wdzydzach.



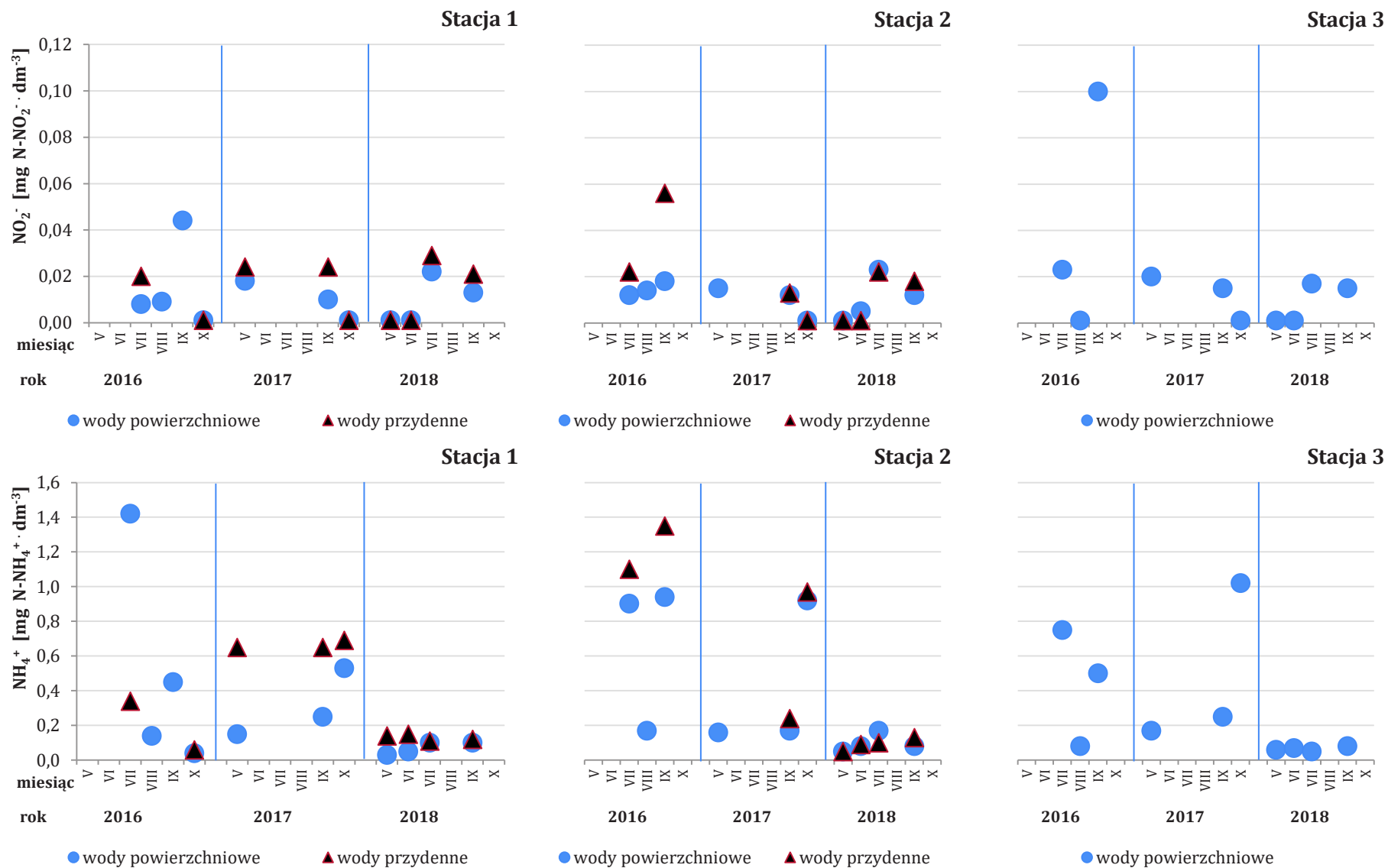
Ryc. 7. Zmienność potencjału redoks i utlenialności wody w okresie badawczym 2016-2018 dla wód jeziora Jeziorko we Wdzydzach.



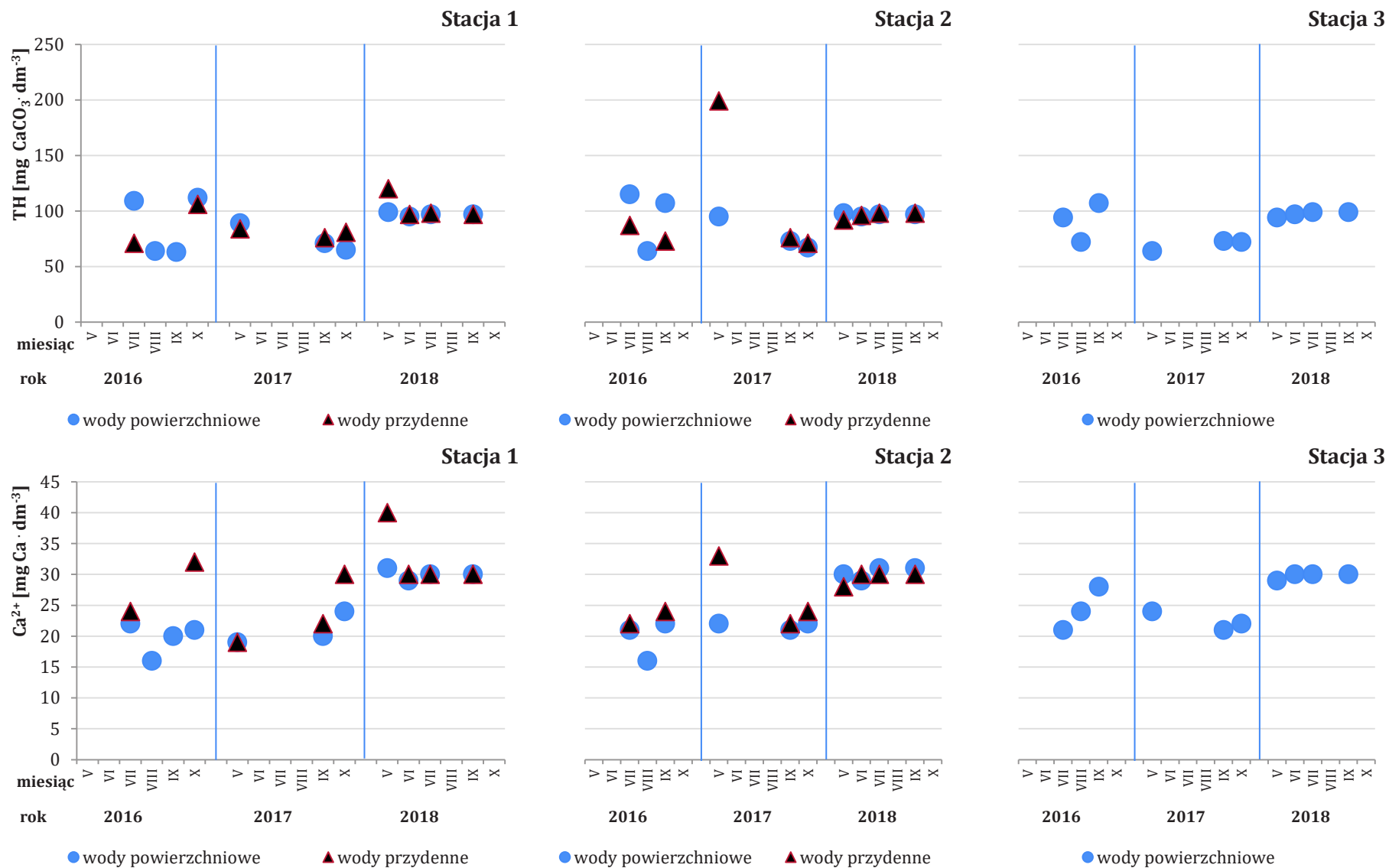
Ryc. 8. Zmienność chemicznego zapotrzebowania tlenu i stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie w okresie badawczym 2016-2018 dla wód jeziora Jeziorko we Wdzydзах.



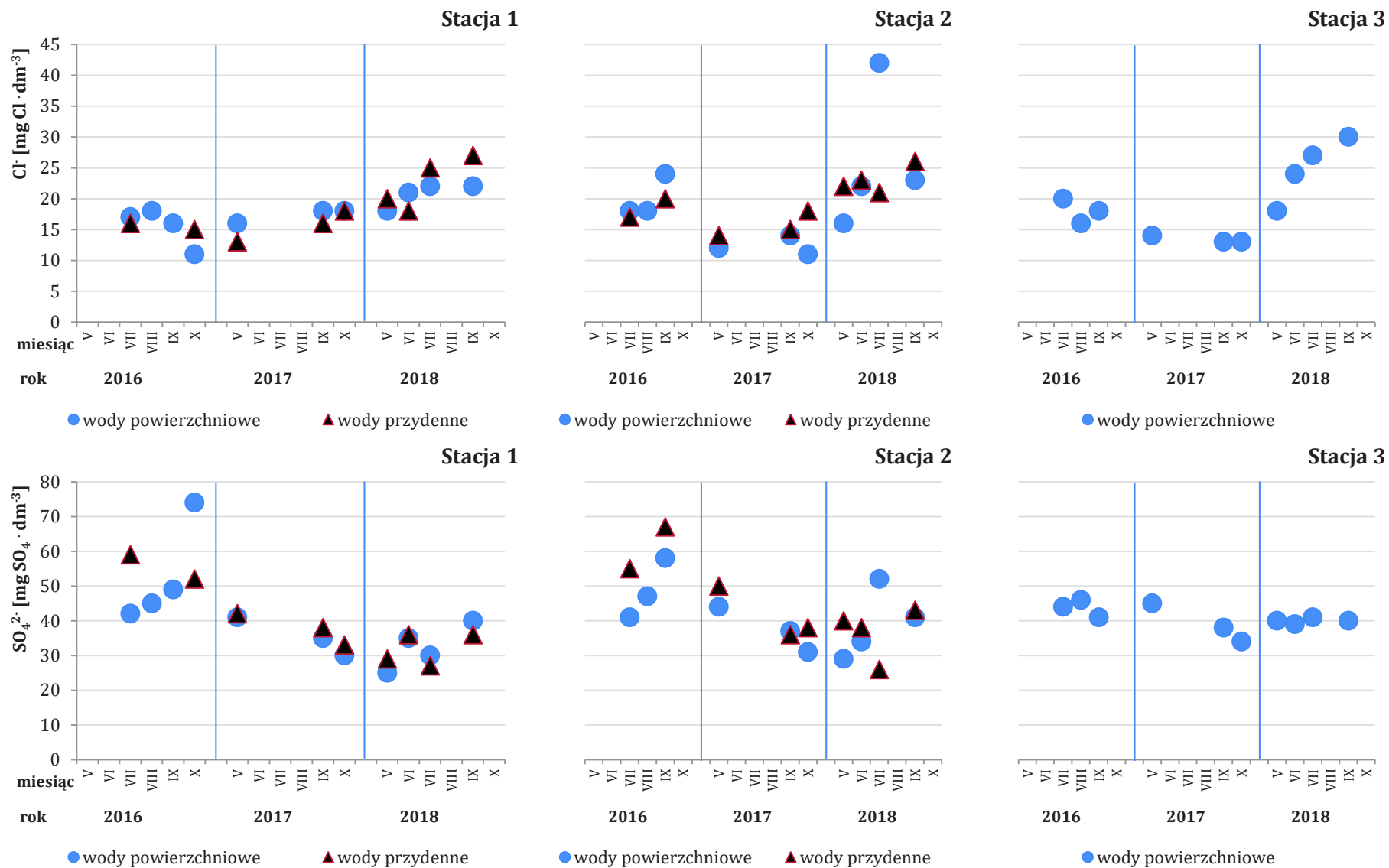
Ryc. 9. Zmienność 5-dniowego biochemicznego zapotrzebowania tlenu i stężenia azotanów (V) w okresie badawczym 2016-2018 dla wód jeziora Jeziorko we Wdzydzach.



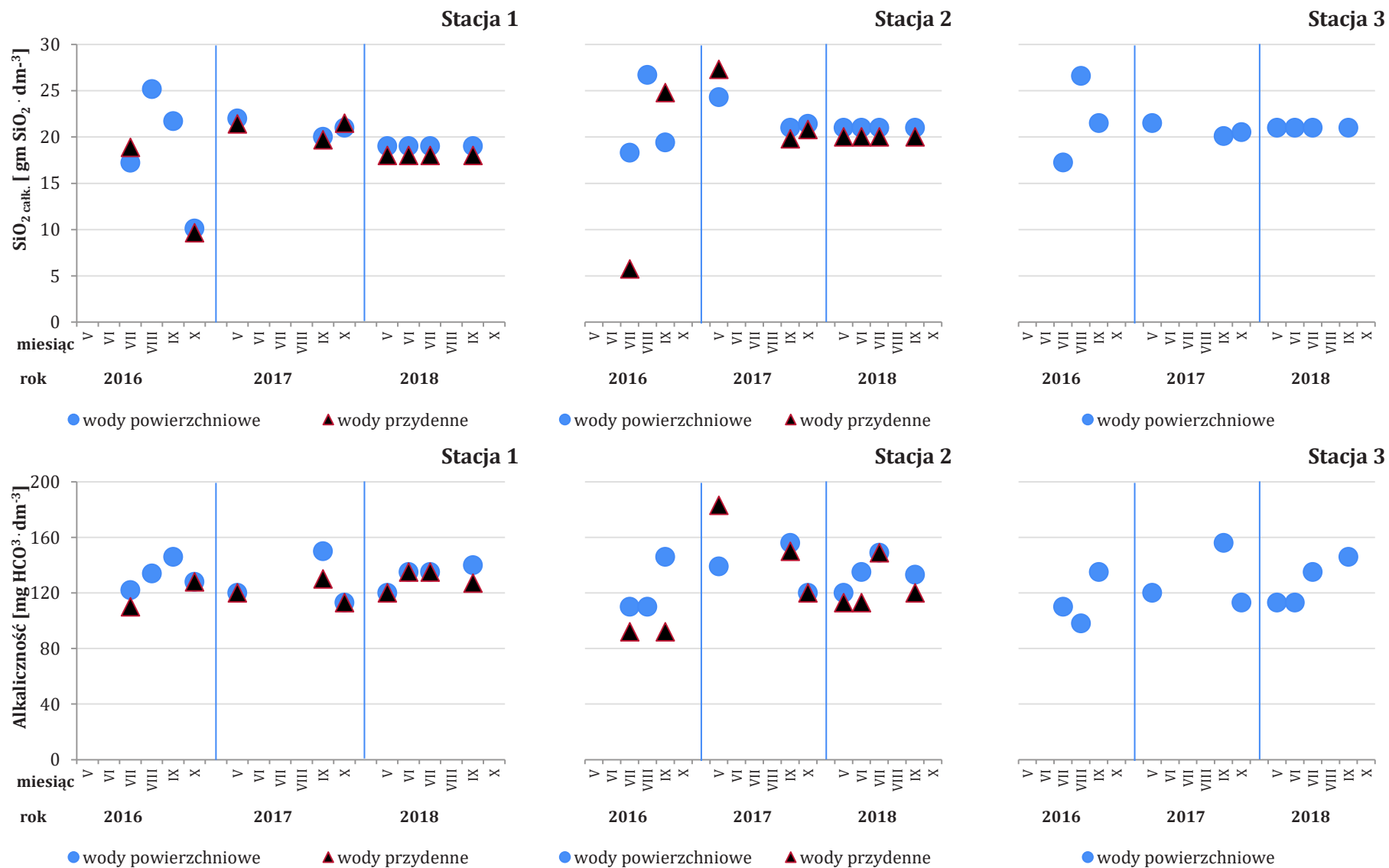
Ryc.10. Zmienność stężenia azotanów (III) i jonów amonowych w okresie badawczym 2016-2018 dla wód jeziora Jeziorko we Wdzydzech.



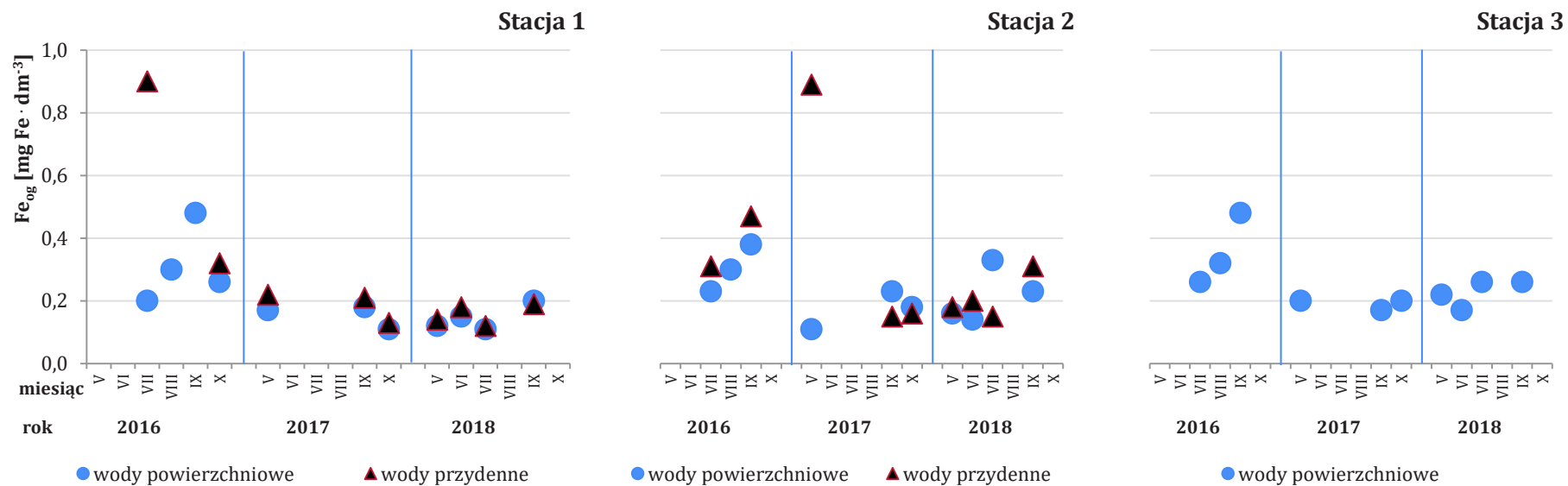
Ryc. 11 Zmienność twardości ogólnej wody i stężenia jonów wapnia w okresie badawczym 2016-2018 dla wód jeziora Jeziorko we Wdzydzach.



Ryc. 12. Zmienność stężeń chlorków i siarczanów (VI) w okresie badawczym 2016-2018 dla wód jeziora Jeziorko we Wdzydzech.



Ryc. 13. Zmienność stężeń ogólnych krzemianów i alkaliczności w okresie badawczym 2016-2018 dla wód jeziora Jeziorko we Wdzydzach.



Ryc. 14. Zmienność stężeń żelaza ogólnego w okresie badawczym 2016-2018 dla wód jeziora Jeziorko we Wdzydzach

Literatura

1. Dojlido J.R. 1995. Chemia wód powierzchniowych. Ekonomia i Środowisko. Białystok. 343p.
2. Miller T., Svobodova Z., Meller E., Poleszczuk G. 2016. Glebokie Lake in Szczecin after hydrotechnical regulation. *Ecological Chemistry and Engineering S.* 23(1):71–86. DOI: 10.1515/eces-2016-0005
3. Maciaszczyk A.M. 1987. Hydrogeochemia. Wyd. Geologiczne. Warszawa. 475 p.
4. Hermanowicz W. 1999. Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Arkady. Warszawa. 556 p.
5. Rozporządzenie (2016) Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U. 2016 poz. 1187). <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20160001187>
6. Rozporządzenie (2004) Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (Dz.U. 2004 nr 32 poz. 284).
7. Carlson R.E. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography.* 22(2):361-369. DOI: 10.4319/lo.1977.22.2.0361
8. Lampert W., Sommer U. 2001. Ekologia wód śródlądowych. PWN. Warszawa. 415 ss.

Badania roślinności

Metodyka

Badania terenowe prowadzono w lipcu roku 2016, 2017 i 2018. W obrębie misy jeziornej wyznaczono 11 transektów w których wykonywano zdjęcia fitosocjologiczne w obrębie jednorodnych płatów roślinności metodą Braun-Blanqueta (1964) z dodatkowymi kategoriami pokrycia roślinności (Barkman i in., 1964): r (jeden lub kilka osobników), + (okazjonalnie), 1 (dość licznie, ale poniżej 5%), 2m (bardzo licznie, około 5%), 2a (5-12.5%), 2b (12.5-25%), 3 (25-50%), 4 (50-75%), and 5 (75-100%). Liczba zdjęć w transekcie zależała od zróżnicowania roślinności – od jednego do siedmiu na transekt. Nomenklaturę gatunków podano za Mirkiem i in. (2002). Klasyfikację zbiorowisk roślinnych przyjęto za Matuszkiewiczem (2011), w przypadku niektórych syntaksonów za Brzegiem, Wojterską (2001).

Wyniki

W obrębie misy jeziornej w ciągu trzech lat badań wykonano 11 transektów o łącznej liczbie zdjęć fitosocjologicznych – 117 (Ryc. 15). Na skraju misy jeziornej wykształcały się zwykle małopowierzchniowe zbiorowiska leśne i zaroślowe z klasy *Alnetea glutinosae*, głównie ols porzeczkowy (*Ribo nigri-Alnetum*). Tworzą one wąski pas wokół jeziora, ich skład florystyczny jest zubożony, będąc pod silnym wpływem sąsiednich fitocenoz oraz oddziaływania antropogenicznego. Niektóre płaty, zbyt przesuszone, przekształciły się w formę degeneracyjną – zbiorowisko *Alnus-Urtica*. Na ich tle wyróżniają się płaty zajmujące duże powierzchnie przy północnym skraju jeziora, bogate i ciekawe florystycznie, z dużym pokryciem *Thelypteris palustris*. Odnaleziono tam gatunek chroniony – listera jajowata (*Listera ovata*).

W strefie brzegowej, za pasem olszyn, wykształciły się zbiorowiska szuwarowe osiągające największą szerokość i różnorodność w północnej części jeziora, gdzie tworzą niekiedy szerokie pło nachodzące na toń jeziora. Dominują szuwar turzycy dzióbkowatej (*Caricetum rostratae*), pałki szerokolistnej (*Typhaetum latifoliae*) i skrzypu błotnego (*Equisetetum fluviatilis*), którym towarzyszy szuwar tataraku (*Acoetum calami*) – kenofitu, będącego gatunkiem obcym, na trwale zadomowionym w naszej florze. Miejscami wykształciły się płaty szuwaru turzycy błotnej (*Caricetum acutiformis*), szuwar mallowy (*Glycerietum maximae*), szuwar ponikła błotnego (*Eleocharitetum palustris*) oraz zajmujące stosunkowo dużą powierzchnię w południowym i północno-wschodnim skraju jeziora szuwar trzcinowy (*Phragmitetum communis*). Pomiędzy nimi obserwowano mało powierzchniowe zbiorowiska rzęs i żabiścieku (*Lemno-Spirodeletum polyrhizae*, *Lemnetum minoris*, *Hydrocharitetum morsus-ranae*). W płatach *Caricetum rostratae* i *Equisetetum fluviatilis* notowano jaskier wielki (*Ranunculus lingua*) – gatunek chroniony i umieszczony na Czerwonej liście roślin i grzybów Polski