

Zbiorowiska okrzemek (Bacillariophyceae) w źródłach, wodach stojących i płynących polskiej części Tatr

BARBARA KAWECKA

KAWECKA, B. 2017. Diatom (Bacillariophyceae) communities of springs, standing and flowing waters in the Polish part of the Tatra Mts. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 24(2): 303–328. Kraków. e-ISSN 2449-8890, ISSN 1640-629X.

ABSTRACT: The paper describes the progress of 150 years of research on the diatom communities of springs, standing and flowing waters of the Tatra Mts. Diatoms are the largest group of algae in the Tatra waters. Studies initially focused on taxonomy but later also on ecology, dealing with the differentiation of diatom communities along the latitude gradient, the influence of habitat, temporal changes, and human-induced effects such as eutrophication, “acid rain” and changes in the hydrotechnical constraints. The second half of the 20th century saw great progress in research. About 60 papers have now been published; before the 1960s there were only ten. The diatom communities of the High Tatra waters, especially streams, are best known. Research done there over many years (1962–2004) resulted in a monograph on the diatom communities of streams, including 414 taxa. The research should be continued and extended to poorly known environments and carried out in systematically, and should address the ecological status of aquatic sites, the threats to them, and the protection measures needed for these unique biocenoses.

KEY WORDS: biodiversity, diatoms, ecology, human impact, lakes, long-term changes, springs, streams, Tatra National Park

B. Kawecka, Instytut Ochrony Przyrody PAN, al. Adama Mickiewicza 33, 31-120 Kraków, Polska; e-mail: kawecka@iop.krakow.pl

WSTĘP

Tatry, objęte Parkiem Narodowym w 1954 r., uznane w 1993 r. przez UNESCO za Międzynarodowy Rezerwat Biosfery, należą do jednych z najlepiej poznanych Parków Narodowych Polski pod względem przyrodniczym (SZAFER 1962; KOWNACKI 1996; KRZAN 1996; MIREK i in. 1996; BOROWIEC i in. 2002; CHOIŃSKI & POCIASK-KARTECZKA 2014). Wszelkstronnej wiedzy dostarcza również *Wielka Encyklopedia Tatrzańska*, kompendium wiedzy o Tatrach, przyrodzie, ludziach i kulturze (RADWAŃSKA-PARYSKA & PARYSKI 1995).

Historia badań fykologicznych w wodach Tatr na przestrzeni 150 lat została już szczegółowo omówiona (KOWNACKI 2017). Warto jednakże podkreślić kilka interesujących faktów związanych z rozwojem wiedzy dotyczącej okrzemek występujących na terenie Tatr.

Początki badań okrzemek tatrzańskich sięgają drugiej połowy XIX w. Karl Kalchbrenner – węgierski botanik, wybitny znawca grzybów, był pierwszym, który zwrócił uwagę

na glony Tatr i w swojej pracy na temat glonów Spisza wymienił 10 gatunków, a wśród nich jedną okrzemkę – *Epithemia argus* (Ehrenberg) Kützing (KALCHBRENNER 1866). Jest to gatunek kosmopolityczny, żyjący w potokach, źródłach, bagnach i litoralu jezior (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1999b).

Pionierem badań okrzemek tatrzańskich był Juliusz Schumann, badacz pochodzący z Królewca, autor bardzo wartościowego opracowania, które ukazało się 150 lat temu (SCHUMANN 1867). W swojej pracy nie tylko zidentyfikował 205 gatunków okrzemek, ale również jako pierwszy wykazał wybitnie ekologiczne podejście do badań, poszukując zależności między strukturą komórek (wymiary, ilość prążków) i występowaniem gatunku, a cechami środowiska, co było, jak na tamte czasy, zupełnie wyjątkowe.

Roman Gutwiński wybitny badacz flory glonów, taksonomii i ich rozmieszczenia – zarówno na terenie Polski, jak i poza jej granicami, badał glony m.in. Bajkału, pochodzące z półwyspu Kamczatka, z Kamerunu, z wyspy Jawy i Krakatau, a także z szeregu miejsc w Azji środkowej (HRYNIEWIECKI 1934). Opublikowana z początkiem XX w. monografia Tatr *Flora algarum montium Tatrensium* (GUTWIŃSKI 1909) do dziś budzi uznanie. Badaniami zostały objęte środowiska wodne całych Tatr polskich oraz słowackich i najważniejsze grupy glonów, wśród których zostało zidentyfikowanych 827 gatunków i odmian, w tym 398 gatunków i odmian okrzemek. Opracowania SCHUMANN (1867) i GUTWIŃSKIEGO (1909) stworzyły podstawę do dalszego rozwoju badań fykologicznych Tatr.

W latach powojennych, w badaniach tatrzańskich przełomową rolę odegrał profesor Karol Starmach, jeden z najwybitniejszych hydrobiologów i fykologów (SIEMIŃSKA 1971, 1991, 1993; KOWNACKI 1989, 1993, 2013; KRZYŻANEK 1993). Ideę badań wód tatrzańskich przedstawił w pracy pt. *Stan badań algologicznych w Tatrach* (STARMACH 1956). W latach 60. XX w. zainicjował kompleksowe, systematycznie prowadzone badania hydrobiologiczne Tatr i od tego czasu nastąpił ich dynamiczny rozwój. Badaniami objęto środowisko oraz florę i faunę wodną, nie tylko ze względów poznawczych, ale również zgodnie z naczelną ideą prof. K. Starmacha ochrony wód tatrzańskich, zagrożonych działalnością człowieka, która wzrasta w miarę upływu czasu. Jest to związane przede wszystkim z turystyką (eutrofizacja), zakwaszeniem („kwaśne deszcze”), regulacją koryt potoków i zarybieniem (KAWECKA & STARZECKA 1975; KAWECKA 1977, 1996b; STARZECKA 1977; KOWNACKI i in. 1996; MIREK 1996a, b; BOMBÓWNA & WOJTAN 1999; KOWNACKI & ŁAJCZAK 2002; POCIASK-KARTECZKA 2014).

Okrzemki to najliczniejsza grupa glonów w stosunku do całości flory glonów na Ziemi (WOŁOWSKI 2003). W grupie glonów tatrzańskich, okrzemki odgrywają także bardzo ważną rolę (STARMACH 1956; SIEMIŃSKA 1962; KAWECKA 1969, 1993b, 1996a; KOWNACKI & ŁAJCZAK 1997). Są to organizmy jednokomórkowe, których ściana komórkowa wysycona jest krzemionką, tworzy sztywny pancerzyk z charakterystyczną dla danego gatunku ornamentacją. Szeroko rozprzestrzenione, występują zarówno w wodach słodkich, słonych, jak i estuariach. Żyją w planktonie, a także jako formy osiadłe na dnie kamienistym, piaszczystym czy mulistym, występują w osadach dennych, a także jako epifity na mchach i innych roślinach. Zasiedlają też środowiska lądowe, na przykład skały, pnie drzew czy glebę. Posiadają szerokie spektrum życia, od temperatur wysokich aż po zamarzanie, występują w zmiennych warunkach szybkości prądu, wahań poziomu wody oraz natężenia promieniowania słonecznego (KAWECKA & ELORANTA 1994). Okrzemki są wykorzystywane jako wskaźniki

warunków środowiskowych, takich jak odczyn wody, stężenie składników pokarmowych, zanieczyszczenie czy zasolenie, zarówno aktualnie istniejących, jak i w przeszłości na podstawie badań paleolimnologicznych. Stanowią jeden z najważniejszych elementów w ocenie statusu ekologicznego środowisk wodnych, a tym samym stopnia zagrożeń związanych z działalnością człowieka (KELLY i in. 1998; KWANDRANS i in. 1998; KAWECKA i in. 1999; RAKOWSKA 2001; KWANDRANS 2007; BAŁ i in. 2012). Szereg europejskich programów badawczych dotyczących zagrożeń jezior wysokogórskich było realizowanych w oparciu o różnorodność gatunkową okrzemek i ich wartości wskaźnikowe np. AL:PE 2 – *Acidification of Mountain Lakes: Paleolimnology and Ecology*; MOLAR – *Mountain Lake Research – Measuring and Modelling the Dynamic Response of Remote Mountain Lake Ecosystems to Environmental Change*; EMERGE – *European Mountain Lake Ecosystems: Regionalization, Diagnostic and Socio-Economic Evaluation*. Okrzemki były wykorzystywane wielokrotnie do oceny statusu ekologicznego środowisk wodnych Tatr, również w ramach wyżej wymienionych projektów (GALAS i in. 1996; KAWECKA & GALAS 2003).

Systematycznie prowadzone badania wód tatrzańskich zainspirowane przez profesora Karola Starmacha przyniosły interesujące i znaczące rezultaty, prezentowane m.in. w niniejszym opracowaniu. Kontynuowanie badań z równoczesnym wykorzystaniem okrzemek jako wskaźników warunków środowiskowych, które pozwolą odczytać przeszłość, określić terażniejszość i wskazać zagrożenia jakie niesie przyszłość, będzie odgrywać bardzo ważną rolę w pogłębianiu wiedzy i ochronie unikatowych biocenoz wód tatrzańskich.

TEREN BADAŃ

Tatry stanowią wyjątkowe środowisko życia dla organizmów wodnych, gdzie na stosunkowo małej przestrzeni spotyka się mozaikę środowisk i warunków życia. Jest to związane ze zróżnicowaniem geologii podłoża i chemizmu wody oraz zmianą warunków klimatycznych w gradiencie wysokości, w tym temperatury, nasłonecznienia i przepływu wody. Tworzą się trudne, często nawet ekstremalne warunki życia, związane z długo utrzymującą się pokrywą śnieżną, wysuszeniem, wymarzeniem i powodzią. Skrajna zmienność warunków środowiskowych (astatyzm) jest stałą cechą drobnych stawków i niektórych potoków wysokogórskich.

Tatry to jedyny masyw górski o charakterze alpejskim, usytuowany pomiędzy Alpami i Kaukazem oraz Bałkanami i górami Skandynawii. Ich powierzchnia wynosi 785 km², z czego 175 km² (około 25%) leży w granicach Polski, z najwyższym szczytem Rysami (2499 m n.p.m.). Masyw gór dzieli się na Tatry Wysokie, Tatry Zachodnie oraz Tatry Bielskie, które w całości leżą na Słowacji. Góry u podnóża otacza Podtatrze, w skład którego wchodzi obszar Orawy, Liptowa, Spisza i Podhala. Tatry Wysokie zbudowane są głównie ze skał krystalicznych, a Tatry Zachodnie ze skał metamorficznych i węglanowych (PASTERNAK 1971; KLIMASZEWSKI 1996). Z geologią podłoża łączy się chemizm wód oraz zróżnicowanie i dostępność biogenów. Wody Tatr charakteryzują się skrajną oligotrofią i mezotrofią, aż po eutrofię w pobliżu obiektów turystycznych (BOMBÓWNA 1971, 1977; BOMBÓWNA & WOJTAN 1996, 1999; OLEKSYNOWA & KOMORNICKI 1996).

Klimat Tatr jest typowo wysokogórski, który zmienia się wraz ze wzrostem wysokości nad poziom morza. Temperatura spada średnio o 0,5°C na każde 100 m wzniesienia. Opady w Tatrach należą do największych w Polsce. Suma opadów wynosi 1200–1600 mm rocznie, zima trwa od 5 do 9 miesięcy na najwyższych szczytach (ORLICZ 1962; HESS 1996). Roślinność, przystosowując się do surowego klimatu gór, rozwija się piętrowo w gradencie wysokości. W Tatrach wyróżnia się piętro regla dolnego (wysokość ok. 900–1250 m n.p.m.), piętro regla górnego (1250–1550 m n.p.m.), piętro kosodrzewiny (subalpejskie) (1550–1800 m n.p.m.), piętro halne (alpejskie, 1800–2300 m n.p.m.), piętro turni (subnivalne, od 2300 m n.p.m. po najwyższe szczyty) (PIĘKOŚ-MIRKOWA & MIREK 1996).

Tatry charakteryzują się dużą różnorodnością wód podziemnych i powierzchniowych (WIT-JÓZWIKOWA & ZIEMOŃSKA 1962; ŁAJCZAK 1996). Znaczne zasoby wód podziemnych powodują obfitość źródeł, których liczba przekracza 1000. Najczęściej stanowią one niewielkie, okresowe wycieki wód. Natomiast wywierzyska to bardzo wydajne źródła krasowe. Zasilają wiele potoków, np. Potok Chochołowski, Kościeliski (jedno z największych wywierzysk, zwane wywierzyskiem Lodowym lub Lodowym Źródłem), Potok Bystra, Goryczkowy i Potok Olczyski. Źródła tatrzańskie charakteryzują się niską temperaturą wody, zazwyczaj od 4 do 8°C. Innym typem źródeł są cieplice czyli termy, występujące na Podhalu w Jaszczurówce. Temperatura wody wynosi około 18,5°C. W Tatrach są także źródła siarczane, położone u wylotu Doliny Strażyskiej oraz źródła żelaziste w Zakopanem.

Wody powierzchniowe gromadzą się w stawkach – niewielkich, okresowych zbiornikach wodnych, stawach – zbiornikach wód, których głębokość nie przekracza kilku metrów i nie wykształca się stała stratyfikacja termiczna oraz w głębokich polodowcowych jeziorach, które posiadają wykształconą strefę litoralu, profundalu i pelagialu. W nazewnictwie tatrzańskim przyjęto powszechnie używać określenia „stawy” (bez względu na typ zbiornika), których w całych Tatrach jest około 200, jednakże Wielki Staw w Dolinie Pięciu Stawów Polskich (głębokość 79,3 m.) oraz Czarny Staw nad Morskim Okiem (głębokość 76,4 m.) należą do najgłębszych jezior Polski. Z kolei Morskie Oko to największe jezioro Tatr (powierzchnia 34,54 ha, głębokość 50,8 m.), najłatwiej dostępne i bardzo atrakcyjne turystycznie. Temperatura powierzchniowych warstw wód „stawów” różnicuje się w zależności od położenia nad poziomem morza, zwykle jednak nie przekracza 10–12°C (RADWAŃSKA-PARYSKA & PARYSKI 1995). Z badanych stawów najwyższej położony jest Zadni Mnichowy (na wysokości 2053 m n.p.m.), najniżej Staw Toporowy Niżni (1089 m n.p.m.).

Tatry leżą w zlewisku Morza Bałtyckiego (dorzecze Dunajca i Popradu) oraz Morza Czarnego (dorzecze Orawy i Wagu). Tatry Wysokie są odwadniane przez Białkę z jej tatrzańskimi dopływami – Rybim Potokiem, potokiem Roztoka oraz Potokiem Sucha Woda (540–1560 m n.p.m.). Tatry Zachodnie odwadniane są przez Czarny Dunajec z dopływami – potokiem Kościeliskim oraz potokiem Chochołowskim (1122–1500 m n.p.m.). Tatry charakteryzują się dużą różnorodnością wód płynących. Są to strugi sączące się po ścianach skalnych, liczne strumienie biorące swój początek ze źródeł, stawków, płatów śniegu, do rwących potoków, wypływających z wywierzysk i jezior. Potoki odznaczają się dużymi spadkami, często tworzą wodospady. Temperatura wody w potokach w lecie nie przekracza 10°C, zimą podczas silnych mrozów osiąga 0°C. W potokach tatrzańskich obserwuje się

lokalne duże zmiany wielkości przepływu, w wielu miejscach zachodzi „gubienie wody” związane ze zjawiskami krasowymi, małe potoki mogą wymarzać lub wysychać do dna.

Mimo że zasoby przyrodnicze Tatrzańskiego Parku Narodowego, uznanego również za międzynarodowy Rezerwat Biosfery, podlegają szczególnej ochronie, środowiska wodne Tatr należą obecnie do jednych z najbardziej zagrożonych (KOWNACKI & ŁAJCZAK 2002). Powodem tego jest masowo rozwijająca się turystyka i w konsekwencji zwiększanie ilości ścieków pochodzących z obiektów turystycznych. Liczba turystów odwiedzających Tatry już z końcem XX w. dochodziła do trzech milionów osób rocznie (GORCZYCA & KRZEMIEN 2002). Szczególnie zagrożony jest rejon Morskiego Oka. POCIASK–KARTECZKA (2014) stwierdza, że w latach 1993–2012 średnia roczna wielkość ruchu turystycznego na obszarze TPN wynosiła 2.067 mln osób, który aż w 30% koncentrował się w rejonie Morskiego Oka.

Innym zagrożeniem dla wód tatrzańskich jest hydrotechniczna zabudowa potoków i niszczenie ich naturalnych siedlisk oraz zarybianie jezior położonych w strefie wysokogórskiej. Istnieją również zagrożenia chemiczne, wynikające z emisji pyłów i gazów bliższego i dalszego zasięgu (SKIBA i in. 2002). Konsekwencją tych oddziaływań są opady atmosferyczne zwane „kwaśnymi deszczami”, które powodują wzrost zakwaszenia wód, zwłaszcza jezior położonych na podłożu krystalicznym (KRYWULT 1990; WOJTAN & GALAS 1994; GALAS 2002). Zagrożeniem są również anomalie hydrologiczne, prawdopodobnie związane z globalnymi zmianami klimatu i efektem cieplarnianym.

WYNIKI

Zbiorowiska okrzemek w źródłach

Największe zainteresowanie badaczy budziło Źródło Lodowe – wywierzysko zasilające Potok Kościeliski (967 m n.p.m.), w którym SCHUMANN (1867) stwierdził występowanie 27 gatunków okrzemek, a NAMYSŁOWSKI (1922) 60 gatunków glonów (głównie okrzemek), natomiast GUTWIŃSKI (1888) podał 105 taksonów glonów (za OBIDOWICZEM 1969). OBIDOWICZ (1969) wymienił 49 taksonów okrzemek, a wśród nich 24 nowe dla źródła i stwierdził, że *Achnanthes lanceolata* (**Planothidium lanceolatum*), *Cymbella ventricosa* (**Encyonema ventricosum*) oraz *Diatoma hiemale* (**Diatoma hyemalis*) występują stale w źródle, a dwa pierwsze należą do najliczniejszych.

NAMYSŁOWSKI (1922) obserwował morfologiczną zmienność komórek *Diatoma hiemale* (**D. hyemalis*) w relacji do temperatury wody. Stwierdził, że w źródłach zimnych komórki osiągają mniejsze wymiary w porównaniu z wodami termalnymi. Badał również drobne źródła zimne podreglowe. Dominowały tam niemal wyłącznie okrzemki z gatunkami charakterystycznymi: *Achnanthes minutissima* (**Achnantheidium minutissimum*), *Diatoma hiemale* (**D. hyemalis*) i *Meridion circulare*. Ponadto badał duże Źródło Lodowe pod Zawratem, a także Wywierzysko Olczyskie, w którym podobnie jak w innych źródłach zimnych dominowały *Diatoma hiemale* (**D. hyemalis*) i *Meridion circulare*.

* Aktualnie zaakceptowana i używana nazwa gatunkowa.

WOJTAL (2013) w monograficznym opracowaniu dotyczącym 62 źródeł Polski południowej, badała okrzemki 18 źródeł Tatrzańskiego Parku Narodowego. W źródłach Tatr Wysokich autorka stwierdziła obecność 241 taksonów, wśród których najczęściej występowały *Achnantheidium minutissimum*, *A. lineare* oraz *Diatoma hyemalis*. W Tatrach Zachodnich, w 11 źródłach zidentyfikowała 140 taksonów okrzemek z dominującymi: *Achnantheidium lineare*, *A. minutissimum*, *A. pyrenaicum*, *Planothidium lanceolatum*, *Meridion circulare*, *Diatoma mesodon* i *Psammothidium grischunum*. Opisała trzy nowe dla nauki gatunki: *Eunotia chelmickii* Wojtal, *E. oligotraphenta* Wojtal, bardzo rzadko występujące w źródłach Tatr Zachodnich oraz *Nupela marvanii* Wojtal, pochodzący z rozlewiska przyźródłanego w Dolinie Bystrej Wody (WOJTAL 2009).

W źródle termalnym w Jaszczurówce NAMYSŁOWSKI (1922) stwierdził masowe występowanie *Fragilaria virescens* (**Fragilariforma virescens*) oraz częste *Gomphonema constrictum* (**G. truncatum*) i *Melosira arenaria* (**Ellerbeckia arenaria*). Badał również źródła siarczane i żelaziste usytuowane u wylotu Doliny Strążyskiej, w których najliczniej występowała *Cymbella naviculiformis* (**Cymbopleura naviculiformis*).

Zbiorowiska okrzemek w wodach stojących

W historii badań tatrzańskich dotyczących wód stojących, największe zainteresowanie budziły stawki, stawy i jeziora położone w Tatrach Wysokich, w Dolinie Gąsienicowej, w Dolinie Pięciu Stawów Polskich, Morskie Oko, a także w Tatrach Zachodnich, w rejonie Doliny Kościeliskiej i Chochołowskiej. Początkowo badania koncentrowały się na poznaniu różnorodności gatunkowej, a dopiero w latach 60. ubiegłego stulecia rozszerzono zakres o zagadnienia związane z ekologią organizmów oraz wpływem człowieka na biocenozę wód.

Duży wkład w poznanie okrzemek stawów i jezior Tatr wniósł GUTWIŃSKI (1909), który prowadził badania stawów i jezior Doliny Gąsienicowej, gdzie zidentyfikował 523 taksony glonów. Ze stawów i jezior w Dolinie Pięciu Stawów Polskich podał 253 taksony glonów. W Tatrach Zachodnich badał również Toporowe Stawy Wyżni oraz Niżni, dystroficzne zbiorniki (1120–1089 m n.p.m.), gdzie stwierdził występowanie 128 taksonów glonów.

W latach 60. XX w. Toporowy Staw Wyżni badała także SIEMIŃSKA (1967). Wśród glonów osiadłych na dnie zidentyfikowała 20 taksonów okrzemek, w tym szereg acydofili, które potwierdzały dystroficzny charakter stawu. SZKLARCZYK-GAZDOWA (1960) analizowała plankton dwu podtatrzańskich stawów – Toporowego i Smreczyńskiego oraz dziewięciu stawów i jezior położonych w Dolinie Gąsienicowej (1089–1852 m n.p.m.). W planktonie stawów zidentyfikowała 73 gatunki i odmiany okrzemek. Najbogatszy plankton zaobserwowała w Stawie Litworowym, Toporowym i Czerwonych Stawkach Gąsienicowych. Okrzemki dominowały tylko w planktonie Stawu Litworowego i w Czerwonych Stawkach. W większości stawów, a zwłaszcza w Toporowym i Smreczyńskim, dość często występowała *Tabellaria flocculosa*. Wraz ze wzrostem wysokości n.p.m. zmieniał się skład jakościowy i ilościowy planktonu, spadała liczba gatunków glonów, przy czym przewagę uzyskiwały okrzemki.

W grupie jezior Morskie Oko od dawna budziło zainteresowanie. SIEMIŃSKA (1970) dokonała przeglądu badań fykologicznych Morskiego Oka, a GALAS (2014) opracowała

jego florę i faunę w pierwszym monograficznym opracowaniu tego jeziora (CHOIŃSKI & POCIASK-KARTECZKA 2014)

ŚLÓRSKI (1879) jako pierwszy przeprowadził badania mikroskopowe mułów z dna Morskiego Oka (Rybiego Jeziora), gdzie stwierdził występowanie 12 gatunków okrzemek. GUTWIŃSKI (1909) w monografii Tatr podał natomiast 111 gatunków glonów z Morskiego Oka. Autor badał również Czarny Staw nad Morskim Okiem, skąd wymienił 51 gatunków glonów. Kilka lat później GUTWIŃSKI (1913) opracował plankton Morskiego Oka, identyfikując 132 gatunki i odmiany okrzemek. Badał różnicowanie glonów w zależności od głębokości, wyróżnił gatunki strefy litoralnej i pelagicznej oraz charakterystyczne dla planktonu jeziora. WOŁOZYŃSKA (1934), na podstawie szczegółowych studiów taksonomicznych, opisała nową odmianę z jezior tatrzańskich – *Asterionella formosa* Hass var. *tatrica*. KAWECKA (1966) badała glony osiadłe na *Potamogeton* sp., który rósł na kamiennym obrzeżu w Morskim Oku na głębokości 10 m. Stwierdziła 112 gatunków i odmian okrzemek, wśród których 39 było nowych dla jeziora, a trzy dla Tatr. Najczęściej występowały: *Tabellaria flocculosa*, *Fragilaria alpestris*, *Achnanthes minutissima* (**Achnantheidium minutissimum*) oraz *Cymbella ventricosa* (**Encyonema ventricosum*).

STARMACH (1973) studiował pionowe rozmieszczenie zbiorowisk glonów osiadłych na kamieniach w Wielkim Stawie w Dolinie Pięciu Stawów Polskich na głębokości 5, 10, 20, 30 i 40m. Stwierdził obecność 90 gatunków i odmian okrzemek, które nie wykazywały wyraźnych zmian w zależności od głębokości jeziora.

W Wielkim Stawie w Dolinie Pięciu Stawów Polskich różnicowanie zbiorowisk glonów w gradiencie głębokości badała także KAWECKA (1970). Były to glony osiadłe na sztucznych podłożach zawieszonych w strefie przybrzeżnej jeziora na głębokości 1, 5 i 10 m oraz w strefie otwartej wody na głębokości 2, 12, 32, 52 i 72 m. Stwierdzono 83 gatunki i odmiany okrzemek. Ogólnie rozwój ilościowy okrzemek był słaby, najlepszy na głębokości pomiędzy 1 a 12 m, zwłaszcza w strefie przybrzeżnej jeziora.

W stawach i jeziorach tatrzańskich, usytuowanych w Dolinie Stawów Gąsienicowych (Zielony i Czarny), w Morskim Oku, Czarnym Stawie pod Rysami, w Dolinie Pięciu Stawów Polskich (w Przednim, Czarnym i Wielkim) oraz w Stawie Smreczyńskim prowadzono też badania paleolimnologiczne, wykorzystując okrzemki jako wskaźniki warunków środowiskowych w różnych okresach ich istnienia. Badano stan zakwaszenia (WASYLIK 1965; SIENKIEWICZ & GĄSIOROWSKI 2016b) oraz status troficzny jezior (SIENKIEWICZ & GĄSIOROWSKI 2014, 2016a). Nie zanotowano większych zmian w odczynie wody na przestrzeni dziejów, natomiast badania wykazały zmiany w troficznym statusie jezior zarybianych i tych, nad którymi usytuowane są schroniska turystyczne. Z kolei badania diatomologiczne, prowadzone w Przednim Stawie w Dolinie Pięciu Stawów Polskich, wykazały znaczne zmiany klimatu w historii Tatr (MARCINIAK & CIEŚLA 1983). Z Przedniego Stawu zostały opisane cztery nowe gatunki i odmiany okrzemek: *Fragilaria pseudoconstruens* Marciniak, *F. pseudoconstruens* var. *bigibba* Marciniak, *F. pseudoconstruens* var. *rhombica* Marciniak oraz *F. microstriata* Marciniak (MARCINIAK 1982, 1986).

Wody stojące w Tatrach, jak wszystkie inne są zagrożone działalnością człowieka. Stawy i jeziora tatrzańskie usytuowane na podłożu krystalicznym są szczególnie narażone na wpływ „kwaśnych deszczy”. Wykorzystując okrzemki jako wskaźniki warunków

środowiskowych, w ramach projektów europejskich AL:PE 2, MOLAR i EMERGE w 2000 r. przeprowadzono ocenę statusu ekologicznego 10 stawów i jezior tatrzańskich zagrożonych zakwaszeniem (KAWECKA & GALAS 2003). Były one położone głównie w Dolinie Gąsienicowej oraz w Dolinie Pięciu Stawów Polskich (1580–1890 m n.p.m.). Stwierdzono 210 taksonów okrzemek, w tym 27 o preferencjach północno-alpejskich. Przeważał *Achnanthes minutissima* (**Achnantheidium minutissimum*), gatunek o szerokim spektrum w odniesieniu do odczynu wody oraz *Achnanthes marginulata* (**Psammothidium marginulatum*) – acydofil. Ogólnie, struktura zbiorowisk okrzemek wskazywała na charakter wód typowy dla ich naturalnego środowiska, nie zagrożonego wpływem „kwaśnych deszczy”.

W latach 1998–2000 przeprowadzono też badania wpływu zanieczyszczeń atmosferycznych na biocenozę wodne stawów tatrzańskich (KOWNACKI i in. 2006). Były one usytuowane w strefie alpejskiej Tatr Wysokich, w grupie stawków Mnichowych i Gąsienicowych (Czerwony Zachodni, Czerwony Pańszczycy) oraz w Tatrach Zachodnich (Siwe Stawki) (1654–1869 m n.p.m.). KWANDRANS (2007) w monografii podsumowującej wiedzę na temat zbiorowisk okrzemek wód kwaśnych w skali Europy, również uwzględniła okrzemki pochodzące z osadów dennych stawków Mnichowych i Zachodniego Czerwonego Stawu Gąsienicowego. Wyniki badań były pozytywne, zbiorowiska okrzemek nie wskazywały na wpływ zakwaszenia, które mogłyby być spowodowane zanieczyszczeniami atmosferycznymi. Odpowiednio do typu środowiska przeważały gatunki acydobiontyczne (*Eunotia exigua*, *E. rhomboidea*), acydofilne (*Psammothidium marginulatum*, *P. subatomoides*, *Aulacoseira dystans*, *Tabellaria flocculosa*) oraz circumneutralne (*Achnantheidium minutissimum*, *Encyonema minutum*, *Diatoma mesodon*).

Podczas badań dotyczących przyczyn wyginięcia gatunku skorupiaka *Branchinecta paludosa* (O. F. Müller 1788) – reliktu glacialnego, który żył w okresowych Dwoistych Stawkach Gąsienicowych, Wschodnim i Zachodnim (Tatry Wysokie, 1657 m n.p.m.), stwierdzono występowanie 48 taksonów, głównie okrzemek, wśród których przeważały gatunki acydofilne: *Psammothidium marginulatum* i *Eunotia praerupta* var. *bigibba* (**E. subherkiniensis*) (KOWNACKI i in. 2002). W głębszych obszarach stawów dość często występowała *Navicula contenta* (**Humidophila contenta*). Gatunek ten, jak również *E. praerupta* var. *bigibba* (**E. subherkiniensis*) preferują środowiska wilgotne i okresowo wysychające (VAN DAM i in. 1994). Flora stawów wskazywała więc na ich wysokogórski, naturalny charakter o cechach środowisk efemerycznych i wodach oligotroficznych do słabo kwaśnych. Wyginiecie skorupiaka *B. paludosa* nie było więc spowodowane zakwaszeniem środowiska.

Zbiorowiska okrzemek w wodach płynących

Pod względem fykologicznym wody płynące Tatr były szczególnie intensywnie badane. GUTWIŃSKI (1909) w monografii *Flora algarum montium Tatrensium* dostarczył wiele informacji o glonach (w tym również o okrzemkach), zasiedlających potoki mniejszych i większych dolin tatrzańskich, położonych w Tatrach Wysokich i Zachodnich, m.in. potoki Roztoka, Waksmundzki, Pańszczycy, Suche Wody, potok Kościeliski, Olczyński, Bystry, a także liczne siklawy łączące jeziora tatrzańskie. Potoki badał w gradiencie wysokości, wymienił gatunki przewodnie dla poszczególnych stref wysokościowych: regła dolnego

(700–1122 m n.p.m.), regła górnego (1122–1561 m n.p.m.), strefy subalpejskiej – piętra kosodrzewiny (1561–1789 m n.p.m.).

Intensywny rozwój badań glonów potoków tatrzańskich nastąpił w latach 60-tych ubiegłego stulecia. W okresie 1962–1964 badaniami objęto dorzecze Czarnego Dunajca z jego źródłowymi dopływami – potokiem Kościeliskim i Chochołowskim, które odwadniają Tatry Zachodnie (878–1500 m n.p.m.); (WASYLIK 1971). W całym dorzeczu Dunajca autor zidentyfikował 459 taksonów glonów, w tym 317 taksonów okrzemek, wśród których były gatunki nowe dla Polski. W potokach tatrzańskich na poszczególnych stanowiskach różnorodność gatunkowa wynosiła od 23 do 135 taksonów glonów. Dominowały gatunki: *Diatoma hiemale* (**D. hyemalis*), *D. hiemale* var. *mesodon* (**D. mesodon*), *Meridion circulare* i *Achnanthes lanceolata* (**Planothidium lanceolatum*). Autor badał zróżnicowanie zbiorowisk glonów w gradiencie wysokości, wyróżniając zespoły okrzemek charakterystyczne dla poszczególnych stref, siedlisk oraz sezonów.

W latach 1962–1966 prowadzono badania w Tatrach Wysokich, w dorzeczu rzeki Białki. W pierwszej kolejności (1962–1963) badano rzekę Białkę aż po ujście do Dunajca wraz z jej tatrzańskimi dopływami: potok odwadniający Czarny Staw nad Morskim Okiem, Rybi Potok, płynący z Morskiego Oka oraz potok Roztoka, odwadniający Wielki Staw w Dolinie Pięciu Stawów Polskich (540–1560 m n.p.m.). W potokach zidentyfikowano 190 gatunków i odmian okrzemek oraz przedstawiono różnicowanie zbiorowisk glonów wzdłuż biegów potoków na terenie Tatr w ich górnym i środkowym obszarze, jak również w dolnym biegu na Podhalu (KAWECKA 1965). W latach 1965–1966 kontynuowano studia, obejmując również zlewnię potoku Sucha Woda: potok pomiędzy Zmarzłym a Czarnym Stawem Gąsienicowym, Czarny Potok, odpływający z jeziora oraz potok Sucha Woda, kończący swój bieg na Podhalu (800–1780 m n.p.m.). W grupie tych potoków zidentyfikowano 236 gatunków i odmian okrzemek oraz przedstawiono różnicowanie zbiorowisk glonów wzdłuż biegów badanych potoków, a także w siedliskach lito-, fito- i peloreofilnych (KAWECKA 1971). W latach 1990–1991, w potoku Sucha Woda przeprowadzono rozszerzone, kompleksowe badania biocenoz wodnych, dotyczące funkcjonowania ekosystemu potoku wysokogórskiego w świetle koncepcji ciągłości rzeki „river continuum” (VANNOTE i in. 1980; KOWNACKI i in. 1993).

Na bazie badań przeprowadzonych w latach 1962–1966, dotyczących zarówno flory (KAWECKA 1965; 1971), jak i fauny dennej potoków Tatr Wysokich (KOWNACKA & KOWNACKI 1965; KOWNACKA 1971; KOWNACKI 1971), powstał model rozmieszczenia biocenoz wodnych w gradiencie wysokości, skorelowany z piętrami roślin wyższych na tle fizyczno-chemicznych parametrów wody (KAWECKA i in. 1971). Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek wzdłuż biegów potoków przebiegało następująco:

I. Strefa potoków wysokogórskich, płynących w piętrze kosodrzewiny i hal (1550–2100 m n.p.m.). Okrzemki występowały nielicznie, a najczęściej spotykanymi były *Cymbella ventricosa* (**Encyonema ventricosum*), *Diatoma hyemalis*, *D. mesodon*, *Achnanthes minutissima* (**Achnantheidium minutissimum*) i *Gomphonema clavatum*. W zbiorowisku okrzemek występowały gatunki o zasięgu północno-alpejskim.

II. Strefa potoków górskich, płynących w piętrze lasu reglowego (1000–1550 m n.p.m.). Okrzemki występowały licznie, a najczęstszymi były *Diatoma hyemalis* oraz *D. mesodon* – gatunki charakterystyczne dla tej strefy, organizmy stenotermiczne zimnowodne, ponadto *Cymbella ventricosa* (**Encyonema*

ventricosum), *Fragilaria arcus* (**Hannaea arcus*), *Achnanthes minutissima* (**Achnanthidium minutissimum*) oraz *Cocconeis placentula* var. *euglypta*.

III. Strefa potoków i rzek, płynących u podnóża Tatr (poniżej 1000 m n.p.m.). Dominowały zbiorowiska okrzemek, a szczególnie liczne i charakterystyczne dla tej strefy były: *Diatoma ehrenbergii*, *D. vulgaris* var. *capitulata*, *Cymbella affinis* oraz *Fragilaria ulna* (**Ulnaria ulna*).

W następnym etapie podjęto badania różnicowania się zbiorowisk glonów w gradencie wysokości w potokach innych gór Europy (góry Skandynawskie, Alpy Austriackie, góry Fagaraskie, góry Riła) i porównano je z wynikami badań prowadzonych w Tatrach. W wyróżnionych 10 typach zbiorowisk glonów, ze szczególnym uwzględnieniem okrzemek, znalazła się grupa środowisk naturalnych, obejmująca potoki lodowcowe, odpływające z jezior wysokogórskich, potoki płynące w strefie alpejskiej oraz lasu reglowego. Osobną grupę stanowiły potoki pozostające pod wpływem działalności człowieka (eutrofizacja). Przeprowadzono również analizę zbiorowisk okrzemek w różnych siedliskach, a także przedstawiono zmiany w strukturze glonów w ciągu roku (KAWECKA 1980a, b, 1981).

Podjęto również badania porównawcze zbiorowisk okrzemek wód płynących Tatr i Alp, zasiedlających potoki łączące jeziora wysokogórskie, położone w strefie alpejskiej w Tatrzańskim Parku Narodowym – w Dolinie Gąsienicowej i Dolinie Pięciu Stawów Polskich oraz w Szwajcarskim Parku Narodowym w kompleksie Jezior Macun. Zbiorowiska okrzemek wykazywały dość znaczne różnice w strukturze dominacji gatunków. Potoki tatrzańskie charakteryzowały się ponadto wyższą różnorodnością gatunkową, natomiast w Alpach spotykano więcej gatunków o preferencjach północno-alpejskich (KAWECKA & ROBINSON 2008). Porównano także zbiorowiska okrzemek rozwijające się w potokach płynących w krajach Europy północnej oraz w wysokich górach Europy, w tym także Tatr. Zbiorowiska okrzemek wykazywały podobieństwa, świadczące o oligotroficznym charakterze badanych wód (KAWECKA & ELORANTA 1987).

Badania szły również w kierunku pogłębienia wiedzy o ekologii gatunków. Warto tu podkreślić, że SCHUMANN (1867) jako pierwszy zainteresował się ekologią okrzemek. Wymieniając gatunki podawał dane środowiskowe (wysokość n.p.m., temperaturę wody, uwagi meteorologiczne). Rozwagał problem różnorodności gatunkowej zbiorowisk okrzemek występujących na podłożu wapiennym i granitowym. Badał różnicowanie zbiorowisk okrzemek wraz ze wzrostem wysokości n.p.m. i ustalał górne granice występowania poszczególnych gatunków. Analizował również zależności pomiędzy morfologią komórek a temperaturą i wysokością n.p.m. Stwierdził, że wraz z wysokością n.p.m. wzrasta ilość prążków w komórce, natomiast średnie wymiary komórek (długość i szerokość) mogą ulegać redukcji.

Studia podjęte w latach 80. XX w. dotyczyły wymagań organizmów w stosunku do światła, temperatury i możliwości ich rozwoju w warunkach wysychania i wymarzania (astatyzm). W badaniach dotyczących preferencji organizmów w stosunku do światła, wykorzystano ich gradację przy wypływie potoku z Jaskini Wodnej pod Pisaną (Tatry Zachodnie, Dolina Kościeliska). Wykazano, że np. *Achnanthidium biasolettianum* (**Achnanthidium pyrenaicum*), *Achnanthes minutissima* (**Achnanthidium minutissimum*), *Diatoma hiemale* (**D. hyemalis*), *D. hiemale* var. *mesodon* (**D. mesodon*) i *Meridion circulare* posiadają szerokie spektrum odnośnie światła, natomiast *Amphora ovalis* var. *pediculus* (**Amphora*

pediculus) i *Cocconeis placentula* var. *euglypta* preferują jego deficyt (KAWECKA 1989). Podobne reakcje wykazywały *Achnanthes minutissima* (**Achnantheidium minutissimum*) oraz *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, zasiedlające obszary położone w naturalnym cieniu rzucanym przez roślinność nadbrzeżną (KAWECKA 2003a). Badano również reakcję organizmów na niedobór światła występujący pod mostami usytuowanymi nad Potokiem Olczyskim. Dość szerokie spektrum wykazywał gatunek *Cymbella ventricosa* (**Encyonema ventricosum*). Z kolei *Fragilaria arcus* (**Hannea arcus*) okazał się być bardzo wrażliwy na niedobór światła, natomiast *Amphora ovalis* var. *pediculus* (**A. pediculus*) i *Achnanthes lanceolata* (**Planothidium lanceolatum*) preferowały siedliska zacienione (KAWECKA 1985, 1986). W obszarach potoków wysychających i wymarzających okrzemki występowały sporadycznie (KOWNACKI i in. 1997; KAWECKA 2003b).

Wody płynące Tatr są zagrożone działalnością człowieka. Głównym problemem jest eutrofizacja środowiska. Szczególnie narażone są obszary położone w pobliżu schronisk, gdzie koncentruje się ruch turystyczny. Klasycznym przykładem jest Rybi Potok, który odwadnia jezioro Morskie Oko, jedno z najczęściej odwiedzanych miejsc w Tatrach (KAWECKA 1977; KOWNACKI i in. 1996). Ścieki bytowe, pochodzące ze schroniska, drastycznie naruszały naturalny rozwój glonów. Wzdłuż biegu potoku struktura zbiorowisk okrzemek różnicowała się w miarę samooczyszczania wód. Poniżej ujścia ścieków dominowała *Nitzschia palea*, gatunek wód eutroficznych, ponadto *Navicula cryptocephala*, *Cymbella ventricosa* (**Encyonema ventricosum*) i gatunki z rodzaju *Gomphonema*, które tolerują wody o dużej zawartości materii organicznej. W miarę mineralizacji ścieków następował zanik wyżej wymienionych gatunków, zbiorowisko okrzemek powracało do równowagi, następował rozwój gatunków typowych dla naturalnych środowisk potoków tatrzańskich, jak *Achnanthes minutissima* (**Achnantheidium minutissimum*), *Diatoma hyemalis*, *D. mesodon*, *Fragilaria arcus* (**Hannea arcus*). Podobne zmiany notowano w zeutrofizowanym potoku alpejskim (KOWNACKI i in. 2000).

Badano także wpływ zabudowań w kotlinie Zakopiańskiej na środowiska wodne potoków. W potokach przepływających przez teren Zakopanego, który jest centrum ruchu turystycznego w Polsce południowej, struktura zbiorowisk okrzemek wskazywała na eutrofizację środowiska. Symptomem była tendencja spadkowa liczebności *Achnanthes minutissima* (**Achnantheidium minutissimum*), gatunku wrażliwego na wzrost biogenów oraz rozwój organizmów preferujących środowisko bogate w materię organiczną np. *Nitzschia palea*, *Cymbella silesiaca* (**Encyonema ventricosum*) i *Navicula cryptocephala* (KAWECKA 1993a, c).

Innym zagrożeniem jest zabudowa hydrotechniczna niektórych potoków. Badano np. wpływ przeciwpowodziowej regulacji potoku Bystra na rozwój glonów osiadłych, którego dno zostało obudowane, tworząc kamienną rynnę. W potoku znikła mozaikowość siedlisk i nastąpił wzrost szybkości prądu. Dominowały: *Diatoma hiemale* (**D. hyemalis*), *D. hiemale* var. *mesodon* (**D. mesodon*), *Cymbella ventricosa* (**Encyonema ventricosum*), *Ceratoneis arcus* (**Hannaea arcus*) oraz gatunki z rodzaju *Achnanthes* (**Achnantheidium*), podobnie jak w korycie naturalnym. Jednakże w korycie obudowanym okrzemki tworzyły większe populacje, co prawdopodobnie wiąże się ze stymulującym efektem działania prądu na rozwój glonów (KAWECKA 1990, 1993c; KOWNACKI i in. 1996).

W miarę upływu czasu rozszerzano zakres badań w Tatrach Wysokich i ostatecznie objęto nimi 27 potoków z 57 stanowiskami. Stanowiło to podstawę do podsumowania badań prowadzonych w latach 1962–2004 i monograficznego opracowania zbiorowisk okrzemek potoków polskiej części Tatr Wysokich, wraz z oceną ich statusu ekologicznego oraz zagrożeń związanych z działalnością człowieka (KAWECKA 2012). W potokach stwierdzono obecność 414 taksonów okrzemek. Struktury zbiorowisk okrzemek różnicowały się wzdłuż biegów potoków w relacji do wysokości n.p.m. i stref roślinnych (540–2030 m n.p.m.), chemizmu środowiska wodnego i hydrologii, a także w mikrosiedliskach. Zmiany w czasie (1962–2004) wskazywały na stabilizację, destabilizację i regenerację środowisk wodnych potoków tatrzańskich.

W wodach płynących w strefie alpejskiej i subalpejskiej, zwłaszcza w zlewni potoku Sucha Woda zbiorowiska okrzemek pozostały stabilne bez istotnych zmian w ich strukturze. Destabilizację w rozwoju zbiorowisk okrzemek zanotowano w latach 2001–2002 r. w zlewni Potoku Roztoka. W potokach tworzących system wodny pomiędzy jeziorami w Dolinie Pięciu Stawów Polskich, położonymi w strefie alpejskiej (1665–1890 m n.p.m.) w 2001 r. masowo rozwinął się *Achnantheidium minutissimum* oraz *Diatoma mesodon*, gatunek charakteryzujący reglowe obszary potoków. Z kolei w górnym biegu Potoku Roztoka oraz w jego dopływie, który płynie spod schroniska w Dolinie Pięciu Stawów Polskich, nastąpił obfity, dotąd nie notowany rozwój gatunków z rodzaju *Fragilaria*: *F. capucina*, *F. capucina* var. *gracilis* oraz *F. nanana*. W dopływie występowały również *Encyonema minutum* i *Cyclotella pseudostelligera* (**Discostella pseudostelligera*).

Regenerację zbiorowisk okrzemek obserwowano w Rybim Potoku poddanym wpływom ścieków bytowych pochodzących ze schroniska przy Morskim Oku. Zbiorowiska okrzemek badane w 2003 r., po wybudowaniu oczyszczalni ścieków, świadczyły o dużej poprawie jakości wód, ale równocześnie wskazywały na utrzymujące się nadal zagrożenie potoku (KAWECKA 1977, 1980a, 2012). Okrzemki, bardzo dobre wskaźniki warunków środowiskowych, pozwoliły na ocenę statusu ekologicznego potoków Tatr Wysokich i ich zagrożeń. Większość z nich, płynących w strefie alpejskiej i subalpejskiej, posiada wysoki status ekologiczny. Wody płynące w zlewni potoku Sucha Woda oraz Rybi Potok są zagrożone eutrofizacją pod wpływem schronisk turystycznych.

Wody Tatr, szczególnie strefy alpejskiej i subalpejskiej to niezwykle wartościowy ekosystem, który, podobnie jak w innych obszarach wysokogórskich, stanowi ostoję dla wielu gatunków o dużych walorach ekologicznych. Są to formy północno-alpejskie oraz umieszczone na niemieckiej i polskiej „czerwonej liście” gatunków, w różnym stopniu zagrożonych. W potokach tatrzańskich występuje około 40 gatunków o preferencjach północno-alpejskich. Sześć taksonów należy do grupy silnie zagrożonych: *Aulacoseira valida*, *Cymbella elginensis* (**Encyonema elginense*), *Eunotia praerupta* var. *bigibba* (**E. subherkiniensis*), *Navicula pseudosilicula* (**Boreozonacola hustedtii*), *Naviculodicta schmassmannii* oraz *Neidiopsis levanderi*. Gatunków zagrożonych jest 24, jednakże wśród nich na polskiej „czerwonej liście” znajduje się tylko pięć – *Cavinula pseudoscutiformis*, *Encyonema gaeumannii*, *E. hebridicum*, *Navicula pseudolanceolata* i *Neidium alpinum* (LANGE-BERTALOT & STEINDORF 1996; SIEMIŃSKA i in. 2006; KAWECKA 2012).

DYSKUSJA I PODSUMOWANIE

Badania fykologiczne prowadzone w Tatrach w ciągu 150 lat (1867–2017) przyniosły wiele interesujących wyników. Od początku badań do lat 60. XX w. opublikowano tylko 10 artykułów dotyczących okrzemek, jednakże wśród nich szczególnie dwa zasługują na wyróżnienie: SCHUMANNA (1867) oraz GUTWIŃSKIEGO (1909), które stworzyły podstawę do dalszych badań glonów wód tatrzańskich.

Lata 60. ubiegłego stulecia były początkiem znacznego postępu w poznaniu glonów wód Tatr, co jest bezwzględnie zasługą profesora Karola Starmacha, który zorganizował kompleksowe badania wód tatrzańskich. Od tego czasu do dziś, dorobek naukowy na temat samych tylko okrzemek powiększył się do około 60 publikacji i 20 abstraktów opracowań prezentowanych na konferencjach i sympozjach naukowych w kraju i zagranicą. Natomiast bibliografia fykologiczna Tatr obejmuje lata do 1997 r. (LHOTSKÝ 1971; SIEMIŃSKA & WOŁOWSKI 1993; KOWNACKI & ŁAJCZAK 1997) i wymaga uaktualnienia.

Wzrósł stopień poznania różnorodności gatunkowej okrzemek środowisk wodnych Tatr (Tab. 1). Do porównań wybrano prace oparte na obszernym materiale badawczym autorów. Dla celów porównawczych uwzględniono też opracowanie HINDÁK'A & KAWECKIEJ (2010), które dostarcza informacji o różnorodności gatunkowej zbiorowisk glonów po Słowackiej stronie Tatr. Liczba znanych taksonów okrzemek jest spora, jednakże dane są tylko przybliżone, a pełną informację o bioróżnorodności wód tatrzańskich nie będzie łatwo uzyskać. Taksonomia okrzemek ulega bowiem ciągłym zmianom. Gatunki podlegają krytycznym rewizjom, są synonimizowane lub wyróżniane nowe jednostki taksonomiczne. Wiele gatunków wymaga konfrontacji z aktualną nomenklaturą taksonomiczną, szczególnie dotyczy to opracowań z przełomu XIX i XX w. Niestety, przy braku odpowiedniej dokumentacji (ryciny, zdjęcia) w wielu przypadkach problemy taksonomiczne mogą pozostać nierozstrzygnięte. Jednakże podjęcie takiej próby to jedyna droga, aby można było bliżej poznać różnorodność gatunkową tatrzańskich wód i jej przemiany w okresie 150 lat. Można też sugerować, aby podstawowe dzieło *Flora algarum montium Tatrensium* (GUTWIŃSKI

Tabela 1. Różnorodność gatunkowa okrzemek (*Bacillariophyceae*) w wodach Tatr na podstawie danych z lat 1867–2012. TPN – Tatrzański Park Narodowy, TANAP – Tatrzański Park Narodowy na terenie Słowacji

Table 1. Species diversity of diatoms (*Bacillariophyceae*) in Tatra Mts waters according to data recorded in 1867–2012. TPN – Polish part of Tatra National Park, TANAP – Slovak part of Tatra National Park

Teren badań (Area of studies)	Tatry (Tatra Mts)	Tatry (Tatra Mts)	TPN Tatry Wysokie potoki (High Tatra Mts, streams)	TPN jeziora (lakes)	TPN potoki (streams)	TPN Tatry Wysokie potoki (High Tatra Mts, streams)	TANAP
Autor (Author)	SCHUMANN 1867	GUTWIŃSKI 1909	KAWECKA 1971	KOWNACKI & ŁAJCZAK 1997		KAWECKA 2012	HINDÁK & KAWECKA 2010
Liczba taksonów okrzemek (Number of diatoms taxa)	205	398	236	447	466	414	634

1909), które zawiera ogromną ilość informacji o glonach Tatr, napisane po łacinie, zostało przetłumaczone na język polski lub angielski, aby ułatwić korzystanie z niego osobom zainteresowanym.

Badania poszerzyły znacznie wiedzę dotyczącą zbiorowisk okrzemek wód płynących Tatr Wysokich. Przedstawiono model różnicowania się zbiorowisk okrzemek wzdłuż biegów potoków w gradiencie wysokości, badano ekologię organizmów (wpływ światła, temperatury, wymarzania, wysuszenia). Przeprowadzono badania zbiorowisk glonów nie tylko w Tatrach, ale również porównawczo w innych masywach górskich Europy, ze szczególnym uwzględnieniem okrzemek, najliczniejszej grupy glonów.

Podsumowaniem badań jest monograficzne opracowanie zbiorowisk okrzemek potoków Tatr Wysokich (KAWECKA 2012), w którym przedstawiono zmiany zachodzące w cyklu wieloletnim (1962–2004), wskazujące na stabilizację, destabilizację oraz regenerację środowisk wodnych potoków oraz dokonano oceny ich statusu ekologicznego, z podaniem gatunków o różnym stopniu zagrożenia będących na „czerwonej liście”. Wyniki tych badań będą mogły stanowić punkt odniesienia do oceny stanu środowisk wodnych Tatrzańskiego Parku Narodowego w przyszłości, co powinno szczególnie służyć ochronie ich naturalnych środowisk o unikalnych walorach przyrodniczych.

Ochrona przyrody tatrzańskiej, w tym również wód, była myślą przewodnią szeregu bardzo ciekawych konferencji i wartościowych opracowań, m.in. *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek* (KRZAN 1996), dotyczących stanu i przemian zachodzących w środowisku przyrodniczym Tatr pod wpływem działalności człowieka. Również udział w międzynarodowych programach badawczych AL:PE 2, MOLAR, EMERGE, dotyczących wpływu „kwaśnych deszczy” na biocenozы stawków i jezior położonych w Tatrach Wysokich i Zachodnich, był bardzo ważny dla oceny stanu zagrożenia środowisk wodnych gór. We wszystkich tych opracowaniach okrzemki zostały wykorzystywane jako bardzo dobre wskaźniki warunków środowiskowych.

Na zlecenie Tatrzańskiego Parku Narodowego powstał OPERAT Ochrony Zasobów Wodnych Parku, który jest podsumowaniem wyników badań flory i fauny prowadzonych do 1997 r. Przedstawia różnorodność gatunkową wszystkich grup glonów, relacje między organizmami a środowiskiem w warunkach naturalnych (różnicowanie w gradiencie wysokości n.p.m., głębokości jezior, w siedliskach, zmiany w czasie), jak również pod wpływem antropopresji (eutrofizacja, „kwaśne deszcze”, zabudowa hydrotechniczna). Przedstawia stan poznania poszczególnych obiektów wód stojących i płynących oraz sugeruje kierunek dalszych badań, których celem powinno być zarówno pogłębianie wiedzy jak i ochrona naturalnych biocenoz wodnych Tatr (KOWNACKI & ŁAJCZAK 1997). Minęło 20 lat od jego opracowania i na pewno bardzo cenne byłoby uaktualnienie danych.

Podsumowując 150 lat badań fykologicznych w Tatrach, można zatem stwierdzić, że wiele środowisk wodnych zostało zbadanych, ale też sporo czeka na opracowanie. Przy dużej liczbie źródeł w Tatrach niewiele jest prac im poświęconych. W grupie wywierzysk było badane Lodowe Źródło, natomiast nie poznane pozostają wywierzyska Bystrej, Olczyckie, Chochołowskie oraz Goryczkowe.

W Tatrach występuje duża różnorodność wód stojących. Wiedza o florze okrzemek tych środowisk wzbogacała się stopniowo przez wiele lat. Badano stawy i jeziora położone

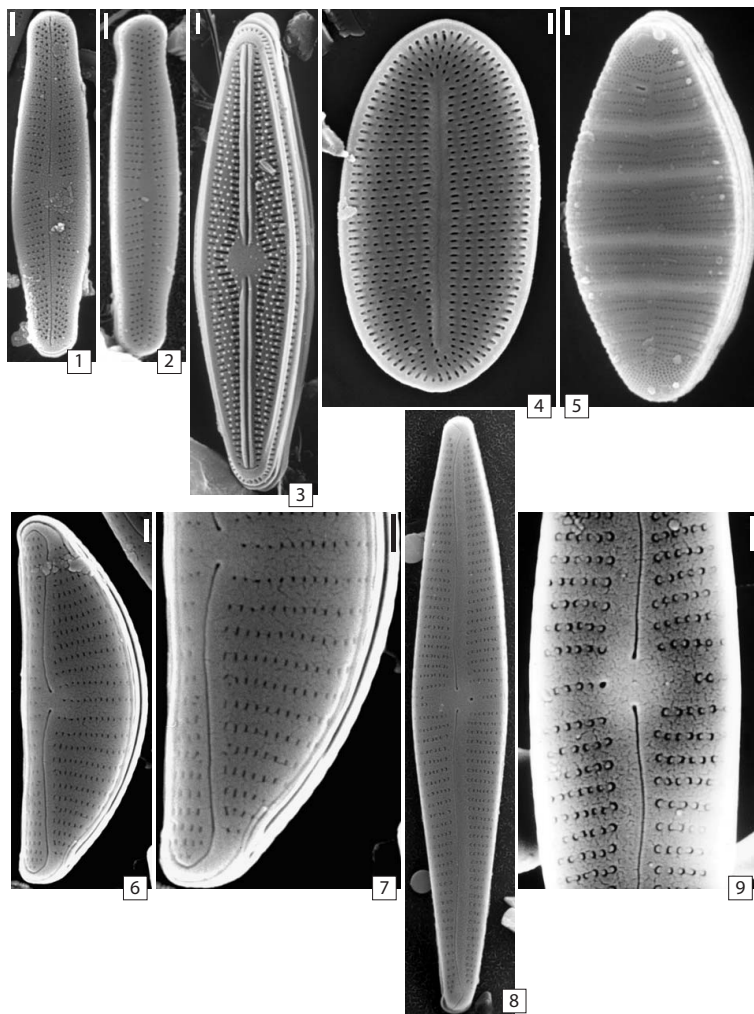
głównie w rejonie Doliny Gąsienicowej, Doliny Pięciu Stawów Polskich, Doliny Kościeliskiej i Chochołowskiej, w rejonie Morskiego Oka i samo jezioro. Większość jezior było badanych jednorazowo wiele lat temu i wymagają powtórzenia i pogłębienia wiedzy. W badaniach fykologicznych powinno się uwzględniać różne typy wód stojących i ich położenie (wysokość n.p.m., rodzaj podłoża skalnego) oraz badać różnicowanie zbiorowisk glonów w gradiencie głębokości, w siedliskach oraz zmiany w czasie. Powinno zwracać się szczególną uwagę na zbiorniki wodne, w pobliżu których są obiekty turystyczne zagrażające eutrofizacji, jak np. rejon Morskiego Oka czy Wielkiego Stawu w Dolinie Pięciu Stawów Polskich.

Nie poznane są także bardzo interesujące środowiska astatyczne, które cechuje skrajna zmienność warunków życia. Są to naturalne, efemeryczne, płytkie, małe zbiorniki wodne i niektóre potoki wysokogórskie, zasiedlone przez organizmy o dużej odporności na stres środowiskowy.

Badań wymagają również wody płynące – zbiorowiska okrzemek w potokach Tatr Zachodnich są słabo poznane w stosunku do Tatr Wysokich. Tak np. w 150-letniej historii badań glonów, szczegółowe badania potoku Kościeliskiego i Chochołowskiego zostały przeprowadzone tylko raz, w latach 60. ubiegłego stulecia (WASYLIK 1971). Wody Tatr Zachodnich wymagają systematycznych badań nie tylko ze względów poznawczych, ale również w celu oceny ich statusu ekologicznego i stopnia zagrożeń, związanych z działalnością człowieka, podobnie jak tego dokonano w wypadku wód płynących Tatr Wysokich.

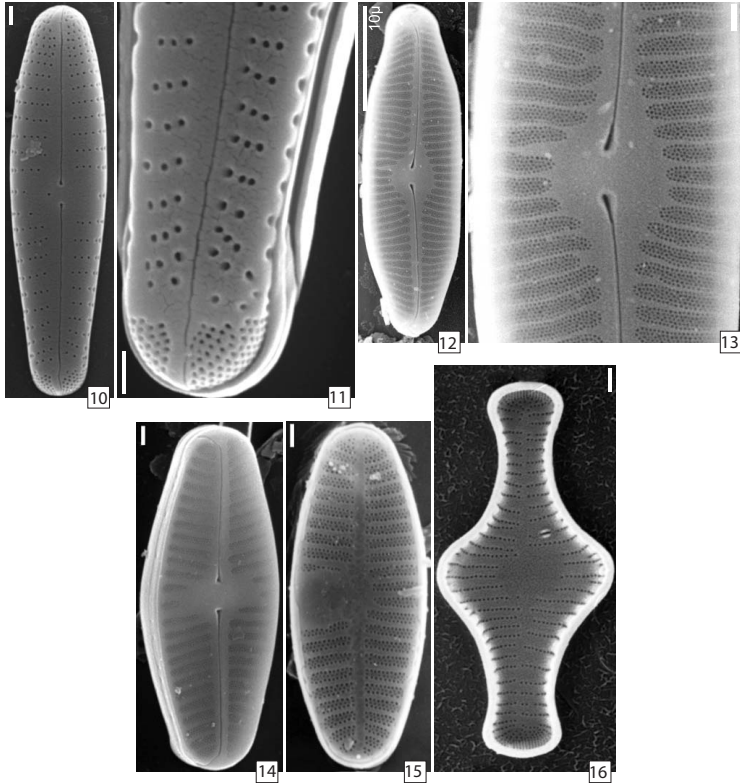
Ekologia okrzemek ciągle wymaga pogłębienia wiedzy i właśnie Tatry, z ogromną różnorodnością siedlisk i naturalnych warunków życia, stanowią wspaniałe laboratorium do tego typu badań. Badania winny być kontynuowane i prowadzone systematycznie, bowiem w rozwoju glonów zdarzają się zakłócenia, które mogą wskazywać na zachodzące zmiany w środowisku. Przykładowo w 2001 i 2002 r. zanotowano destabilizację w zbiorowiskach okrzemek w zlewni potoku Rostoka. W potokach płynących w strefie alpejskiej obficie rozwinęły się gatunki nietypowe dla tego obszaru wód. Przyczyną mogły być anomalie pogodowe uważane za symptomy globalnych zmian klimatu. Wystąpiły wówczas w Tatrach drastyczne wahania przepływu wody z okresami suszy i bardzo silne wezbrania, jednakże nie można też wykluczyć eutrofizacji środowiska, związanej z działalnością schroniska w Dolinie Pięciu Stawów Polskich (KAWECKA 2002, 2012). Badania mogą również wskazywać na regenerację środowiska. Tak było w wypadku Rybiego Potoku, jednego z najbardziej zagrożonych eutrofizacją wód tatrzańskich. Po wybudowaniu oczyszczalni ścieków nastąpiła znaczna poprawa stanu ekologicznego wód. Problemem jest również zabudowa hydrotechniczna potoków, która poprzez obudowę koryta niszczy ich naturalny charakter. Badania powinny być kontynuowane z naczelną ideą prowadzącą do ich renaturyzacji.

W badaniach środowisk wodnych Tatr należy zwrócić uwagę zarówno na gatunki zagrożone, będące na „czerwonej liście”, jak również na ewentualne pojawianie się gatunków inwazyjnych. Ciekawe obserwacje dotyczą gatunku *Didymosphenia geminata*. W przeszłości uważany był za gatunek o północno-alpejskich preferencjach (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1999a), znajdujący się na „czerwonej liście” w grupie gatunków zagrożonych wymarciem (kategoria 1) (LANGE-BERTALOT & STEINDORF 1996). W Polsce należał do rzadkich gatunków, w wodach tatrzańskich spotykany był sporadycznie, podawany z Litworowego



Ryc. 1–9 (Figs 1–9). SEM. Gatunki dominujące (dominant species): 1 – *Achnanthisdium minutissimum* (Kützing) Czarnecki, okrywa z rafą, widok od strony zewnętrznej (external raphe valve view); 2 – *A. minutissimum*, okrywa bez rafy, widok od strony zewnętrznej (external sternum valve view); 3 – *Brachysira intermedia* (Østrup) Lange-Bertalot, widok od strony zewnętrznej (external view of frustule); 4 – *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehrenberg) Grunow, widok od strony wewnętrznej (internal view of frustule); 5 – *Diatoma mesodon* (Ehrenberg) Kützing, widok od strony zewnętrznej (external view of frustule); 6 – *Encyonema minutum* (Hilse) D.G. Mann, widok od strony zewnętrznej (external view of frustule); 7 – *E. minutum*, fragment apikalnej części komórki (detail of external view of frustule apical part); 8 – *Gomphonema acidoclinatum* (Lange-Bertalot) Reichardt, okrywa, widok od strony zewnętrznej (external valve view); 9 – *G. acidoclinatum*, fragment środkowej części okrywy (detail of valve central area). Skala wielkości bez podanej wartości oznacza 1 μm (unmarked scale bars – 1 μm)

Stawu (SZKLARCZYK-GAZDOWA 1960), z Potoku Roztoka, Rybiego Potoku oraz Białki na Podhalu (KAWECKA 1965), a także z Morskiego Oka (KAWECKA 1966). W latach 90. XX w. w Polsce południowej zaobserwowano bardzo obfity rozwój tego gatunku w rzece San, poniżej zbiorników zaporowych (KAWECKA & SANECKI 2003), także w potokach na Orawie (NOGA 2003), jak również w dolnym biegu Białki Tatrzańskiej (KAWECKA 2012). Aktualnie

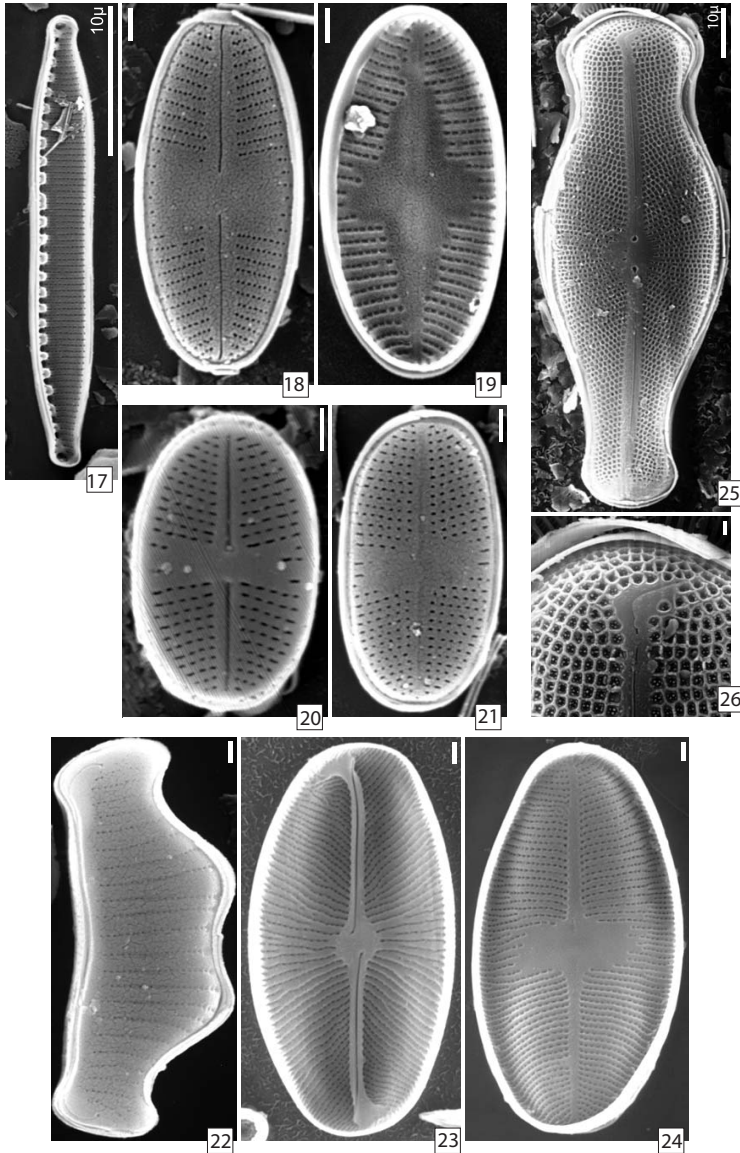


Ryc. 10–16 (Figs 10–16). SEM. Gatunki dominujące (dominant species): 10 – *Gomphonema angustum* Agardh, okrywa, widok od strony zewnętrznej (external valve view); 11 – *G. angustum*, fragment okrywy z porami w części apikalnej, widok od strony zewnętrznej (detail of external valve with apical pores field); 12 – *Pinnularia microstauron* (Ehrenberg) Cleve, widok od strony zewnętrznej (external frustule view); 13 – *P. microstauron*, fragment komórki, widok od strony zewnętrznej (detail of the external frustule view); 14 – *Planothidium lanceolatum* (Brébisson ex Kützing) Round & Bukhtiyarova, komórka z rafą, widok od strony zewnętrznej (external raphe frustule view); 15 – *P. lanceolatum*, okrywa bez rafy, widok od strony zewnętrznej (external sternum valve view); 16 – *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing, okrywa, widok od strony wewnętrznej (internal valve view). Skala wielkości bez podanej wartości oznacza 1 μm (unmarked scale bars – 1 μm)

D. geminata należy do grupy gatunków inwazyjnych, który występuje masowo i rozprzestrzenia się szczególnie na półkuli północnej (WHITTON i in. 2009). W dalszych badaniach trzeba zwrócić uwagę na jego rozwój w wodach tatrzańskich.

Wysokie góry stanowią ostoję dla gatunków o dużych walorach ekologicznych, w różnym stopniu zagrożonych, ekstremalnie rzadkich i rzadkich, będących na „czerwonej liście”. Tak np. w Tatrach do grupy tej należy 32,5% gatunków, w Alpach jest ich 48%, a w Himalajach 34% (CANTONATI i in. 2001; KAWECKA 2012).

Na zakończenie tego ogólnego przeglądu wyników 150-letnich badań okrzemek w wodach Tatr, w celu bliższego poznania różnorodności kształtów i ornamentacji ścian komórkowych tych pięknych organizmów, załączono trzy ryciny przedstawiające kilkanaście zdjęć gatunków okrzemek, wykonanych pod mikroskopem skaningowym. Zostały one wybrane z monograficznego opracowania okrzemek potoków Tatr Wysokich (KAWECKA 2012). Wśród nich



Ryc. 17–26 (Figs 17–26). SEM. Gatunki północno-alpejskie (species with boreo-alpine preference): 17 – *Nitzschia alpina* Hustedt, okrywa, widok od strony wewnętrznej (internal valve view); 18 – *Psammothidium marginulatum* (Grunow) Bukhtiyarova & Round, okrywa z rafa, widok od strony zewnętrznej (external raphe valve view); 19 – *P. marginulatum*, okrywa bez rafy, widok od strony wewnętrznej (internal sternum valve view); 20 – *Psammothidium subatomoides* (Hustedt) Bukhtiyarova & Round, okrywa z rafa, widok od strony zewnętrznej (external raphe valve view); 21 – *P. subatomoides*, okrywa bez rafy, widok od strony zewnętrznej (external sternum valve view); 22 – *Eunotia praerupta* var. *bigibba* (Kützing) Grunow (*E. subherkiniensis*), okrywa, widok od strony zewnętrznej (external valve view); 23 – *Eucoconeis flexella* (Kützing) Meister, okrywa z rafa, widok od strony wewnętrznej (internal view of raphe valve); 24 – *E. flexella*, okrywa bez rafy, widok od strony wewnętrznej (internal view of sternum valve); 25 – *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt, widok od strony zewnętrznej (external view of frustule); 26 – *D. geminata*, delikatna struktura biegunowej części okrywy, widok od strony zewnętrznej (pattern of fine structures of external valve apex). Skala wielkości bez podanej wartości oznacza 1µm (unmarked scale bars – 1 µm)

są gatunki zarówno szeroko rozprzestrzenione, jak i o ograniczonym zasięgu i dużych walorach ekologicznych, np. północno-alpejskie oraz w różnym stopniu zagrożone.

Z wyjątkiem *Nitzschia alpina* i *Didymosphenia geminata*, wszystkie wymienione gatunki należą do dominantów. *Brachysira intermedia* (Ryc. 3) dominuje lokalnie w potokach Doliny Gąsienicowej. Większość z gatunków posiada szeroką amplitudę ekologiczną. *Achnantheidium minutissimum* (Ryc. 1, 2) jest jednym z najczęściej spotykanych gatunków okrzemek w wodach Tatr, jak również w innych wysokich górach. Podobny zasięg występowania wykazuje *Diatoma mesodon* (Ryc. 5), preferująca wody ubogie w elektrolity, odobnie jak *Gomphonema acidoclinatum* (Ryc. 8, 9), *Pinnularia microstauron* (Ryc. 12, 13) oraz *Tabellaria flocculosa* (Ryc. 16). Szerokie spektrum ekologiczne posiada też *Planorhynchium lanceolatum* (Ryc. 14, 15) oraz *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ryc. 4), obecne we wszystkich typach wód płynących. *Encyonema minutum* (Ryc. 6, 7) należy do gatunków oligo-mezotroficznych z optimum występowania w środowisku alpejskim i subalpejskim. Z kolei *Gomphonema angustum* (Ryc. 10, 11) występuje w wodach bogatych w wapń.

Gatunki o zasięgu północno-alpejskim to *Psammothidium marginulatum* (Ryc. 18, 19), w Tatrach liczny tylko w strefie alpejskiej i subalpejskiej, *Nitzschia alpina* (Ryc. 17) oraz *Psammothidium subatomoides* (Ryc. 20, 21); dwa ostatnie gatunki są wskaźnikami bardzo dobrej jakości ekologicznej wód.

Gatunki zagrożone reprezentuje *Eunotia praeurupta* var. *bigibba* (**E. subherkiniensis*) (Ryc. 22), gatunek silnie zagrożony (kategoria 2), który występuje dość rzadko w Europie środkowej, w niezaburzonych antropogenicznie środowiskach oraz *Eucoconeis flexella* (Ryc. 23, 24), gatunek zagrożony (kategoria 3), szeroko rozpowszechniony w wodach oligotroficznych bogatych w wapń, również wskaźnik bardzo dobrej jakości wód.

Didymosphenia geminata (Ryc. 25, 26) jest aktualnie uważana za gatunek inwazyjny, w przeszłości należał do rzadkich o preferencjach północno-alpejskich, zagrożonych wymarciem (kategoria 1).

Patrząc perspektywicznie trzeba jeszcze raz podkreślić, że w trosce o nas samych i przyszłe pokolenia, należy kontynuować badania fykologiczne w Tatrach, zarówno w celach poznawczych, jak również po to, aby rozpoznawać zagrożenia i oceniać ich skutki oraz systematycznie kontrolować status ekologiczny wód i w ten sposób przyczyniać się do ochrony unikalnych wartości i piękna gór.

LITERATURA

- BAK M., WITKOWSKI A., ŻELAZNA-WIECZOREK J., WOJTAL A. Z., SZEPOCKA E., SZULC K. & SZULC B. 2012. Klucz do oznaczania okrzemek w fitobentosie na potrzeby oceny stanu ekologicznego wód powierzchniowych w Polsce. Biblioteka Monitoringu Środowiska. s. 452. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa.
- BOMBÓWNA M. 1971. The chemical composition of the water of streams in the Polish High Tatra Mts, particularly with regard to the Stream Sucha Woda. – *Acta Hydrobiologica* **13**: 379–391.
- BOMBÓWNA M. 1977. Biocenosis of a high mountain stream under the influence of tourism. 1. Chemistry of the stream Rybi Potok waters and the chlorophyll content in attached algae and seston in relation to the pollution. – *Acta Hydrobiologica* **19**: 243–255.

- BOMBÓWNA M. & WOJTAN K. 1996. Zmiany składu chemicznego wody jezior tatrzańskich na przestrzeni lat. – W: Z. KRZAN (red.), Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek. **3**. Wpływ człowieka, s. 56–59. Tatrzański Park Narodowy, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Oddział Krakowski, Kraków – Zakopane.
- BOMBÓWNA M. & WOJTAN K. 1999. Long-term changes in the chemical composition of water in some Tatra lakes. – *Acta Hydrobiologica* **41**: 1–16.
- BOROWIEC W., KOTARBA A., KOWNACKI A., KRZAN Z. & MIREK Z. (red.). 2002. Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr. s. 446. Tatrzański Park Narodowy, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Oddział Krakowski, Kraków – Zakopane.
- CANTONATI M., CORRADINI G., JÜTTNER J. & COX E. 2001. Diatom assemblages in high mountain streams of the Alps and the Himalaya. – *Nova Hedwigia* **123**: 37–61.
- CHOIŃSKI A. & POCIASK-KARTECZKA J. (red.). 2014. Morskie Oko – przyroda i człowiek. s. 518. Wydawnictwa Tatrzańskiego Parku Narodowego, Zakopane.
- GALAS J. 2002. Stan zakwaszenia Długiego Stawu (Tatry Wysokie). – W: W. BOROWIEC, A. KOTARBA, A. KOWNACKI, Z. KRZAN & Z. MIREK (red.), Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr, s. 357–360. Tatrzański Park Narodowy, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Oddział Krakowski, Kraków – Zakopane.
- GALAS J. 2014. Glony i fauna bezkręgowców. – W: A. CHOIŃSKI & J. POCIASK-KARTECZKA (red.), Morskie Oko – przyroda i człowiek, s. 111–117. Wydawnictwa Tatrzańskiego Parku Narodowego, Zakopane.
- GALAS J., DUMNICKA E., KAWECKA B., KOWNACKI A., JELONEK M., STÓS P. & WOJTAN K. 1996. Ekosystemy wybranych jezior tatrzańskich – polski udział w międzynarodowym programie AL:PE2. – W: A. KOWNACKI (red.), Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek. **2**. Biologia, s. 96–99. Tatrzański Park Narodowy, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Oddział Krakowski, Kraków – Zakopane.
- GORCZYCA E. & KRZEMIEŃ K. 2002. Wpływ ruchu turystycznego na rzeźbę Tatrzańskiego Parku Narodowego. – W: A. BOROWIEC, A. KOTARBA, A. KOWNACKI, Z. KRZAN & Z. MIREK (red.), Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr, s. 389–393. Tatrzański Park Narodowy, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Oddział Krakowski, Kraków – Zakopane.
- GUTWIŃSKI R. 1888. Przyczynek do znajomości okrzemek tatrzańskich (*Bacillariaceae tatrenses*). – *Sprawozdanie Komisji Fizyograficznej Akademii Umiejętności* **22**: 138–150.
- GUTWIŃSKI R. 1909. Flora algarum montium Tatrensium. – *Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie. Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles*, s. 415–560.
- GUTWIŃSKI R. 1913. Flora i plankton glonów Morskiego Oka. – *Kosmos* **38**: 1426–1437.
- HESS M. T. 1996. Klimat. – W: Z. MIREK, Z. GŁOWACIŃSKI, K. KLIMEK & H. PIĘKOŚ-MIRKOWA (red.), Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. Tatry i Podtatrze. **3**, s. 53–68. Tatrzański Park Narodowy, Kraków – Zakopane.
- HINDÁK F. & KAWECKA B. 2010. Sinice a riasy. – W: A. KOUTNÁ & B. CHOVANCOVÁ (red.), Tatry – příroda, s. 313–318. Baset, Praha.
- HRYNIEWIECKI B. 1934. R. Gutwiński (4.XI.1860–27.X.1932). Jego życie i zasługi naukowe. – *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* **11**(4): 661–683.
- KALCHBRENNER K. 1866. A szepesi moszatok jegyzéke. – *Mathematikai és Természettudományi Közlemények, Magyar Tudományos Akadémia* **4**(1865–1866): 343–365.
- KAWECKA B. 1965. Communities of benthic algae in the river Białka and its Tatra tributaries in Rybi Potok and Roztoka. – W: K. STARMACH (red.), Limnological investigation in the Tatra Mountains and Dunajec River Basin. – *Komitet Zagospodarowania Ziemi Górskich PAN* **11**: 113–127.
- KAWECKA B. 1966. Glony osiadłe na *Potamogeton* sp. w Morskim Oku. – *Acta Hydrobiologica* **8**: 321–328.

- KAWECKA B. 1969. Zbiorowiska glonów w potokach Tatrzańskich. Tatrzańska Sesja Naukowa. Referaty, s. 19. Polskie Towarzystwo Hydrobiologiczne, Zakopane – Kraków.
- KAWECKA B. 1970. Algae on the artificial substratum in the Wielki Staw Lake in Valley of the Five Polish Lakes (High Tatra Mts). – *Acta Hydrobiologica* **12**: 423–430.
- KAWECKA B. 1971. Zonal distribution of alga communities in streams of the Polish High Tatra Mts. – *Acta Hydrobiologica* **13**: 393–414.
- KAWECKA B. 1977. Biocenosis of a high mountain stream under the influence of tourism. 3. Attached algae communities in the stream Rybi Potok (the High Tatra Mts) polluted with domestic sewage. – *Acta Hydrobiologica* **19**: 271–292.
- KAWECKA B. 1980a. Sessile algae in European mountain streams. 1. The ecological characteristics of communities. – *Acta Hydrobiologica* **22**: 361–420.
- KAWECKA B. 1980b. The ecological characteristics of diatom communities in the mountain streams of Europe. – W: Proceedings of the 6th International Diatom Symposium, s. 425–434. Koeltz Scientific Publishers, Koenigstein.
- KAWECKA B. 1981. Sessile algae in European mountain streams. 2. Taxonomy and autecology. – *Acta Hydrobiologica* **23**: 17–46.
- KAWECKA B. 1985. Ecological characteristics of sessile algal communities in the Olczyński stream (Tatra Mts, Poland) with special consideration of light and temperature. – *Acta Hydrobiologica* **27**: 299–310.
- KAWECKA B. 1986. The effect of light deficiency on communities of sessile algae in the Olczyński stream (Tatra Mts, Poland). – *Acta Hydrobiologica* **28**: 379–386.
- KAWECKA B. 1989. Sessile algal communities in a mountain stream in conditions of light gradation during its flow through a cave (West Tatra, Poland). – *Acta Hydrobiologica* **31**: 35–42.
- KAWECKA B. 1990. The effect of flood-control regulation of a montane stream on the communities of sessile algae. – *Acta Hydrobiologica* **32**: 345–354.
- KAWECKA B. 1993a. Ecological characteristics of sessile algal communities in streams flowing from the Tatra Mountains in the area of Zakopane (southern Poland) with special consideration of their requirements with regard to nutrients. – *Acta Hydrobiologica* **35**: 295–306.
- KAWECKA B. 1993b. Green and other algae in the streams on the northern side of the High Tatras. – W: J. SIEMIŃSKA (red.), Postsymposial excursion to Poland. – Polish Botanical Studies, Guidebook Series **10**: 17–32.
- KAWECKA B. 1993c. Zbiorowiska glonów osiadłych w potokach Kotliny Zakopiańskiej. – W: Z. MIREK & H. PIĘKOŚ-MIRKOWA (red.), Przyroda Kotliny Zakopiańskiej. Poznanie, przemiany, zagrożenia i ochrona. Tatrzy i Podtatrze. **2**, s. 209–217. Kraków – Zakopane.
- KAWECKA B. 1996a. Glony. – W: Z. MIREK, Z. GŁOWACIŃSKI, K. KLIMEK & H. PIĘKOŚ-MIRKOWA (red.), Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. Tatrzy i Podtatrze. **3**, s. 347–361. Tatrzański Park Narodowy, Kraków – Zakopane.
- KAWECKA B. 1996b. Wpływ człowieka na zbiorowiska glonów osiadłych w potokach tatrzańskich. – W: A. KOWNACKI (red.), Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek. **2**. Biologia, s. 46–49. Tatrzański Park Narodowy, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Oddział Krakowski, Kraków – Zakopane.
- KAWECKA B. 2002. Zaburzenia w strukturze dominacji zbiorowisk Cyanobakterii i glonów występujących w potokach Tatrzańskiego Parku Narodowego. – W: Glony różnych ekosystemów, problemy ochrony, ekologii i taksonomii, s. 62–63. XXI Międzynarodowa Konferencja Sekcji Fykologicznej Polskiego Towarzystwa Botanicznego. 13–16 czerwca 2002, Sosnówka Górna – Karpacz.
- KAWECKA B. 2003a. Effect of different light conditions on Cyanobacteria and algae communities in Tatra Mts stream (Poland). – *Oceanological and Hydrobiological Studies* **32**: 3–13.

- KAWECKA B. 2003b. Response to drying of Cyanobacteria and algae communities in Tatra Mts stream (Poland). – *Oceanological and Hydrobiological Studies* **32**: 27–38.
- KAWECKA B. 2012. Diatom diversity in streams of the Tatra National Park (Poland) as indicator of environmental conditions. s. 213. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Science, Kraków.
- KAWECKA B. & ELORANTA P. V. 1987. Communities of sessile algae in some small streams of Central Finland. Comparison of the algae of the high mountains of Europe and those of its northern regions. – *Acta Hydrobiologica* **29**: 403–415.
- KAWECKA B. & ELORANTA P. V. 1994. Zarys ekologii glonów wód słodkich oraz środowisk łądowych. s. 252. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- KAWECKA B. & GALAS J. 2003. Diversity of epilithic diatoms in high mountain lakes under the stress of acidification (Tatra Mts, Poland). – *Annales de Limnologie* **39**: 239–253.
- KAWECKA B. & ROBINSON C. T. 2008. Diatom communities of lake/stream networks in the Tatra Mountains, Poland and the Swiss Alps. – *Oceanological and Hydrobiological Studies* **37**(3): 21–35.
- KAWECKA B. & SANECKI J. 2003. Abundant appearance of *Didymosphenia geminata* in running waters of southern Poland – symptoms of change in water quality. – *Hydrobiologia* **495**: 193–201.
- KAWECKA B. & STARZECKA A. 1975. Wpływ turystyki na rozwój bakterii i glonów w potoku tatrzańskim. – *Wszechświat* **6**(2140): 144–145.
- KAWECKA B., KOWNACKA M. & KOWNACKI A. 1971. General characteristics of the biocenosis in the streams of the Polish High Tatra. – *Acta Hydrobiologica* **13**: 465–476.
- KAWECKA B., KWANDRANS J. & SZYJKOWSKI A. 1999. Use of algae for monitoring river in Poland – situation and development. – W: J. PRYGIEL, B. A. WHITTON & J. BUKOWSKA (red.), Proceedings of an international symposium “Use of algae for monitoring rivers III”, 29 September–10 October 1997, s. 57–65. Agence de l’Eau Artois-Picardie, Douai, Douai, France.
- KELLY M. G., CAZAUBON A., CORING E., DELL’UOMO A., ECTOR L., GOLDSMITH B., GUASCH H., HÜRLIMANN J., JARLMAN A., KAWECKA B., KWANDRANS J., LAUGASTE R., LINDSTRØM E.-A., LEITAO M., MARVAN P., PADISÁK J., PIPP E., PRYGIEL J., ROTT E., SABATER S., VAN DAM H. & VIZINET J. 1998. Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. – *Journal of Applied Phycology* **10**: 215–224.
- KLIMASZEWSKI M. 1996. Geomorfologia. – W: Z. MIREK, Z. GŁOWACIŃSKI, K. KLIMEK & H. PIĘKOŚ-MIRKOWA (red.), Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. Tatry i Podtatrze. **3**, s. 97–124. Tatrzański Park Narodowy, Kraków – Zakopane.
- KOWNACKA M. 1971. The bottom fauna of stream Sucha Woda (High Tatra Mts) in the annual cycle. – *Acta Hydrobiologica* **13**: 415–438.
- KOWNACKA M. & KOWNACKI A. 1965. The bottom fauna of the river Białka and of its tatra tributaries the Rybi Potok and potok Roztoka. – *Komitet Zagospodarowania Ziemi Górskich PAN* **11**: 130–152.
- KOWNACKI A. 1971. Taxocens of *Chironomidae* in streams of the Polish High Tatra Mts. – *Acta Hydrobiologica* **13**: 439–464.
- KOWNACKI A. 1989. Professor Karol Starmach, 22 September 1900–5 March 1988. – *Polskie Archiwum Hydrobiologii* **36**(2): 171–178.
- KOWNACKI A. 1993. Profesor Karol Starmach twórca Krakowskiej Szkoły Hydrobiologicznej. – *Acta Hydrobiologica* **35**, Supplement **1**: 429–438.
- KOWNACKI A. (red.). 1996. Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek. **2**. Biologia. s. 124. Tatrzański Park Narodowy, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Oddział Krakowski, Kraków – Zakopane.
- KOWNACKI A. 2013. Twórca Krakowskiej Szkoły Hydrobiologicznej Karol Starmach (1900–1988), w 25 rocznicę śmierci. – *Alma Mater – miesięcznik Uniwersytetu Jagiellońskiego* **156–157**: 45–47.

- KOWNACKI A. 2017. 150 lat badań glonów w wodach tatrzańskich – badania polskich uczonych. – *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* **24**(2): 263–282.
- KOWNACKI A. & ŁAJCZAK A. (red.). 1997. Operat ochrony zasobów wodnych Tatrzańskiego Parku Narodowego. Plan ochrony TPN. Mskr. s. 285. Zakład Biologii Wód im. Karola Starmacha PAN, Kraków.
- KOWNACKI A. & ŁAJCZAK A. 2002. Zasady ochrony i użytkowania wód w „Planie ochrony Tatrzańskiego Parku Narodowego”. – W: W. BOROWIEC, A. KOTARBA, A. KOWNACKI, Z. KRZAN & Z. MIREK (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr*, s. 311–319. Tatrzański Park Narodowy, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Oddział Kraków, Kraków – Zakopane.
- KOWNACKI A., KAWECKA B., DUMNICKA E. & GALAS J. 2002. Przyczyny wyginięcia i próba restytucji gatunku *Branchinecta paludosa* (O. F. Müller 1788) w Tatrzańskim Parku Narodowym. – W: W. BOROWIEC, A. KOTARBA, A. KOWNACKI, Z. KRZAN & Z. MIREK (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr*, s. 297–302. Tatrzański Park Narodowy, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Oddział Krakowski, Kraków – Zakopane.
- KOWNACKI A., MARGREITER M., KAWECKA B. & KWANDRANS J. 2000. Effect of treated wastes on cyanobacteria, algae and macroinvertebrate communities in an alpine streams. – *Acta Hydrobiologica* **3–4**: 215–230.
- KOWNACKI A., DUMNICKA E., GALAS J., KAWECKA B. & WOJTAN K. 1997. Ecological characteristics of high mountain lake-outlet stream (Tatra Mts, Poland). – *Archiv für Hydrobiologie* **139**: 113–128.
- KOWNACKI A., DUMNICKA E., KWANDRANS J., GALAS J. & OLLIK M. 2006. Benthic communities in relation to environmental factors in small high mountain ponds threatened by air pollutants. – *Boreal Environment Research* **11**: 481–492.
- KOWNACKI A., GALAS J., KAWECKA B., SZAREK E. & WOJTAN K. 1993. Struktura i funkcjonowanie ekosystemów potokowych w Tatrzańskim Parku Narodowym. – W: S. RADWAN, Z. KARBOWSKI & M. SOŁTYS (red.), *Ekosystemy wodne i torfowiskowe w obszarach chronionych*, s. 40–43. Towarzystwo Wolnej Wszechnicy Polskiej, Oddział w Lublinie.
- KOWNACKI A., KAWECKA B., KOT M., WOJTAN K. & ŻUREK R. 1996. Wpływ człowieka na ekosystemy wodne. – W: Z. MIREK, Z. GŁOWACIŃSKI, K. KLIMEK & H. PIĘKOŚ-MIRKOWA (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego*, s. 655–674. Tatrzański Park Narodowy, Kraków – Zakopane.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H. 1999a. *Bacillariophyceae, Naviculaceae*. – W: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (red.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. **2/1**. s. 876. Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H. 1999b. *Bacillariophyceae, Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. – W: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (red.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. **2/2**. s. 610. Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.
- KRYWULT M. 1990. Effect of acidification of small ponds in the Polish Tatra Mountains by fallout of pollutants. – *Acta Hydrobiologica* **32**: 329–344.
- KRZAN Z. (red.). 1996. *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek*. **3**. Wpływ człowieka. s. 103. Tatrzański Park Narodowy, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Oddział Krakowski, Kraków – Zakopane.
- KRZYŻANEK E. 1993. Profesor Karol Starmach inicjatorem badań hydrobiologicznych Zbiornika Goczałkowickiego. – *Acta Hydrobiologica* **35**, Supplement **1**: 443–448.
- KWANDRANS J. 2007. Diversity and ecology of benthic diatom communities in relation to acidity, acidification and recovery of lakes and rivers. – W: A. Witkowski (red.), “Diatom Monographs” **9**: 1–169. A.R.G. Gantner Verlag K.G.
- KWANDRANS J., ELORANTA P., KAWECKA B. & WOJTAN, K. 1998. Use of benthic diatom communities to evaluate water quality in rivers of southern Poland. – *Journal of Applied Phycology* **10**: 193–201.

- LANGE-BERTALOT H. & STEINDORF A. 1996. Rote Liste der limnischen Kieselalgen (*Bacillariophyceae*) Deutschlands. – Schriftenreihe für Vegetationskunde **28**: 633–677.
- LHOTSÝ O. 1971. Algologische Bibliographie der Hohen Tatra. – Acta Hydrobiologica **13**: 477–490.
- ŁAJCZAK A. 1996. Hydrologia. – W: Z. MIREK, Z. GŁOWACIŃSKI, K. KLIMEK K. & H. PIĘKOŚ-MIRKOWA (red.), Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. Tatry i Podtatrze. **3**, s. 169–196. Tatrzański Park Narodowy, Kraków – Zakopane.
- MARCINIAK B. 1982. Late glacial and holocene new diatoms from a glacial lake Przedni Staw in the Pięć Stawów Polskich Valley, Polish Tatra Mts. – Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae **25**: 161–171.
- MARCINIAK B. 1986. Late glacial *Fragilaria* flora from lake sediments of the Tatra Mts and the Alps. – W: F. E. ROUND (red.), 9th Diatom-Symposium, s. 233–241. Biopress Ltd. and Koeltz Scientific Books.
- MARCINIAK B. & CIEŚLA A. 1983. Badania diatomologiczne i geochemiczne późnoglacialnych i holocenijskich osadów z Przedniego Stawu w Dolinie Pięciu Stawów Polskich (Tatry). – Kwartalnik Geologiczny **27**(1): 123–150.
- MIREK Z. 1996a. Antropogeniczne zagrożenia i przekształcenia środowiska przyrodniczego. – W: Z. MIREK, Z. GŁOWACIŃSKI, K. KLIMEK & H. PIĘKOŚ-MIRKOWA (red.), Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. Tatry i Podtatrze. **3**, s. 595–617. Tatrzański Park Narodowy, Kraków – Zakopane.
- MIREK Z. 1996b. Idea Tatrzańskiego Parku Narodowego – ochrona i udostępnienie. – W: Z. MIREK, Z. GŁOWACIŃSKI, K. KLIMEK & H. PIĘKOŚ-MIRKOWA (red.), Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. Tatry i Podtatrze. **3**, s. 27–34. Tatrzański Park Narodowy, Kraków – Zakopane.
- MIREK Z., GŁOWACIŃSKI Z., KLIMEK K. & PIĘKOŚ-MIRKOWA H. (red.). 1996. Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. Tatry i Podtatrze. **3**, s. 786. Tatrzański Park Narodowy, Kraków – Zakopane.
- NAMYŚŁOWSKI B. 1922. Mikroflora źródeł podreglowych. – Kosmos **47**: 204–232.
- NOGA T. 2003. Dispersion of *Didymosphenia geminata* in the flowing waters of Southern Poland – new sites of species occurrence in the Orawska Watershed and the Orawska Basin. – Oceanological and Hydrobiological Studies **32**(4): 159–170.
- OBIDOWICZ A. 1969. Okrzemki źródła Lodowego w Dolinie Kościeliskiej w Tatrach. – Fragmenta Floristica et Geobotanica **15**(2): 229–244.
- OLEKSYNOWA K. & KOMORNICKI T. 1996. Chemizm wód. – W: Z. MIREK, Z. GŁOWACIŃSKI, K. KLIMEK & H. PIĘKOŚ-MIRKOWA (red.), Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. Tatry i Podtatrze. **3**, s. 197–214. Tatrzański Park Narodowy, Kraków – Zakopane.
- ORLICZ M. 1962. Klimat Tatr. – W: W. SZAFER (red.), Tatrzański Park Narodowy. Wydawnictwa popularnonaukowe. **21**, s. 15–70. Zakład Ochrony Przyrody PAN, Kraków.
- PASTERNAK K. 1971. The physiography and character of the substratum of the drainage areas of streams of the Polish High Tatra Mts. – Acta Hydrobiologica **13**: 363–378.
- PIĘKOŚ-MIRKOWA H. & MIREK Z. 1996. Zbiorowiska roślinne. – W: Z. MIREK, Z. GŁOWACIŃSKI, K. KLIMEK & H. PIĘKOŚ-MIRKOWA (red.), Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. Tatry i Podtatrze. **3**, s. 237–274. Tatrzański Park Narodowy, Kraków – Zakopane.
- POCIASK-KARTECZKA J. 2014. Ruch turystyczny. – W: A. CHOIŃSKI & J. POCIASK-KARTECZKA (red.), Morskie Oko – przyroda i człowiek, s. 395–401. Wydawnictwa Tatrzańskiego Parku Narodowego, Zakopane.
- RADWAŃSKA-PARYSKA Z. & PARYSKI W. H. 1995. Wielka Encyklopedia Tatrzańska. s. 1553. Wydawnictwo Górskie, Poronin.
- RAKOWSKA B. 2001. Indicator values in ecological description of diatoms from Polish lowlands. – Ecohydrology & Hydrobiology **1**: 481–502.

- SCHUMANN J. 1867. Die Diatomeen der Hohen Tatra. Verhandlungen der K. K. Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien **17**: 1–102.
- SIEMIŃSKA J. 1962. Glony. – W: W. SZAFAER (red.). Tatrzański Park Narodowy. Wydawnictwa popularnonaukowe. **21**, s. 305–316. Zakład Ochrony Przyrody PAN, Kraków.
- SIEMIŃSKA J. 1967. Algae from the Toporowy Staw Wyżni Lake in the Tatra Mts. – *Acta Hydrobiologica* **9**(1–2): 169–185.
- SIEMIŃSKA J. 1970. Niektóre aspekty badań Morskiego Oka w Tatrach. – *Kosmos, Seria A* **19**: 173–179.
- SIEMIŃSKA J. 1971. Karol Starmach. – *Nauka Polska* **1**: 112–116.
- SIEMIŃSKA J. (red.). 1991. Jubilee X Conference of the Phycological Section of the Polish Botanical Society. – *Polish Botanical Studies, Guidebook Series* **4**: 1–102.
- SIEMIŃSKA J. 1993. Profesor Karol Starmach, organizator i dyrektor Zakładu Biologii Wód Polskiej Akademii Nauk. – *Acta Hydrobiologica* **35**, Supplement **1**: 417–427.
- SIEMIŃSKA J. & WOŁOWSKI K. 1993. Phycological bibliography to the Polish part of the Tatra Mountains. – W: J. SIEMIŃSKA (red.), *Postsymposial excursion to Poland*. – *Polish Botanical Studies, Guidebook Series* **10**: 79–95.
- SIEMIŃSKA J., BAK M., DZIEDZIC J., GĄBKA M., GREGOROWICZ P., MROZIŃSKA T., PELECHATY M., OWSIANNY P. M., PLIŃSKI M. & WITKOWSKI A. 2006. Red list of the algae in Poland. – W: Z. MIREK, K. ZARZYCKI, W. WOJEWODA & Z. SZELĄG (red.), *Red list of plants and fungi in Poland*, s. 37–52. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków.
- SIENKIEWICZ E. & GAŚSIOROWSKI M. 2014. Changes in the trophic status of three mountain lakes – natural or anthropogenic process? – *Polish Journal of Environmental Studies* **23**(3): 875–892.
- SIENKIEWICZ E. & GAŚSIOROWSKI M. 2016a. Limited acid deposition inferred from diatoms during the 20th century – A case study from lakes in the Tatra Mountains. – *Journal of Environmental Sciences*, doi: [10.1016/j.jes.2016.12.012](https://doi.org/10.1016/j.jes.2016.12.012).
- SIENKIEWICZ E. & GAŚSIOROWSKI M. 2016b. The effect of fish stocking of mountain lake plankton communities identified using palaeobiological analyses of bottom sediment cores. – *Journal of Paleolimnology* **55**(2): 129–150.
- SKIBA S., KOTARBA A. & DREWNIK M. 2002. Przyroda nieożywiona i gleby w planie ochrony Tatrzańskiego Parku Narodowego. – W: W. BOROWIEC, A. KOTARBA, A. KOWNACKI, Z. KRZAN & Z. MIREK (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr*, s. 305–309. Tatrzański Park Narodowy, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Oddział Krakowski, Kraków – Zakopane.
- STARMACH K. 1956. Stan badań algologicznych w Tatrach. – *Kosmos, Seria A* **6**(1): 141–151.
- STARMACH K. 1973. Glony osiadłe w Wielkim Stawie w Dolinie Pięciu Stawów Polskich w Tatrach. – *Fragmenta Floristica et Geobotanica* **19**(4): 481–511.
- STARZECKA A. 1977. Biocenosis of high mountain stream under the influence of tourism. 2. Bacteria as an index of water pollution of the Rybi Potok stream. – *Acta Hydrobiologica* **19**: 257–270.
- SZAFAER W. (red.). 1962. Tatrzański Park Narodowy. Wydawnictwa popularnonaukowe. **21**. s. 675. Zakład Ochrony Przyrody PAN, Kraków.
- SZKLARCZYK-GAZDOWA C. 1960. Plankton roślinny niektórych stawów tatrzańskich. – *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* **29**(4): 597–624.
- ŚLÓRSKI A. 1879. Badania mikroskopowe mułków z dna Rybiego Jeziora. – *Pamiętnik Towarzystwa Tatrzańskiego* **4**: 124.
- VAN DAM H., MERTENS A. & SINKELDAM J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. – *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* **28**(1): 117–133.

- VANNOTE R. L., MINSHALL G. W., CUMMINS K. W., SEDELL J. R. & CUSHING C. E. 1980. The river continuum concept. – Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **37**: 130–137.
- WASYLIK K. 1965. Remnants of algae in bottom sediments of the lakes Wielki Staw and Morskie Oko in Tatra Mountains. – W: K. STARMACH (red.), Limnological investigation in the Tatra Mountains and Dunajec River Basin. – Komitet Zagospodarowania Ziemi Górskich PAN **11**: 39–58.
- WASYLIK K. 1971. Zbiorowiska glonów Czarnego Dunajca i niektórych jego dopływów. – Fragmenta Floristica et Geobotanica **17**(2): 257–354.
- WHITTON B. A., ELLWOOD N. T. W. & KAWECKA B. 2009. Biology of the freshwater diatom *Didymosphenia*: a review. – Hydrobiologia **630**: 1–37.
- WIT-JÓZWIKOWA K. & ZIEMOŃSKA Z. 1962. Hydrografia Tatr Polskich. – W: W. SZAFER (red.), Tatrzański Park Narodowy. Wydawnictwa popularnonaukowe. **21**, s. 125–138. Zakład Ochrony Przyrody PAN, Kraków.
- WOJTAL A. Z. 2009. *Nupela marvanii* sp. nov., and *N. lapidosa* (Krasske) Lange-Bertalot in Poland with notes on the distribution and ecology of the genus *Nupela* (Bacillariophyta). – Fottea **9**(2): 233–242.
- WOJTAL A. Z. 2013. Species composition and distribution of diatom assemblages in spring waters from various geological formations in southern Poland. Bibliotheca Diatomologica **59**. s. 436. J. Cramer, Stuttgart.
- WOJTAN K. & GALAS J. 1994. Acidification of small mountain lakes in the High Tatra Mountains, Poland. – Hydrobiologia **274**: 179–182.
- WOŁOSZYŃSKA J. 1934. *Asterionella formosa* Hass var. *tatrica* n. var. w jeziorach tatrzańskich. – Acta Societatis Botanicorum Poloniae **11**: 137–151.
- WOŁOWSKI K. 2003. Różnorodność gatunkowa – glony. – W: R. ANDRZEJEWSKI & A. WEIGLE (red.), Różnorodność biologiczna Polski, s. 37–48. Narodowa Fundacja Ochrony Środowiska, Warszawa.

SUMMARY

The paper describes the progress of 150 years of research on the diatom communities of springs, standing and flowing waters of the Polish part of the Tatra Mts, protected as Tatra National Park since 1954 and as a UNESCO World Biosphere Reserve since 1993.

Diatoms are the largest group of algae in the Tatra Mts. Studies initially focused on taxonomy but later also on ecology, dealing with the differentiation of diatom communities along the latitude gradient and with lake depth and habitat (effects of light, temperature, drying, freezing), temporal changes, and human-induced effects such as eutrophication, “acid rain” and hydrotechnical constraints.

Great progress in research was made in the second half of the 20th century. The current number of publications is about 60, whilst before the 1960s there were only ten. By 1997, from the whole Tatra Mts area there were 447 diatom species and varieties identified in lakes, and 466 species identified in flowing waters (KOWNACKI & ŁAJCZAK 1997). The diatom communities of the High Tatra waters, especially streams, are best known. Research done there over many years (1962–2004) resulted in a monograph on the diatom communities of streams, including 414 taxa (KAWECKA 2012).

This research should be continued and extended to poorly known environments such as the waters of the West Tatras. It should be done systematically and should address the ecological status of aquatic sites, the threats to them, and measures needed to protect these unique biocenoses, which are refuges for red-listed rare and endangered species.

Wpłynęło: 26.09.2017 r.; przyjęto do druku: 07.12.2017 r.