

Prądnik. Prace Muz. Szafera	20	165–174	2010
-----------------------------	----	---------	------

JOANNA CZERWIK-MARCINKOWSKA, TERESA MROZIŃSKA

Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego  
Instytut Biologii, Zakład Botaniki  
ul. Świętokrzyska 15, 25–406 Kielce  
e-mail: marcinko@kielce.com.pl

## OCHRONA GLONÓW PRO- I EUKARIOTYCZNYCH EKSTREMALNYCH SIEDLISK JASKINIOWYCH OJCOWSKIEGO PARKU NARODOWEGO

### The protection of pro- and eukaryotic algae of extreme caves habitat in the Ojców National Park

**Abstract.** The investigations of phycoflora based on rock face analyses conducted in 6 caves located in the Ojców National Park in the spring and summer of 2008 aimed at describing the rich biodiversity of extreme cave habitats. In total, 55 algae and *Cyanophyta* species representing 3 systematic classes (i.e. *Bacillariophyceae*, *Chlorophyceae* and *Cyanophyceae*) were identified. The study is a subsequent report on the occurrence and distribution of cave phycoflora in the Ojców National Park, as well as the hazards to which it is exposed.

**Key words:** caves, algae, *Cyanophyta*, conservation, Ojców National Park

## WSTĘP

Różnorodność biologiczna ekstremalnych siedlisk jaskiniowych rozpatrywana na poziomie wewnątrz i międzypopulacyjnym, międzygatunkowym i ekosystemowym jest we współczesnych strategiach ochrony przyrody kierunkiem szczególnie ważnym. Współczesnym kryterium waloryzacji i motywacją ochrony jaskiń są ich wartości naukowe, praktyczne oraz estetyczne (Urban 2006). Ta niewątpliwa różnorodność cech i walorów siedlisk jaskiniowych powoduje, że narażone są one na liczne zagrożenia (m.in. zanieczyszczenia wód i atmosfery, zmianę mikroklimatu, niszczenie szaty naciekowej, itp.). A przecież jaskinie należą do środowisk o ekstremalnych warunkach ogólnie charakteryzujących się niską zawartością substancji odżywczych dla bytujących tam organizmów (Pedersen 2000; Mulec i in. 2008). Jednak niektóre organizmy preferują te warunki nadal jako właściwe do kolonizacji i rozwoju. W jaskiniach występują najczęściej pojedyncze rośliny naczyniowe oraz głównie glony aerofityczne (Dobat 1970; Mulec 2005, Mulec i in. 2008). Pełnią one nierzadko kluczową rolę w sieciach troficznych oraz w procesach kolonizacji siedlisk skalnych powodując barwne efekty na ścianach jaskiń (Golubič 1967). Procesom tym sprzyja zazwyczaj dość duża stabilność warunków środowiskowych

panujących w jaskiniach. Wszystkie te czynniki powodują, że jaskinie przyciągają często gatunki kosmopolityczne co w konsekwencji prowadzi do stopniowej eliminacji składników rodzimych (Pipan 2005).

Badania glonów i sinic w polskich jaskiniach są wciąż niepełne i zachęcają do dalszych eksploracji. Pierwsze doniesienia o glonach (z rzędu *Dinococcales*) znalezionych w Jaskini Twardowskiego występują w pracy prof. Karola Starmacha z 1963 r. W 2004 r. autorki opisały 70 gatunków glonów i sinic rozwijających się w 10 jaskiniach rozmieszczonych na terenie Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (Mrozińska-Broda, Czerwik-Marcinkowska 2004; Czerwik-Marcinkowska, Mrozińska 2008, 2009, 2010). Przeprowadzone w 2008 r., badania fykoflory stanowią więc kontynuację wcześniej prowadzonych prac, a obejmujących również jaskinie OPN.

Ojcowski Park Narodowy obejmuje południowy, silnie zróżnicowany geomorfologicznie fragment Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej. Wody podziemne, rozpuszczając wapień, doprowadziły do utworzenia jaskiń, będących jednym z najbardziej charakterystycznych elementów środowiska przyrodniczego OPN i jego okolic. Na terenie Parku zinventaryzowano do tej pory 650 jaskiń (dane pochodzą z dyrekcji OPN), wśród których do najbardziej atrakcyjnych (o korytarzach dłuższych niż 50 m) należy Jaskinia Łokietka i Ciemna – obydwie odnotowywane w literaturze już od XVII w., a także jaskinie Zbójcecka, Okopy Wielka Dolna, Sąspowska, Krakowska, Biała i Koziarnia. Najliczniejsze skupisko dużych jaskiń znajduje się w Wąwozie Jamki.

Badania algoflory oparte na analizach powierzchni skalnych przeprowadzone zostały w 6 jaskiniach (Sąspowskiej, Zbójceckiej, Krakowskiej, Białej, Ciemnej i Łokietka) Ojcowskiego Parku Narodowego latem i jesienią 2008 r. (tab. 1). W badaniach uwzględniono zarówno jaskinie udostępnione dla ruchu turystycznego tj. Ciemną i Łokietka, jak i zamknięte dla zwiedzających. Przystosowanie wybranych jaskiń OPN dla potrzeb ruchu turystycznego związane było z wprowadzeniem oświetlenia elektrycznego, a tym samym zostały „rozproszone” naturalne całkowite ciemności panujące w ich wnętrzu. Zmiany te przyczyniły się prawdopodobnie również do zróżnicowania istniejącej flory jaskiniowej.

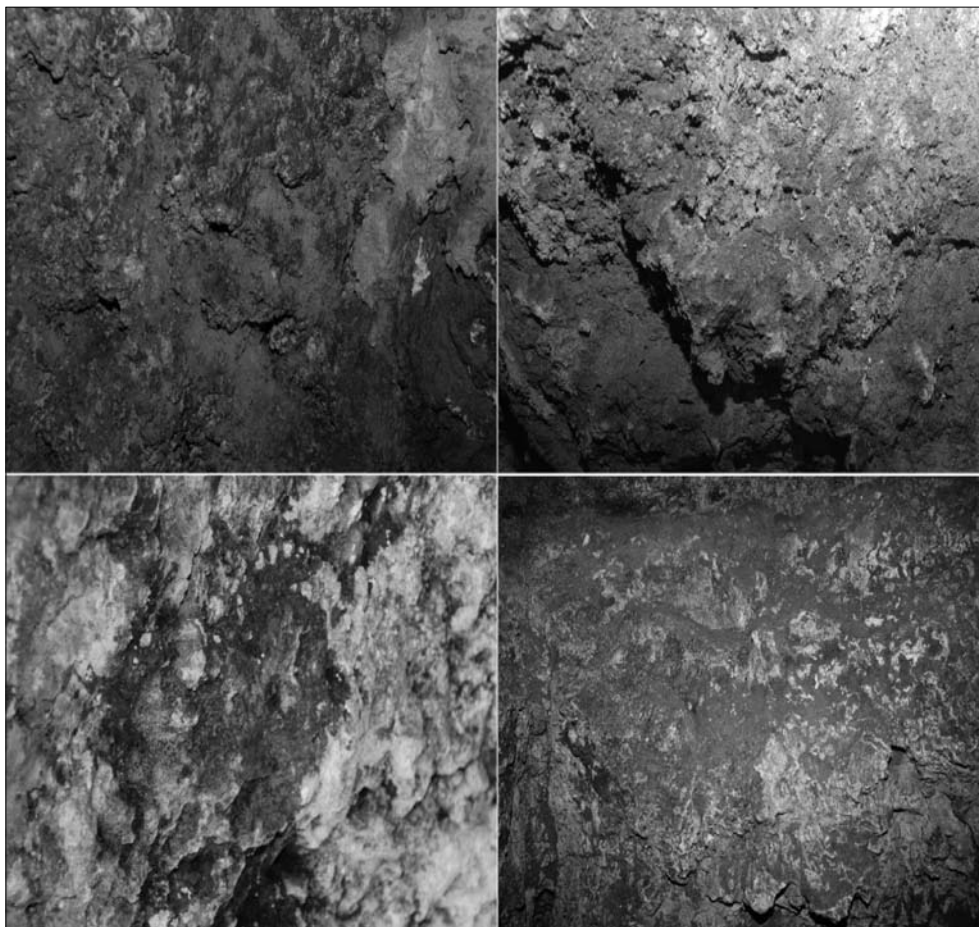
Tabela 1. Morfologiczna charakterystyka badanych jaskiń wg Szelerewicz, Górny (1986); Bisek i in. (1992), Gradziński i in. (1995a, b, 1996, 1998, 2007); Górny, Szelerewicz (2008)

Table 1. Morphological characteristics of the studied caves, data after Szelerewicz, Górny (1986); Bisek et al. (1992); Gradziński et al. (1995a, b, 1996, 1998, 2007); Górny, Szelerewicz (2008)

Lp N°	Nazwa jaskini Name of cave	Długość Length	Wysokość n.p.m. Altitude	Ekspozycja Exposition
1	Ciemna	209 m	372 m	NW, S
2	Łokietka	320 m	452 m	NW
3	Zbójcecka	189 m	circ. 370 m, 372 m, 376 m	NW, W, vertical
4	Krakowska	96 m	circ. 410 m	NW

## METODA BADAŃ

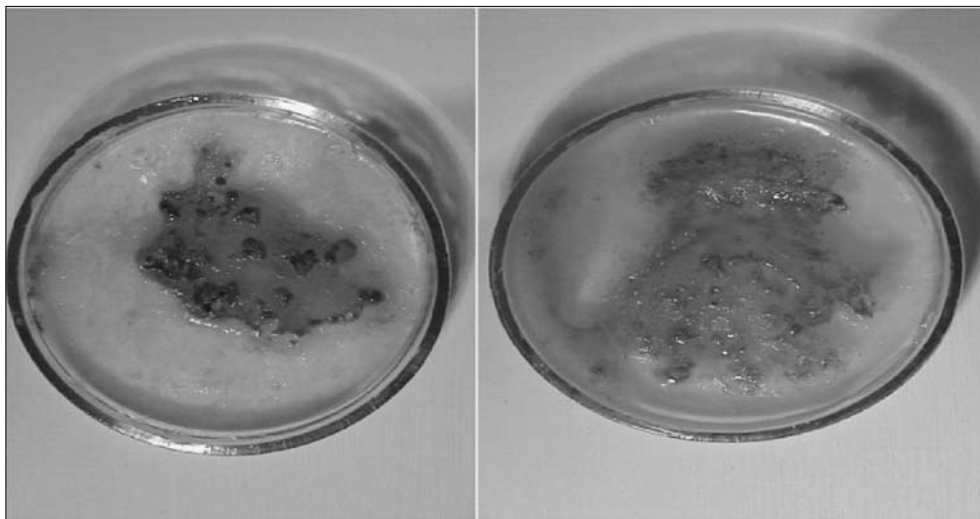
W niniejszych badaniach glony i sinice porastające kamienne powierzchnie ścian jaskiń zdrapywano skalpelem lub obłamywano kawałki struktury, aby w ten sposób zachować naturalną formę zbiorowiska (ryc. 1–4). W jaskiniach udostępnionych dla ruchu turystycznego, tj w Jaskini Łokietka i Ciemnej, próby pobrano także z powierzchni



Ryc. 1–4. Epilityczne glony i ich subaerofityczne siedliska na ścianach Jaskini Saspowskiej

Fig. 1–4. Epilithic algae and their subaerobic habitats in rocky cave walls – Saspowska Cave

rozmieszczonych wokół sztucznego oświetlenia. Uwzględniono różną odległość od źródła światła oraz wybrano fragmenty najintensywniej pokryte zielonymi nalotami, które następnie przenoszono do plastikowego pojemnika. W jaskiniach wyodrębniono dwie strefy: A – jasną tj. obejmującą wejście (zazwyczaj dobrze nasłonecznioną i natlenioną) oraz B – strefę ciemną, obejmującą kolejne komory i pomieszczenia, do których dochodzi tylko promieniowanie nieba, światło z zewnątrz lub gdzie docierają jedynie promienie odbite od ścian i dna jaskiń. Z żywego materiału założono hodowle na podłożu stałym, agarowym (uwzględniając odpowiednią temperaturę i oświetlenie) wzbogaconym niekiedy pożywką „Bristol” (ryc. 5–6). Prace laboratoryjne zmierzały do uzyskania pełnych stadiów rozwojowych gatunków. Obserwacje prowadzono w mikroskopie świetlnym JENAMED 2 oraz w elektronowym mikroskopie transmisyjnym TESLA BS 500. Uzyskany w wyniku hodowli żywy materiał, utrwalano mieszaniną glutraldehydu w roztworze buforu fos-



Ryc. 5–6. Aerofityczne glony z jaskiń w hodowli laboratoryjnej

Fig. 5–6. Aerophytic cave algae in laboratory

foranowego i osmu, a następnie poddawano potrójnemu płukaniu (szereg alkoholowy) i polimeryzowano w temperaturze 70°C przez 18 godzin. Sporządzano preparaty zatopione w żywicy syntetycznej „SPURR”.

W analizie taksonomicznej fykoflory uwzględniono okrzemki (*Bacillariophyceae*), zielenice (*Chlorophyceae*) i sinice (*Cyanophyta*) występujące najczęściej i najliczniej w badanych jaskiniach. Dokładność oznaczeń poszczególnych taksonów glonów i sinic uwarunkowana była obecnością głównie cech morfologicznych. Ogólnie stwierdzono, że fykoflora jaskiń jest ciągle niedostatecznie opracowana pod względem metodologicznym. W badaniach laboratoryjnych wykorzystano wcześniejsze opracowania innych autorów (Anagnostidis, Komárek 1988; Komárek, Anagnostidis 1986, 1989; Ettl, Gärtner 1988, 1995; Brown, Bold 1964; Brown, Lean 1969; Krammer, Lange-Bertalot 1986, 1991).

## WYNIKI I DYSKUSJA

W materiałach algologicznych zebranych w 6 jaskiniach OPN, oznaczono ogółem 55 taksonów glonów i sinic należących do 3 grup systematycznych, tj. *Heterokontophyta*, *Chlorophyta* i *Cyanophyta* (tab. 2). Przeważały sinice (40% wszystkich zinwentaryzowanych gatunków), dość licznie występowały zielenice (32,7%), natomiast najmniej licznie reprezentowane były okrzemki (27,2%). Spośród sinic najczęściej znajdowano gatunki: *Aphanocapsa parietina*, *Calothrix fusca*, *Chroococcus minor*, *Nostoc commune*. Występowały one zarówno w wejściowych jak i w głębszych partiach jaskiń. Natomiast wśród naskalnych sinic obecnych tylko w jaskiniach udostępnionych dla ruchu turystycznego tj. w Jaskini Łokietka i Ciemnej dominowały: *Nodularia sanguinea*, *Gloeocapsa cf. kuetzingiana*, *G. alpina*, *Nostoc commune*, *Rivularia calcarata*.

Dosyć osobliwą grupę tworzyły w jaskiniach zielenice. Do najbardziej interesujących gatunków należały: *Bracteococcus minor*, *Desmococcus olivaceum*, *Scotiellopsis terrestris*, *Muriella decolor*, *Trentepohlia odorata*. Zielenice takie jak: *Chlorella vulgaris*, *Coleochlamys perforata*, *Klebsormidium flaccidum* spotykano na powierzchniach dobrze naświetlonych. Najliczniej gatunki te rozwijały się w jaskiniach: Zbójeckiej i Ciemnej. Natomiast okrzemki obecne były zarówno w strefie światła bezpośredniego jak i rozproszonego, przy czym preferowały zazwyczaj siedliska wilgotne (wilgotne skały lub okresowo zraszane „deszczem jaskiniowym”). Nie znaleziono okrzemek w Jaskini Ciemnej. Zarówno zielenice, okrzemki jak i sinice stanowiły istotny składnik flory rozwijającej się w jaskiniach. Wśród aerofitycznych okrzemek, znajdujących również w wymienionych jaskiniach OPN, do najczęściej spotykanych należały: *Diadlesmis contenta*, *Luticola mutica*, *L. nivalis*, *Orthoseira roseana*, *Aulacoseira italica*, *Hantzschia amphioxys* i *Pinnularia borealis*.

Zaobserwowano, że najwięcej gatunków glonów i sinic (w Jaskini Zbójeckiej 19 taksonów, w Jaskini Ciemnej – 16, w Saspowskiej – 13, w Krakowskiej – 11, a w Jaskini Łokietka – 10) rozwijało się na powierzchniach skalnych i w zagłębieniach rozmieszczonych najbliżej wejścia (strefa jasna). Poszczególne taksony występowały bezpośrednio w miejscach zasięgu światła słonecznego jak również w jego najbliższym sąsiedztwie wrastając dość głęboko w kamienne obrzeżenie. Często mchom (np. z rodzaju *Crotonuron*) lub wątrobowcom (z rodzaju *Polysiphonia*) tworzącym charakterystyczne obfite skupienia towarzyszyły aerofityczne okrzemki i zielenice np. *Diadlesmis contenta*, *Gomphonema parvulum*, *Chlorella vulgaris*, *Trentepohlia aurea*, *Stichococcus bacillaris*. Nie zaobserwowano rozwoju glonów i sinic na szacie naciekowej jaskiń. W wejściowej ich partii i wokół zagłębień ze światłem elektrycznym (w Jaskini Łokietka i Ciemnej) sinice (zwłaszcza *Calothrix parietina*, *Gloeocapsa magma*, *Nostoc commune*, *Oscillatoria brevis*, *Tolypothrix tenuis*) konkurowały o „najlepsze” powierzchnie z innymi glonami (np. *Chlamydomonas* sp., *Muriella decolor*, *Klebsormidium flaccidum*) mchami i paprotnikami. Natomiast w głębokich niszach jaskiń były one głównymi fototrofami na co wskazuje m.in. Round (1981). Rozwój glonów (widocznych w postaci wyraźnego zielonego nalotu) związany jest niewątpliwie z dostępnością światła oraz istniejącym tutaj specyficznym mikroklimatem (na który wpływa: ruch cyrkulacyjny powietrza jaskiniowego, warunki hydrologiczne, izolacja jaskini od termicznych wpływów zewnętrznych, i wreszcie obecność ruchu turystycznego, przyczyniająca się zazwyczaj do podwyższenia istniejącej, stałej temperatury) oraz ze sposobem zimowania glonów (zielenice dominujące we florze jaskini mogą zimować w postaci różnego typu komórek przetrwalnikowych). Zaobserwowano, że w badanych sześciu jaskiniach OPN zielenice i okrzemki zwiększają swoją liczebność wraz ze wzrostem wilgotności. Jak podaje Asencio, Aboal (2000) i Pouličková, Hašler (2007) większość jaskiń, na terenie Europy charakteryzuje się odpowiednią wilgotnością, a ich ściany wejściowe pokryte są właśnie zielenicami i sinicami.

W jaskiniach Łokietka i Ciemnej, udostępnionych dla ruchu turystycznego, pomiędzy poszczególnymi komorami z oświetleniem panują przypuszczalnie zbliżone warunki siedliskowe, stąd obserwowana powtarzalność występowania gatunków glonów i sinic. Wg Rounda (1981) rodzaj podłoża jest ważnym czynnikiem determinującym skład gatunkowy, rozmieszczenie i strukturę zbiorowisk glonów. Zaobserwowano, że sinice takie jak: *Anabena oscillarioides*, *Microcystis parietina*, *Nostoc* cf. *microscopicum* i aerofityczne glony

Tabela 2. Głony i sinice zidentyfikowane w badanych jaskiniach Ojcowskiego Parku Narodowego  
 Table 2. Characteristic algae and cyanophyta found in investigated caves of the Ojców National Park

Gatunek –Species	Sąpowska	Zbójcka	Krakowska	Biała	Ciemna	Łokietka
<b>Cyanophyta/ Cyanobacteria</b>						
<i>Aphanocapsa parietina</i> Näg.	+					
<i>Anabaena oscillarioides</i> Bory				+		
<i>Calothrix fusca</i> Kütz. ex Bornet et Flahault		+				
<i>Calothrix parietina</i> (Näg.) Thuret						+
<i>Calothrix</i> p.			+			
<i>Chroococcus</i> cf. <i>ercegovicii</i> Komárek & Anagnostidis	+					
<i>Chroococcus tenax</i> (Kirchner) Hieronymus	+					
<i>Chlorogloea novacekii</i> Komárek & Montejano					+	
<i>Gloeocapsa alpina</i> (Näg.) Brand		+				
<i>Gloeocapsa biformis</i> Ercegovic	+					
<i>Gloeocapsa magna</i> (Bréb.) Komárek & Anagnostidis		+				
<i>Gloeotheca</i> sp.				+		
<i>Leptolyngbya</i> sp.			+			
<i>Microcystis parietina</i> (Näg.) Elenkin			+			
<i>Nodularia sanguinea</i> (Thwaites) Thuret				+		
<i>Nostoc commune</i> Vaucher ex Bornet et Flahault	+					
<i>Nostoc</i> cf. <i>microscopicum</i> Camichael		+				
<i>Nostoc</i> sp.				+		
<i>Oscillatoria brevis</i> (Kütz.) Gomont					+	
<i>Schizothrix</i> sp.						+
<i>Tolypothrix tenuis</i> Kütz.			+			
<i>Tolypothrix</i> sp.	+					
<b>Heterokontophyta / Bacillariophyceae</b>						
<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kütz.) Czarniecki	+					
<i>Anomoeoneis brachysira</i> (Bréb.) Grun.						+
<i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenb.) Simonsen		+				
<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenb.) Cleve		+				



(np. *Achnanthydium minutissimum*, *Luticola mutica*, *Orthoseira roseana*) są szczególnie wrażliwe na strukturę powierzchni skalnej, temperaturę, światło i wilgotność, podobnie jak podawał Pentecost (1992), Pentecost, Zhang (2001). Preferują miejsca wilgotne, wówczas rozwijają się intensywniej, wykazują też dużą odporność na wysychanie, a także na panujące w okresie zimowym niskie temperatury powietrza, może nie jest dokładnie poznany mechanizm adaptacji glonów do życia w niskiej temperaturze.

Z przeprowadzonych badań wynika, że panujące w sześciu jaskiniach OPN, dość stabilne warunki środowiskowe sprzyjają powolnemu, ale konsekwentnemu rozwojowi aerofitycznych okrzemek, zielenic i sinic. Podjęcie jakichkolwiek działań ochronnych w odniesieniu do jaskiń, zwłaszcza udostępnionych dla ruchu turystycznego, wymaga bardzo dobrego poznania istniejących lub potencjalnych zagrożeń. Taki lokalny monitoring wnętrza jaskiń miałyby na celu stałą ich kontrolę i pozwalałyby udokumentować kierunki największych zagrożeń (np. rozwój glonów na różnych formach szaty naciekowej) oraz racjonalnie planować i realizować ochronę takich obiektów. Działalność z zakresu ochrony gatunkowej powinna zmierzać do zachowania rodzimych gatunków jaskiniowych, rzadkich, endemicznych, zagrożonych wyniszczeniem. Ale ochrona środowiska przyrodniczego jaskiń to od lat ważny i trudny problem do skutecznego rozwiązania.

## PIŚMIENNICTWO

Anagnostidis K., Komárek J. 1988. *Modern approach to the classification system of cyanophytes, 3-Oscillatoriales*. „Archiv für Hydrobiologie”, Supplement, 80, “Algological Studies”, **50-53**: 327–472.

Asencio A. D., Aboal M. 2000. *Algae from La Serreta cave (Murcia, SE Spain) and their environmental conditions*, “Algological Studies”, **96**: 59–78.

Bisek K., Gradziński M., Wawryka M. 1992. *Jaskinie Ojcowskiego Parku Narodowego. Wąwóz Koziarnia*. Wyd. Ojcowski Park Narodowy, Muzeum im. Prof. Władysława Szafera. Ojców, ss. 52.

Brown R. M., jr., Bold H. C. 1964. *Comparative studies of the algal genera Tetracystis and Chlorococcum*. *Phycological Studies V*. “University of Texas Publ.”, **6417**: 1–213.

Brown R., M., jr., Lean J. R. 1969. *New taxonomic criteria in classification of Chlorococcum species, II. Pyrenoid fine structure*. “Journal of Phycology”, **5**: 114–118.

Czerwik-Marcinkowska J., Mrozińska T. 2008. *Glony i sinice wybranych jaskiń Ojcowskiego Parku Narodowego, [w:] Wody na obszarach chronionych. Streszczenia referatów i przewodnik sesji terenowych. Materiały konferencji naukowej, Pieskowa Skała, 12–14 czerwca 2008 r.*, red. M. Baścik, J. Partyka. Wyd. Ojcowski Park Narodowy. Ojców, s. 54.

Czerwik-Marcinkowska J., Mrozińska T. 2009. *Epilithic algae from caves of the Krakowsko-Częstochowska Upland (Southern Poland)*. „Acta Societatis Botanicorum Poloniae”, **78**, 4: 301–309.

Czerwik-Marcinkowska J., Mrozińska T. 2010. *Ochrona różnorodności biologicznej ekstremalnych siedlisk jaskiniowych Ojcowskiego Parku Narodowego, [w:] Granice ingerencji człowieka na obszarach chronionych. Zasady i modele gospodarowania. Streszczenia referatów i przewodnik sesji terenowych. Materiały konferencji naukowej, Ojców, 17–19 czerwca 2010 r.*, red. J. Partyka. Wyd. Ojcowski Park Narodowy. Ojców, s. 35.

Dobat K. 1970. *Considérations sur la végétation cryptogamique des grottes du Jura Souabe (sud-ouest de l'Allemagne)*. „Annales de Spéléologie”, **25**, 4: 872–907.



Ettl H., Gärtner G. 1988. *Tetrasporales, Chlorococcales, Gloeodendrales, Chlorophyta, II*, [w:] *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, red. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig. Wyd. G. Fischer, Verlag, Stuttgart. New York, s. 1–453.

Ettl H., Gärtner G. 1995. *Syllabus der Boden- Luft und Flechtenalgen*. Wyd. Fischer G., Verlag, Stuttgart, Jena. New York, s. 1–720.

Golubič S. 1967. *Algenvegetation der Felsen*, [w:] *Die Biennengewässer 23, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung*, red. H. J. Elster, W. Ohle. Stuttgart, s. 1–183.

Górny A., Szelerewicz M. 2008. *Jaskinia Szachownica od nowa*. „Jaskinie“, **53**: 30–32.

Gradziński M., Górny A., Szelerewicz M. 1995a. *Jaskinie Ojcowskiego Parku Narodowego, Wąwóz Jamki*. Wyd. Ojcowski Park Narodowy, Muzeum im. Prof. Władysława Szafera. Ojców, ss. 92.

Gradziński M., Wawryka M., Bisek K., Michalska B. 1995b. *Jaskinie Ojcowskiego Parku Narodowego, Dolina Sąspowska, Część Zachodnia*. Wyd. Ojcowski Park Narodowy, Muzeum im. Prof. Władysława Szafera. Ojców, ss. 60.

Gradziński M., Michalska B., Wawryka M., Bisek K. 1996. *Jaskinie Ojcowskiego Parku Narodowego, Chełmowa Góra*. Wyd. Ojcowski Park Narodowy, Muzeum im. Prof. Władysława Szafera. Ojców, ss. 70.

Gradziński M., Michalska B., Szelerewicz M., Wawryka M. 1998. *Jaskinie Ojcowskiego Parku Narodowego, Dolina Prądnika, Część Południowo-Zachodnia*. Wyd. Ojcowski Park Narodowy, Muzeum im. Prof. Władysława Szafera. Ojców, ss. 54.

Gradziński M., Michalska B., Wawryka M., Szelerewicz M. 2007. *Jaskinie Ojcowskiego Parku Narodowego, Dolina Prądnika, Góra Koronna, Góra Okopy*. Wyd. Ojcowski Park Narodowy, Muzeum im. Prof. Władysława Szafera. Ojców, ss. 122.

Gradziński M., Szelerewicz M. 2004. *Jaskinie Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej – liczba i rozmieszczenie*, [w:] *Zróźnicowanie i przemiany środowiska przyrodniczo-kulturowego Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej*, t. 1 – *Przyroda*, red. J. Partyka. Wyd. Ojcowski Park Narodowy. Ojców, s. 69–82.

Komárek J., Anagnostidis K. 1986. *Modern approach to the classification system of cyanophytes 2 – Chroococcales*. „Archiv für Hydrobiologie”, Supplement, **73**, “Algalogical Studies”, **43**: 157–226.

Komárek J., Anagnostidis K. 1989. *Modern approach to the classification system of cyanophytes 4 – Nostocales*. „Archiv für Hydrobiologie”, Supplement, **82**, 3, “Algalogical Studies”, **56**: 247–345.

Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. *Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae*, [w:] *Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/1.*, red. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer, G. Fischer. Wyd. Verlag Stuttgart. New York, s. 1–654.

Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991. *Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*, [w:] *Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/3*, red. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. Wyd. G. Fischer, Verlag, Stuttgart, Jena, s. 1–456.

Mrozińska-Broda T., Czerwik-Marcinkowska J. 2004. *Eukariotic (epilithic) algae found in caves in the Kraków-Częstochowa Upland*, [w:] *Zróźnicowanie i przemiany środowiska przyrodniczo-kulturowego Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej*, t. 1 – *Przyroda*, red. J. Partyka. Wyd. Ojcowski Park Narodowy. Ojców, s. 171–178.

Mulec J. 2005. *Algae in the karst caves of Slovenia* [Ph.D. thesis]. Wyd. University of Ljubljana, ss. 149.

- Mulec J., Gorazd K., Vrhovšek D. 2008. *Characterization of cave aerophytic algal communities and effects of irradiance levels on production of pigment*. "Journal of Cave and Karst Studies", **70**, 1: 3–12.
- Pouličková A., Hašler P. 2007. *Aerophytic diatoms from caves in central Moravia (Czech Republic)*. "Preslia", **79**: 185–204.
- Pedersen K. 2000. *Exploration of deep intraterrestrial microbial life: current perspective*. "MiniReview: FEMS Microbiology Letters", **185**: 9–16.
- Pentecost A. 1992. *A note on the colonization of limestone rocks by cyanobacteria*, „Archiv für Hydrobiologie”, **124**: 167–172.
- Pentecost A., Zhang Z. 2001. *The distribution of plants in Scoska Cave, North Yorkshire, and their relationship to light intensity*. "International Journal of Speleology", **30**: 27–37.
- Pipan T. 2005. *Epikarst- a promising habitat: copepod fauna, its diversity and ecology: a case study from Slovenia (Europe)*. Wyd. ZRC Publishing. Ljubljana, ss. 101.
- Round F. E. 1981. *The ecology of algae*. Wyd. Cambridge University Press. Cambridge, London, New York, New Rochelle, Melbourne, Sydney, ss. 653.
- Starmach K. 1963. *New species of the order Dinococcales (Pyrrhophyta) from the Twardowski Cave in Kraków*. „Acta Hydrobiologica“, **5**, 4: 337–342.
- Szelerewicz M., Górny A. 1986. *Jaskinie Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej*. Wyd. PTTK „Kraj”. Warszawa – Kraków, ss. 200.
- Urban J. 2006. *Prawna i praktyczna ochrona jaskiń w Polsce*. „Chrońmy Przyrodę Ojczystą”, **62**, 1: 53–72.

## SUMMARY

Conservation of highly vulnerable cave ecosystems requires complex scientific research, on the basis of which the extent of changes observed in the environment can be established. The best results can be achieved when entire populations and extremely vulnerable and severely endangered ecosystems are investigated.

This paper describes the study of the alga and *Cyanophyta* assemblages conducted in 6 caves in the Ojców National Park in the spring and summer of 2008. The investigations focused mostly on epilithic algae and their subaeric habitats (rock faces within caves and walls at cave entrances). The morphological and cytological variability of algae were studied in fresh samples, in cultures grown on agar plates and in SPURR preparations. A total of 55 algae species was identified, mostly epilithic species and tolerant of low light intensities. The largest group was formed by representatives of the *Cyanophyta* (22 species), and then the division *Chlorophyta* – 18 species, also 15 species belonging to the class *Bacillariophyceae*. Among the collected algae, the following species deserve special attention: *Bracteacoccus minor*, *Dilabifilum arthopyreniae*, *Muriella decolor*, *Trachychloron simplex*, *Tetracystis intermedia* and *Diadesmis contenta*, *Luticola mutica*, *L. nivalis*. Identification of species was greatly aided by examination of cell ultrastructure, which provided an array of further features, increasing chances of accurate species determination.