

Ocena stanu środowiska przyrodniczego Kielc na podstawie bioty porostów epifitycznych

ANNA ŁUBEK

ŁUBEK, A. 2010. The estimation of natural environment of Kielce town on the basis of the epiphytic lichen biota. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 17(1): 149–163. Kraków. ISSN 1640–629X.

ABSTRACT: Biodiversity of epiphytic lichens was studied in the Kielce town. Spatial differentiation of species richness was used to indicate areas of natural and modified environment. The results are presented as a zone-map.

KEY WORDS: lichens, distribution, species richness, Kielce town.

A. Łubek, Instytut Biologii, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy J. Kochanowskiego, ul. Świętokrzyska 15, PL-25-406 Kielce, Polska; e-mail: alubek@ujk.edu.pl

WSTĘP

Jedną z właściwości porostów jest duża wrażliwość na zmiany warunków środowiskowych i siedliskowych, które często zachodzą pod wpływem różnorodnych oddziaływań człowieka. Do głównych przyczyn powodujących wymieranie, zanikanie stanowisk i kurczenie się zasięgów rodzimych składników bioty porostów, można zaliczyć (CZYŻEWSKA 2003a, b):

– działania pośrednie – zmiany warunków środowiskowych, np. skażenie powietrza, gleb i wód substancjami toksycznymi, zabudowa terenów i zajmowanie ich przez urządzenia komunikacyjne, kamieniołomy, kopalnie odkrywkowe oraz utrzymujące się zaburzenie istniejącego układu stosunków wodnych i masowy ruch turystyczny.

– działania bezpośrednie – fizyczna eliminacja gatunków w wyniku niszczenia ich stanowisk, np. wycinanie starych drzew, usuwanie drewna z lasu.

Różne nasilenie wyżej wymienionych czynników powoduje mniejsze lub większe przekształcenie bioty porostów. Obszarami o szczególnie dużym natężeniu oddziaływania cywilizacji na środowisko są miasta. Porosty dzięki swoim właściwościom, m.in. wrażliwości na występujące w miastach zanieczyszczenie atmosfery dwutlenkiem siarki i tlenkami azotu, stały się bardzo popularnymi bioindykatorami, wykorzystywanymi do oceny stopnia przekształcenia środowiska przyrodniczego. Badania dotyczące zagadnienia wpływu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego na biotę porostów w miastach i strefach podmiejskich

oraz bioindykacji stanu atmosfery przy użyciu porostów prowadzone są już od XIX w. i z różnym natężeniem trwają do dzisiaj (por. CZARNOTA 1998 i MATWIEJUK 2007 i cytowane tam pozycje). Ostatnie prace z tego zakresu wykonane zostały m.in. przez ŚLIWĘ (2000), FAŁTYNOWICZA (2001), CZARNOTĘ (2002), CIEŚLIŃSKIEGO (2003), KUBIAKA (2004), ŁUBEK (2007), MATWIEJUK (2007) i innych. Miasta są obiektami szczególnie intensywnych obserwacji przyrodniczych i badań monitoringowych. To właśnie tu wszelkie zmiany, negatywne i pozytywne, przebiegają ze szczególnym natężeniem i są łatwiejsze do wychwycenia (KEPEL 1999).

Pośród stosowanych metod bioindykacyjnych z wykorzystaniem porostów wymienić należy: metodę florystyczną, gatunków wskaźnikowych (HAWKSWORTH & ROSE 1970; KISZKA 1990; ŚLIWA 2000), analizy udziału form morfologicznych (FAŁTYNOWICZ 1995), a także metody analityczno-chemiczne (SEAWARD 1973; KISZKA 1991; PIŚÚT & LACKOVIČOVÁ 1991), anatomiczno-fizjologiczne (BRODO 1961; PIŚÚT & LACKOVIČOVÁ 1991; PUSTELNIAK 1991b) i fizjologiczne (FERRY & COPPINS 1979; FABISZEWSKI i in. 1983; MISZAŁSKI & NIEWIADOMSKA 1993).

Głównym celem badań jest przedstawienie współczesnego stanu bioty porostów epifitycznych i jej przestrzennego zróżnicowania na obszarze Kielc oraz ocena na tej podstawie stanu środowiska przyrodniczego miasta.

TEREN BADAŃ

Kielce to miasto położone w południowo-centralnej Polsce, makroregionie Wyżyna Kielecka, w zachodniej części mezoregionu Góry Świętokrzyskie (KONDRACKI 2000).

Cechą charakterystyczną miasta jest zróżnicowana rzeźba powierzchni. W części południowej znajdują się porośnięte lasem Pasma Poślowickie – z górami Telegraf i Biesak, Dymińskie oraz fragment Zgórskiego. Przez środek biegnie Pasma Kadzielniańskie, którego wzniesieniami na terenie miasta są Kadzielnia, Karczówka i Grabina. Kielce przecina rzeka Silnica, na północy przepływa Potok Sufragańczyk i Sufraganiec, zaś od strony wschodniej miasto graniczy z rzeką Lubrzanką.

Zbocza i grzbiety pasm pokryte są drzewostanami nawiązującymi do grądów, buczyn, łęgów oraz borów jodłowych, sosnowych i mieszanych (BRÓŻ i in. 1990). Wzdłuż rzek spotyka się zbiorowiska o charakterze zaroślowym z udziałem olszy czarnej, topoli białej, wierzb wąskolistnej i szerokolistnej oraz płaty roślinności szuwarowo-bagiennej, nadwodnej i różne postacie łąk (MACIEJCZAK 1988).

Na terenie Kielc znajdują się skały osadowe różnych ogniw ery paleozoicznej: piaskowce, łupki i kwarcyty pochodzenia kambryjskiego i sylurskiego, wapienie okresu dewońskiego (ZAREBA 1977). Spośród licznych wychodnych skał, naturalnych lub sztucznych odkrywek będących pozostałością po kamieniołomach, na szczególną uwagę zasługują te, które objęte są ochroną rezerwatową, np. Kadzielnia, Ślichowice, Karczówka, Wietrznia i Biesak.

Województwo świętokrzyskie zaliczane jest do mniej zanieczyszczonych obszarów Polski. W porównaniu z województwami sąsiadującymi, województwo to znajduje się na 6 pozycji, pod względem ilości emisji zanieczyszczeń pyłowych oraz na 5 pod względem

emisji zanieczyszczeń gazowych (Informacja o stanie środowiska w województwie świętokrzyskim w roku 2006).

Na terenie Kielc badania jakości powietrza atmosferycznego wykonują 4 stacje monitoringowe: jedna prowadzona przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska i trzy przez Wojewódzką Stację Sanitarно-Epidemiologiczną. Dokonują one pomiarów i rejestracji pięciu podstawowych parametrów niezbędnych do oceny stanu czystości powietrza, tj. dwutlenku siarki (SO₂), dwutlenku azotu (NO₂), tlenku węgla (CO), benzenu (C₆H₄), ołowiu (Pb) i pyłu zawieszonego (PM10 – pył zawieszony o średnicy aerodynamicznej ziaren do 10 μm). Wyniki pomiarów poszczególnych zanieczyszczeń pozwalają na zaklasyfikowanie strefy miejskiej Kielc do klasy: I – dla zanieczyszczenia powietrza SO₂, pyłem zawieszonym oraz C₆H₄, II – dla NO₂, IIIb – dla Pb, gdzie klasa I oznacza, że poziom substancji przekracza górny próg, II – poziom substancji nie przekracza górnego progu i jest wyższy od progu dolnego, IIIb – poziom substancji nie przekracza dolnego progu (Raport o stanie środowiska miasta Kielce 2003).

Analizując dane o emisji zanieczyszczeń gazowych na terenie Kielc (stanowiska przy ulicach: Gałczyńskiego, Al. IX Wieków i Jagiellońskiej) z ostatnich lat stwierdzić należy stopniową tendencję spadkową (Tab. 1). W przypadku pyłu zawieszonego do roku 2000 emisja tego zanieczyszczenia utrzymywała się na stałym poziomie, zaś od 2001 r. obserwowany jest jej niewielki wzrost, który bardzo często przekracza dopuszczalne dobowe stężenia.

Głównymi źródłami emisji zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego na terenie miasta są zakłady energetyki ciepłej (Elektrociepłownia Kielce, kotłownie Kieleckiej Spółdzielni Mieszkaniowej przy ul. Szczecińskiej i Źniwnej oraz kotłownia Miejskiego Przedsiębiorstwa

Tabela 1. Stężenia wybranych zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery na terenie Kielc w latach 1995–2007 (wg „Stan środowiska w województwie świętokrzyskim w roku 2000” i „Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Kielcach 2008”)

Table 1. Concentration of selected pollution emitted to the atmosphere in the Kielce town in 1995–2007 (acc. to „Stan środowiska w województwie świętokrzyskim w roku 2000” and „Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Kielcach 2008”)

Lokalizacja stanowiska (ul.)/ Localization of sites (street)	Stężenia SO ₂ , średnie roczne / Concentration of SO ₂ , average in year μg/m ³										
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2003	2004	2005	2006	2007
Gałczyńskiego	11,9	10,7	11,6	9,1	8,9	6,1	–	–	–	–	–
Al. IX Wieków	16,9	15,5	16,4	13,6	11,6	6,3	5,7	6,0	3,3	13,9	13,4
Jagiellońska	13,9	13,8	12,1	9,4	8,4	6,6	–	–	–	–	–
	Stężenia NO ₂ , średnie roczne / Concentration of NO ₂ average in year μg/m ³										
Gałczyńskiego	32,3	22,8	24,1	20,9	20,1	24,3	–	–	–	–	–
Al. IX Wieków	–	32,4	29,8	26,2	23,4	27,3	6,5	13,0	11,9	27,2	13,4
Jagiellońska	36,7	35,5	29,7	26,0	24,6	29,2	–	–	–	–	–
	Stężenia pyłu zawieszonego, średnie roczne / Concentration of suspension dust, average in year μg/m ³										
Gałczyńskiego	13,6	13,9	17,2	13,7	14,8	13,7	–	–	–	–	–
Al. IX Wieków	19,9	23,6	27,7	22,1	23,2	19,8	30,1	26,5	32,1	37,6	29,1
Jagiellońska	21,4	26,2	26,0	20,6	20,0	19,4	–	–	–	–	–

Energetyki Ciepłej szczególnie przy ul. Hauke Bosaka i Zapomnianej), transport lokalny (największa emisja zanieczyszczeń ma miejsce w godzinach szczytu w centrum miasta, gdzie ruch samochodowy jest największy i jednocześnie najwolniejszy oraz wiąże się z częstym zatrzymaniem i ruszaniem pojazdów), a także zakłady przemysłowe.

Na jakość powietrza na terenie miasta znaczący wpływ mają również zanieczyszczenia napływające z sąsiednich rejonów, a zwłaszcza z Zakładów Cementowo-Wapienniczych „Nowiny” (znajdujących się na liście 80. najbardziej uciążliwych zakładów w kraju) oraz Zakładów Przemysłu Wapienniczego „Trzuskawica” w Sitkowie. Niekorzystny wpływ emisji z wymienionych wyżej zakładów cementowo-wapienniczych na środowisko przyrodnicze, a zwłaszcza na biotę porostów epifitycznych udokumentowany został w pracach: CIEŚLIŃSKI i in. (1982), CIEŚLIŃSKI i JAWORSKA (1986). Osadzające się pyły, poprzez alkaliczację kory drzew, niwelują różnice we właściwościach fizycznych i chemicznych kory, wynikające z przynależności gatunkowej drzewa. Wpływa to na ograniczenie różnorodności siedlisk dla porostów epifitycznych i upodabnianie się bioty porostów epifitycznych rozmaitych gatunków drzew, a tym samym zmniejszanie się zróżnicowania ekologicznego.

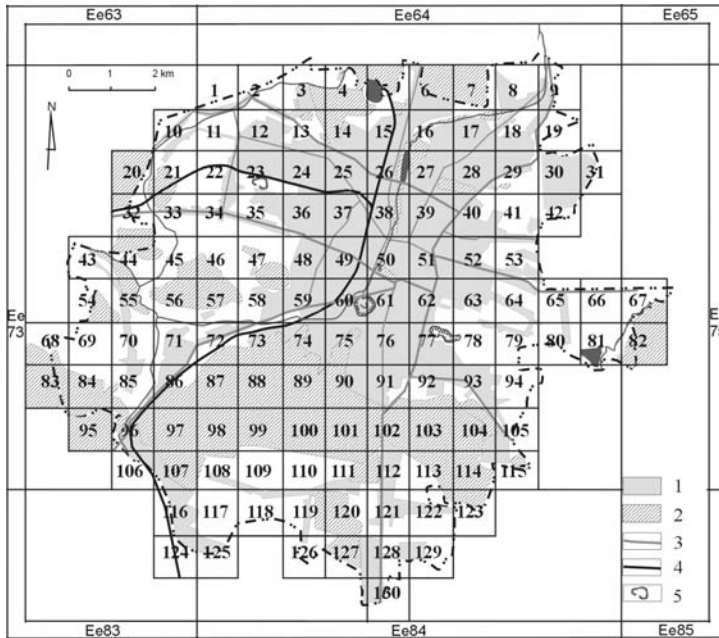
Duża zmienność oraz bogactwo form ukształtowania powierzchni terenu, budowy geologicznej, warunków klimatycznych, hydrologicznych i szaty roślinnej oraz stosunkowo niski poziom zanieczyszczeń powodują, że na terenie Kielc występuje wiele interesujących gatunków porostów z różnych grup ekologicznych: epifity (rosnące na korze drzew), epiksylity (na murszejącym drewnie), epility (na skałach) i epigeity (na glebie). Pierwsze badania lichenologiczne na tym obszarze przeprowadzone zostały przez TOBOROWICZA (1976, 1978), a pojedyncze dane o występowaniu porostów można znaleźć w pracach TOBOLEWSKIEGO (1956), CIEŚLIŃSKIEGO (1979), CIEŚLIŃSKIEGO i in. (1982), ŁUBEK (2009). Ostatnie kompleksowe badania nad porostami Kielc przeprowadzone zostały przez ŁUBEK i CIEŚLIŃSKIEGO (2005). W sumie z terenu miasta znanych jest około 240 gatunków, w tym ok. 120 epifitów.

MATERIAŁY I METODY

W opracowaniu wykorzystano metodę florystyczną polegającą na analizie bogactwa gatunkowego oraz rozmieszczenia na badanym terenie poszczególnych gatunków porostów. Uwzględniono przy tym tylko porosty epifityczne ze względu na duże rozpowszechnienie podłoża (kory drzew) zasiedlanego przez te gatunki oraz udowodnioną znaczną ich wrażliwość na zanieczyszczenia pyłowe i gazowe.

W badaniach terenowych, przeprowadzonych w roku 2005, zastosowano metodę kartogramu. Dla zapewnienia równomiernego rozmieszczenia stanowisk badawczych oraz porównywalności otrzymanych danych teren miasta podzielono na kwadraty o boku 1 km (Ryc. 1). Siatka kwadratów dostosowana jest do ogólnopolskiej sieci ATLICHEN – por. CIEŚLIŃSKI i FAŁTYNOWICZ (1993). Badane kwadraty wchodziły w skład pięciu kwadratów ATLICHEN: Ee73, Ee74, Ee75, Ee83, Ee84. Każdy kwadrat o bokach 1x1 km otrzymał kolejny numer (1–130) w układzie od północnego-zachodu do południowego-wschodu.

W obrębie pojedynczego kwadratu wykonywano dokładny spis wszystkich gatunków porostów epifitycznych. Notowano również informacje o częstości występowania oraz stopniu żywotności plech stwierdzonych gatunków. W trakcie sporządzania spisu gatunków w terenie zbierane były próby wszystkich porostów (w późniejszym etapie pracy pomijano gatunki pospolite ograniczając się do sporządzenia notowania) w celu identyfikacji gatunków w laboratorium. Porosty oznaczono z następujących kluczy i opracowań monograficznych wybranych rodzajów: NOWAK i TOBOLEWSKI (1975), PURVIS i in. (1992), WIRTH (1995a, b), TIMDAL (1984), COPPINS (1983), TØNSBERG (1992), NOWAK (1993). W niniejszym opracowaniu nie uwzględniono proskwatych porostów z rodzaju *Lepraria*.



Ryc. 1. Kielce: 1–130 – numery stanowisk, 1 – tereny zabudowane, 2 – tereny leśne, 3 – główne ulice, 4 – kolej, 5 – nieczynne kamieniołomy

Fig. 1. Kielce town: 1–130 – numbers of sites, 1 – ground buildings, 2 – forests, 3 – streets, 4 – tracks, 5 – inactive quarries

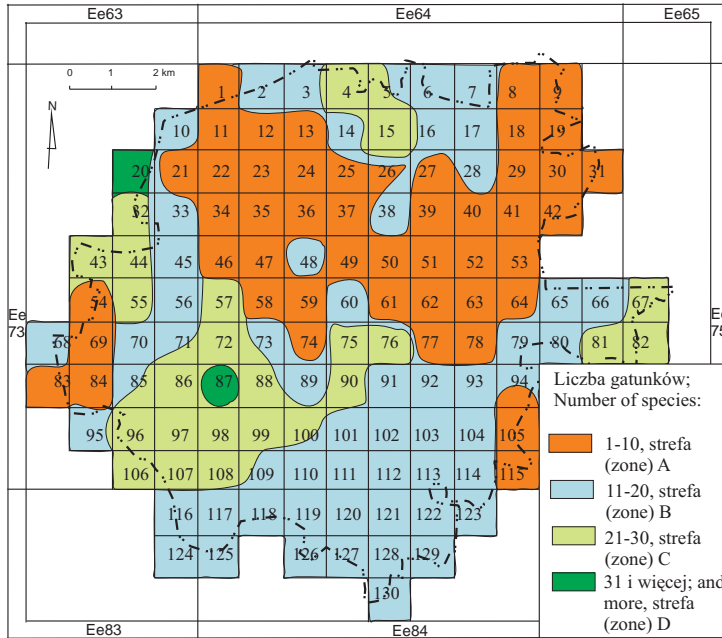
Wykonane spisy wszystkich gatunków porostów nadrzewnych, umożliwiły dokonanie analizy ich występowania na terenie Kielc. Rozmieszczenie każdego gatunku porostu na terenie Kielc opracowane zostało w formie kartogramu przez Łubek i Cieślińskiego (2005).

Stwierdzone liczby gatunków epifitów, na każdym z badanych stanowisk, stanowiły podstawę do wyznaczenia obszarów o dobrze zachowanym lub w różnym stopniu zniekształconym środowisku. Wyróżniono cztery takie strefy (obszary) przyjmując, w zależności od zanotowanej liczby porostów nadrzewnych, następującą skalę: strefa A – 1–10 gatunków, B – 11–20, C – 21–30, D – 31 i więcej.

W celu porównania zmian, jakie nastąpiły w biocie porostów, wykorzystano dane Toborowicza pochodzące z lat 70. XX wieku: materiały zielnikowe zgromadzone w Zielniku Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego J. Kochanowskiego i dane publikowane (TOBOROWICZ 1976, 1978; CIEŚLIŃSKI i in. 1982).

WYNIKI I DYSKUSJA

Analizując przestrzenne zróżnicowanie epifitów na obszarze Kielc wyodrębniono cztery obszary różniące się bogactwem gatunkowym – A, B, C, D (Ryc. 2), które wyznaczają strefy o różnym stanie zachowania środowiska przyrodniczego. Jednym z ważniejszych czynników wpływających na rozmieszczenie gatunków porostów epifitycznych w mieście jest obecność i wielkość terenów „zieleni miejskiej” (lasy, parki, cmentarze, ogródki działkowe itp.). Kielce wyróżniają się dużym pasem lasów, który ciągnie się w południowej i południowo-zachodniej części miasta (zalesione Pasma: Posłowskie, Dymińskie i Zgórskie) oraz pojedynczymi fragmentami leśnymi znajdującymi się w części zachodniej. Jest to wschodni



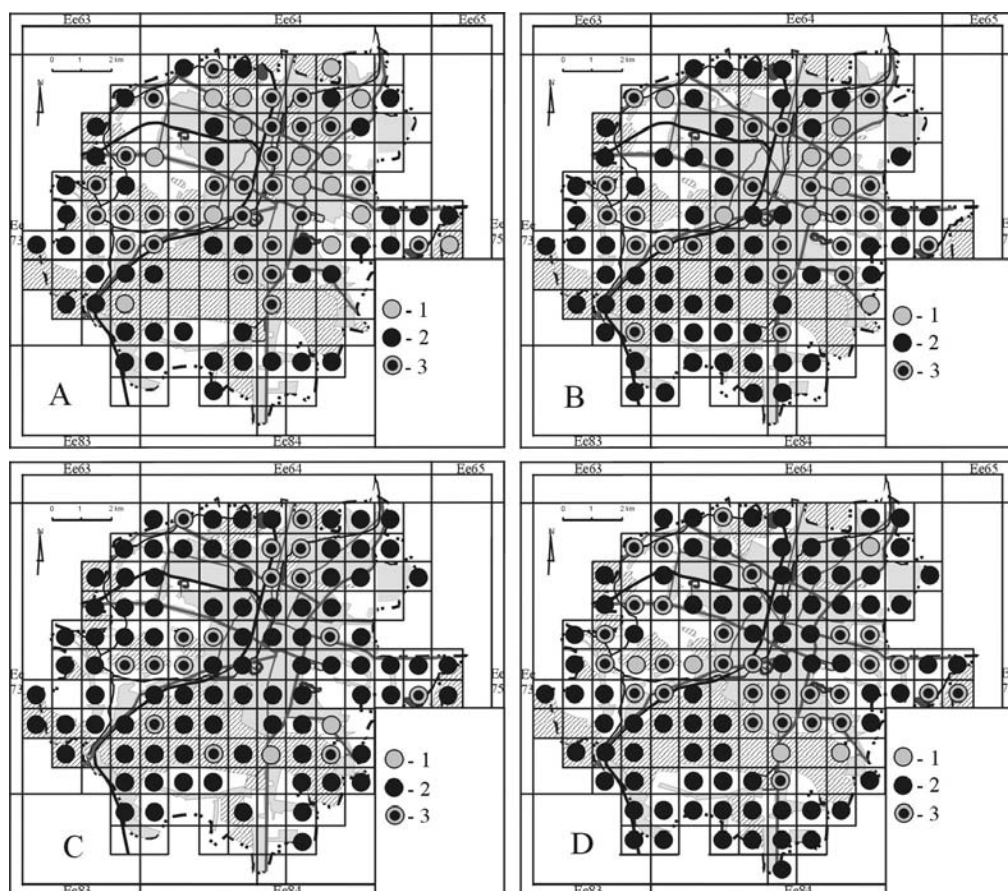
Ryc. 2. Rozkład stref bogactwa gatunkowego porostów epifytycznych na podstawie danych z roku 2005

Fig. 2. The zones of species richness of epiphytic lichens on the basis of data from 2005

i północny (obejmujący Rezerwat Karczówka) fragment Chęcińsko-Kieleckiego Parku Krajobrazowego. Mniejsze obszary leśne zlokalizowane są na obrzeżach północnej i wschodniej (w rejonie rzeki Lubrzanki) części miasta. Parki miejskie zlokalizowane są w centrum Kielc i stanowią niewielką część „zieleni miejskiej”. Ważną rolę w rozmieszczeniu epifitów pełnią cmentarze, na których często rosną stare okazy różnych gatunków drzew. Położone z dala od centrum, stwarzają doskonałe warunki siedliskowe dla porostów nadrzewnych.

Na terenie Kielc nie stwierdzono obszaru bezporostowego (tzw. „pustyni porostowej”) charakteryzującego się zupełnym brakiem porostów epifytycznych, który zaobserwowany został w wielu innych miastach Polski, np. Krakowie (ZURZYCKI 1950), Warszawie (ZIMNY & KUCIŃSKA 1974), Rzeszowie (PUSTELNIAK 1991a), Gdańsku (FAŁTYNOWICZ i in. 1991), Starogardzie Gdańskim (FAŁTYNOWICZ 2001), Poznaniu (KEPEL 1999). Spośród wielu lichenologicznie przebadanych miast, obszar bezporostowy nie występuje również w Toruniu (WILKOŃ-MICHALSKA i in. 1988), Olsztynie (KUBIAK 2004) oraz Białymstoku – tu tylko pojedyncze stanowiska badawcze pozbawione były porostów (MATWIEJUK 2007). W Kielcach zaobserwowano pojedyncze, stare drzewa nieposiadające epifitów. Rosły one najczęściej w pobliżu bardzo ruchliwych ulic lub większych zakładów przemysłowych, np. przy ulicach Skrajnej i Długiej w okolicy Exbudu, Żelaznej i Stolarskiej przy Fabryce Samochodów oraz Warszawskiej. Miejsca te zlokalizowane są w centrum, północno-zachodniej i północno-wschodniej części Kielc. Ponieważ w pobliżu drzew pozbawionych epifitów rosły również takie, na których stwierdzono porosty, nie wyróżniono w mieście strefy bezporostowej.

Na terenie Kielc wyraźnie zaznacza się duży obszar (strefa A) o silnie zmienionym środowisku przyrodniczym (Ryc. 2, kolor pomarańczowy). Obejmuje on centrum, północno-zachodnią i północno-wschodnią część Kielc, na południe sięgając po Pakosz i rezerwat Wietrznia (stanowiska 74, 77, 78). Strefa ta charakteryzuje się ubogą biotą epifitów; stwierdzono tutaj najwyżej do 10 pospolitych gatunków na powierzchni 1 km². Są to porosty wykazujące dużą odporność na antropopresję (warunki klimatu miejskiego oraz zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego SO₂ i NO_x), np.: *Amandinea punctata* (Ryc. 3), *Candelariella xanthostigma* (Ryc. 3), *Caloplaca holocarpa*, *Lecanora conizaeoides* (Ryc. 3), *Physcia adscendens* (Ryc. 3). Na obszarze tym znajduje się największe zagęszczenie zwartej zabudowy i zakładów przemysłowych w Kielcach, np. w północno-zachodniej części analizowanego terenu zlokalizowane są: Elektrociepłownia, Exbud, Polmo SHL, Chemar,



Ryc. 3. Rozmieszczenie wybranych gatunków porostów epifitycznych na terenie Kielc: 1 – w latach 70. XX w., 2 – 2005 r., 3 – w latach 70. XX w. i potwierdzone w 2005 r.; A – *Amandinea punctata*, B – *Candelariella xanthostigma*, C – *Lecanora conizaeoides*, D – *Physcia adscendens*

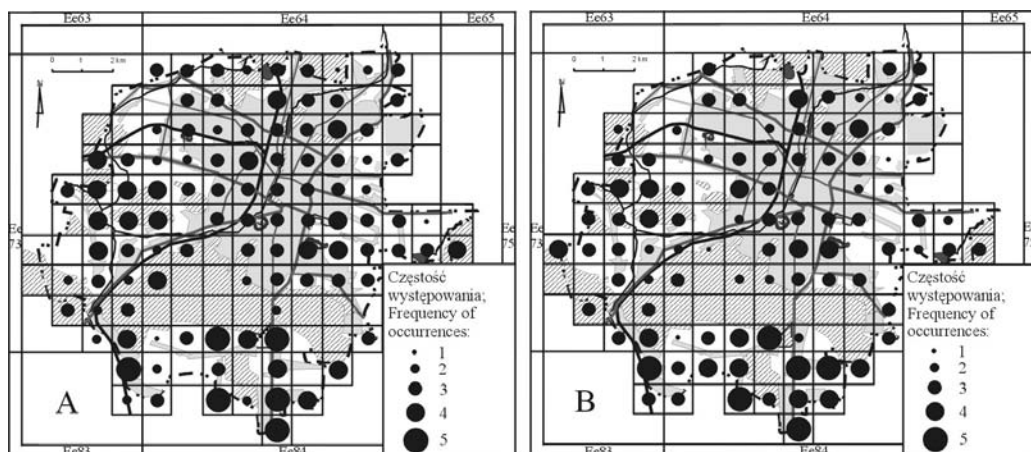
Fig. 3. Distribution of selected epiphytic lichens in the Kielce town: 1 – 70s. of XXth century, 2 – in 2005, 3 – 70s. of XXth century and confirmed in 2005; A – *Amandinea punctata*, B – *Candelariella xanthostigma*, C – *Lecanora conizaeoides*, D – *Physcia adscendens*

dworzec PKP-Herby, w centrum miasta: zabudowania i gęsta sieć ulic o dużym natężeniu ruchu samochodowego. Mała liczba gatunków porostów epifitycznych w części północno-wschodniej i wschodniej miasta: osiedla Dąbrowa, Świętokrzyskie, Na Stoku, Słoneczne i ogródki działkowe, wynika z braku na tych obszarach starszych drzew. Od strony północnej na strefę A wnikają tereny o bogatszej biocie epifitów (Ryc. 2, kolory niebieski i zielony). Jest to obszar, który obejmuje tereny leśne, dolinę rzeki Silnicy, park i cmentarz nad Zalewem, po osiedle Sady. Bogatsze w biotę epifityczną jest również stanowisko 48, w rejonie rezerwartu Karczówka, które stanowi enklawę w obrębie omawianego obszaru.

Obszar B (Ryc. 2, kolor niebieski) charakteryzuje się większym bogactwem gatunkowym epifitów, w stosunku do obszaru poprzedniego, a liczba stwierdzonych gatunków w pojedynczym kwadracie wynosi od 11 do 20. Strefa ta obejmuje tereny o nieco korzystniejszych warunkach siedliskowych dla epifitów. Są one położone w części południowej oraz peryferyjnie w częściach północnej, wschodniej i zachodniej miasta. Znaczne tereny na południu Kielc to zbiorowiska leśne Pasma Posłowskiego (m.in. Góry Telegraf i Dymińska), należące do Chęcińsko-Kieleckiego Parku Krajobrazowego oraz obszary w rejonie Posłowic i Dymin. Te ostatnie znajdują się pod wpływem oddziaływania emisji cementowo-wapienniczych z obszaru miejskiego Sitkówka-Nowiny. Do omawianej strefy należą również peryferyjne fragmenty obszaru miejskiego, na wschodzie: m.in. Domaszowice, na zachodzie: Pietraszki, Dobromyśl, Białogon oraz na północy tereny z fragmentami zbiorowisk leśnych i przylegającymi do rzeki Silnicy.

Południowe rejony Kielc znajdują się w zasięgu emisji zanieczyszczeń pyłowych pochodzących z przemysłu cementowo-wapienniczego. Obecnie stężenie tych pyłów znacznie zmniejszyło się, jednak nadal utrzymują się stosunki florystyczne utrwalone w okresie intensywnej emisji z lat 70. – 80. XX wieku. Dotychczasowe badania wykazały, że pyły są mniej toksyczne dla porostów w stosunku do emisji kwaśnych zawierających SO_2 i NO_x (CIEŚLIŃSKI & TOBOROWICZ 1980; CIEŚLIŃSKI i in. 1982; CIEŚLIŃSKI & JAWORSKA 1986). 'Kwaśne' deszcze wywołują postępujące silne zakwaszenie gleb, wód powierzchniowych i gruntowych oraz wysoką mineralizację i obniżenie odczynu kory drzew. To powoduje, że porosty acydofilne, takie jak np. *Lecanora conizaeoides* i *Hypocenyce scalaris* rozprzestrzeniają się w zmienionym środowisku. Jednak zbyt duże zakwaszenie powoduje zupełną eliminację porostów z zanieczyszczonego terenu i powstanie tzw. „strefy bezporostowej”. W przypadku emisji alkalicznych sytuacja jest odwrotna. Osadzający się pył powoduje neutralizację odczynu kwaśnego podłoża zajmowanych przez porosty (kora drzew, martwe drewno, gleba) i podwyższenie go na silnie zasadowy. Silna impregnacja kory drzew pyłem przyczynia się do ustępowania gatunków acydofilnych i przybywania kalcyfilnych. Dookoła źródła emitującego zanieczyszczenia występują gatunki epifitów, które wymagają podłoża o wysokim odczynie pH (nitrofilne) oraz są odporne na zapylenie i wysuszenie (koniofilne), np. *Lecanora hagenii*, *Lecanora dispersa*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Caloplaca holocarpa*, *Lecania cyrtella* i *Xanthoria parietina*.

Na obszarze południowej części Kielc, będącej w zasięgu pyłów cementowych, na korze drzew masowo występuje, pokrywając całkowicie pnie drzew i posiadając większą częstość występowania w stosunku do reszty terenu, kilka gatunków, np.: *Lecania cyrtella*, *Lecanora hagenii*, *Phaeophyscia orbicularis* (Ryc. 4), *Phaeophyscia nigricans* i *Xanthoria parietina*



Ryc. 4. Rozmieszczenie wybranych gatunków porostów epifitycznych na terenie Kielce: A – *Phaeophyscia orbicularis* i B – *Xanthoria parietina* z uwzględnieniem częstości występowania: 1 – bardzo rzadki, 2 – rzadki, 3 – rozproszony, 4 – częsty, 5 – pospolity

Fig. 4. Distribution of selected epiphytic lichens in the Kielce town: A – *Phaeophyscia orbicularis* and B – *Xanthoria parietina*, under consideration of the frequency: 1 – very rare, 2 – rare, 3 – dispersed, 4 – frequent, 5 – common

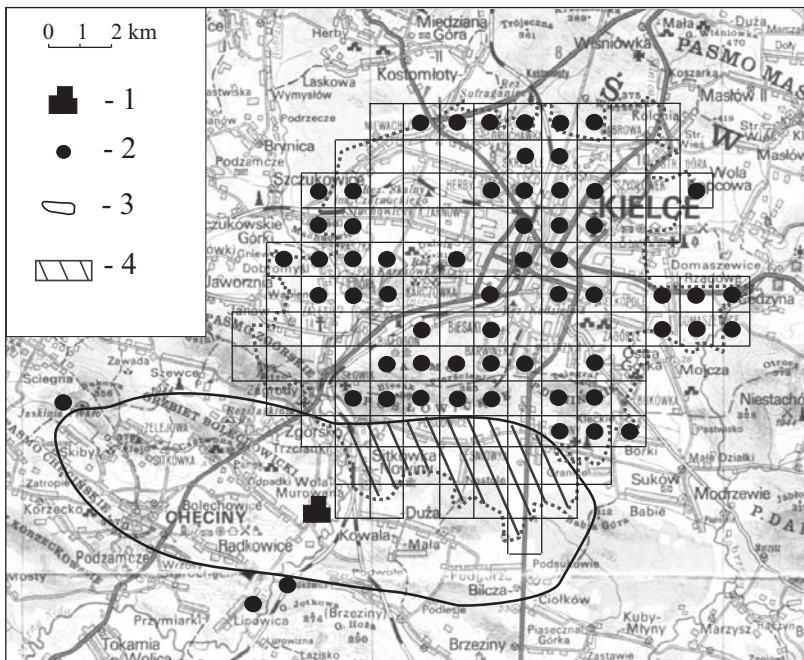
(Ryc. 4). Oddziaływanie pyłów cementowych na środowisko przyrodnicze uwiadcza się również przy analizie współczesnego rozmieszczenia pospolitych, acydofilnych gatunków, jak np. *Pseudevernia furfuracea*, *Parmelia sulcata* i *Hypogymnia physodes* (Ryc. 5). W południowym rejonie Kielce stwierdzono znaczny obszar, na którym gatunki te nie występują. Pojawiają się one dopiero w zbiorowiskach leśnych Pasma Poślowickiego.

Stosunkowo rozległym, najcenniejszym przyrodniczo i bogatym pod względem różnicowania gatunkowego epifitów (liczba gatunków w pojedynczym kwadracie wynosi od 21 do 30) jest obszar C. Obejmuje on najlepiej zachowane fragmenty zbiorowisk leśnych znajdujących się na terenie miasta (Ryc. 2, kolor jasno-zielony). Są to m.in. na zachodzie zbiorowiska leśne należące do Chęcińsko-Kieleckiego Parku Krajobrazowego, znajdujące się pomiędzy rzekami Bobrza i Sufraganiec (stanowiska: 32, 43, 44, 55), na wschodzie lasy położone w pobliżu zbiornika wodnego w Domaszowicach (67, 81, 82).

Na szczególną uwagę zasługuje zachodnia część Pasma Poślowickiego (stanowiska: 86, 87, 88, 96, 97, 98, 99, 107). Jest to teren wyjątkowo interesujący pod względem bogactwa gatunkowego epifitów. Występują tu bardzo rzadkie gatunki w mieście, najczęściej stwierdzone na pojedynczych stanowiskach, tworzące niewielkie populacje, często o słabo wykształconych plechach, np. *Arthonia spadicea* (Ryc. 6), *Arthothelium ruanum*, *Chaenotheca ferruginea* (Ryc. 6), *Ch. xyloxena*, *Graphis scripta* (Ryc. 6), *Imshaugia aleurites*, *Opegrapha vulgata* var. *vulgata* (Ryc. 6), *Parmeliopsis ambigua*, *Platismatia glauca* i inne. Na podkreślenie zasługuje jednak fakt, że nie stwierdzono tu obecnie takich, bardzo cennych gatunków jak: *Pyrenula nitida*, *Ramalina fastigiata*, *Usnea hirta*, *U. rigida*, *U. subfloridana*, odnotowanych przez Toborowicza w latach 70. XX w.

Od strony południowej strefa C wnika w kierunku centrum miasta w postaci wydłużonych pasów. Obejmuje kwadraty, w których znajdują się: zbiorowiska leśne na Górze

Bruszni (57), stadion leśny (stanowisko 90), park przy ul. Szczepanika (75) oraz miejskie cmentarze, przy ul. Ściegiennego, o dużym nagromadzeniu starych drzew (76). W aspekcie zróżnicowania gatunkowego porostów na szczególną uwagę zasługują stare drzewa, zwłaszcza klony, kasztanowce, brzozy i dęby rosnące w okolicach cmentarzy, przy starych kościołach lub alejach. Na drzewach tych utrzymują się przy życiu wrażliwe gatunki skorupiate, listkowane i krzaczkowate. Niektóre z nich są rzadkie w Kielcach, Górach Świętokrzyskich, a nawet Polsce, np.: *Physconia perisidiosa*, *Pleurosticta acetabulum*, *Bacidia rubella*, *Xanthoria fulva* i *Ramalina pollinaria*.

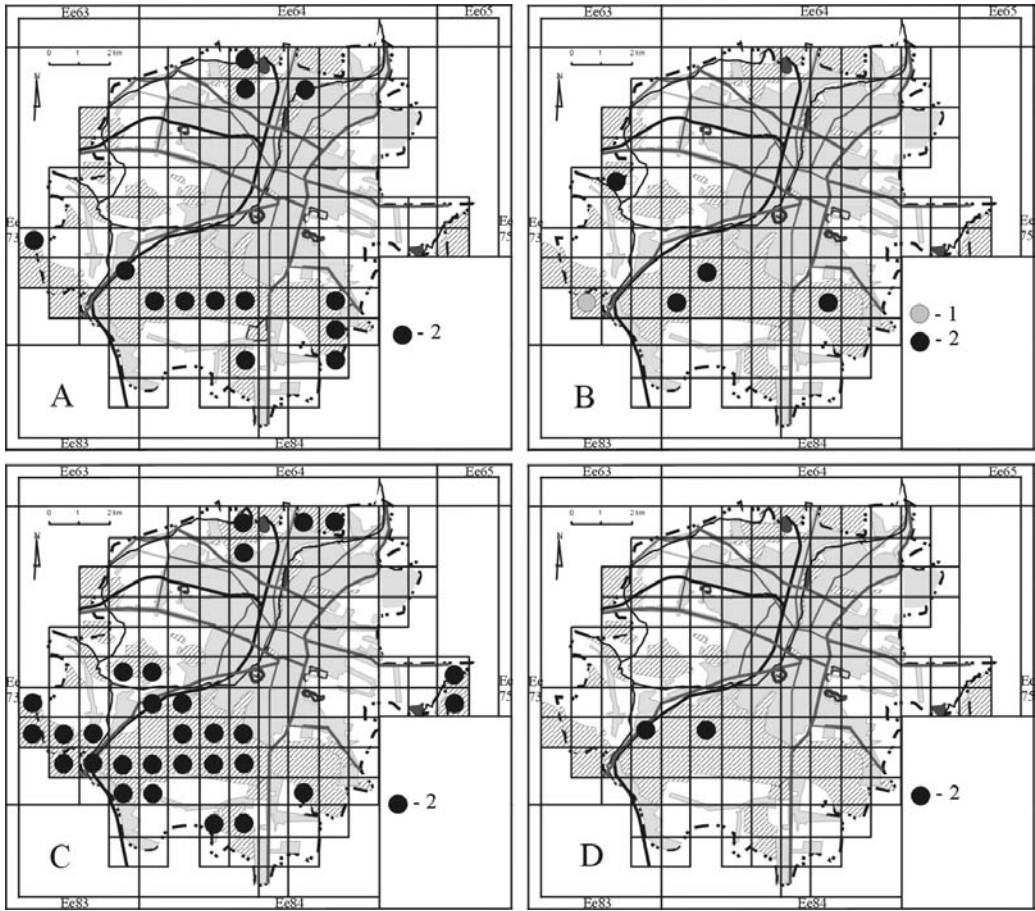


Ryc. 5. Strefa oddziaływania zakładu cementowo-wapienniczego Nowiny wyznaczona na podstawie pojawiania się stanowisk *Hypogymnia physodes* (por. CIEŚLIŃSKI i in. 1982; ŁUBEK & CIEŚLIŃSKI 2005); 1 – cementownia Nowiny, 2 – stanowiska porostu, 3 – strefa oddziaływania pyłów cementowych, 4 – część obszaru miejsiego

Fig. 5. The zone of cement-calcareous Nowiny factory influence as set on basis of *Hypogymnia physodes* occurrence (compare CIEŚLIŃSKI et al. 1982; ŁUBEK & CIEŚLIŃSKI 2005); 1 – cementmill of Nowiny, 2 – sites of the species, 3 – zone of influences of cement dust, 4 – part of the city area

Obszar D wyróżnia się największym bogactwem gatunków porostów epifitycznych w pojedynczym kwadracie, przekraczającym liczbę 31 (kolor ciemno-zielony). Strefa ta stwierdzona została na dwóch stanowiskach: 20 (w zachodniej części Kielce) i 87 – (w rezerwacie Biesak i jego otoczeniu). Stanowisko badawcze nr 87 należy do terenów Chęcińsko-Kieleckiego Parku Krajobrazowego.

Analiza historycznego występowania i rozmieszczenia porostów epifitycznych na terenie Kielce pozwala na ocenę zmian w środowisku przyrodniczym miasta. W latach 70. XX wieku, podobnie jak i współcześnie, na terenie Kielce nie stwierdzono obszaru pozbawionego



Ryc. 6. Rozmieszczenie wybranych gatunków porostów epifitycznych na terenie Kielc: 1 – w latach 70. XX w., 2 – 2005 r.; A – *Arthonia spadicea*, B – *Chaenotheca ferruginea*, C – *Graphis scripta*, D – *Opegrapha vulgata* var. *vulgata*

Fig. 6. Distribution of selected epiphytic lichens in the Kielce town: 1 – 70s. of XXth century, 2 – in 2005; A – *Arthonia spadicea*, B – *Chaenotheca ferruginea*, C – *Graphis scripta*, D – *Opegrapha vulgata* var. *vulgata*

porostów, chociaż odnotowane zostały pojedyncze drzewa na których porosty nie występowały, np. przy ulicach: Okrzei, Czarnowskiej i Żelaznej (Toborowicz 1976). Również układ przestrzenny bogactwa gatunkowego epifitów był podobny do współczesnego. Niemniej jednak obszar o najmniejszej liczbie gatunków (do 10) był nieco mniejszy, w stosunku do danych obecnych, ograniczony do części centralnej i północno-zachodniej miasta. Natomiast znacznie mniejszym bogactwem gatunkowym epifitów, w porównaniu do stanu współczesnego, zaznaczała się południowo-zachodnia część Kielc, w której znajdują się tereny leśne zachodniego fragmentu Pasma Posłowskiego. Obszary o bogatszej biocie epifitów, podobnie jak obecnie, zlokalizowane były na obrzeżach miasta, a najbogatsze znajdowały się w zachodniej i wschodniej części Kielc oraz centralnym fragmencie Pasma Posłowskiego.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na terenie Kielc, zarówno w latach 70. XX w. jak i obecnie, nie stwierdzono „pustyni porostowej” – strefy wyróżnianej w wielu Polskich miastach. Zaznacza się tutaj natomiast wyraźne przestrzenne zróżnicowanie bogactwa gatunkowego bioty porostów epifitycznych, co jest podstawą do wyróżnienia na terenie miasta kilku stref porostowych, które odzwierciedlają stan środowiska przyrodniczego w poszczególnych częściach miasta.

Obecnie najbardziej zmienione środowisko występuje w centrum miasta, jego północno-zachodniej i północno-wschodniej części. Obszarami posiadającymi najbogatszą biotę epifitów są stanowiska obejmujące fragmenty lasu i okolice zbiornika wodnego w Domaśzowicach we wschodniej części miasta, fragmenty lasów położone w zachodniej części miasta i częściowo poza jego granicami oraz okolice rzek Sufraganiec i Bobrza, obejmujące zbiorowiska leśne w zachodnich partiach Pasma Posłowickiego. Są to obszary o stosunkowo dobrze zachowanym stanie środowiska.

Dzięki obecności na terenie Kielc różnej wielkości zbiorowisk leśnych różnorodność bioty porostów tego obszaru miejskiego jest znaczna. W obrębie miasta, mimo wycofywania się wielu gatunków, przy życiu utrzymują się nadal liczne porosty typowo leśne obecnie zagrożone i objęte ochroną prawną.

Na szczególną uwagę zasługuje duży kompleks leśny pokrywający Pasma Dymińskie i Posłowickie, a zwłaszcza jego zachodnia część należąca do Chęcińsko-Kieleckiego Parku Krajobrazowego. Stanowi on swoisty „bufor” dla miasta; przede wszystkim chroni przed oddziaływaniem pyłów cementowych z Białego Zagłębia i pełni funkcję aerosanitarną.

Ważną rolę w środowisku miejskim odgrywają stare drzewa, które nie tylko znacznie wzbogacają krajobraz miasta, ale również wpływają na zachowanie różnorodności gatunków porostów.

Podziękowania. Serdecznie dziękuję Panu Profesorowi Stanisławowi Cieślińskiemu za pomoc w oznaczeniu niektórych gatunków porostów. Bardzo dziękuję Recenzentowi za cenne uwagi i sugestie. Badania częściowo finansowane przez Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy im. J. Kochanowskiego (grant 221/W/07).

LITERATURA

- BRODO I. M. 1961. Transplant experiments with corticolous lichens using a new technique. – *Ecology* **42**: 838–841.
- BRÓZ E., MACIEJCAK B., MOLENDOWSKA D. & MOLENDOWSKI T. 1990. Rośliny naczyniowe Pasm Posłowickiego, Dymińskiego i Zgórskiego w Górach Świętokrzyskich (na obszarze miasta oraz strefy podmiejskiej Kielc). – *Studia Kieleckie* **3–4**(67–68): 43–79.
- CIEŚLIŃSKI S. 1979. Udział oraz rola diagnostyczna porostów naziemnych w zbiorowiskach roślin naczyniowych Wyżyny Kielecko-Sandomierskiej. s. 252. Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Kielce.
- CIEŚLIŃSKI S. 2003. Atlas rozmieszczenia porostów (*Lichenes*) w Polsce Północno-Wschodniej. – *Phytocoenosis* 15 (N.S.), Supplementum Cartographiae Geobotanice **15**: 1–430, Warszawa – Białowieża.
- CIEŚLIŃSKI S. & FAŁTYNOWICZ W. 1993. Note from editors. – W: S. CIEŚLIŃSKI & W. FAŁTYNOWICZ (red.), Atlas of the geographical distribution of lichens in Poland **1**, s. 7–8. Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków.

- CIEŚLIŃSKI S. & JAWORSKA E. 1986. Zmiany we florze porostów sosny (*Pinus sylvestris* L.) pod wpływem emisji zakładów przemysłu cementowo-wapienniczego i wydobywczego. – *Acta Mycol.* **22**(1): 3–14.
- CIEŚLIŃSKI S. & TOBOROWICZ K. 1980. Wpływ pyłów przemysłu cementowo-wapienniczego na rozmieszczenie wybranych gatunków porostów w rejonie „Białego Zagłębia” koło Kielc. – *Studia Kieleckie* **3**: 7–20.
- CIEŚLIŃSKI S., TOBOROWICZ K. & SEPSKI S. 1982. Wpływ emisji przemysłu cementowo-wapienniczego na florę porostów epifitycznych na obszarze kieleckiego okręgu eksploatacji surowców węglanowych. – *Rocz. Świętokrzyski* **10**: 68–98.
- COPPINS B. J. 1983. A taxonomic study of the lichen genus *Micarea* in Europe. *Bull. of the British Museum (Natural History)*. – *Botany Ser.* **11**(2): 1–214.
- CZARNOTA P. 1998. Porosty jako indykatory zanieczyszczenia środowiska – przegląd metod lichenindykacyjnych. – *Przegląd Przyrodniczy* **9**(1–2): 55–72.
- CZARNOTA P. 2002. Epiphytic lichens as criteria for ecological conditions in forest environment of the Gorce National Park (Western Beskidy, Carpathians, S. Poland). – W: X. LLIMONA, H. T. LUMBSCH & S. OTT (red.), *Progress and problems in lichenology At the turn of the millenium – IAL 4*. – *Bibliotheca Lichenologica* **82**: 197–207.
- CZYŻEWSKA K. 2003a. Wprowadzenie. – W: K. CZYŻEWSKA (red.), *Zagrożenie porostów w Polsce*. – *Monogr. Bot.* **91**: 5–11.
- CZYŻEWSKA K. 2003b. Ocena zagrożenia bioty porostów Polski. – W: K. CZYŻEWSKA (red.), *Zagrożenie porostów w Polsce*. – *Monogr. Bot.* **91**: 241–249.
- FABISZEWSKI J., BREJ T. & BIELECKI K. 1983. Plant indication examinations on environmental influence of cooper smelter. – *Pr. Wrocł. Tow. Nauk., Ser. B.* **207**: 1–100.
- FAŁTYNOWICZ W. 1995. Wykorzystanie porostów do oceny zanieczyszczenia powietrza. *Zasady, metody, klucze do oznaczania wybranych gatunków*. s. 141. Centrum Edukacji Ekologicznej Wsi Krosno.
- FAŁTYNOWICZ W. 2001. Ocena stopnia zanieczyszczenia powietrza w Starogardzie Gdańskim przy wykorzystaniu porostów jako wskaźników biologicznych. – *Pr. Geograficzne* **179**: 187–195.
- FAŁTYNOWICZ W., IZYDOREK I. & BUDZBON E. 1991. The lichen flora as bioindicator of air pollution of Gdańsk, Sopot and Gdynia. – *Monogr. Bot.* **73**: 1–53.
- FERRY B. W. & COPPINS B. J. 1979. Lichen transplant experiments and air pollution studies. – *Lichenologist* **11**(1): 63–73.
- HAWKSWORTH D. L. & ROSE T. 1970. Qualitive scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. – *Nature* **227**: 145–148.
- Informacja o stanie środowiska w województwie świętokrzyskim w roku 2006. M. JANISZEWSKA (red.), Inspekcja Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Kielcach. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Kielce 2007, <http://www.kielce.pios.gov.pl/raporty/rocz/2007/wstep.pdf>
- KEPEL A. 1999. Porosty Poznania jako wskaźniki zanieczyszczenia atmosfery. s. 237. Mskr. rozprawy doktorskiej, Uniw. im. A. Mickiewicza, Poznań.
- KISZKA J. 1976. Korelacja pomiędzy występowaniem porostów rodzaju *Usnea* w okolicach Krakowa a zanieczyszczeniem powietrza przez dwutlenek siarki. – *Acta Mycol.* **12**(2): 261–263.
- KISZKA J. 1990. Lichenindykacja obszaru województwa krakowsko-częstochowskiego. – *Studia Ośr. Dokum. Fizjogr. PAN* **18**: 201–212.
- KISZKA J. 1991. Kumulacja siarki w plechach *Hypogymnia physodes* i korze forofitów na torfowiskach wysokich przy Bieszczadzkim Parku Narodowym. – W: *Biologiczne mechanizmy procesów adaptacyjnych*, s. 72–73. Wyd. Nauk. Wyższ. Szk. Ped., Kraków.
- KONDRACKI J. 2000. *Geografia regionalna Polski*. s. 441. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.

- KUBIAK D. 2004. Porosty Olsztyna na tle antropogenicznych przekształceń środowiska. s. 169. Mskr. rozprawy doktorskiej, Uniw. Warmińsko-Mazurski, Olsztyn.
- ŁUBEK A. 2007. Antropogeniczne przemiany bioty porostów Świętokrzyskiego Parku Narodowego i otuliny. – *Fragm. Flor. Geobot. Polonica. Suppl.* **10**: 3–94.
- ŁUBEK A. 2009. Wybrane interesujące gatunki porostów zebrane w Kielcach. – *Fragm. Flor. Geobot. Polonica* **16**(1): 127–134.
- ŁUBEK A. & CIEŚLIŃSKI S. 2005. Ocena stopnia przekształcenia środowiska przyrodniczego Kielc na podstawie stanu zachowania porostów i mszaków, z uwzględnieniem dolin rzecznych. Atlas rozmieszczenia gatunków porostów na obszarze miejskim Kielc. s. 137. Mskr, Zakład Botaniki, Akademia Świętokrzyska, Kielce.
- MACIEJCZAK B. 1988. Flora synantropijna Kielc, Skarżyska-Kamiennej i Starachowic. s. 162. Wyd. Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce.
- MATWIEJUK A. 2007. Porosty Białegostoku jako wskaźniki zanieczyszczenia atmosfery. **2**. s. 102. Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok.
- MISZAŁSKI Z. & NIEWIADOMSKA E. 1993. Comparison of sulphite oxidation mechanisms in three lichen species. – *New Phytol.* **123**: 345–349.
- NOWAK J. 1993. Porosty (*Lichenes*). **6**(3). *Physciaceae* sensu stricto. s. 28. Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Warszawa – Kraków.
- NOWAK J. & TOBOLEWSKI Z. 1975. Porosty polskie. Opisy i klucze do oznaczania porostów w Polsce dotychczas stwierdzonych lub prawdopodobnych. s. 1177. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa – Kraków.
- PIŠÚT I. & LACKOVIČOVÁ A. 1991. Flechtenindikation im Gebiet von Bratislavia (S. W. Slowakei). – Kolloquium: Bioindikation ein Wirksames Instrument der Umweltkontrolle. Wien, 24–26 September 1991. *VDI Berichte* **901**: 134–142.
- PUSTELNIAK L. 1991a. Epiphytic lichens of the city Rzeszów (South-eastern Poland). – *Zesz. Nauk. Uniw. Jagiellońskiego, Pr. Bot.* **22**: 171–191.
- PUSTELNIAK L. 1991b. Application of the transplantation method in studies on the influence of the urban environment upon the vitality of *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. thalli. – *Zesz. Nauk. Univ. Jagiell., Pr. Bot.* **22**: 193–201.
- PURVIS O. W., COPPINS B. J., HAWKSWORTH D. L., JAMES P. W. & MOORE D. M. 1992. The lichen flora of Great Britain and Ireland. s. 710. Natural History Museum Publications in association with The British Lichen Society.
- Raport o stanie środowiska miasta Kielce 2003. B. MAKSYMOWICZ, A. RYBKA, M. LIS, A. BISKUPSKA, I. SZCZYGIEL & A. KULCZYKOWSKI (red), Urząd Miasta Kielce, Wydział Gospodarki Komunalnej i Ochrony Środowiska, Kielce 2004, <http://kielce.um.kielce.pl/srodowisko/pliki/rap01.pdf>
- Stan środowiska przyrodniczego w województwie świętokrzyskim w roku 2000. Raport. Inspekcja Ochrony Środowiska. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Kielcach. Wydział Ochr. Środ. i Rol. Świętokrzyskiego Urzędu Wojewódzkiego w Kielcach, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Kielce 2001, <http://www.kielce.pios.gov.pl/raporty/rocz/2001/index.html>
- SEAWARD M. R. D. 1973. Lichen ecology of the Scunthorpe heathlands. I. Mineral accumulation. – *Lichenologist* **5**: 423–433.
- ŚLIWA L. 2000. Lichenoindykcja zmian środowiska naturalnego Beskidu Sądeckiego. – *Ochr. Przyr.* **57**: 41–49.
- TIMDAL E. 1984. The genus *Hypocenomyce* (*Lecanorales, Lecideaceae*), with special emphasis on the Norwegian and Swedish species. – *Nord. J. Bot.* **4**: 83–108.

- TOBOLEWSKI Z. 1956. Przyczynek do flory porostów skał wapiennych Gór Świętokrzyskich. – Spraw. Pozn. Tow. Przyj. Nauk za II i IV kwartał 1956, s. 75–77.
- TOBOROWICZ K. 1976. Porosty miasta Kielc i najbliższej okolicy. – *Fragm. Flor. Geobot.* **22**(4): 575–603.
- TOBOROWICZ K. 1978. Porosty rezerwatów obszaru miejskiego Kielc. – *Studia Kieleckie* **2**(18): 17–24.
- TØNSBERG T. 1992. The sorediate and isidiate, corticolous, crustose lichens in Norway. – *Sommerfeltia* **14**: 1–331.
- WIRTH V. 1995a. Flechtenflora. Bestimmung und Ökologische Kennzeichnung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. s. 661. 2 Auflage. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.
- WIRTH V. 1995b. Die Flechten Baden-Württembergs. Bd. **1, 2**, s. 1006. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- WILKOŃ-MICHALSKA J., GLAZIK N. & KALIŃSKA A. 1988. Porosty miasta Torunia. – *Acta Univ. Nicolai Copernici, Nauki Mat.-Przyr., Biol.* **29**(63): 209–253.
- Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Kielcach. 2008. Inspekcja Ochrony Środowiska. Monitoring Środowiska, <http://www.kielce.pios.gov.pl/monit/pomautom.htm>
- ZARĘBA K. 1977. Charakterystyka środowiska geograficznego obszaru miasta Kielc. – *Rocz. Świętokrzyski, Pr. Geogr. i Geol.* **5**: 33–58.
- ZIMNY H. & KUCIŃSKA K. 1974. Porosty Warszawy jako biowskaźniki zaburzeń środowiska miejskiego. – *Instytut Gosp. Kom., Przegląd Inform. Zieleni Miejska* **10**(1): 13–21.
- ZURZYCKI J. 1950. Badania nad nadrzewnymi porostami Krakowa i okolicy. – *Mat. Fizjogr. Kraju PAU* **24**: 1–30.

SUMMARY

The aim of the study was to present the spatial differentiation of epiphytic lichen biota in the Kielce town. The area of the town was divided into 130 square (sites) of 1 km² (Fig. 1) and the species richness was investigated in each square. Four zones were set, depending on the number of epiphytic species per site: A – 1–10 species, B – 11–20, C – 21–30, D – 31 and more (Fig. 2). The zones indicated areas of well preserved and modified environment. In the Kielce town the area without lichens was not certified.

Przyjęto do druku: 07.11.2009 r.