

MARIA OLECH i EUGENIUSZ DUBIEL

Instytut Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego
Lubicz 46, 31-512 Kraków
e-mail: olech@ib.uj.edu.pl

SZATA ROŚLINNA JAKO SKŁADNIK EKOSYSTEMÓW LĄDOWYCH ARKTYKI

WSTĘP

Tundra arktyczna, ze względu na specyfikę krajobrazu i rozległość zajmowanego obszaru, była od dawna przedmiotem zainteresowania przyrodników. Biom ten, obok łąk, lasów i pustyń, stał się jednym z głównych obiektów badawczych Sekcji Produktyności Ekosystemów Lądowych Międzynarodowego Programu Biologicznego (ROSSWALL i HEAL 1975). Badania biologiczne w obszarach arktycznych nasiliły się w ostatnich czasach w związku z zagrożeniem jakie niesie rozwój poszukiwań i eksplo-

atacji bogactw mineralnych, głównie paliw. Także postępujący gwałtownie rozwój turystyki stwarza duże zagrożenie dla środowiska przyrodniczego tych obszarów.

Ekosystemy tundrowe cechuje dominacja organizmów zarodnikowych w szacie roślinnej, krótki okres wegetacyjny (występowanie wiecznej zmarzliny), niezbilansowanie procesów produkcji i dekompozycji materii organicznej oraz skrócone i bardzo uproszczone łańcuchy troficzne.

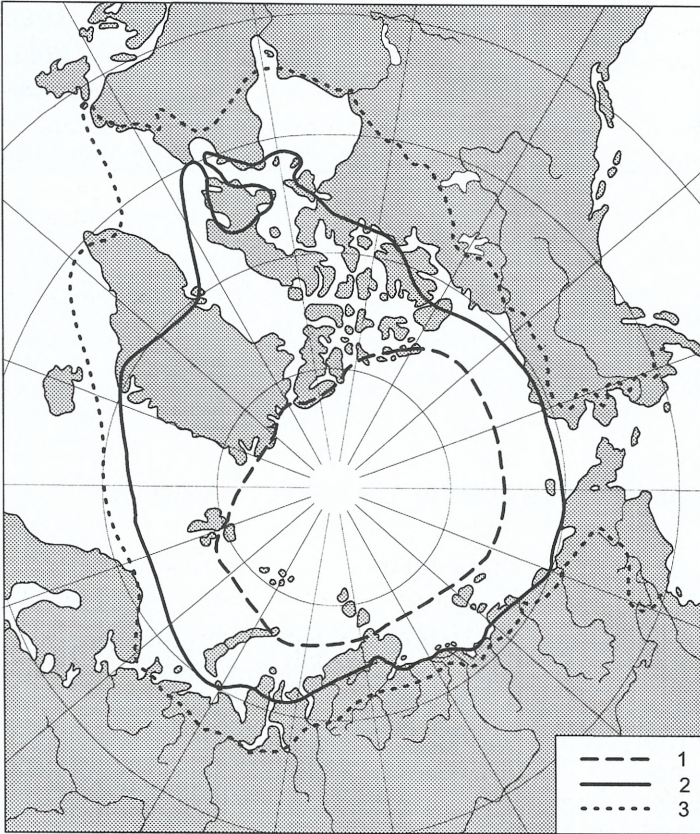
PODZIAŁY GEOBOTANICZNE ARKTYKI

Wśród wielu propozycji podziału Arktyki największym uznaniem cieszy się podział zaproponowany przez ALEKSANDROVĄ (1980). Wyróżnia ona region pustyń arktycznych i region tundry zróżnicowany na subregion tundry arktycznej i subregion tundry subarktycznej (Ryc. 1). Rozległe obszary pustyń arktycznych i tundry podzielone są na kilkanaście prowincji. Poszczególne prowincje charakteryzują się obecnością określonych taksonów roślin. Dla prowincji tundry subarktycznej charakterystyczne są między innymi różne gatunki brzoź: *Betula nana*, *B. exilis*, *B. middendorffii* i *B. glandulosa* oraz wierzb: *Salix glauca*, *S. phylicifolia*, *S. planifolia*, *S. krylovii* i tak dalej, a także turzyc i roślin z rodziny wrzosowatych: *Vaccinium uliginosum* subsp. *microphyllum*, *Empetrum hermaphroditum*, *Oxycoccus palustris* subsp. *microphyllus*, *Cassiope tetragona*. Dla prowincji tundry arktycznej charakterystyczne są krzewinki takie, jak niskie wierzby: *Salix polaris*, *S. pseudopolaris*, *S. arctica*, dębiki: *Dryas octopetala*, *D. punctata*, *D. integrifolia*, rośliny zielne (turzycy), mszaki i porosty. Pustynie arktyczne

wyróżniają rośliny zielne z rodzajów: *Draba*, *Saxifraga*, *Papaver* oraz mchy i porosty. Szczególnie interesujący polskich polarników Svalbard zaliczany jest do subregionu tundry arktycznej i autonomicznego okręgu — Spitsbergen.

Do interesujących podziałów geobotanicznych należy podział Arktyki Europejskiej zaproponowany przez ELVEBAKKA (1985) oparty o kryteria fitosocjologiczne, a mianowicie dominujące związki zbiorowisk roślinnych (Ryc. 2). I tak dla pustyń arktycznych jest charakterystyczna obecność zbiorowisk ze związku *Papaverion dahlmani*, dla strefy północnej tundry arktycznej — *Luzulion arcticae*, i tak dalej. Obszar Svalbardu znajduje się według tego autora głównie w strefie pustyń arktycznych i strefie północnej tundry arktycznej, a tylko nieznacznie w strefie środkowej (pośredniej) tundry arktycznej.

Sporządzono szereg map przedstawiających podział geobotaniczny Svalbardu. Jedną z ostatnich, opartą na najnowszych badaniach, jest mapa autorstwa THANNHEISERA (1996). Autor ten wyróżnia na Svalbardzie cztery strefy: 1) strefę pustyń arktycznych, 2) strefę północ-

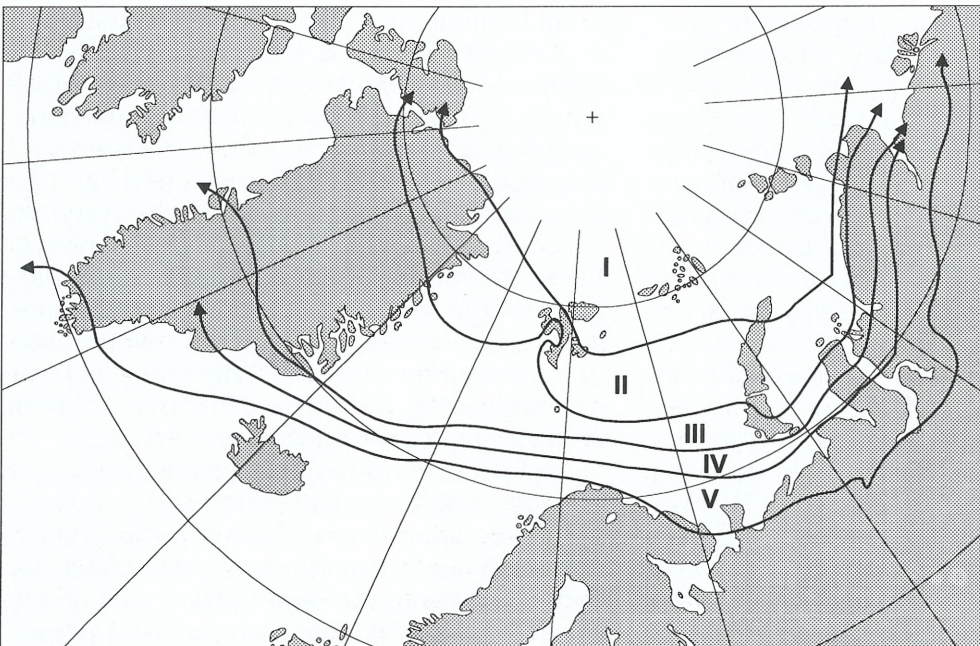


Ryc. 1. Geobotaniczny podział Arktyki (według ALEKSANDROWEJ 1980, zmienione). 1 — granice pustyni arktycznych, 2 — zasięg tundry arktycznej, 3 — zasięg tundry sub-arktycznej

nej tundry arktycznej, 3) strefę środkowej tundry arktycznej i 4) strefę wewnętrzną dużych fiordów (Ryc. 3). Obszar rejonu Hornsundu na Spitsbergenie leży głównie w strefie północnej tundry arktycznej, a tylko zachodni skrawek Sörkapplandu należy do środkowej tundry arktycznej i wybrzeże wschodnie do pustyni arktycznych.

Analizując szczegółowo florę i roślinność niewielkiego obszaru można przeprowadzić po-

działy geobotaniczne bardziej drobiazgowo. W rejonie północno-zachodniego Sörkapp Land, zaliczanego generalnie do strefy środkowej tundry arktycznej, znajdują się także pustynie arktyczne występujące w górach powyżej 150 m n.p.m., a nawet na kamienistych wybrzeżach w strefie oddziaływania silnych wiatrów. Dokładna analiza rozmieszczenia gatunków roślin pozwala na wyróżnienie jednostek geobotanicznych najniższego rzędu — odcinków. W północ-



Ryc. 2. Podział geobotaniczny europejskiej tundry arktycznej (według ELVEBAKKA 1985, zmienione).

I — strefa pustyni arktycznych, II — strefa północnej tundry arktycznej, III — Strefa pośredniej tundry arktycznej, IV — strefa południowej tundry arktycznej, V — tundra subarktyczna.

no-zachodnim Sörkapp Land można wyróżnić między innymi następujące odcinki (DUBIEL 1991):

1) wilgotne terasy nadmorskie pod Sergeijefjellet i Lidfjellet z takimi gatunkami jak: *Ranunculus pallasii*, *R. spitsbergensis* i *Eriophorum scheuchzeri*,

2) równina nadmorska Brejnesflya, którą wyróżniają: *Arctagrostis latifolia*, *Melandrium apetalum* i *Ranunculus glacialis*,

3) równina nadmorska Törrflya, na której lokalne stanowiska mają: *Braya purpurescens* i *Eutrema edwardsii*,

4) podniesione terasy i zbocza górskie z takimi gatunkami jak: *Arabis alpina*, *Campanula uniflora*, *Equisetum variegatum*, *Minuartia rubella*, *Potentilla hyparctica*, *Salix reticulata* i *Trisetum flavescens*,

5) sandry i moreny z bardzo ubogą florą reprezentowaną przez wszędobylskie gatunki, takie jak: *Cochlearia groenlandica*, *Poa alpina* var. *vivipara*, *Saxifraga caespitosa* i *S. oppositifolia*.

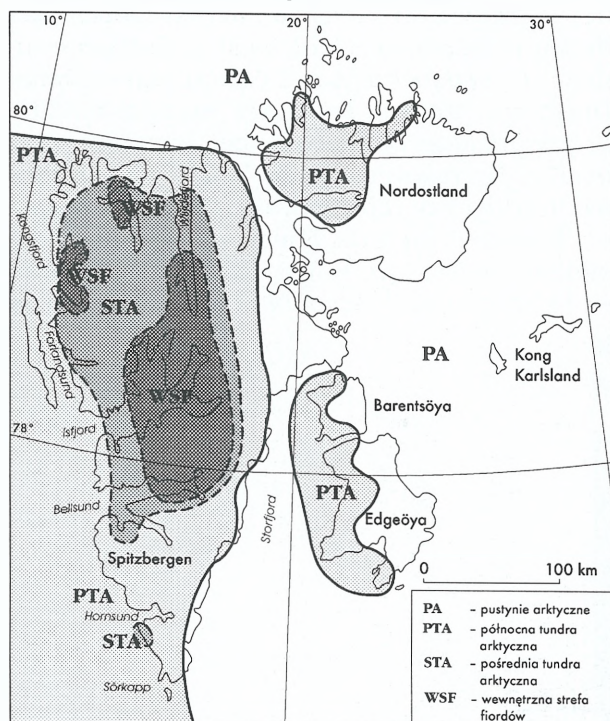
UWAGI O FLORZE

We florze obszarów arktycznych dominują rośliny zarodnikowe, głównie porosty (grzyby lichenizowane) i mszaki, natomiast udział roślin kwiatowych jest niewielki. Generalnie liczba gatunków maleje w miarę jak przesuwamy się od tundry subarktycznej do położonych daleko na północy pustyń arktycznych. Duży wpływ na florę miały zlodowacenia pleistoceny. Tereny z których lodowce ustąpiły bardzo późno posiadają florę bardzo młodą i ubogą, natomiast tam gdzie nie było zlodowaceń (Alaska, Syberia Wschodnia) flora jest stara i dość bogata, charakteryzująca się dużą liczbą endemitów. Nierównomierne rozmieszczenie roślin w Arktyce zaznacza się szczególnie w odniesieniu do roślin kwiatowych (Tabela 1).

Z dobrze znanego polskim polarnikom obszaru Svalbardu znanych jest 164 gatunków roślin naczyniowych, przy czym, jakby wbrew logice, najwięcej jest ich w części środkowej i północnej wyspy Spitsbergen. Sytuacja taka jest spowodowana oddziaływaniem prądów morskich, zimnego Prądu Przylądkowego opływającego południową część wyspy i ciepłego Prądu Zatokowego docierającego do środkowej i północnej części.

Bogactwo florystyczne porostów całej Arktyki szacowane jest na przeszło 2000 gatunków; obecnie trudno ustalić dokładną listę gatunków tego obszaru. W związku z nierównomiernym zbadaniem różnych rejonów Arktyki, nadal jeszcze prowadzone są poszukiwania terenowe, z drugiej strony rewizje taksonomiczne powodują duże zmiany w liczebności taksonów. Ostatnie dane dotyczące najbardziej interesującego nas Svalbardu (ELVEBAKK i HERTEL 1996) wykazują 597 gatunków porostów (grzybów lichenizowanych).

W ostatnich latach coraz więcej uwagi poświęca się zaniedbywanej dotychczas grupie grzybów, które występują na plechach porostów; są one szczególnie rozpowszechnione w rejonach polarnych. Naporostowe grzyby przedstawiają różne formy współżycia i reprezentują różne strategie życiowe. Większość z nich to fakultatywne albo obligatoryjne pasożyty, powodujące zmiany nekrotyczne lub obumieranie plech porostu gospodarza. Znacznie mniejszą grupę stanowią saprofity lub parasymbionty. Szczególnie interesujący jest ten ostatni przypadek, gdy w symbiozie porostowej z jednym gatunkiem glonu współżyją dwa gatunki grzyba. Stan zbadania tej interesującej grupy jest wielce niezadawalający. Można podać jedynie, że z Grenlandii znamy dotychczas około 130 gatunków, zaś ze Svalbardu ponad 60. Badania prowadzone na Spitsbergenie pozwoliły uzupeł-



Ryc. 3. Geobotaniczny podział Svalbardu (według THIANHEISERA 1996, zmienione).

Tabela 1. Liczba gatunków roślin naczyniowych w różnych regionach Arktyki

Region	Autor	Liczba gatunków roślin naczyniowych
Alaska	HULTÈN 1968	1,559
Grenlandia	BÖCHER i współaut. 1968	ok. 550
Ziemia Franciszka Józefa	ALEKSANDROWA 1983	57
Ziemia Północna	ALEKSANDROWA 1983	75
Nowa Ziemia (cz. północna)	ALEKSANDROWA 1983	75
Svalbard	RÖNNING 1979	164
w tym: Björnøa	RÖNNING 1959	64
Edgeøa	HOFFMANN 1968	74
Sassen Quarter (Isfiord)	HADAĆ 1944	124
Rejon Hornsundu	KUC i DUBIEL 1995	92

nić listę tych organizmów o przeszło 30 nowych gatunków, w tym nowe dla nauki rodzaje i gatunki (ALSTRUP i OLECH 1993).

Trudno także ustalić liczbę gatunków mszaków dla obszaru Arktyki; według ostatnich szacunków flora ta wynosi około 600–700 gatunków.

Rozpatrując zasięgi poszczególnych gatunków roślin naczyniowych można wyróżnić cały szereg elementów geograficznych. We florze rejonu Hornsundu prawie 50% gatunków reprezentuje element arktyczny. Gatunki te występują wyłącznie w Arktyce, przy czym mogą być rozmieszczone wokół bieguna (cyrkumpolarne) na przykład *Arctophila fulva*, *Carex subspathacea*, *Dupontia psilosantha*, *Phippsia algida*, *Ranunculus hyperboreus* i *Saxifraga nivalis*, w strefie przyatlantyckiej (amfiatlantyckie) np. *Cerastium arcticum*, *Festuca vivipara*, *Papaver*

dahliaenum (Ryc. 4) i *Pedicularis hirsuta* lub w strefie euroazjatyckiej np. *Phippsia concinna*. Do szczególnie interesujących roślin reprezentujących element arktyczny należy skalnica śnieżna (*Saxifraga nivalis*), która posiada odezwane od głównego zasięgu stanowisko w polskiej części Karkonoszy. Roślina ta należy u nas do zagrożonych i znalazła się w Polskiej Czerwonej Księdze Roślin. Druga duża grupa roślin reprezentuje element arktyczno-alpejski (45%). Rośliny te, poza Arktyką, występują jeszcze w górach systemu alpejskiego. Z tej grupy mają swoje stanowiska w Tatrach: *Oxyria digyna*, *Poa alpina*, *Polygonum viviparum*, *Ranunculus glacialis*, *R. pygmaeus*, *Salix herbacea*, *S. reticulata*, *Saxifraga aizoides*, *S. cernua*, *S. hieracifolia*, *S. hirculus*, *S. oppositifolia* i *Silene acaulis*. Tylko kilka gatunków z flory Svalbardu stanowi element borealny (cyrkumborealne); są to między innymi: *Calamagrostis neglecta*, *Equisetum arvense*, *E. scirpoides*, *E. variegatum* i *Festuca rubra*.

W rozmieszczeniu geograficznym porostów i mszaków Arktyki występują pewne paralele z roślinami naczyniowymi. Większość, bo około 80% mszaków i około 70% porostów posiada cyrkumpolarne rozmieszczenie (LONGTON 1988). Część z nich reprezentuje element arktyczny lub arktyczno-alpejski; znanych jest też kilka lokalnych endemitów. Duża stosunkowo grupa kryptogamów stanowi element borealny, a wiele reprezentuje także element kosmopolityczny. Przykładami porostów występujących wyłącznie w Arktyce są: *Arctomia interfixa*, *Arctopeltis thuleana* (= *Lecanora thulensis*), *Caloplaca fraudans*, *C. spitsbergensis*, *Cetraria nigricascens*, *Dactylina arctica*, *Lecanora nordenskiöldii*, *L. orae-frigidae*, *Peltigera lyngei*, *Rinodina cacuminum*, *Squamarina poeltii*. Wśród mchów element arktyczny reprezentują: *Distichium hagenii*, *Fissidens arcticus*, *Funaria arctica* czy *Schistidium andreopsis*; natomiast z wątrobowców są to na przykład *Scapania tundrae*, *Lophozia*



Ryc. 4. Mak polarny (*Papaver dahliaenum*) przedstawiciel elementu amfiatlantyckiego we florze Arktyki.

groenlandica, *Cephaloziella arctica*. Z endemitów ograniczonych do niektórych tylko obszarów można podać przykładowo: następujące porosty stwierdzono tylko na Svalbardzie: *Brodoa oroarctica*, *Verrucaria extrema* i *V. wilczekii*; wyłącznie na Grenlandii rośnie *Cladonia groenlandica*. Element arktyczno-alpejski stanowią następujące gatunki porostów: *Buellia vilis*, *Catapyrenium norvegicum*, *Lecanora epibryon*, *Nephroma arcticum*, *N. expallidum*, *Placidopsis pseudocinerea*, *Rinodina calcigera*, *Stereocaulon capitellatum* i wiele innych. Z mchów można tu zaliczyć: *Aulacomnium turgidum*, *Dicranum elongatum*, *Ditrichum flexicaule*, *Encalypta alpina*, *Racomitrium lanuginosum*. Arktyczno-alpejskie gatunki wątrobowców to np. *Solenostroma sphaerocarpum*, *Tritomaria scitula*. W obszarach polarnych żyją liczne kryptogamy kosmopolityczne. W Arktyce należą do nich *Cetraria aculeata*, *C. islandica*, *Cladonia furcata*, *C. pyxidata*, *C. rangiferina*, *Rhizocarpon geographicum*; zaś z mchów: *Ceratodon purpureus*, *Leptobryum pyriforme* czy *Pohlia nutans*. Kosmopolityczny element wśród wątrobowców stanowią: *Marchantia polymorpha* czy *Riccardia pinguis*.

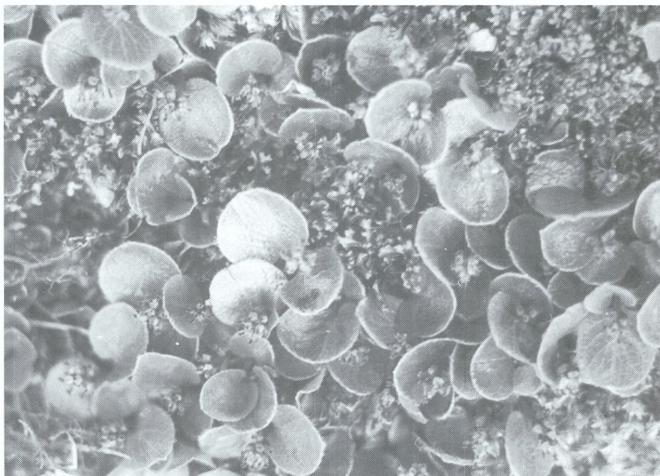
Szczególne zainteresowanie wśród botaników wzbudzają gatunki bipolarne. Przykładem mogą tu być z porostów: *Alectoria nigricans*, *Amandinea coniops*, *Buellia papillata*, *Caloplaca citrina*, *C. tirolensis*, *Cystocoleus ebeneus*, *Pannaria hookeri*, *Phaeorrhiza nimbosa*, *Peltigera didactyla*, *P. rufescens*, *Solorina bispora*, *Tremolecia atrata*, *Xanthoria candelaria*, *X. elegans*; z mchów natomiast: *Polytrichum alpinum*, *P. strictum*, *Calliergon sarmentosum*, *Ditrichum capillaceum*, a z wątrobowców: *Anthelia juratzkana*, *Lophozia excisa* i *Barbilophozia hatcheri*.

Do najliczniej reprezentowanych rodzin we florze naczyniowej Arktyki należą: *Gramineae*, *Compositae*, *Cyperaceae*, *Cruciferae* i *Caryophyllaceae*. We florze Svalbardu jedynie rodzina *Compositae* jest słabo reprezentowana. Najbo-

gatsze w gatunki rodzaje to: *Carex*, *Draba* i *Saxifraga*. Na Svalbardzie rośnie aż 12 gatunków skalnic, od masowo występującej *Saxifraga oppositifolia* do rzadko spotykanej, będącej być może endemitem — *Saxifraga svalbardensis*.

Analizując florę roślin naczyniowych pod kątem form życiowych zauważamy wyraźne przystosowanie się gatunków do trudnych warunków życia. Liczba roślin jawnopączkowych (fanerofitów) jest znikoma i ograniczona głównie do tundry subarktycznej. Przedstawicielami tej grupy są liczne taksony krzewiastych wierzb (*Salix*), brzoź (*Betula*), olsz (*Alnus*) oraz słabiej reprezentowane drzewa i krzewy iglaste, takie jak: jałowiec (*Juniperus*), sosna (*Pinus*) i modrzew (*Larix*). We florach arktycznych dominują rośliny niskopączkowe (chamefity) (Ryc. 5), naziemnopączkowe (hemikryptofity) i skrytopączkowe (kryptofity). Znikoma jest natomiast liczba roślin przeżywających niekorzystną porę roku w postaci nasion (terofity). We florze rejonu Hornsundu jedynym terofitem jest żyjąca w wilgotnych darniach mchów i trudna do zauważenia *Koenigia islandica*.

W obszarach arktycznych pustyń, gdzie brak jest warunków do życia dla roślin naczyniowych, występują porosty skorupiaste z rodzajów: *Acarospora*, *Buellia*, *Caloplaca*, *Lecanora*, a przede wszystkim długowieczne *Lecidea* i *Rhizocarpon*. Obszary arktyczne cechuje również duży udział porostów epilitycznych (naskalnych). Do najpospolitszych należą: *Tremolecia atrata*, *Rhizocarpon geographicum*, *R. inarense*, *Sporostatia polyspora*, *Umbilicaria cylindrica*, *U. arctica*, *Lecidea lapicida*, *Lecanora polytropia*, *Orphniospora moriopsis*. Naziemne porosty budujące tundrę arktyczną to w większości gatunki o plesze krzaczkowatej, na przykład: *Alectoria bicolor*, *Cetraria aculeata*, *C. cucullata*, *C. delisei*, *C. nivalis*, *Cladonia arbuscula* var. *mitis*, (*Cladonia mitis*), *C. rangiferina*, *Sphaerophorus globosus*, *Stereocaulon alpinum*



Ryc. 5. Wierzba polarna (*Salix polaris*) najpospolitsza krzewinka we florze Svalbardu.

(OLECH 1990a). Z mchów do najpospolitszych gatunków w Arktyce można zaliczyć: *Aulacomnium turgidum*, *Dicranum elongatum*, *Ditrichum flexicaule*, *Drepanocladus uncinatus*, *Oncophorus wahlenbergii*, *Polytrichum alpinum*, *Timmia austriaca*, *Calliergon giganteum*, *C. stramineum* i *Cinclidium arcticum*, *Racomitrium lanuginosum*.

Skrajne warunki życia wpłynęły także na sposoby rozmnażania się roślin kwiatowych. Wiele gatunków rzadko rozmnaża się genera-

tywnie i ma możliwość wydania dojrzałych nasion przynajmniej raz na kilka lat. Bardzo często spotykamy się w warunkach arktycznych ze zjawiskiem tak zwanej żyworodności, polegającym na wytwarzaniu rozmnożeń w kwiatostanach lub przy nasadach liści. Taki sposób rozmnażania występuje u wielu traw, na przykład u *Poa alpina* var. *vivipara*, *Poa arctica* var. *vivipara*, *Poa alpigena* var. *vivipara*, *Deschampsia alpina*, *Festuca vivipara* oraz u skalnic na przykład u *Saxifraga foliolosa* i *S. cernua*.

ZBIOROWISKA ROŚLINNE

W przyrodzie rośliny rzadko występują pojedynczo, najczęściej tworzą zbiorowiska złożone z wielu gatunków o podobnych wymaganiach w stosunku do środowiska. Pojedyncze gatunki i ich populacje można spotkać jedynie na terenach niedawno odsłoniętych spod lodowców lub w skrajnych warunkach pustyń arktycznych. Zbiorowiska roślinne Arktyki są zazwyczaj ubogie w gatunki. Do częstych należą płaty zbiorowisk złożone tylko z kilku porostów skorupiastych pokrywających powierzchnie kamieni lub bloków skalnych albo zbiorowiska złożone z kilku mchów w wilgotnych obniżeniach terenu. Znacznie rzadziej występują zbiorowiska wielowarstwowe, zbudowane z roślin naczyniowych i zarodnikowych. W płatach tych zbiorowisk obserwujemy niekiedy do 30 gatunków roślin (DUBIEL i OLECH 1990).

Badania nad zbiorowiskami roślinnymi Arktyki prowadzone były dotychczas przez różne „szkoły”. Ze względu na różne ujęcia metodyczne wyników tych badań bardzo często nie można ze sobą porównywać. Wyjątkowo dużo prac dotyczących zbiorowisk roślinnych Arktyki wykonali botanicy rosyjscy. Wyróżniają oni w sposób opisowy zbiorowiska roślinne nadając im nazwy od gatunków dominujących. Na przykład ALEKSANDROVA (1979) wyróżnia w tundrze arktycznej takie klasy zbiorowisk, jak: wierzbowo-trawiasto-mszyste tundry, dębikowo-trawiasto-mszyste tundry i porostowo-mszyste tundry. Bardziej precyzyjne metody wyróżniania zbiorowisk roślinnych stosują botanicy skandynawscy. Badają oni najczęściej frekwencje poszczególnych gatunków na bardzo licznych, małych powierzchniach (1 m²). W oparciu o gatunki dominujące określają nazwy zbiorowisk. Liczba opisanych w ten sposób zbiorowisk jest z reguły bardzo duża i często nie różnią się w zasadniczy sposób od siebie. Tak wyróżnione zbiorowiska nazywamy socjacjami w odróżnieniu od asocjacji, którymi posługuje się „szkoła” środkowo-europejska. Podstawą wyróżniania zbiorowisk we-

dług tej „szkoły” jest obecność w zbiorowiskach gatunków charakterystycznych, to jest takich, które są ściśle związane z danym zbiorowiskiem. Niekiedy zbiorowiska wyróżnia się także na podstawie charakterystycznej kombinacji gatunków. Liczne badania tego typu przeprowadzili w Arktyce botanicy niemieccy, francuscy, polscy i czescy.

Autorzy niniejszego artykułu prowadzili badania nad zbiorowiskami roślinnymi północno-zachodniej części Sörkapp Land (DUBIEL i OLECH 1990). W oparciu o liczne zdjęcia fitosocjologiczne wyróżniliśmy 26 zbiorowisk roślinnych różniących się składem florystycznym i warunkami w jakich się rozwijają.

W strefie pustyń arktycznych (Ryc. 6) rozwijają się zbiorowiska porostów skorupiastych (zbiorowisko z *Orphniospora moriopsis*, zbiorowisko z *Umbilicaria arctica*, zbiorowisko z *Umbilicaria cylindrica*) i zbiorowiska z dużym udziałem mszaków (zbiorowisko z *Racomitrium lanuginosum*). Dla miejsc suchych w strefie ubogiej tundry charakterystyczne są zbiorowiska krzakowatych porostów (zbiorowisko *Cetraria nivalis* — *Cladonia rangiferina*, zbiorowisko z *Cetraria delisei*), a dla miejsc wilgotnych zbiorowiska z dominacją mszaków (zbiorowisko z *Calliergon sarmentosum*) i mszaków oraz traw (zbiorowisko z *Dupontia pelligera*, zbiorowisko z *Arctophola fulva*, zbiorowisko z *Alopecurus alpinus*). W miejscach najkorzystniejszych dla rozwoju roślin rozwijają się najbogatsze pod względem florystycznym zbiorowiska (zbiorowisko z *Saxifraga aizoides*, zbiorowisko z *Polygonum viviparum*, zbiorowisko z *Papaver dahlianum* i zbiorowisko z *Juncus biglumis*). Z nielicznymi na Sörkapp Land torfowiskami związane są zbiorowiska z obfitym udziałem mszaków i rzadko pojawiających się roślin naczyniowych (zbiorowisko *Saxifraga hyperborea* — *Ranunculus spitsbergensis*, zbiorowisko z *Carex subspathacea*, zbiorowisko z *Saxifraga hirculus*). W sąsiedztwie dużych kolonii ptasich lub w miej-



Ryc. 6. Środkowa część Sörkapp Land to dominacja pustyń arktycznych.

scach częstego przebywania ptaków rozwijają się specyficzne zbiorowiska tak zwane ornitokoprolne (zbiorowisko z *Phippsia algida*, zbiorowisko mszyste z *Tetraplodon mnioides*, zbiorowisko porostów skorupiastych z *Candelariella arctica*).

Niekiedy podejmowane są przez botaników próby przedstawiania rozmieszczenia zbiorowisk roślinnych na mapach w różnej skali. Przedsięwzięcia takie są trudne do realizacji z wielu powodów. Jednym z nich jest częste występowanie w terenie dużej mozaiki zbiorowisk zajmujących bardzo małe powierzchnie. W tej sytuacji możliwe jest przedstawienie rozmieszczenia zbiorowisk na mapach o dużej skali (planach) lub zastosowanie znacznych uproszczeń w postaci zaznaczania kompleksów zbiorowisk lub zbiorowisk dominujących. Wielu autorów

zamiast przedstawiania rozmieszczenia zbiorowisk wykonuje mapy występowania fizjonomicznych typów tundry w postaci: tundry porostowej, tundry mszystej, tundry deflacyjnej, itd. W ostatnich latach znaczną pomocą przy sporządzaniu map fitosocjologicznych stały się spektralne zdjęcia satelitarne.

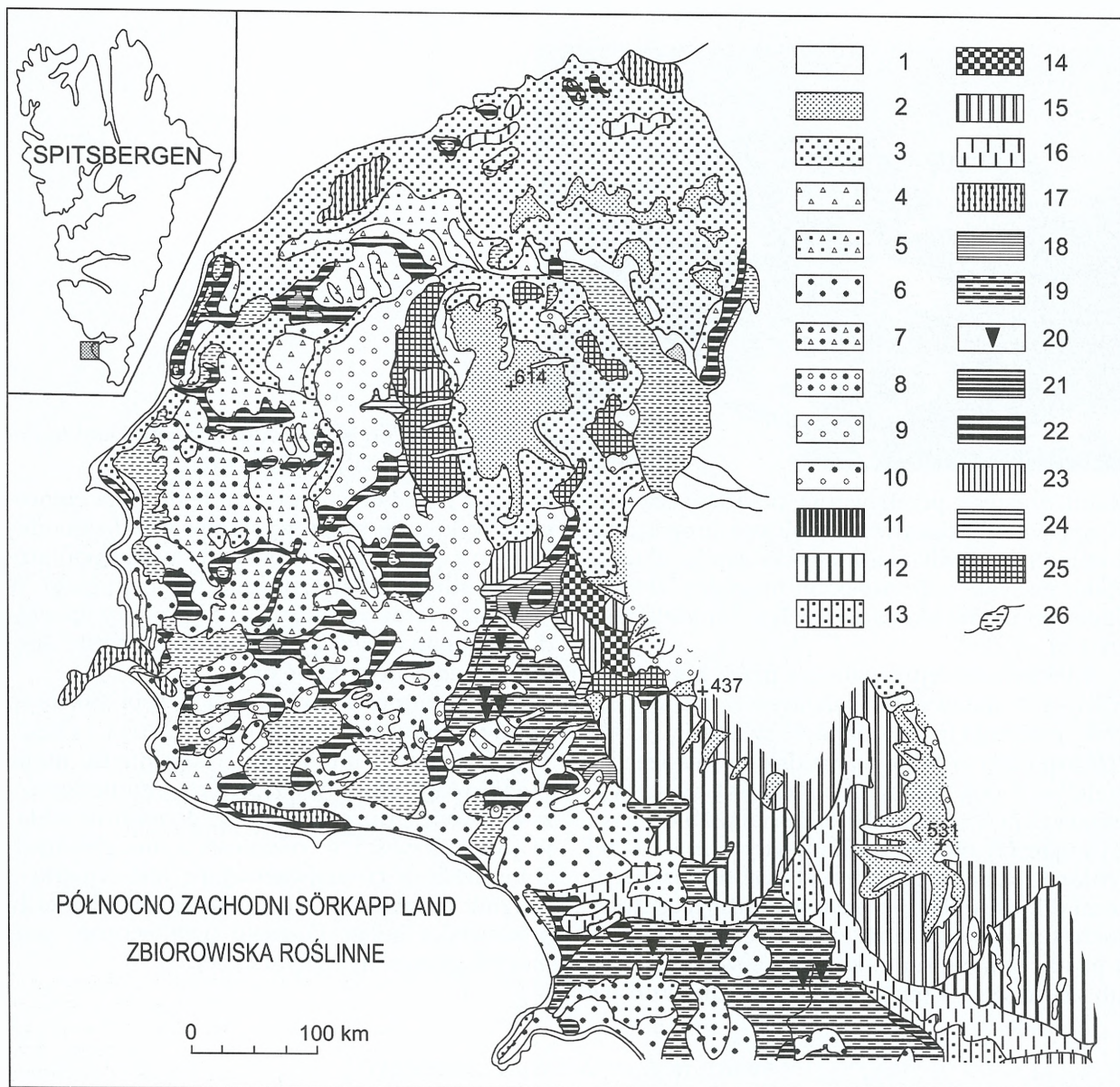
Dla północno-zachodniej części Sörkapp Land na Spitsbergenie autorzy (DUBIEL i OLECH 1990) wykonali metodami tradycyjnymi mapę fitosocjologiczną (Ryc. 7), która z konieczności zawiera wiele uproszczeń, lecz generalnie oddaje prawidłowości w rozmieszczeniu głównych zbiorowisk a co najważniejsze jest zgodna z innymi mapami przedstawiającymi elementy środowiska geograficznego (geologiczne, geomorfologiczne, hydrograficzne).

ŚWIAT ROŚLIN A ŚWIAT ZWIERZĄT

Charakterystyczną cechą ekosystemów polarnych jest duży udział kręgowców w krążeniu materii i przepływie energii. Szczególną rolę pełnią tu ptaki morskie, których wielotysięczne kolonie lęgowe występują na wybrzeżach. Ptaki morskie są ważnym ogniwem ekosystemów arktycznych, od ich obecności w znacznej mierze zależy funkcjonowanie biocenoz lądowych tego regionu. Prowadząc dwuśrodowiskowy tryb życia, ptaki żerują w morzu, a rozmnażają się na lądzie. Efektem tego jest wynoszenie na ląd znacznych ilości materii organicznej, głównie w postaci guana. Ma to duże znaczenie dla wegetacji roślin, gdyż autochtoniczne zasoby substancji biogennej tundry — zwłaszcza azotu i fosforu — są minimalne. Bujny rozwój tundry jest możliwy w wielu miejscach dzięki efektowi ornitokoprolnemu (EUROLA i HAKALA 1977), który polega na stymulacji produkcji pierwotnej i powstawaniu specyficznych ornitokoprol-

nych zbiorowisk roślinnych w związku z dopływem substancji biogennej w postaci guana.

Dopływ substancji biogennej do tundry, ze względu na dużą zawartość łatwo przyswajalnych związków, stwarza korzystniejsze warunki dla wegetacji roślin, które są bujniejsze i ich produkcja pierwotna jest znacznie wyższa. W warunkach silniejszego nawożenia, w sąsiedztwie kolonii ptaków, występuje wiele gatunków nitrofilnych, takich jak glon *Prasiola crista*, z roślin kwiatowych *Chrysosplenium tetrandrum*, *Cochlearia groenlandica*, *Phippsia algida* i *Cerastium arcticum*. Ornitokoprolne mchy reprezentowane są w Arktyce przez *Aplodon wormskjoldii*, *Splachnum vasculosum* i *Tetraplodon mnioides*. Szczególną odporność na wysokie stężenia nutrientów wykazują ornitokoprolne porosty naskalne. Należą do nich: *Candelariella arctica*, *Acarospora molybdina*, *Rinodina balanina*, *Rhizoplaca melanophthal-*

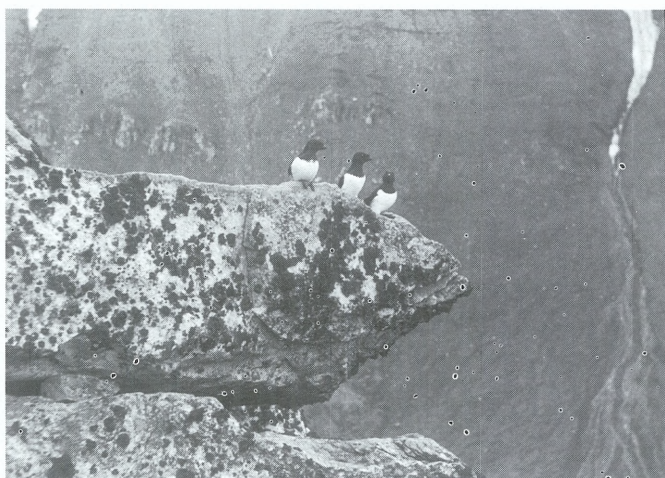


Ryc. 7. Mapa fitosocjologiczna NW Sörkapp Land (według DUBIELA i OLECH 1991, zmienione).

1 — miejsca pozbawione roślin: płyty śniegu, plaże i współczesne wały burzowe, 2 — wyleżyska śnieżne z inicjalnymi zbiorowiskami porostów, 3 — zbiorowiska epilitycznych porostów: zbiorowisko z *Orphniospora moriopsis*, zbiorowisko z *Umbilicaria cylindrica* i zbiorowisko z *Umbilicaria arctica*, 4 — zbiorowisko z *Racomitrium lanuginosum*, 5 — mozaika zbiorowisk z *Orphniospora moriopsis* i *Racomitrium lanuginosum*, 6 — mozaika zbiorowisk z *Cetraria delisei* i *Gymnomitrium coralloides*, 7 — mozaika zbiorowisk z *Cetraria delisei*, *Gymnomitrium coralloides* i *Racomitrium lanuginosum*, 8 — mozaika zbiorowisk z *Cetraria delisei*, *Gymnomitrium coralloides* i *Orphniospora moriopsis*, 9 — zbiorowisko *Cetraria nivalis* — *Cladonia rangiferina*, 10 — mozaika zbiorowisk *Cetraria nivalis* — *Cladonia rangiferina*, *Cetraria delisei* i *Gymnomitrium coralloides*, 11 — zbiorowisko z *Saxifraga aizoides*, 12 — zbiorowisko z *Polygonum viviparum*, 13 — mozaika zbiorowisk z *Polygonum viviparum*, *Cetraria delisei* i *Gymnomitrium coralloides*, 14 — zbiorowisko z *Saxifraga nivalis*, 15 — zbiorowisko z *Papaver dahliaenum*, 16 — zbiorowisko z *Juncus biglumis*, 17 — zbiorowisko z *Saxifraga oppositifolia*, 18 — mozaika zbiorowisk z *Dupontia peltigera* i *Arctophila fulva*, 19 — zbiorowisko z *Carex subspathacea*, 20 — zbiorowisko z *Saxifraga hirculus*, 21 — zbiorowisko *Saxifraga hyperborea* — *Ranunculus spitsbergensis*, 22 — zbiorowisko z *Calliergon stramineum*, 23 — zbiorowisko z *Candelariella arctica*, 24 — zbiorowisko z *Tetraplodon mnioides*, 25 — mozaika zbiorowisk z *Candelariella arctica* i *Tetraplodon mnioides*, 26 — stałe i okresowe rzeki i jeziora.

ma, *Xantoria elegans*, *Amandinea coniops* i *Phycia caesia* (DUBIEL i OLECH 1992, OLECH 1990b). Badania nad wpływem kolonii ptaków na roślinność tundry prowadzone w pobliżu olbrzymiej kolonii traczyka lodowego (*Alle alle*) (Ryc. 8) pozwoliły wyróżnić kilka ornitokoprofil-

nych zbiorowisk roślinnych występujących w zależności od panujących warunków siedliskowych, a zwłaszcza stężenia substancji biogen-nych. W rynnach z przepływającą wodą zawierającą duże ilości odchodów ptasich występują płyty zbiorowiska *Chrysosplenium tetrandrum*



Ryc.8. Traczyk lodowy (*Alle alle*) żyje w olbrzymich koloniach na stokach gór.

— *Cochlearia groenlandica*, które wyróżniają się dużym udziałem roślin kwiatowych. W miejscach stagnowania wody z zawartością składników, u podnóży zboczy, na których występują kolonie ptaków, rozwija się zbiorowisko mszyste *Tetraplodon mnioides* — *Aplodon wormskjoldii*. Na skałach, gdzie przesiadują ptaki, w miejscach o największej koncentracji guana, rozwijają się zbiorowiska epilitycznych porostów ornitokoproliferycznych, a mianowicie: zbiorowisko *Candelariella arctica* — *Rhinodina balanina* i, na bardziej pionowych ścianach, zbiorowisko z dominującą *Xanthoria elegans*.

Na roślinność tundry mają wpływ także ptaki żerujące wyłącznie na lądzie. Duże kolonie gęsi potrafią miejscami zupełnie wyskubać trawę i inne rośliny kwiatowe. Podobnie duże stada reniferów żywiąc się roślinami naczyniowymi i zarodnikowymi powodują w wielu miejscach znaczne zmiany w szacie roślinnej.

Udział bezkręgowców w przepływie energii ekosystemu tundrowego jest minimalny. Wynika to z braku bezkręgowców roślinożernych; dominującą grupę bezkręgowców tundrowych stanowią bowiem zwierzęta odżywiające się detrytusem i martwymi częściami roślin.

TERRESTRIAL ARCTIC ECOSYSTEMS

Summary

From the geobotanical point of view in the Arctic the most often distinguished regions are the arctic desert and tundra. The latter region is differentiated into the subregion of Arctic tundra and subregion of subarctic tundra. The Arctic tundra ecosystems are characterized by the domination of cryptogams, mainly lichens and mosses; contribution of vascular plants is relatively small. About 2000 species of lichens and 600–700 species of mosses are presently known from the Arctic. In the Arctic flora vascular plant families richest in species are: *Gramineae*, *Compositae*, *Cyperaceae*, *Cruciferae*, *Caryophyllaceae*; the genera richest in species are: *Carex*, *Draba*, *Saxifraga*. Arctic areas are mostly populated by the epilithic lichens, of which the most common are: *Rhizocarpon geographicum*, *R. inarense*, *Tremolecia atrata*, *Umbilicaria cylindrica*, *Lecidea lapicida*, *Orphniospora morioopsis*. Among the terrestrial lichens building the Arctic tundra the most frequent are: *Cetraria nivalis*, *C. cucullata*, *C. delisei*, *Cladonia arbuscula* var. *mitis*

(*Cladonia mitis*), *C. rangiferina*, *Stereocaulon alpinum* and *Sphaerophorus globosus*. The following species of mosses are the most commonly encountered: *Aulacomnium turgidum*, *Dicranum elongatum*, *Racomitrium lanuginosum*, *Ditrichum flexicaule*, *Drepanocladus uncinatus*, *Polytrichum alpinum*, *Calliergon stramineum*, *C. giganteum* and *Cynclidium arcticum*. The study presents also a general phytogeographical and phytosociological analysis of the Arctic flora. On the basis of numerous phytosociological records done in the area of Sörkapp Land in Spitsbergen the authors distinguished 26 plant communities of the Arctic tundra. Sea birds nesting at the coasts play an important role in the organic matter and energy flux in polar ecosystems. Large amount of organic matter brought by birds as guano is of vital importance for plants. Depending on the concentration of nutrients, several ornithocoprophilous plant communities were distinguished.

LITERATURA

- ALEKSANDROVA V. D., 1979. *Project for classification of Arctic vegetation*. Bot. Zh. 64(12), 1715–1730.
- ALEKSANDROVA V. D., 1980. *The Arctic and Antarctic: their division into geobotanical areas*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 1–247.
- ALEKSANDROVA V. D., 1983. *Rastitel'nost' polarnykh pustyn' SSSR*. „Nauka”, Leningrad. str. 142.
- ALSTRUP V., OLECH M., 1993. *Lichenicolous fungi from Spitsbergen*. Pol. Polar Res. 14, 33–42.
- BÖCHER T. W., HOLMEN K., JAKOBSEN K., 1968. *The Flora of Greenland*. P. Haase & Publishers, Copenhagen. 1–312.
- DUBIEL E. 1991. *Geobotanical problems of NW Sörkapp Land (Spitsbergen)*. Zesz. Nauk. Uniw. Jagiell. Prace Bot. 22, 15–38.

- DUBIEL E., OLECH M., 1990. *Plant communities of NW Sörkapp Land (Spitsbergen)*. Zesz. Nauk. Uniw. Jagiell. Prace Bot. 21, 35–74.
- DUBIEL E., OLECH M., 1991. *Phytosociological map of the NW Sörkapp Land (Spitsbergen)*. Zesz. Nauk. Uniw. Jagiell. Prace Bot. 22, 47–54.
- DUBIEL E., OLECH M., 1992. *Ornithocrophilous plant communities on the southern slope of Arikammen (Hornsund Region, Spitsbergen)*. [W:] *Landscape, life world and man in High Arctic*. OPALIŃSKI K.W., KLEKOWSKI R. Z. (red.), Institute of Ecology, Polish Academy of Sciences, Warszawa, 167–175.
- ELVEBAKK A., 1985. *Higher phytosociological syntaxa on Svalbard and their use in subdivision of the Arctic*. Nord. J. Bot. 5, 273–282.
- ELVEBAKK A., HERTEL H., 1996. *Part 6. Lichens*. [W:] *A catalogue of Svalbard plants, fungi, algae and cyanobacterie*. ELVEBAKK A., PRESTRUD P. (red), Norsk Polarinstitut Skrifte. 198, 271–359.
- EUROLA S., HAKALA A. V. K., 1997. *The bird cliff vegetation of Svalbard*. Aquilo. Ser. Bot. 15, 1–18.
- HADAČ E., 1944. *Die Gefäßpflanzen des „Sassengebietes“ Vestspitsbergen*. Skr. Norges Svalbard — og Ishavsundersök. 87, 1–71.
- HOFMANN W., 1968. *Geobotanische Untersuchungen in Sudost-Spitzbergen 1960*. Ergebn. Staufferland-Exped. 1959/60. 8, 1–83.
- HULTÉN E., 1968. *Flora of Alaska and Neighboring Territories*. Stanford Univ. Press, Stanford, California. 1–1008.
- KUC M., DUBIEL E., 1995. *The vascular plants of the Hornsund area (SW Spitsbergen)*. Fragm. Flor. Geobot. 40(2), 797–824.
- LONGTON R. E., 1988. *The biology of polar bryophytes and lichens*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, New Rochelle, Melbourne, Sydney. 1–391.
- OLECH M., 1990a. *Lichens of the NW Sörkapp Land (Spitsbergen)*. Zesz. Nauk. Uniw. Jagiell., Prace Bot. 21, 197–210.
- OLECH M., 1990b. *Preliminary studies on ornithocrophilous lichens of the Arctic and Antarctic regions*. Proc. NIPR Symp. Polar. Biol. 3, 218–223.
- ROSSWALL T., HEAL O. W., 1975. *The IBP Tundra Biome – an introduction*. [W:] *Structure and function of tundra ecosystems*. ROSSWALL T., HEAL O. W. (red.), Ecol. Bull. (Stokholm). 20, 7–16.
- RÖNNING O. I., 1959. *The vascular flora of Bear Island*. Acta Borealia, A. Scientia. 15, 1–35.
- RÖNNING O. I., 1979. *Svalbards flora*. Norsk Polarinstitut, Oslo. 1–128.
- THANNHEISER D., 1996. *Spitzbergen*. Geographische Rundschau. 5, 268–274.