

Distribution and occurrence conditions of the *Polypodium vulgare* L. complex in north-eastern Poland

DAN WOŁKOWYCKI

*Białystok University of Technology, Department of Environmental Protection and Management, Wiejska 45A, PL-15-352 Białystok, Poland;
e-mail: d.wolkowycki@pb.edu.pl*

ABSTRACT: The purpose of the paper is to analyze distribution and occurrence conditions of ferns belonging to a *Polypodium vulgare* complex in the Lithuanian Lakeland and the North Podlasie Lowland (NE Poland). The polypodies are known from 121 localities in this area. Their spatial distribution is very uneven. They usually grow in microcoenoses created by mosses and other spore plants, in conditions of very limited competition from flowering plants. Their large concentrations are found in huge forests, where old alder tree-stands on bog habitats, preferred by the ferns of the *P. vulgare* group, have been preserved. One of the natural causes of clustered distribution of the species may be its tendency to semi-epiphytic growth. The formation of clusters in two spatial scales, confirmed by the applied analyses, may results from the ability of long-distance propagation by spores and then, after a successful colonization of an area, to create a highly densified local metapopulation. Despite the very small size of local populations, and not too many localities recently observed, there is no indication of a risk of species extinction in north-eastern Poland.

ABSTRAKT: Celem pracy jest analiza rozmieszczenia i warunków występowania paproci z grupy *Polypodium vulgare* w dwóch mezoregionach północno-wschodniej Polski – na Pojezierzu Litewskim i Nizinie Północnopolaskiej. Z tego obszaru znanych jest 121 stanowisk paprotki. Są one rozmieszczone bardzo nierównomiernie. Paprocie z grupy *P. vulgare* najczęściej rosną w mikrocoenozach tworzonych przez mszaki i inne rośliny zarodnikowe, w warunkach bardzo ograniczonej konkurencji ze strony roślin kwiatowych. Jedną z naturalnych przyczyn skupiskowego występowania paprotek są tendencje do ich semi-epifitycznego wzrostu. Najbardziej zagęszczone obszary występowania związane są z dużymi kompleksami puszczańskimi, gdzie zachowały się bagienne lasy z olchowymi starodrzewiami, preferowane przez gatunki z tej grupy. Tworzenie skupisk w dwóch skalach przestrzennych, potwierdzone przez przeprowadzone analizy, może być konsekwencją zdolności do długodystansowego transportu zarodników, a następnie, po pomyślnym skolonizowaniu jakiegoś

Wołkowycki D. 2012. Distribution and occurrence conditions of the *Polypodium vulgare* L. complex in north-eastern Poland. In: E. Szczęśniak, E. Gola (eds), Genus *Polypodium* L. in Poland. Polish Botanical Society, Wrocław, p. 53–69.

obszaru, do formowania silnie zagęszczonych metapopulacji. Mimo bardzo małych populacji lokalnych i niezbyt licznych stanowisk obserwowanych współcześnie, nie ma żadnych przesłanek świadczących o ryzyku wyginięcia gatunków z tej grupy w północno-wschodniej Polsce.

Key words: distribution, ferns, nearest neighbor, *Pteridophyta*, spatial pattern

Introduction. Area of research

A *Polypodium vulgare* complex is represented in Poland by three taxa: *P. interjectum* Shivas, *P. vulgare* L. and their hybrid, *P. ×manotniae* Rothm. Occurrence of thermophilous *P. interjectum* seems to be doubtful, but presence of *P. ×mantoniae* cannot be excluded at this moment. The purpose of the paper is to analyze distribution and occurrence conditions of ferns belonging to the *P. vulgare* group in two macroregions of north-eastern Poland, namely in the Lithuanian Lakeland and the North Podlasie Lowland.

These regions constitute a part of Eastern Europe, belonging to the Baltic Division and are almost completely located in the administrative boundaries of Podlaskie voivodeship, which covers over 20.000 km². The north-eastern Polish Lowland is divided by a line, appointed by a maximum range of the Baltic glaciation (Vistulian). This boundary separates the areas of old-glacial plateaus and plains of North Podlasie, located to the south from the lake region, formerly covered by the last glaciation. The landscape of the Lithuanian Lakeland is distinguished by a living relief and diverse marginal and melt-out forms. Moraine hills reach here 295 m above sea level. There are numerous lakes and bogs between them. The old-glacial North Podlasie Lowland is characterized by gently roughened relief, strongly transfigured by the denudation processes. The climate of the region is transitional. It is formed by air masses moving from opposite parts of the European continent – moist, coming from the Atlantic Ocean and drier, of continental origin, from central and north-east Russia. Increasing towards east, continental features of the climate are characterized by severe winters, longer snow cover, increase of annual temperature amplitudes and shortening of the growing season. The Lithuanian Lakeland and North Podlasie are among the coldest lowlands of the country, with the longest period of average daily temperature below -15°C.

Botanical researches in this part of Europe have a long history, dating from the last decades of the 18th century. The first monographic studies of Polish and Lithuanian flora were developed here (compare Wołkowycki 2008). It is noteworthy that the author of one of the pioneering work, Kluk (1786–1788), stated that he did not observe polypodies in the Podlasie region.

Materials and methods

In the paper, all available literature data were used concerning occurrence of the *Polypodium vulgare* complex in the area of two mentioned regions of north-eastern Poland, herbarium materials collected in Podlaskie voivodeship (BIL, BSG), and unpublished own data as well as shared by other authors.

A herbarium revision was solely based on macroscopic features of specimens. Despite the fact that some of plants are characterized by features not typical of *P. vulgare* (e.g. from Kalinowo), the issue of occurrence of other *Polypodium* taxa in north-eastern Poland remains open and requires further research.

The analysis of spatial distribution was mostly based on the nearest neighbors and other distance-based methods. Distance measurement to the three nearest neighboring localities, probability calculation of other localities occurrence in the zone with a given radius (Diggle's G function, L function: modified Ripley's K function), and tests of a complete spatial randomness of a spatial distribution were carried out by means of GeoMediaProfessional, PASSaGE 2 (Pattern Analysis, Spatial Statistic and Geographic Exegesis) and SAM 4.0 (Spatial Analysis in Macroecology) programs.

In the list of localities, their location was given with the reference to plots of ATPOL grid (Distribution Atlas of Vascular Plants in Poland) of 4 km² surface (Zajac, Zajac 2001).

Results

In the area of Podlaskie voivodeship, examined ferns are known from 121 localities (Fig. 1; see also a list below). Their distribution is uneven. A half of them are located in the Białowieża Forest on the Bielsk Plain, whereas approximately 12–13% in three neighboring mesoregions: in the East Suwałki Lakeland, the Augustów Plain and the Białystok Upland (Fig. 2). Polypody stands are noted in 49 plots of ATPOL grid, each covering 100 km², which comprise of 20% of all including the area of Podlaskie voivodeship. The plots with single localities of species are the most frequent (in 30% of cases; Fig. 3).

Clustered distribution of the species is easy to detect even during direct reading of the map of localities. Such a character of spatial distribution is confirmed by all statistical analyses, i.e. by application of Diggle's G function, L function (modified Ripley's K function) and other methods based on distance measurement to the nearest neighbor. The number of localities occurring in the neighborhood is always, regardless of the distance considered in

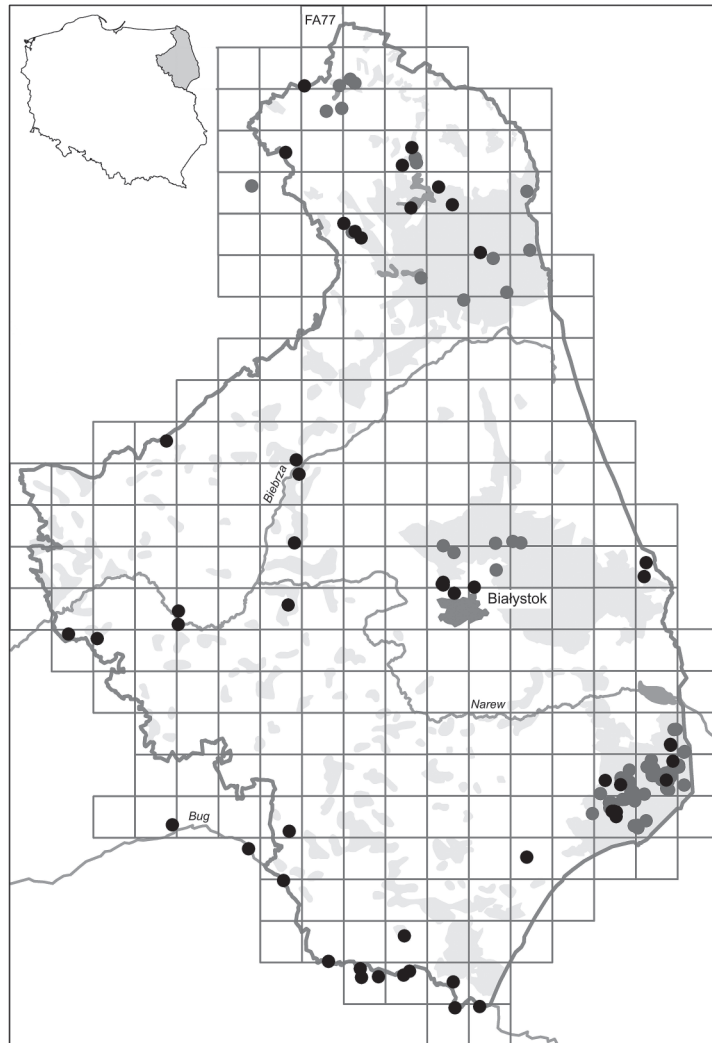


Fig. 1. Distribution of the *Polypodium vulgare* L. complex in the Lithuanian Lakeland and the North Podlasie Lowland (NE Poland). Borders of the Podlaskie voivodeship, forests, main rivers, lakes, as well as the ATPOL grid (the plot signature is given in one plot only) are shown on the map; ● – localities not confirmed after 1985; ● – localities from 1986 to 2011.

Ryc. 1. Rozmieszczenie paproci z grupy *Polypodium vulgare* L. na Pojezierzu Litewskim i Nizinie Północnopolaskiej. Na podkładzie mapy zaznaczono granice województwa podlaskiego, lasy, główne rzeki, jeziora oraz siatkę kwadratów ATPOL (oznaczenie kodowe podano dla orientacji tylko w jednym z nich); ● – stanowiska niepotwierdzone po 1985; ● – stanowiska z lat 1986–2011.

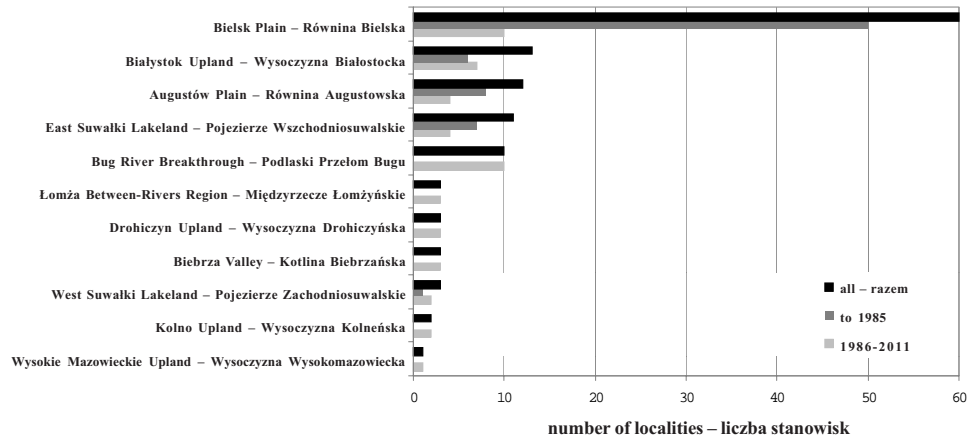


Fig. 2. The number of localities of the *Polypodium vulgare* L. complex in different geographic regions of north-eastern Poland.

Ryc. 2. Liczba stanowisk paproci z grupy *Polypodium vulgare* L. w różnych mezoregionach północno-wschodniej Polski.

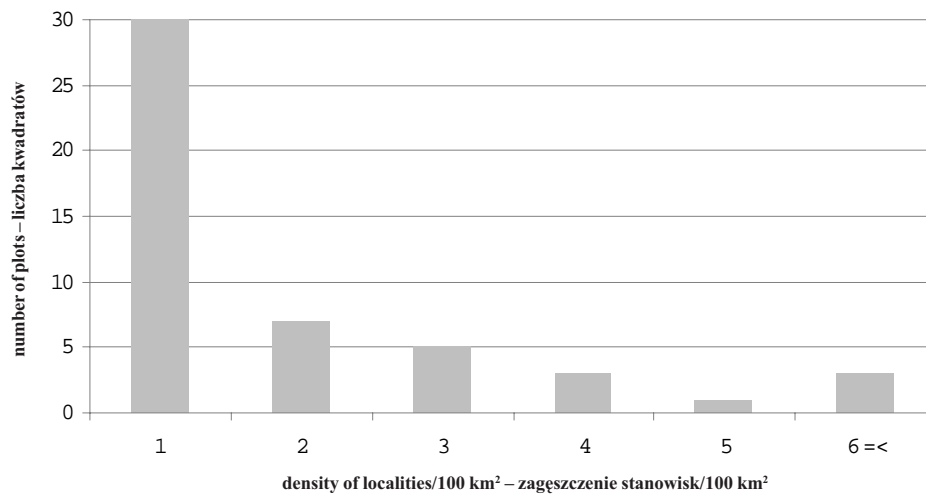


Fig. 3. Distribution of density of localities in the ATPOL plots of 100 km² area.

Ryc. 3. Rozkład zagęszczenia stanowisk w kwadratach sieci ATPOL o powierzchni 100 km².

the analysis, significantly higher than theoretically expected on the basis of Poisson distribution (Fig. 4). The average distance to the nearest neighboring locality is 3.62 km. 40% of the localities are situated in the distance of maximum 1 km from the nearest neighbor, and slightly more than 10% in the dis-

tance over 10 km (Fig. 5). A probability of isolated locality occurrence decreases with the area taken into consideration. A half of localities is not accompanied by any other in the distance of 1 km, but within the radius of 10 km, only 1% of them does not meet any neighbor (Fig. 6). The connection of every locality with three others, situated in the nearest distance, indicates the possibility of occurrence of several subpopulations in the region (Fig. 7).

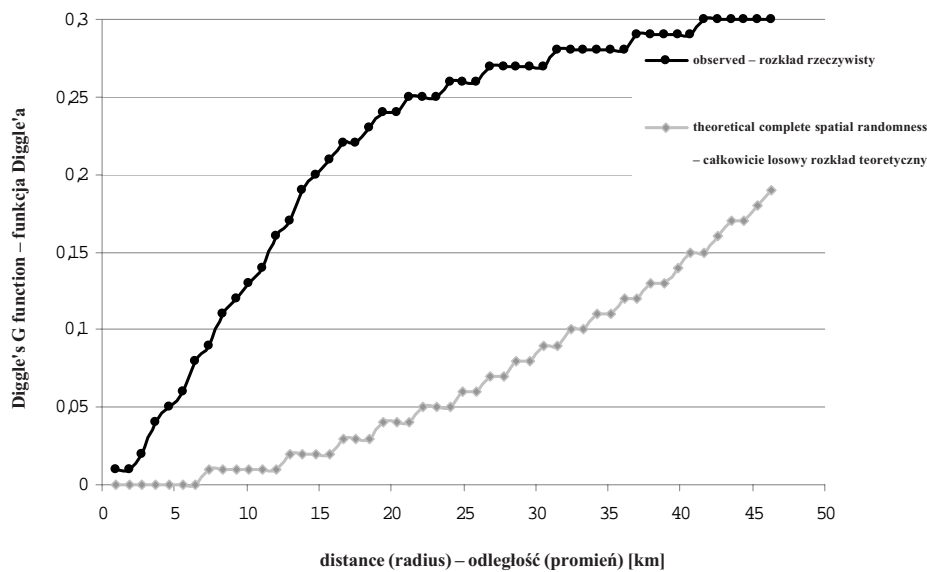


Fig. 4. The number of neighboring localities assuming the theoretical complete randomness of spatial distribution versus really observed in the zones of different radius, based on Diggle's G function.

Ryc. 4. Porównanie liczby stanowisk przy założeniu losowego rozkładu przestrzennego i obserwowanych rzeczywiście w strefach o zróżnicowanym promieniu, na podstawie funkcji Diggle'a (G).

The occurrence of clusters in two spatial scales is suggested by the distribution of distances, measured between pairs of localities (on the basis of 'peer to peer'; Fig. 8). The average distance between localities is 84.83 km. Almost 1/4 of all distances between localities does not exceed 20 km; in about 16% they range from 60.1 to 80 km. In a relatively small number of cases (10.5%), the places of species occurrence are in the distance of 20.1–60 km.

Observations on the polypody occurrence, in 60% come from before the 1986 year. In particular, a high share of old data refers to the area of the Białowieża Forest on the Bielsk Plain, where it accounts for 83% (Fig. 2).

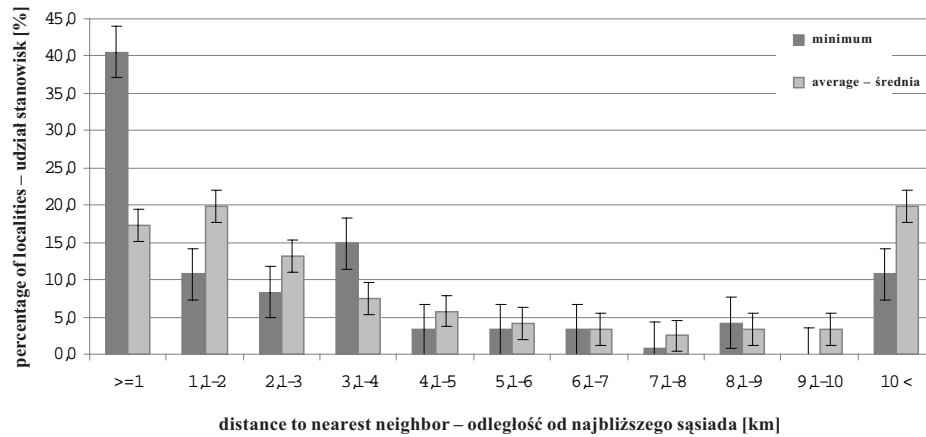


Fig. 5. Distribution of the distances between locality and its three nearest neighbors.
Ryc. 5. Rozkład odległości pomiędzy stanowiskiem a jego trzema najbliższymi sąsiadami.

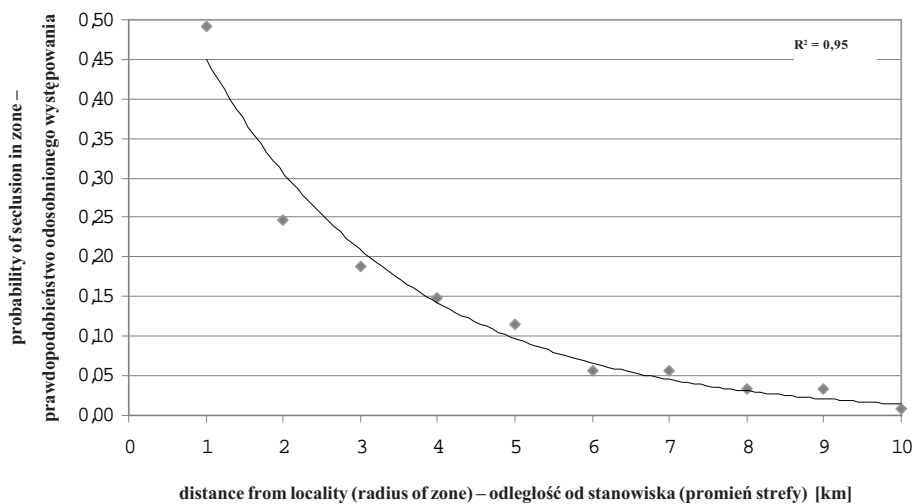


Fig. 6. Probability of isolated occurrence of the localities in the zones of different radius.
Ryc. 6. Prawdopodobieństwo odosobnionego występowania stanowisk w strefach o zróżnicowanej wielkości.

In north-eastern Poland, ferns of the *Polypodium vulgare* complex occur in very diverse habitats. They usually grow in microcoenosis (*synusia*) created by mosses and other spore plants, in conditions of very limited competition from flowering plants. The polypodies are usually met in large areas of Augustów, Białowieża and Knyszyn forests that cover in each case over 650 km².

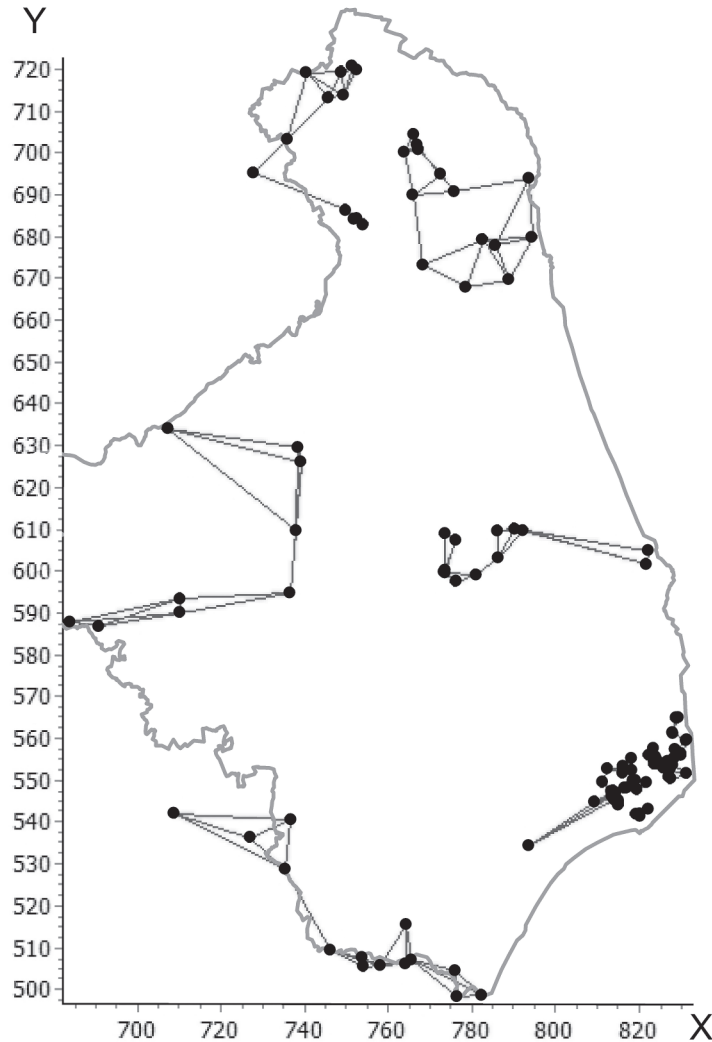


Fig. 7. Connections between localities and the three nearest neighbors. The borders of Podlaskie voivodeship are shown. The axes are scaled in the flat rectangular coordinates in 1992 system.

Ryc. 7. Powiązania pomiędzy stanowiskami a ich trzema najbliższymi sąsiadami. Na podkładzie zaznaczono granice województwa podlaskiego, a na osiach – współrzędne prostokątne płaskie w układzie 1992.

These three forest areas gather in total 67% of all species localities in the region. Examined ferns grow there mainly in root collars of old, usually alder trees, in deciduous bog forests as well as in moderately humid habitats, in associations of the *Alnion glutinosae* (Malc. 1929) Meijer Drees 1936, *Alno-Ulmion*

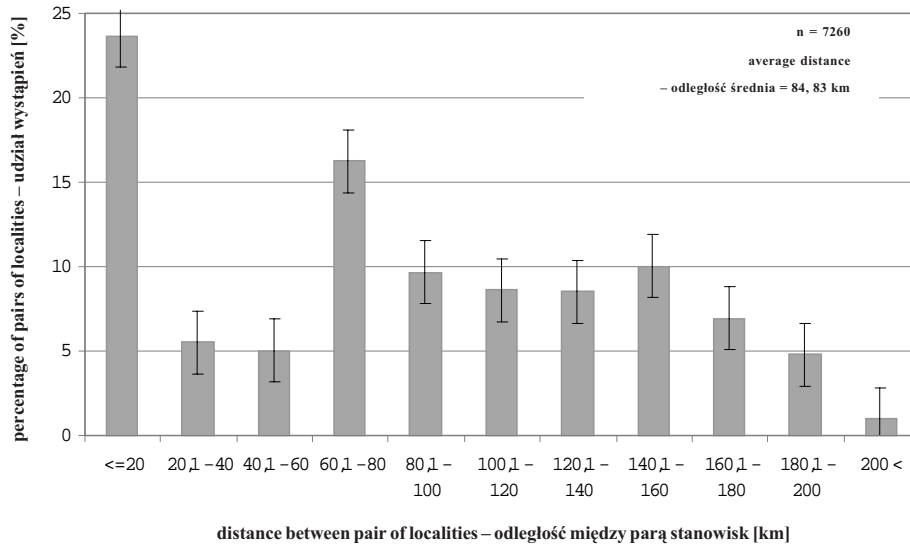


Fig. 8. Distribution of the distances between pairs of localities measured on the basis of 'peer to peer'.

Ryc. 8. Rozkład odległości pomiędzy parami stanowisk, mierzonych na zasadzie „każdy z każdym”.

Br.–Bl. et R. Tx. 1943 and *Carpinion* Issl. 1931 em. Oberd. 1957 alliances. Such conditions of occurrence are noted in 59% localities (Fig. 9). A part of stands (23%) is situated in habitats of mixed coniferous and pine forests, even

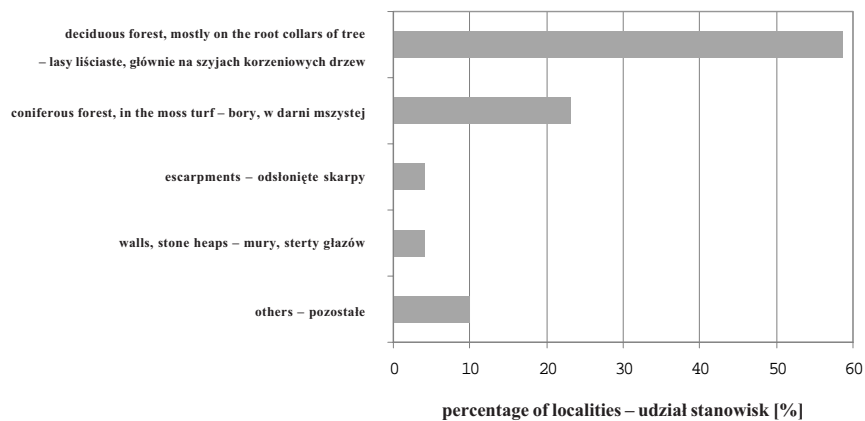


Fig. 9. Proportion of the localities occurring in different types of the habitats.

Ryc. 9. Udział stanowisk występujących na siedliskach różnego typu.

with a quite low level of groundwater layer, e.g. on dune sands. Sporadically, the species occurs on uncovered ground of the edges of ravines or former trenches (4%). It is also found in cracks of stone walls and concrete fortifications (4%). The local populations are always very small and consist of single or several genets.

A list of localities of the *Polypodium vulgare* complex in the Lithuanian Lakeland, the North Podlasie Lowland and adjacent areas (NE Poland).

The localities are listed by order of the geographic macro- and mesoregions as well as the plots of ATPOL grid of 4 km² surface.

Lithuanian Lakeland

West Suwałki Lakeland. **FA: 8740** – Wysoki Garb, on the base of overturned tree at the forest fringe (D. Wołkowycki unpubl. 2003); **FB: 0623** – Garbas I, ‘heaps of stones and fringe of coniferous forest’ (Pliszko 2010); **1514** – Sedranki, ‘mixed coniferous forest, in the old trench’ (BIL, leg. A. Kawecka 1970; Zając, Zając 2001).

East Suwałki Lakeland. **FA: 8744** – NE shores of the Hańcza lake, in the mixed forest of the *Corylo-Piceetum* Sokołowski 1973 association (Kawecka 1991); **8830, 8841** – W and S Smolniki, in the *Tilio-Carpinetum* Tracz. 1962 association, on steep slopes (BIL, leg. A.W. Sokołowski 1969, 1971; Sokołowski 1973; Zając, Zając 2001); **9723** – Kruszkki, *Tilio-Carpinetum* (BIL, leg. S. Fieńko 1969; Zając, Zając 2001); **9724** – Szeszupka, the ravine in the deciduous forest of *Tilio-Carpinetum* type (BIL, leg. A.W. Sokołowski 1981; Kawecka 1991; Zając, Zając 2001); **FB: 0923** – the valley of Wiatrołuża river (Jutrzenka-Trzebiatowski et al. 2002a, b); **0933** – two localities at the Pierty lake; slopes, in the trench (BIL, leg. A. Kawecka 1969; Sokołowski 1988(1990)); **0942** – Kamionka river valley, in the deciduous forest on the slopes (Jutrzenka-Trzebiatowski et al. 2002a, b); **1943** – an Ordów island in the Wigry lake (Jutrzenka-Trzebiatowski et al. 2002a, b; Zając, Zając 2001); **GB: 1011** – Maćkowa Ruda, valley slopes of the Czarna Hańcza river (A. Jutrzenka-Trzebiatowski unpubl. 1993 after Zając, Zając 2001).

Augustów Plain. **FB: 2820** – a valley edge of the Rospuda river near Dowspuda (Pawlikowski et al. 2012); **2842, 2854** – Rospuda river valley, NE Jaśki Leśne, tree localities; i.e. at the roadside escarpment in the mixed forest (BIL, leg. A.W. Sokołowski 1986; Sokołowski 1988(1989); leg. M. Wołkowycki 2005; Pawlikowski et al. 2012); **3924** – Studzieniczna (A.W. Sokołowski unpubl. 1972 after Zając, Zając 2001); **GB: 1033** – W Sarnetki (Pawlikowski et al. 2012); **1221** – E Zelwa, a mixed coniferous forest in fresh habitat (BIL, leg. A.W. Sokołowski 1974; according to Zając, Zając (2001) erroneously published for GB11 plot); **2141** – mixed coniferous forest on the slopes near Borsuki

bog (Pawlikowski et al. 2012); **2242** – Muły, E Rygol (A.W. Sokołowski unpubl. after Zając, Zając 2001); **3102** – Starożyn, forest quarter No. 169 (BIL, leg. A.W. Sokołowski 1962; Sokołowski 1965; Zając, Zając 2001); **3144** – 6 km SW Gruszki, sunny slope (BIL, leg. J. Żurawski 1971); **4003** – a forest district of Balinka, Kozi Rynek reserve, ‘on the root collars of old alder trees in the bog forest’ (Sokołowski 1965; Zając, Zając 2001; not confirmed later: Pawlikowski et al. 2012; ambiguous location – the description of specimen collected in BIL herbarium, ‘Balinka forest district, quarter No. 304, leg. A.W. Sokołowski 1963, concerns the ATPOL plot No. GB 4121).

North Podlasie Lowland

Kolno Upland. **FB: 7323** – Milewo-Gałązki, the grassland on the hill (Z. Głowacki unpubl. 1998 after Zając, Zając 2001); **FC: 1420** – Kalinowo, *Tilio-Carpinetum* (leg. M. Wołkowycki 2006).

Biebrza Valley. **FB: 7644** – Sośnia (Werpachowski 2005); **8614** – Osowiec-Twierdza, ruins of Fort IV (Werpachowski 2000, 2005; D. Wołkowycki unpubl. 2007); **96??** – small mineral hills in the south part of the Biebrza river valley (Werpachowski 2000, 2005).

Białystok Upland. Knyszyn Forest and its southern peripheries, mostly ‘on the root collars of alder trees in the bog forest’ as well as in the associations of the *Carpinion* and *Alno-Ulmion* alliances (Sokołowski 1995b) – **GB: 9041** – NW Podkrzemianka (BIL, leg. J. Pietrzykowski 1969; Sokołowski 1995b); **9142** – N Ponure (BIL, leg. I. Dawidziuk 1973; Sokołowski 1995b); **9240**, **9241** – vicinity of Budzisk (Sokołowski 1995b); **GC: 0003** – SE Rybniki (BIL, leg. J. Pietrzykowski 1969; Sokołowski 1995b); **0041** – Leńce, three localities, under the young, artificial pine tree-stands (W. Adamowski unpubl. 2000, 2011); **0123** – N Krasne (BIL, leg. A.W. Sokołowski 1973; Sokołowski 1995b; Zając, Zając 2001); **0140** – SW Nowodworce, a young artificial pine tree-stand in the fresh habitat of mixed coniferous forest (D. Wołkowycki unpubl. 2005); **0511** – E Białogorce, graveyard stone wall (Wołkowycki 2012); **0530** – Kruszyniany, graveyard stone wall (Wołkowycki 2012); **1003** – Antoniuk Forest (A.W. Sokołowski unpubl. 1990 after Zając, Zając 2001).

Wysokie Mazowieckie Upland. **FC: 1623** – Chlebiotki, fresh pine forest on the dune (BIL, leg. A.W. Sokołowski 1991; Zając, Zając 2001); **6334** – E Zawisty Podleśne, mixed coniferous forest (Falkowski, Głowacki 1999).

Bielsk Plain. **GC: 4640, 5501, 5504, 5512, 5514, 5521–5524, 5533, 5543, 5610, 5630** – Białowieża National Park, about 20 localities ‘on the mossy root collars of old alder trees, less frequently on the ashes, in the riparian and other bog alder forest as well as in the deciduous forest on the muck soils’ (Sokołowski 1995a; compare: BIL, leg. S. Borowski 1946, leg. A.W. Sokołowski 1966; BSG, leg. J.B. Faliński 1961; Paczowski 1930; Sokołowski 1981);

recently confirmed only two of them (Wołkowycki 2010a); **GC: 4524, 5304, 5414, 5423, 5433, 5434, 5440, 5444, 5511, 5541, 6324, 6401–6404, 6411, 6412, 6422, 6434, 6521, 6530** – under economic tree-stands of the Białowieża Forest, more than 30 localities (Sokołowski 1995a; compare: BIL, *leg. A.W. Sokołowski* 1972; Błoński, Drymmer 1889; Wróblewski 1923; Sokołowski 1996; *leg. M. Wołkowycki* 1989–1998); **7221** – Jelonka reserve, N Kleszczele (A.W. Sokołowski unpubl. 1968 after Zajac, Zajac 2001; W. Adamowski unpubl. 2008).

Drohiczyn Upland. **FC: 6643** – Ciechanowiec, graveyard wall (Wołkowycki 2000); **9912** – Słowiczyn (Z. Głowacki unpubl. 1996 after Zajac, Zajac 2001); **GD: 0023** – Mielnik, a N part of Uszeście Mountain reserve (W. Adamowski unpubl. 1996).

North Mazovian and South Podlasie Lowlands

Łomża Between-Rivers Region. **FC: 1440** – W Stoczek (D. Wołkowycki unpubl. 2010); **2102** – NW Kuleszka (A. Kamocki unpubl. 2010); **2210** – Tarnowo (A.W. Sokołowski unpubl. 1991 after Zajac, Zajac 2001).

Bug River Breakthrough of Podlasie. ‘In coniferous forests on dune areas and steep slopes’ (Ćwikliński, Głowacki 2000; compare: Głowacki et al. 2003; Marciniuk et al. 2003) – **FC: 7513** – N Kiełpieniec; **7602** – Leśniki; **9743** – W Drohiczyn; **FD: 0801** – Kępa Zajęcznikowska; **0812** – Figały; **0814** – Michałów; **0911** – Kózki; **0912** – Bużka (compare: Zajac, Zajac 2001); **GD: 1003** – Serpelice; **1101** – Gnojno.

Discussion

The patterns of polypody distribution vary in different parts of Poland. In some regions, especially in the Carpathians, Sudety Mts and West Pomerania, ferns of this group are very frequent and evenly distributed (e.g. Piotrowska et al. 1997; Zemanek, Winnicki 1999). This may probably be caused by the humid climate, influenced by mountain ranges or sea coasts, and by high frequency of available habitats. In majority of other regions of Polish Lowlands, including the north-eastern part of the country, density of localities of polypodies varies in the local and regional scales (Chmiel 1993; Fijałkowski 1994–1995; Zajac, Zajac 2001; Pacyna 2004; Zajac et al. 2006).

The reasons for the uneven, clustered occurrence of the ferns of the *Polypodium vulgare* complex in north-eastern Poland are not clear. Although such a type of the spatial pattern has been confirmed in all analyses applied, it is not certain whether it really exists, or it is an artifact. The broad spectrum of occupied habitats would suggest more uniform distribution to expect.

One of the natural causes of clustered distribution of the species may be its tendency to semi-epiphytic growth. The largest concentrations of the stands are found in huge forest patches, where old alder tree-stands in bog habitats, preferred by the ferns of the *P. vulgare* group, have been preserved.

Habitat conditions, suitable for the polypody occurrence, were accurately characterized in the first monograph of Polish flora, according to which the ferns 'grow on old walls, between rocks and sometimes in the cracks of the bark on trees' (Kluk 1786–1788). The area of greatest density of the localities of polypodies is the Białowieża Forest. The oldest publications describe the species as very rare in this area (Błoński, Drymmer 1889; Wróblewski 1923); it is not often observed there in the recent time as well (Wołkowycki 2010a). One of the reasons of such a situation may be a metapopulation nature of the distribution, and therefore only temporary occupation of suitable habitats by the species. A large number of the localities known from this area is then rather a result of data accumulation over a long time (Sokołowski 1995a). Also it is worth noticing that the Białowieża Forest is one of the areas with a very long history of botanical research and the best explored flora in north-eastern Poland (Wołkowycki 2008). Moreover, it is the general truth: areas of the greatest density of localities, not only Białowieża, but also Augustów and Knyszyn Forests as well as Suwałki Landscape Park and the Bug river valley, are among the best studied in terms of flora, while the white spots on the map of the species distribution are often in under-researched parts of the region.

The reasons for the formation of clusters in two spatial scales, confirmed by the analyses applied, are interesting. This may result from the ability to long-distance dispersal of spores and then, after a successful colonization of an area, to create a highly densified local metapopulation.

Even if one considers the relatively high density of localities as an artifact, there is no indication of a risk of species extinction in north-eastern Poland, as it is recognized in the neighboring region (Głowacki et al. 2003). It is difficult to identify any natural or anthropogenic contemporary factors, which could limit the spread of the species in the region or the size of its population. Despite the very small local population, and not too many localities recently observed, the polypodies are able to colonize the habitats heavily modified by man, such as the small forests with replaced artificial tree-stands and walls of buildings. Probably it also causes that polypodies are not treated as a species of ancient forests (Dzwonko, Loster 2001), although they are most common in large sustainable patches of such vegetation. One of the factors that could cause the destruction of some populations in the past was the acquisition of plants for food. In the 19th and probably yet in the first half of the 20th century 'sweet root [of the polypody was] readily eaten by the countryside children' (Błoński, Drymmer 1889), which resulted in its popular name '*soldziuszka*' (Jundziłł 1830).

Acknowledgements: For providing unpublished data on species localities I thank Wojciech Adamowski, Andrzej Kamocki and Marek Wołkowycki.

References

- BŁOŃSKI F., DRYMMER K. 1889. Sprawozdanie z wycieczki botanicznej, odbytej do Puszczy Białowieskiej, Ładzkiej i Świsłockiej w 1888 roku. *Pamiętnik Fizyograficzny* **9**(III): 55–115.
- CHMIEL J. 1993. Flora roślin naczyniowych wschodniej części Pojezierza Gnieźnieńskiego i jej antropogeniczne przeobrażenia w wieku XIX i XX. Cz. II. *Prace Zakładu Taksonomii Roślin Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu* **1**: 1–212.
- ĆWIKLIŃSKI E., GŁOWACKI Z. 2000. Atlas florystyczny Doliny Bugu. In: FALIŃSKI J. B., ĆWIKLIŃSKI E., GŁOWACKI Z. (eds.), *Atlas geobotaniczny Doliny Bugu. Część 1: od Niemirowa do ujścia. Phytocoenosis* **12**. Suppl. Carto. Geobot. **12**: 75–318.
- DZWONKO Z., LOSTER S. 2001. Wskaźnikowe gatunki roślin starych lasów i ich znaczenie dla ochrony przyrody i kartografii roślinności. *Prace Geograficzne* **178**: 119–132.
- FALKOWSKI M., GŁOWACKI Z. 1999. Materiały do flory naczyniowej Wysoczyzny Wysokomazowieckiej (Nizina Północnopodlaska). *Fragm. Flor. Geobot. Polonica* **6**: 31–38.
- FIJAŁKOWSKI D. 1994–1995. Flora roślin naczyniowych Lubelszczyzny. **1, 2**. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin, 389, 868 pp.
- GŁOWACKI Z., FALKOWSKI M., KRECHOWSKI J., MARCINIUK J., MARCINIUK P., NOWICKA-FALKOWSKA K., WIERZBA M. 2003. Czerwona lista roślin naczyniowych Niziny Południowopodlaskiej. *Chrońmy Przyr. Ojcz.* **59**(2): 5–41.
- JUNDZIŁ J. 1830. *Opisanie roślin w Litwie, na Wołyniu, Podolu i Ukrainie dziko rosnących iako i oswojonych*. Wilno, xii + 583 pp.
- JUTRZENKA-TRZEBIATOWSKI A., SZAREJKO T., DZIEDZIC J. 2002a. Materiały do flory Wigierskiego Parku Narodowego. *Parki Nar. Rez. Przyr.* **21**(1): 3–14.
- JUTRZENKA-TRZEBIATOWSKI A., SZAREJKO T., DZIEDZIC J. 2002b. Walory florystyczne wybranych obiektów badań geobotanicznych Wigierskiego Parku Narodowego. *Acta Botanica Warmiae et Masuriae* **2**: 63–92.
- KAWECKA A. 1991. Rośliny chronione, rzadkie i zagrożone w Suwalskim Parku Krajobrazowym i na terenach przyległych. *Parki Nar. Rez. Przyr.* **10**(3–4): 93–109.
- KLUK K. 1786–1788. *Dykcyonarz roślinny, w którym podług układu Linneusza są opisane rośliny...* 1–3. Warszawa, xlii + 214, 256, 196 pp.
- MARCINIUK J., MARCINIUK P., FALKOWSKI M., GŁOWACKI Z., KRECHOWSKI J., NOWICKA-FALKOWSKA K., WIERZBA M. 2003. Zagrożone gatunki roślin naczyniowych na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu”. *Parki. Nar. Rez. Przyr.* **22**(1): 57–69.

- PACZOSKI J. 1930. Lasy Białowieży. Monogr. Nauk. Państwowej Rady Ochrony Przyrody **1**: 1–575.
- PACYNA A. 2004. Rośliny naczyniowe wschodniej części Pogórza Wielickiego i przylegającej części Beskidów (Karpaty Zachodnie). Prace Botaniczne UJ **38**: 1–367.
- PAWLIKOWSKI P., WOŁKOWYCKI D., JARZOMBKOWSKI F., KŁOSOWSKI S. 2012. Nowe dane o rozmieszczeniu rzadkich i zagrożonych roślin naczyniowych na Pojezierzu Litewskim. *Fragm. Flor. Geobot. Polonica* **19** (in press).
- PIOTROWSKA H., ŻUKOWSKI W., JACKOWIAK B. 1997. Rośliny naczyniowe Słowińskiego Parku Narodowego. Prace Zakładu Taksonomii Roślin Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu **6**: 1–216.
- PLISZKO A. 2010. Notatki florystyczne z Filipowa i okolic (Pojezierze Zachodnio-suwalskie). *Fragm. Flor. Geobot. Polonica* **17**(1): 19–24.
- SOKOŁOWSKI A. W. 1965. Notatki florystyczne z Puszczy Augustowskiej. *Fragm. Flor. Geobot.* **11**(1): 23–26.
- SOKOŁOWSKI A. W. 1973. Rośliny naczyniowe Suwalskiego Parku Krajobrazowego. *Prace Biał. Tow. Nauk.* **19**: 85–101.
- SOKOŁOWSKI A. W. 1981. Flora roślin naczyniowych Białowieskiego Parku Narodowego. *Fragm. Flor. Geobot.* **27**(1–2): 51–131.
- SOKOŁOWSKI A. W. 1988(1989). Flora roślin naczyniowych rezerwatu Rospuda w Puszczy Augustowskiej. *Parki Nar. Rez. Przyr.* **9**(1): 33–43.
- SOKOŁOWSKI A. W. 1988(1990). Flora Wigierskiego Parku Narodowego. *Parki Nar. Rez. Przyr.* **9**(4): 5–84.
- SOKOŁOWSKI A. W. 1995a. Flora roślin naczyniowych Puszczy Białowieskiej. Białowieski Park Narodowy, Białowieża, 273 pp.
- SOKOŁOWSKI A. W. 1995b. Rośliny naczyniowe Puszczy Knyszyńskiej. *Parki Nar. Rez. Przyr.* **14**(1): 3–84.
- SOKOŁOWSKI A. W. 1996. Szata roślinna Rezerwatu im. Władysława Szafera w Puszczy Białowieskiej. *Ochr. Przyr.* **53**: 37–86.
- WERPACHOWSKI C. 2000. Lista roślin naczyniowych Kotliny Biebrzańskiej ze szczególnym uwzględnieniem Biebrzańskiego Parku Narodowego. *Parki Nar. Rez. Przyr.* **19**(4): 19–52.
- WERPACHOWSKI C. 2005. Świat roślin naczyniowych Kotliny Biebrzańskiej i Biebrzańskiego Parku Narodowego. In: DYRCZ A., WERPACHOWSKI C. (eds.), *Przyroda Biebrzańskiego Parku Narodowego*. Biebrzański Park Narodowy, Osowiec-Twierdza: pp. 87–106.
- WOŁKOWYCKI D. 2000. Różnicowanie się i ujednolicanie flor ruderalnych w warunkach izolacji środowiskowej. *Monographiae Botanicae* **87**: 1–163.
- WOŁKOWYCKI D. 2008. Zarys historii badań nad florą roślin naczyniowych obszaru województwa podlaskiego. Początki (do połowy XIX w.). In: KOLANKO K. (ed.), *Różnorodność badań botanicznych – 50 lat Białostockiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Botanicznego (1958–2008)*. Fundacja Ekonomistów Środowiska i Zasobów Naturalnych, Białystok: pp. 87–99.
- WOŁKOWYCKI D. 2010a. Operat ochrony gatunków flory naczyniowej Białowieskiego Parku Narodowego. Białowieski Park Narodowy, Białystok – Białowieża (mscr.).

- WOŁKOWYCKI D. 2010b. Zróżnicowanie szaty roślinnej pogranicza Europy Środkowej i Północno-Wschodniej. In: OBIDZIŃSKI A. (ed.), Z Mazowsza na Polesie i Wileńszczyznę. Zróżnicowanie i ochrona szaty roślinnej pogranicza Europy Środkowej i Północno-Wschodniej. Polskie Towarzystwo Botaniczne, Warszawa: pp. 9-37.
- WOŁKOWYCKI D. 2012. Materiały do flory Wzgórz Sokólskich. *Fragm. Flor. Geobot. Polonica* **19**(2) (in press).
- WRÓBLEWSKI T. 1923. Przyczynek do znajomości flory Puszczy Białowieskiej. *Białowieża* **2**: 3–61.
- ZAJĄC A., ZAJĄC M. (eds.) 2001. *Distribution Atlas of Vascular Plants in Poland*. Nakładem Pracowni Chorologii Komputerowej Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, xii + 716 pp.
- ZAJĄC M., ZAJĄC A., ZEMANEK B. (eds.) 2006. *Flora Cracoviensis Secunda (Atlas)*. Nakładem Pracowni Chorologii Komputerowej Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, 290 pp.
- ZEMANEK B., WINNICKI T. 1999. Rośliny naczyniowe Bieszczadzkiego Parku Narodowego. *Monografie Bieszczadzkie* **3**: 1–249.

Rozmieszczenie i warunki występowania paproci z grupy *Polypodium vulgare* w północno-wschodniej Polsce

Celem pracy jest analiza rozmieszczenia i warunków występowania paproci z grupy *Polypodium vulgare* w dwóch makroregionach północno-wschodniej Polski – na Pojezierzu Litewskim i Nizinie Północnopodlaskiej, niemal w całości objętych administracyjnymi granicami woj. podlaskiego. W pracy wykorzystano wszystkie dostępne dane literaturowe, materiały zielnikowe oraz dane niepublikowane. Rewizję okazów zielnikowych oparto wyłącznie na cechach makroskopowych. W analizach rozkładu przestrzennego wykorzystano głównie metody bazujące na pomiarze odległości pomiędzy sąsiadującymi stanowiskami oraz programy GeoMediaProfessional, PASSaGE 2 i SAM 4.0.

Na obszarze woj. podlaskiego paprocie z grupy *Polypodium vulgare* znane są ze 121 stanowisk. Rozmieszczone są one nierównomiernie. Połowa z nich skupia się w Puszczy Białowieskiej, na Równinie Bielskiej. Stanowiska *P. vulgare* notowane są w 49 kwadratach sieci ATPOL o powierzchni 100 km², czyli w 20% spośród wszystkich pokrywających obszar regionu. Skupiskowy rozkład stanowisk potwierdza wszystkie przeprowadzone analizy statystyczne. Liczba stanowisk występujących w sąsiedztwie jest, bez względu na uwzględnianą w analizach odległość, zawsze istotnie wyższa od teoretycznie oczekiwanej na podstawie rozkładu Poissona. Prawdopodobieństwo samotnego występowania stanowiska na jakimś obszarze spada wraz z wielkością areału branego pod uwagę. Połowie stanowisk nie towarzyszą żadne inne w odległości 1 km, ale w promieniu 10 km tylko 1% z nich nie napotyka na żadnego sąsiada. Powiązania

każdego stanowiska z trzema innymi znajdującymi się w najbliższej odległości wskazują na możliwość istnienia kilku subpopulacji w regionie.

Obserwacje występowania *P. vulgare* na 60% wszystkich stanowisk pochodzą sprzed 1986 r. W północno-wschodniej Polsce paprotki występują na bardzo zróżnicowanych siedliskach. Zwykle rosną one w mikrocenozach tworzonych przez mszaki i inne rośliny zarodnikowe, w warunkach silnie ograniczonej konkurencji ze strony roślin kwiatowych. Paprotki najczęściej spotykane są w dużych kompleksach leśnych puszczy Augustowskiej, Białowieskiej i Knyszyńskiej. Rosną tam głównie na szyjach korzeniowych starych drzew, przeważnie olch, w olsach, łęgach i grądach niskich. Część stanowisk (23%) zlokalizowana jest na siedliskach borów mieszanych i sosnowych, nawet z dość głęboko położonym poziomem wód gruntowych. Sporadycznie gatunek występuje na odsłoniętym podłożu skarp wąwozów lub dawnych okopów. Spotykany jest także w szczelinach kamiennych murów i betonowych fortyfikacji.

Przyczyny skupiskowego rozmieszczenia paproci z grupy *Polypodium vulgare* w północno-wschodniej Polsce nie są jasne. Szerokie spektrum zajmowanych siedlisk pozwalałoby oczekiwać bardziej równomiernego ich występowania. Jedną z przyczyn tworzenia się skupisk stanowisk może być tendencja paprotek do semi-epifitycznego wzrostu. Największe koncentracje miejsc występowania znajdują się w dużych kompleksach puszczańskich, gdzie zachowały się starodrzewia olchowe na siedliskach bagiennych, preferowane przez *P. vulgare*. Kolejnym czynnikiem, sprzyjającym skupiskowemu rozmieszczeniu stanowisk, może być funkcjonowanie metapopulacji połączone ze zdolnością do długodystansowego rozprzestrzeniania zarodników. W stopniowo zagęszczających się grupach stanowisk lokalnych poszczególne z nich mogą utrzymywać się tylko przez stosunkowo krótki okres. Istnienie metapopulacji mogłoby m.in. wyjaśniać niezbyt częste obserwacje gatunku w poszczególnych okresach historycznych w Puszczy Białowieskiej, przy bardzo dużej koncentracji stanowisk notowanych tam w całym, ponad 120-letnim okresie badań. Współcześnie brak jakichkolwiek czynników, tak naturalnych jak i antropogenicznych, mogących ograniczać rozprzestrzenianie się lub wielkość populacji *P. vulgare* w regionie. Paprotki są w stanie kolonizować siedliska nawet silnie przekształcone przez człowieka, takie jak bardzo małe płaty leśne z zastępczymi drzewostanami, a także ściany budowli różnego typu. Nic zatem nie wskazuje na zagrożenie wyginięciem tych paproci w północno-wschodniej Polsce, jak to bywa stwierdzane w regionach sąsiednich.