

**Paweł PIENKOWSKI, Marek PODLASIŃSKI**

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa  
Szczecin, Polska  
e-mail: ppienkowski@zut.edu.pl, mpodlasiński@zut.edu.pl

## OKREŚLANIE STOPNIA IZOLACJI WYSP KRAJOBRAZOWYCHNA PRZYKŁADZIE POMORZA

### *DETRMINATION OF ENVIRONMENTAL ISLANDS ISOLATION DEGREE ON THE EXAMPLE OF POMERANIA*

**Słowa kluczowe:** struktura krajobrazu, stopień izolacji wysp, Pomorze  
**Key words:** *landscape structure, degree of island isolation, Pomerania*

#### **Streszczenie**

W rolniczo-leśnym krajobrazie Pomorza wyspy krajobrazowe to najczęściej małe płyty leśne położone w obrębie pól oraz płyty polne usytuowane wewnątrz większych kompleksów lasu. Pełnią one ważną bio- i fizjocenotyczną rolę, stąd określenie stopnia ich izolacji stanowi istotny element oceny struktury przestrzennej krajobrazu. W pracy zaprezentowano metodę oceny izolacji przestrzennej wysp krajobrazowych uwzględniającą zarówno kontekst krajobrazowy obiektu, jak również jego wielkość. Pierwszym etapem umożliwiającym wyznaczenie stopnia izolacji wyspy było wyodrębnienie obszarów o dominującym tle krajobrazowym, według metodyki przedstawionej w pracy Pieńkowskiego i Podlasińskiego (2017). Metoda oceny izolacji wysp pozwala na dobór odpowiedniego promienia poszukiwań, zgodnego z celem prowadzonych badań, jak również umożliwia prezentację zmian wskaźnika izolacji danej wyspy w zależności od przyjętego promienia poszukiwań. Zastosowany w pracy wskaźnik izolacji (I) pozwala ponadto na wybór optymalnych obiektów do badań nad wpływem izolacji i wielkości wysp na skład gatunkowy siedlisk, występujących w ich obrębie.

#### **Abstract**

*Environment islands in the agricultural and forest landscape of Pomerania, are most often a small patches of forest, located within the fields and a patches of the field located within the larger forest complexes. Small environmental islands play an important bio- and physiocenotic role, hence the level of their isolation is an important element of the spatial landscape structure assessment. The paper presents a method for evaluating the spatial isolation of environmental islands considering both the landscaped context of object, as well as its size. The first step to determine the isolation degree of the island was calculation of areas with a dominant landscape background (presented in the previous article). The method of isolation islands assessment allows to choose a suitable search radius, consistent with the objective of research, as well as the control the size of the island isolation, depending on the assumed search radius. Used in the work degree of isolation (I) also allows to select the optimal facilities for research on the isolation effects and the size of the islands in the species composition.*

## WSTĘP

Wyspy krajobrazowe w obrębie dominującego tła krajobrazowego stanowią ważny element warunkujący bioróżnorodność gatunkową. Stanowią one m.in. ostoje dla wielu gatunków roślin i zwierząt wypartych z antropogenicznie przekształconych siedlisk (Yahner, 1983) lub odgrywają rolę „przystanków pośrednich” przy przemieszczaniu się osobników (Solon, 2004). W literaturze spotyka się również pojęcie wysp środowiskowych, które definiowane jest podobnie, jak wyspy krajobrazowe (Banaszak, Cierzniak, 2002; Simonides, 2010). Na obszarach rolniczo-leśnych Pomorza za wyspy krajobrazowe uznaje się m.in. odizolowane płyty leśne, znajdujące się na obszarach rolniczych, małe obszary użytkowane rolniczo w obrębie dużych kompleksów leśnych, a także licznie występujące oczka wodne, odizolowane od większych zbiorników wód powierzchniowych.

Wielu autorów wskazuje na negatywne skutki ekologiczne związane z izolacją i przerwaniem przestrzennych powiązań pomiędzy wyspami krajobrazowymi, dotyczy to m.in. siedlisk leśnych (Rolstad, 1991; Debinski, Holt, 2000; Fisher, Lindenmayer, 2007) i wodnych (Bullock i in., 2002; Oerli i in., 2002). Stopień izolacji danej wyspy i jej wielkość wpływają m.in. na liczbę gatunków zwierząt i roślin związanych z danym siedliskiem (Freckleton, Watkinson, 2002), co w odniesieniu do tempa imigracji i wymierania gatunków precyzuje biogeograficzna teoria wysp MacArtura i Wilsona (1967). Fragmentacja powierzchni leśnych i tworzenie się w krajobrazie wysp krajobrazowych jest procesem dynamicznym ulega znacznym zmianom (Nita, Myga-Piątek, 2012; Pieńkowski, 2015).

W badaniach nad zależnością między izolacją i wielkością wyspy krajobrazowej a różnorodnością składu gatunkowego, istotnym elementem jest określenie stopnia izolacji tej wyspy, uwzględniając również jej wielkość. Jednak zastosowanie wielu dotychczas wprowadzonych prostych miar krajobrazowych (Bender i in., 2003) może prowadzić do błędnych wniosków (McGarigal, Marks, 1995). Wydaje się, że pierwszym etapem takich badań jest wytypowanie obiektów charakteryzujących się zróżnicowanym stopniem izolacji i odmienną wielkością. Dlatego celem niniejszej pracy jest zaprezentowanie metody umożliwiającej ocenę izolacji wysp krajobrazowych, bazującej na przedstawionym w poprzednim artykule (Pieńkowski, Podlański, 2016) sposobie wyznaczenia dominującego tła krajobrazowego.

## PROPOZYCJA METODY OCENY STOPNIA IZOLACJI PŁATÓW KRAJOBRAZOWYCH I JEJ ZASTOSOWANIE

Pierwszym etapem umożliwiającym określenie stopnia izolacji wyspy krajobrazowej jest wyodrębnienie obszarów o dominującym tle krajobrazowym. W poprzednim artykule (Pieńkowski, Podlasiński, 2016) przedstawiono propozycję ich wyznaczania. Za tło krajobrazowe uznano obszary w obrębie których udział danego typu użytkowania (przy określonym promieniu poszukiwań) przekracza 50% (wartość wskaźnika dominacji  $D > 5$ ).

Autorzy przyjęli, że wskaźnik izolacji (I) danej wyspy wynika z dominacji tła krajobrazowego w miejscu jej usytuowania i obliczany jest jako:

$$I = (10 - D)$$

Wskaźnik izolacji (I) przybiera zatem wartości od  $>0$  do 10, gdzie wynik zbliżony do zera oznacza znikomą izolację, natomiast 10 określa całkowicie odizolowaną wyspę. W zależności od skali opracowania obliczany może być on dla pojedynczej komórki rastra (w miejscu centroidu danego płata) lub też może stanowić uśrednioną wartość wskaźników izolacji wyliczonych dla poszczególnych komórek rastra, wchodzących w skład danego płata (wyspy krajobrazowej). Podobnie jak w przypadku wskaźnika dominacji, do wyliczenia izolacji rastrów konieczne jest podanie promienia poszukiwań, co ma istotne znaczenie przy określaniu izolacji w odniesieniu do poszczególnych gatunków zwierząt lub roślin. Przykładowe możliwości migracyjne zwierząt przedstawiono w tab. 1.

Zamieszczone na ryc. 1. mapy prezentują uśrednione wartości wskaźników izolacji (I) dla sześciu wybranych wysp krajobrazowych. Wyspy te przedstawiono na tle wskaźników dominacji (D), obliczonych dla poszczególnych komórek rastra. Wskaźniki wyliczono dla trzech promieni poszukiwań: 500 m, 2000 m i 4000 m. Mapy przedstawiają południowy fragment mezoregionu Wzgórza Bukowe, w obrębie którego występuje użytkowany rolniczo obszar z małymi wyspami zadrzewień. Od strony północnej do obszaru tego przylega zwarty kompleks lasów Puszczy Bukowej, natomiast od południu – intensywnie rolniczo użytkowane tereny Równiny Wełtyńskiej. Zaprezentowane wyniki wskazują na dużą zmienność wskaźników izolacji przy wyborze odmiennych promieni poszukiwań. Zróznicowanie izolacji danej wyspy można by zatem przedstawić w odniesieniu do rosnącego promienia poszukiwań, co ilustruje rycina 2. Ten sposób prezentacji stopnia izolacji wysp krajobrazowych może stanowić narzędzie pomocne przy wyborze obiektów do badań nad bio- i fizjocenotycznym znaczeniem wysp krajobrazowych. Zaprezentowany sposób oceny izolacji uwzględnia zarówno usytuowanie wyspy w krajobrazie, jak również jej wielkość. W przypadku relatywnie dużych wysp krajobrazowych wskaźnik izolacji wzrasta stopniowo i jest powiązany z ich wielkością. Na przykład wskaźnik izolacji wyspy nr 3 o powierzchni 3,6 km<sup>2</sup> rośnie stopniowo (ryc. 2), osiągając wartość 6,6 (przy promieniu 2 km). Dalszy przebieg krzywej uzależniony jest od położenia wyspy względem innych elementów krajobrazu. Natomiast w przypadku małych izolowanych wysp (nr 1, 2, 4, 5 i 6)

wskaźnik izolacji gwałtownie rośnie już przy niewielkim promieniu poszukiwań (do 300 m), a po przekroczeniu tej ekwidystanty zależny jest od rozmieszczenia pozostałych form użytkowania. Przebieg wskaźnika izolacji najbliższych położonych względem Puszczy Bukowej płatów leśnych (wyspy 1 i 2) w odniesieniu do pozostałych małych wysp (4, 5, 6) kształtuje się odmiennie. Do promienia poszukiwań 300 m następuje jego wzrost, a przy wzroście promienia poszukiwań, ze względu na bliskość Puszczy Bukowej, następuje szybki jego spadek. Przy większych promieniach wartość tego wskaźnika zależy już głównie od usytuowania obu wysp względem dużego kompleksu leśnego i nie ulega większym zmianom.

**Tab. 1.** Możliwości migracyjne zwierząt związanych z lasem lub zadrzewieniami

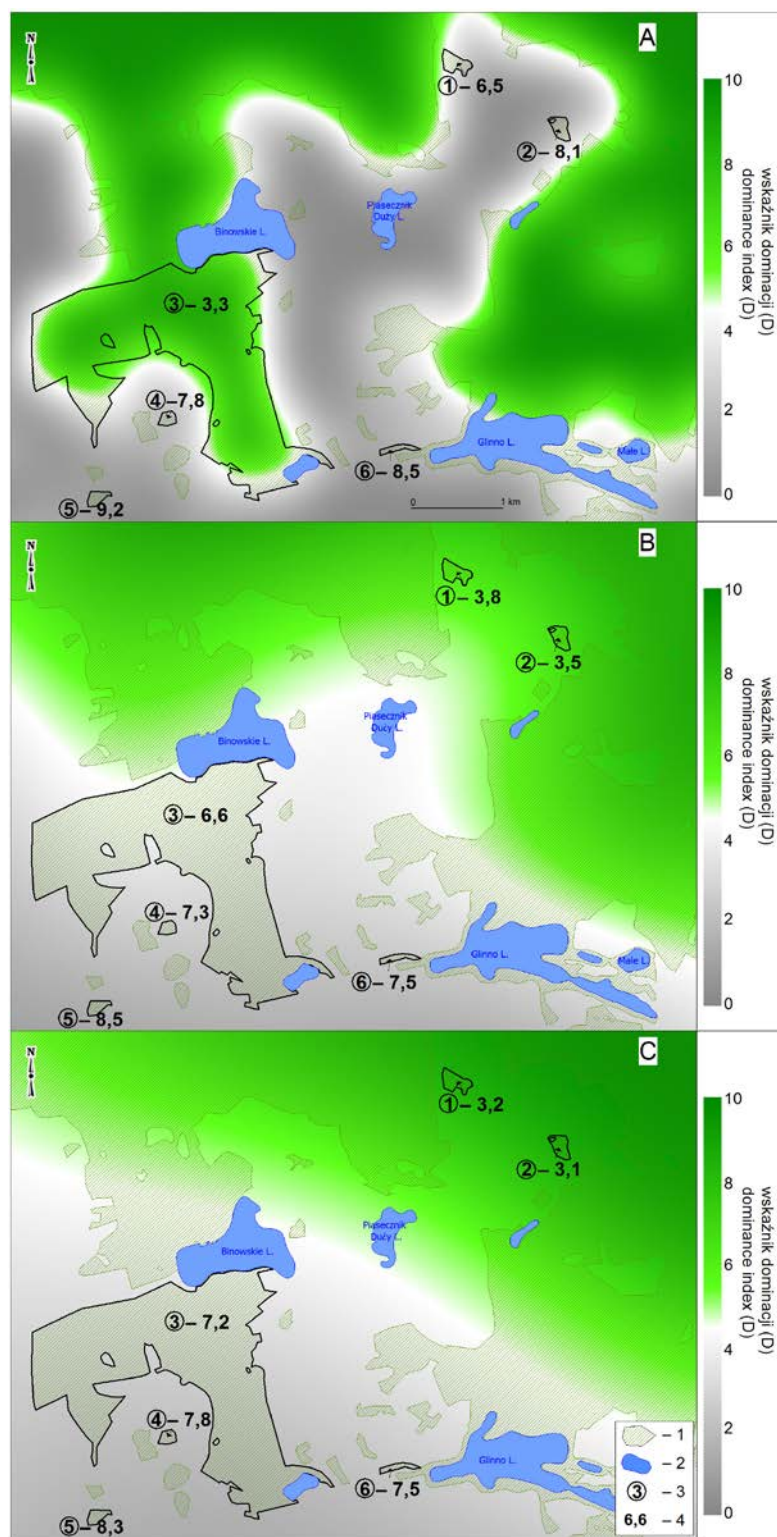
*Tab. 1. The possibilities of animal's migration associated with the forest*

Lp. No.	Maksymalna odległość migracji od zadrzewień <i>The maximum distance of animal migration from the forest [km]</i>	Gatunek <i>Species</i>
1	0,05	Owady (mrówki i biegaczowate)** <i>Insects (ants and beetles) **</i>
2	0,15	Ropucha szara, trznadel, łasica* <i>Common toad, yellow hammer, weasel *</i>
3	0,25	Jeż*/ <i>Hedgehog*</i>
4	1,00	Lis i kuna domowa*/ <i>Fox and beech marten *</i>
5	21,00	Dzik**/ <i>Boar**</i>
6	35,00	Sarna**/ <i>Roe**</i>
7	160,00	Jeleń**/ <i>Deer**</i>
8	340,00	Wilk**/ <i>Wolf**</i>

*Źródło:* za Wildermuth, 1985\*; Jędrzejewski i in., 2004\*\*.

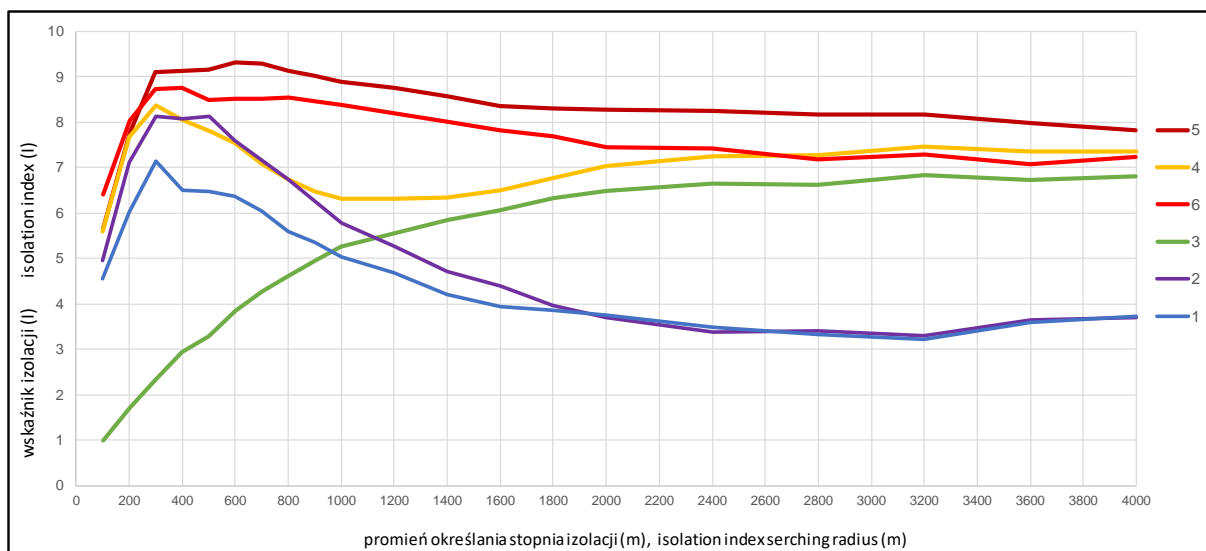
*Source:* for Wildermuth, 1985\*, Jędrzejewski i in., 2004\*\*.

Wyznaczanie stopnia izolacji wysp krajobrazowych pozwala również na szybki i obiektywny wybór obiektów do badań nad wpływem izolacji na skład gatunkowy siedlisk w obrębie wyspy. Na rycinie 3. przedstawiono wyspy leśne i polne, charakteryzujące się najwyższym stopniem izolacji. Na obszarze Pomorza najbardziej izolowane wyspy leśne grupują się głównie w mezoregionie Równiny Pырzycko-Stargadzkiej, charakteryzującym się bardzo dobrymi warunkami glebowymi. W jego południowo-zachodniej części każdy z płatów leśnych stanowi silnie izolowaną wyspę krajobrazową (ryc. 4). Duża liczba płatów leśnych o zbliżonej izolacji występuje również na Pojezierzu Krajeńskim, Pojezierzu Kaszubskim i Wybrzeżu Trzebiatowskim, co jest związane z dominacją krajobrazów morenowych (gliniastych) i tym samym z przewagą użytkowania rolniczego. Natomiast silnie izolowane płaty polne w obrębie Pomorza występują przede wszystkim w mezorogionach o wysokim stopniu zalesienia: Borach Tucholskich, Równinie Charzykowskiej i Równinie Goleniowskiej (ryc. 3).



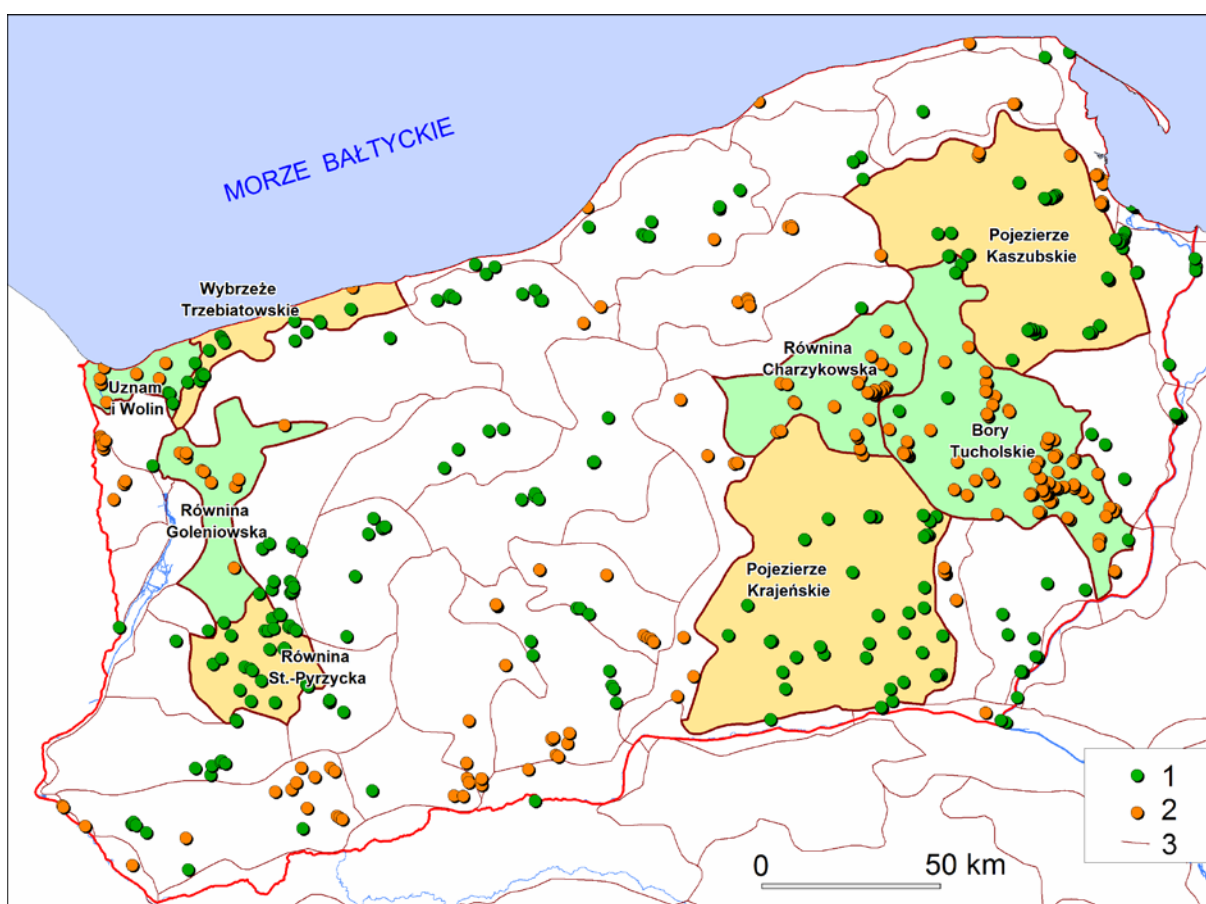
**Ryc. 1.** Zróżnicowanie izolacji wybranych wysp leśnych na tle wskaźnika dominacji lasów w południowej części Puszczy Bukowej. A – promień poszukiwań 500 m, B – promień 2000 m. C – promień 4000 m. 1– obszary leśne, 2 – wody, 3 – numer obiektu, 4 – wskaźnik izolacji wyspy (I).

**Fig. 1.** Differentiation of selected forest islands isolation on the index of the landscape background dominance in the southern part of the Bukowa Forest. A – search radius of 500 m, B – search radius of 2000 m, C – search radius of 4000 m. 1– forest areas, 2 – water, 3 – object number, 4 – a degree of island isolation (I).



**Ryc. 2.** Zmienność wskaźnika izolacji (I) wybranych wysp leśnych w zależności od przyjętego promienia poszukiwań (numery wysp jak na ryc. 1).

**Fig. 2.** Variability of isolation index (I) of selected forest islands, depending on the assumed search radius (islands numbers as in fig. 1).



**Ryc. 3.** Centroidy wysp krajobrazowych o najwyższym stopniu izolacji ( $I > 9,5$ ) przy 2 km promieniu poszukiwań. 1 – wyspy leśne, 2 – wyspy polne, 3 – granica mezoregionu.

**Fig. 3.** Environmental island centroids with the highest isolation degree ( $I > 9.5$ ) with 2 km search radius. 1 – the forest islands, 2 – the field islands, 3 – mesoregion border.



Ryc. 4. Silnie izolowane wyspy leśne na Równinie Pyrzyckiej (promień poszukiwań 2 km).

*Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem Google Earth.*

*Fig. 4. Isolated forest islands in Pyrzyce Plain (2 km search radius).*

*Source: own elaboration based on GoogleEarth.*

Stosując przedstawiony w pracy wskaźnik przy wyborze obiektów do badań nad wpływem izolacji przestrzennej wysp na ich skład gatunkowy, należy mieć na uwadze dużą dysproporcję pomiędzy liczbą obiektów występujących w poszczególnych przedziałach wielkości. W przypadku wyodrębnionych na obszarze Pomorza Zachodniego 1773 wysp polnych (tab. 2) i 4234 wysp leśnych (tab. 3) – przy promieniu poszukiwań wynoszącym 2km, najwięcej obiektów grupuje się w przedziałach obejmujących wyspy o stosunkowo małej powierzchni (0-10 ha) i wskaźnikach izolacji 6-8 i 8-10. Ze względu na to, że wskaźnik izolacji uwzględnia również wielkość wyspy, w przypadku dużych płatów (80–100 ha) zarówno w grupie wysp leśnych jak i polnych – nie odnotowano żadnego obiektu.

**Tab. 2.** Wskaźniki izolacji płatów polnych Pomorza Zachodniego w zależności od ich wielkości (promień poszukiwań km)

*Tab. 2. Isolation indicators of field patches in Western Pomerania, depending on the size of the buffer (2 km search radius)*

Powierzchnia Area (ha)	Wskaźnik izolacji (I)/Isolation Index (I)										Suma Total
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	
	szt./amount										
0-10	1	8	16	52	61	96	97	101	87	41	560
10-20	0	5	12	20	27	56	68	82	79	49	396
20-30	1	0	4	7	15	23	42	45	40	27	204
30-40	0	0	0	6	12	17	44	33	52	25	189
40-50	0	0	0	2	6	9	21	28	26	13	105
50-60	0	0	0	3	2	13	25	22	25	5	95
60-70	0	0	0	0	4	8	6	24	20	5	67
70-80	0	0	1	0	2	9	12	14	20	3	61
80-90	0	0	0	1	2	9	8	14	15	0	49
90-100	0	0	0	1	0	6	10	14	14	2	47
	2	13	33	92	131	246	333	377	378	170	1773

**Tab. 3.** Wskaźniki izolacji płatów leśnych Pomorza Zachodniego w zależności od ich wielkości (promień poszukiwań 2 km)

*Tab. 3. Isolation indicators of forest patches in Western Pomerania, depending on the size of the buffer (2 km search radius)*

Powierzchnia Area (ha)	Wskaźnik izolacji (I) / Isolation Index (I)										Suma Total
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	
	szt./amount										
0-10	1	9	26	64	121	211	328	472	541	320	2093
10-20	0	2	4	19	34	53	113	193	231	172	821
20-30	0	1	2	5	17	29	54	101	121	82	412
30-40	0	0	1	0	5	22	38	74	93	50	283
40-50	0	0	0	1	3	11	23	57	55	26	176
50-60	0	0	0	0	9	10	19	39	53	19	149
60-70	0	0	0	0	0	5	13	31	38	6	93
70-80	0	0	0	0	1	3	9	20	37	14	84
80-90	0	0	0	0	1	4	4	22	29	2	62
90-100	0	0	0	0	2	5	9	22	19	4	61
	1	12	33	89	193	353	610	1031	1217	695	4234

Przy mniejszym promieniu poszukiwań, wynoszącym 500 m (tab. 4) udział wysp leśnych w poszczególnych przedziałach kształtuje się nieco odmiennie, gdyż przy mniejszym promieniu poszukiwań wpływ wielkości obiektu na wskaźnik izolacji jest znacznie wyższy. Stąd największą liczbę wysp śródleśnych o powierzchni (<10 ha) stwierdzono w przedziałach izolacji 7-8 i 8-9, natomiast w przypadku największych płatów (90-100 h) – w przedziałach 4-5 i 5-6.



**Tab. 4.** Wskaźniki izolacji płatów leśnych Pomorza Zachodniego w zależności od ich wielkości (promień poszukiwań 0,5 km)

**Tab. 4.** Isolation indicators of forest patches in Western Pomerania, depending on the size of the buffer (0.5 km search radius)

Powierzchnia Area (ha)	Wskaźnik izolacji (I) / Isolation Index (I)										Suma Total
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	
	szt./amount										
0-10	0	0	3	7	18	69	234	535	966	261	2093
10-20	0	0	1	2	8	31	100	388	286	5	821
20-30	0	0	0	0	9	25	119	236	23	0	412
30-40	0	0	0	0	7	29	174	71	2	0	283
40-50	0	0	0	0	3	34	126	13	0	0	176
50-60	0	0	0	1	7	67	71	3	0	0	149
60-70	0	0	0	0	8	52	32	1	0	0	93
70-80	0	0	0	0	11	67	6	0	0	0	84
80-90	0	0	0	1	24	33	4	0	0	0	62
90-100	0	0	0	3	27	29	2	0	0	0	61
	0	0	4	14	122	436	868	1247	1277	266	4234

## WNIOSKI

1. Przedstawiona w pracy metoda określania izolacji przestrzennej wysp krajobrazowych uwzględnia zarówno kontekst krajobrazowy obiektu, jak również jego wielkość.
2. Metoda ta umożliwia dobór odpowiedniego promienia poszukiwań, zgodnego z celem prowadzonych badań, jak również umożliwia oceną przebiegu izolacji wysp w zależności od zmian promienia.
3. Zastosowany w pracy wskaźnik izolacji (I) ułatwia wybór optymalnych obiektów (wysp krajobrazowych) do badań nad wpływem izolacji i wielkości wysp na ich skład gatunkowy.

## LITERATURA

- Banaszak J., Cierznia T., 2002: Wyspy środowiskowe krajobrazu rolniczego [w:] Wyspy środowiskowe. Bioróżnorodność i próby typologii (red.): J. Banaszak. Bydgoszcz: Wydaw. A Bydg: 25-34.
- Bender D.J., Tischendor L., Fahrig L., 2003: Using patch isolation metrics to predict animal movement in binary landscapes. *Landscape Ecology*, 18: 17-39.
- Bullock, J. M., Moy I. L., Pywell R. F., Coulson S. J., Nolan A. M., Caswell H., 2002: Plant dispersal and colonization processes at local and landscape scales. In Bullock, J. M., R. E. Kenward & R. S. Hails (eds), *Dispersal Ecology*. Blackwell Publishing, Oxford: 279-302.
- Debinski D.M., Holt R.D., 2000: A Survey and Overview of Habitat Fragmentation Experiments. *Conservation Biology* vol. 14, 2: 342-355.

- Fisher J., Lindenmayer D.B., 2007: Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography* 265-280.
- Freckleton, R.P., Watkinson A.R., 2002: Large-scale spatial dynamics of plants: metapopulations, regional ensembles and patchy populations. *Journal of Ecology* 90: 419-434.
- Jędrzejewski W., Nowak S., Kurek R., Mysłajek R.W., Stachura K., 2004: Zwierzęta a drogi. Metody ograniczania negatywnego wpływu dróg na populacje dzikich zwierząt. Zakład Badania Ssaków PAN, Białowieża.
- MacArthur R.H., Wilson E.O., 1967: *The Theory of Island Biogeography* Princeton University Press, Princeton, N.J., 1967: 215 pp.
- McGarigal K., Marks B., 1995: FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. Department of Agriculture, Pacific Northwest Research Station, PNW-GTR-351, Oregon.
- Nita J., Myga-Piątek U., 2012: Krajobrazowe skutki wzrostu powierzchni leśnych na Wyżynie Częstochowskiej. *Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego*, nr 16: 191-207.
- Oertli, B., Joye D.A, Castella E., Juge R., Cambin D., Lachavanne J.B., 2002: Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. *Biological Conservation* 104: 59-70.
- Pieńkowski P., 2015: Ocena fragmentacji lasów Pomorza Zachodniego pomiędzy XV a XX w. *Sylwan* 159/7: 610-616.
- Pieńkowski P., Podlasiński M., 2017: Wyznaczanie obszarów dominacji tła krajobrazowego jako element oceny stopnia izolacji wysp krajobrazowych. *Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego*, nr 35: 9-18.
- Rolstad J., 1991: Consequences of forest fragmentation for the dynamics of bird populations: conceptual issues and the evidence. *Biological Journal of the Linnean Society* 42: 149-163.
- Solon J., 2004: Zastosowanie koncepcji potencjałów krajobrazowych dla oceny stopnia spójności krajobrazu. *Problemy Ekologii Krajobrazu* XIV: 29-43.
- Symonides E., 2010: Znaczenie powiązań ekologicznych w krajobrazie rolniczym. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. 10/4(32): 249-263.
- Wildermuth H., 1985: *Natur als Aufgabe*. Basel, SBN.
- Yahner R.H., 1983: Seasonal dynamics, habitat relationships and management of avifauna in fragmented shelter belts. *Journal of Wildlife Management* 47: 85-104.

---

*Ryc. 1-3; tab. 2-4: opracowanie własne P. Pieńkowski, M. Podlasiński.  
Fig. 1-3; tab. 2-4: own elaboration by P. Pieńkowski, M. Podlasiński.*

