

**Porównanie europejskich skal ekologicznych liczb wskaźnikowych w ocenie środowiska fizycznogeograficznego na podstawie charakterystycznych gatunków roślin muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis***

*Comparison of European scales of ecological indicator values in the evaluation of a natural environment based on characteristic species of sandy, xeric grasslands of *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* class*

**EWA ROO-ZIELIŃSKA**

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. S. Leszczyckiego PAN,  
00-818 Warszawa, ul. Twarda 51/55; e.roo@twarda.pan.pl

**Zarys treści.** Porównanie trzech oryginalnych skal ekologicznych liczb wskaźnikowych powstałych w różnych regionach geograficznych Europy środkowej: (1) w Niemczech – H. Ellenberga i innych (1991), (2) w Szwajcarii – E. Landolta (1977) i (3) w Polsce – K. Zarzyckiego i innych (2002) jest podstawowym przedmiotem opracowania. Do porównania trzech skal wykorzystano zbiór gatunków roślin naczyniowych charakterystycznych dla muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis*. Celem analizy jest odpowiedź na pytanie, w jakim stopniu skale liczb ekologicznych wywodzące się z różnych części Europy Środkowej są zgodne (lub odmienne) w diagnozach ekologicznych tych samych gatunków wyrażonych przez trzy liczby wskaźnikowe (odpowiadające trzem skalom) dla każdej z sześciu cech środowiska geograficznego: trzech klimatycznych – światła „L”, temperatury „T”, stopnia kontynentalizmu „K” i trzech glebowych – wilgotności „F”, kwasowości „R” oraz zawartości azotu „N”. Wyniki porównania wskazują zarówno na wyraźne różnice, jak i na zgodności. Najbardziej zgodne okazały się skale Ellenberga i Zarzyckiego. Dotyczy to podobnego waloru wskaźnikowego gatunków roślin względem warunków świetlnych (L), termicznych (T) i wilgotności gleby (F). Zgodność skal Ellenberga i Landolta dotyczy diagnozy ekologicznej względem zawartości azotu w podłożu (N).

**Słowa kluczowe:** ekologiczne skale liczb wskaźnikowych, ubogie murawy napiaskowe, charakterystyczne gatunki roślin, środowisko fizycznogeograficzne, cechy klimatyczne, właściwości gleb.

## Wstęp

Gatunki roślin wyróżniają się specyficzną właściwością – nadinformatywnością<sup>1</sup>, pozwalającą na określenie tych komponentów środowiska przyrodniczego, z którymi są ekologicznie związane. Założenie to leży u podstaw fitoindykacji geobotanicznej (gr. *fito* – roślina, łac. *indicare* – wskazać). Każdy gatunek roślin ma bowiem właściwy sobie ustrój ekologiczny (min. formę życiową, budowę anatomiczną, sposób rozprzestrzeniania) tzn. zespół właściwości i cech, które kształtują jego wymagania ekologiczne i pozwalają mu na zajmowanie określonego środowiska (Motyka, 1962; Kershaw, 1978; Remmert, 1985; Podbielkowski, 1991; Falińska, 1997). Gatunki są przystosowane do danych warunków środowiska fizycznogeograficznego, jeśli jego właściwości im odpowiadają. Wówczas występując w określonym miejscu są bezpieczne, wygrywają konkurencję z sąsiadami, lepiej „czują się” w sąsiedztwie jednych gatunków, a inne są dla nich nieprzyjazne. Te przystosowania powodują, że gatunki roślin mają określone spektra występowania w środowisku fizycznogeograficznym i z tego powodu mogą być wskaźnikami warunków, w których bytują (m.in. Ellenberg i inni, 1991; Kozłowska, 1991; Lindacher, 1995; Zarzycki i inni, 2002; Roo-Zielińska, 2014).

Diagnozowanie warunków środowiska abiotycznego na podstawie występowania określonych gatunków roślin o znanych wymaganiach ekologiczno-siedliskowych jest podstawą tzw. skal ekologicznych liczb wskaźnikowych tych gatunków. Są to zestawienia gatunków z liczbami wyrażającymi ich reakcję (amplitudę ekologiczną) na określony czynnik siedliskowy.

Przyjęto za W. Matuszkiewiczem (2001) założenie, że gatunek charakterystyczny danej jednostki fitosocjologicznej (syntaksonu)<sup>2</sup> jest to taki gatunek, który na pewnym terytorium ma punkt ciężkości występowania w danym syntaksonie – w porównaniu ze wszystkimi innymi równorzędnymi syntaksonami. Pozwala to traktować jednostki fitosocjologiczne z właściwym im zestawem gatunków charakterystycznych, jako wzorcowe – reperowe wskaźniki warunków środowiska fizycznogeograficznego. Koncepcja gatunków charakterystycznych wynika z różnic tolerancji ekologicznej gatunków roślin. Jest to bowiem jednocześnie kategoria gatunków diagnostycznych, które mogą być subtelnymi wskaźnikami warunków ekologicznych zbiorowiska roślinnego. Warto podkreślić, że grupy ekologiczne gatunków, związane z siedliskami skrajnymi pod jakimś względem (np. gatunki kalcyfilne, acydofilne, hydrofilne, nitrofilne itp.) pokrywają się w dużej mierze z grupami gatunków charakterystycznych i wyróżnia-

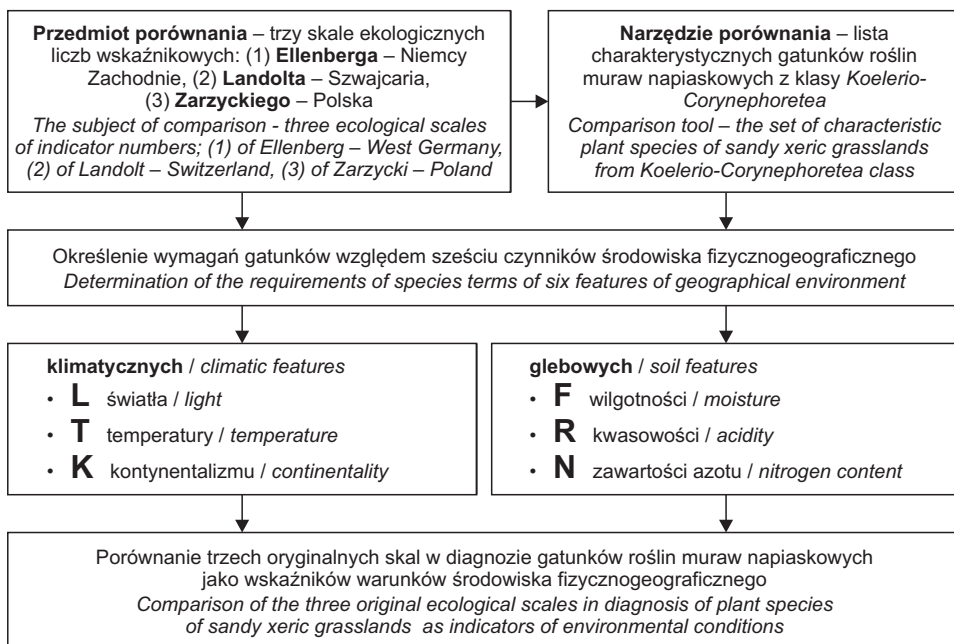
<sup>1</sup> Nadinformatywność oznacza zdolność wskaźnikową flory i roślinności nie tylko własnego stanu (autoindykacja), ale wraz z zestawem cech diagnostycznych pozwala określić stan i procesy zachodzące w tych składowych środowiska, które są dla niej ekologicznie istotne (Ostrowicki i Wójcik, 1972).

<sup>2</sup> Jednostka syntaksonomiczna (syntakson) – jednostka systematyczna bez względu na rangę w hierarchicznie ujętym florystyczno-fitosocjologicznym systemie zbiorowisk roślinnych według zasad J. Brauna-Blanqueta (Matuszkiewicz, 2001).

jących jednostek fitosocjologicznych, które mają swoją wyraźną charakterystykę ekologiczną (Matuszkiewicz, 2001).

Porównania trzech systemów liczb ekologicznych podjęto się z kilku powodów: (1) pochodzą one z Europy Środkowej, choć z różnych jej regionów, (2) charakteryzują te same czynniki środowiska przyrodniczego – klimatyczne i glebowe, (3) autorzy systemów podają skale ekologiczne, których podstawą jest zbliżona idea oraz (4) brak jest w literaturze tego typu całościowych analiz porównawczych, a jeśli są – to dotyczą najwyżej dwóch systemów – najczęściej Ellenberga i Zarzyckiego (Kozłowska, 1991; Dzwonko i Loster, 2000).

W prezentowanym opracowaniu przedmiotem analizy porównawczej są trzy europejskie skale ekologicznych liczb wskaźnikowych powstałe w różnych regionach geograficznych środkowej Europy: (1) w Niemczech – H. Ellenberga i innych (1991), (2) w Szwajcarii – E. Landolta (1977) i (3) w Polsce – K. Zarzyckiego i innych (2002). Porównanie to było możliwe, ponieważ skale te cechuje zbliżona koncepcja oceny wymagań gatunków roślin naczyniowych względem tych samych sześciu czynników środowiska fizycznogeograficznego: trzech klimatycznych (światła – L, temperatury – T, stopnia kontynentalizmu – K) i trzech glebowych (wilgotności – F, kwasowości – R oraz zawartości azotu – N) – rycina 1.



Ryc. 1. Trzy skale ekologicznych liczb wskaźnikowych jako przedmiot analizy porównawczej i wykorzystane w tym celu elementy

The three scales of ecological indicator values (after Ellenberg, Landolt and Zarzycki), providing the basis for the comparative analysis

Niniejszy artykuł jest już czwartym (trzecim publikowanym w Przeglądzie Geograficznym), w którym autorka porównuje wymienione ekologiczne skale liczb wskaźnikowych wykorzystując listy gatunków charakterystycznych dla zbiorowisk roślinnych należących do różnych klas fitosocjologicznych. Najpierw „narzędziem” porównawczym były gatunki charakterystyczne łąk z klasy *Molinio-Arrhenatheretea* (Roo-Zielińska, 2004), potem lasów liściastych z klasy *Quercus-Fagetea* (Roo-Zielińska, 2009), a następnie muraw ciepłolubnych z klasy *Festuco-Brometea* (Roo-Zielińska, 2012).

W prezentowanym opracowaniu wykorzystano listę gatunków roślin naczyniowych charakterystycznych dla zbiorowisk ubogich muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynepherea canescentis*. Lista ta znajduje się w *Przewodniku do oznaczania zbiorowisk roślinnych* W. Matuszkiewicza (2001), a opis florystyczno-ekologiczny tych zbiorowisk znaleźć można we wspomnianym *Przewodniku*, ale także w innych opracowaniach (m.in. Wysocki, Sikorski, 2009; Roo-Zielińska, 2014).

Klasa *Koelerio glaucae-Corynepherea canescentis* obejmuje psammofilne (gr. *psammon* – piasek) murawy suchych i raczej ubogich piaszczystych lub żwirowatych siedlisk niewapiennych występujących przede wszystkim na nadmorskich i śródlądowych wydmach (fot. 1). W skład omawianej grupy zbiorowisk



Fot. 1. Murawa napiaskowa z klasy *Koelerio glaucae-Corynepherea canescentis*  
Community of sandy xeric grassland belonging to *Koelerio glaucae-Corynepherea canescentis* class

(fot./photo: A. Kowalska)

wchodzą przede wszystkim światłożądne wąskolistne trawy i rośliny rozetkowe, jednocześnie skleromorfy, których budowa anatomiczna przystosowana jest do siedlisk suchych (Matuszkiewicz, 2001; Roo-Zielińska, 2014). Spektra ekologiczne związków zespołów roślinnych klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis*, wyrażone wartościami wskaźników ekologicznych, przedstawiono w opracowaniu E. Roo-Zielińskiej *Wskaźniki ekologiczne zespołów roślinnych Polski* (2014). Zastosowano w nim jedną oryginalną skalę ekologiczną liczb wskaźnikowych Ellenberga (Ellenberg i inni, 1991; Lindacher, red., 1995) i wykazano, że wśród gatunków charakterystycznych i wyróżniających dominują w klasie *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* gatunki światłożądne (L 8-9), suboceaniczne (K 3-4), wymagające siedlisk suchych (F 2-3), o zmiennej kwasowości (od R2 do R7) i niskiej zawartości azotu (N 1-3). D. Sienkiewicz-Paderewska (2010) uzyskała podobne wyniki wykorzystując skalę Ellenberga do oceny środowiska przyrodniczego na podstawie pełnej listy gatunków zbiorowisk roślinnych z klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* występujących w Parku Krajobrazowym „Podlaski Przełom Bugu”. Uzyskane w opracowaniu D. Sienkiewicz-Paderewskiej (2010) wartości wskaźników Ellenberga wskazują (podobnie jak te uzyskane tylko na podstawie gatunków charakterystycznych) na duże wymagania świetlne wyróżnionych zbiorowisk; są to równocześnie fitocenozy występujące na glebach skrajnie suchych lub suchych, ekstremalnie ubogich lub ubogich troficznie o różnym stopniu zakwaszenia.

Choć amplituda ekologiczna tych zbiorowisk jest wąska, to – podobnie, jak w przypadku już przeanalizowanych zbiorowisk roślinnych należących do trzech klas fitosocjologicznych (Roo-Zielińska, 2004, 2009, 2012) – należy oczekiwać, że autorzy trzech skal liczb wskaźnikowych różnie ocenili rolę zbioru gatunków charakterystycznych muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis*, jako indyktorów wybranych warunków ekologiczno-siedliskowych.

Podstawowym celem analizy porównawczej trzech skal liczb wskaźnikowych jest zatem odpowiedź na pytanie, w jakim stopniu skale liczb ekologicznych wywodzące się z różnych części Europy Środkowej są zgodne (lub odmienne) w diagnozach ekologicznych (klimatycznych i glebowych) tych samych gatunków, a wyrażonych przez trzy liczby wskaźnikowe (odpowiadające trzem skalom) dla każdej z sześciu cech środowiska geograficznego.

Interpretacja wyników polegała na:

- 1) próbie wyjaśnienia przyczyn zgodności i różnic w diagnozach siedliskowych gatunków charakterystycznych muraw napiaskowych jako wskaźników sześciu cech środowiska fizycznogeograficznego, wyrażonych przez trzy autorskie europejskie skale liczb wskaźnikowych,
- 2) sformułowaniu prawidłowości wynikających ze zgodności i różnic tych skal na podstawie czterech zbiorów gatunków charakterystycznych z klas: (1) *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* (murawy napiaskowe), (2) *Festuco-Bro-*

*metea* (murawy ciepłolubne), (3) *Molinio-Arrhenatheretea* (łąki i pastwiska) oraz (4) *Quercus-Fagetea* (lasy liściaste).

Uwzględniono tylko gatunki roślin naczyniowych – dla nich bowiem istnieją pełne bazy danych zawierające różnorodne diagnozy ekologiczne. Dla pozostałych grup, takich jak mchy i porosty, są takie opracowania, ale są one niekompletne.

### Metody analizy – ekologiczne skale liczb wskaźnikowych

W opracowaniu wykorzystano: (1) bazę danych PHANART *Database of Centralearopean Vascular Plants* (Lindacher, red., 1995), w której znajdują się ekologiczne skale gatunkowe H. Ellenberga i innych (1991) i E. Landolta (1977) oraz (2) wykaz liczb wskaźnikowych K. Zarzyckiego (Zarzycki i inni, 2002).

Szacunkowe diagnozy siedliskowe gatunków roślin wyrażone są przez liczby wskaźnikowe – przypisane im pewnego rodzaju etykiety w postaci liczb. Skale ekologicznych liczb wskaźnikowych mogą być różne, zależnie od przyjętej arbitralnie przez autora rozpiętości (liczby stopni).

Skale ekologiczne trzech autorów, mimo że cechuje je ta sama koncepcja i myśl przewodnia, różnią się rozpiętością – tzn. liczbą stopni. Ellenberg (1991) szacuje wymagania ekologiczno-siedliskowe gatunków w skali 9-stopniowej (dla wilgotności gleb [F] – 12-stopniowej), pozostali dwaj w skali 5-stopniowej (Landolt, 1977; Zarzycki i inni, 2002) – wszystkie wyrażone są wzrostem natężenia danego czynnika.

Skala K. Zarzyckiego i innych (2002), choć opisana 5 stopniami, w wielu przypadkach określa amplitudę wymagań gatunków zakresem liczb wskaźnikowych. Po konsultacji twórca skali zaproponował, aby w takich przypadkach przyjąć wartość średnią zakresu wartości liczb wskaźnikowych; na przykład: pięciornik srebrny (*Potentilla argentea*) przy zakresie kwasowości R 3-4 otrzymał wartość R 3,5.

System Ellenberga określa tzw. „liczbą 0” szeroką amplitudę ekologiczną gatunków, które nie mają wartości wskaźnikowej. E. Landolt (1977) dla zdecydowanej większości z nich podaje wartości przeciętne, a K. Zarzycki i inni (2002) – przeciętne lub szeroki zakres liczb wskaźnikowych.

Pełny opis skal wymagań gatunków roślin-wskaźników warunków środowiska fizycznogeograficznego znajduje się w pracach E. Roo-Zielińskiej (2004, 2014) oraz E. Roo-Zielińskiej i innych (2007). Na potrzeby tego artykułu podano je w wersji zmodyfikowanej, po sprowadzeniu ich do jednej wspólnej – jak w systemie Landolta – 5-stopniowej skali (tab. 1 i 2).

W kolejnych etapach analizy każda z sześciu cech środowiska przyrodniczego została porównana w następujących kombinacjach systemów: Ellenberga i Landolta, Ellenberga i Zarzyckiego, Landolta i Zarzyckiego. Nie brano pod uwagę gatunków o szerokiej amplitudzie ekologicznej oraz tych, o których bra-

Tabela 1. Sposób sprowadzenia dwóch skal: Ellenberga i Zarzyckiego do jednej wspólnej – jak w systemie Landolta – pięciostopniowej skali  
The way of modification scales of Ellenberg and Zarzycki to common as in Landolt system – 5-degree scale

Skala Landolta <i>Landolt scale</i>	Skala Ellenberga <i>Ellenberg scale</i>		Skala Zarzyckiego <i>Zarzycki scale</i>
L T K F R N	L T F R N	K	L T K F R N
1	1	1-2	1
2	2-3	3-4	1,5-2
3	4-5	5	2,5-3
4	6-7	6-7	3,5-4
5	8-9	8-9	4,5-5

Cechy środowiska fizycznogeograficznego: L światło, T temperatura, K kontynentalizm, F wilgotność gleb, R kwasowość gleb, N zawartość azotu w glebie.

Features of geographical environment: L light, T temperature, K continentality, F soil moisture, R soil acidity, N soil nitrogen.

kowało informacji. Zostały one usunięte także z systemu porównywanego, toteż w „parach” systemów porównywana była ta sama liczba gatunków (choć mogła być różna między parami systemów oraz poszczególnymi cechami) – rycina 2, tabela 3.

Porównanie trzech oryginalnych skal o różnej rozpiętości było możliwe po sprowadzeniu liczb wskaźnikowych do pewnego wspólnego „mianownika” (tab. 1). W tym celu dla każdej porównywanej pary systemów zastosowano następujące kroki (ryc. 2):

- 1) obliczono wartości średnie ekologicznych liczb wskaźnikowych ( $\bar{x}$ ) i odchylenie standardowe ( $s$ );
- 2) przeprowadzono standaryzację liczb wskaźnikowych według wzoru  $u = (x - \bar{x})/s$ ;
- 3) dla każdego gatunku obliczono różnice wartości cech standaryzowanych, które następnie zamieniono na wartości bezwzględne;
- 4) cały zbiór uporządkowano według wzrastającej wartości bezwzględnej różnicy cech.

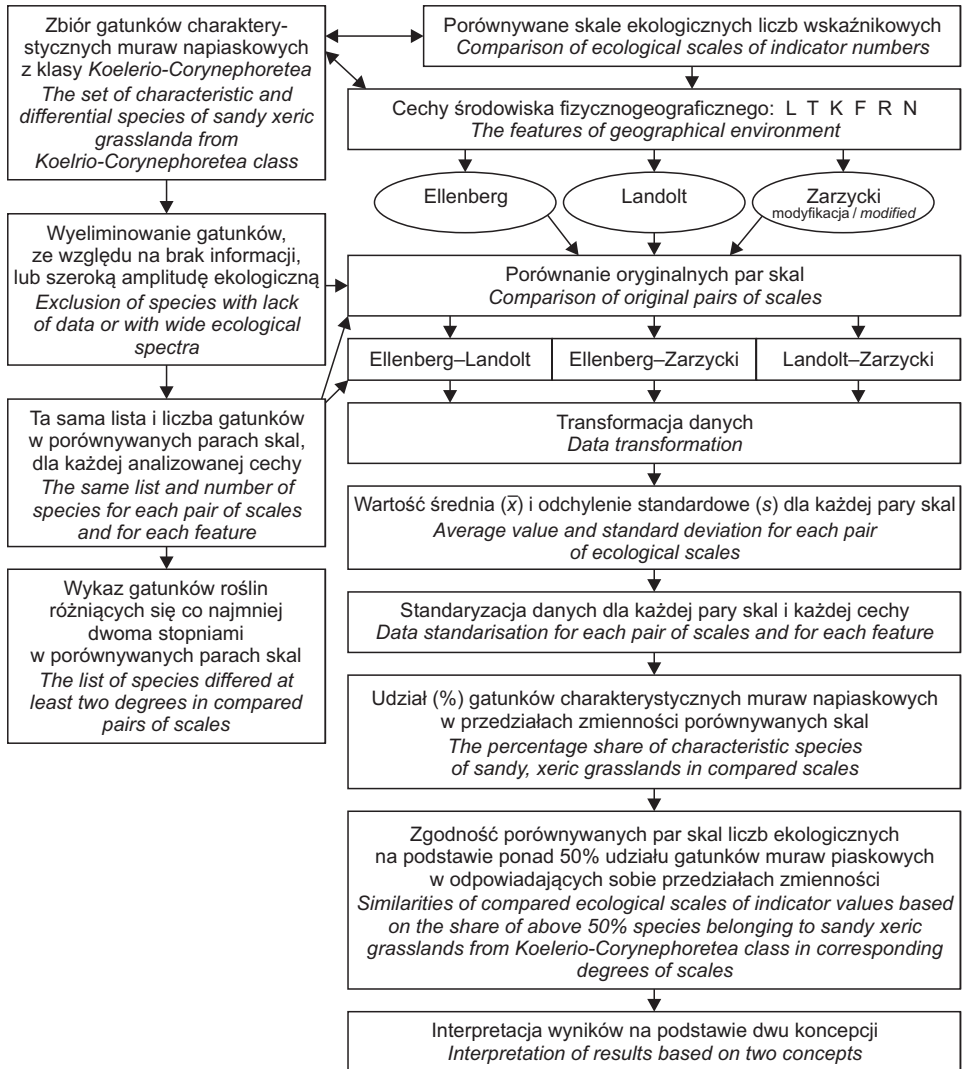
W ten sposób otrzymano zbiór o powtarzających się wartościach bezwzględnych różnic standaryzowanych cech (liczb wskaźnikowych), co pozwoliło na porównanie każdej pary systemów ekologicznych w stosunku do sześciu cech środowiska przyrodniczego.

Przyjęto, że pary liczb wskaźnikowych porównywanych systemów są zgodne wówczas, gdy udział zbioru gatunków w odpowiadających sobie stopniach skal przekracza 50% (ryc. 2).

Tabela 2. Zmodyfikowane skale wymagań gatunków roślin – wskaźników sześciu cech środowiska przyrodniczego  
 Modified scales of ecological requirements of plant species as indicators of six features of natural environment

Rozpiętość skal <i>The range of scales</i>	Gatunki – wskaźniki / <i>Species as indicators</i>					
	L	T	K	F	R	N
	stanowiska / <i>sites</i>	obszary / <i>regions</i>		gleby / <i>soils</i>		
1	głębokiego cienia <i>deep shade</i>	najzimniejsze <i>coldest</i>	oceaniczne <i>atlantic</i>	skrajnie suche <i>extremely dry</i>	silnie kwaśne <i>highly acidic</i>	skrajnie ubogie <i>extremely poor</i>
2	cienia <i>moderate shade</i>	zimne <i>moderately cold</i>	suboceaniczne <i>subatlantic</i>	suche <i>dry</i>	kwaśne <i>acidic</i>	ubogie <i>poor</i>
3	półcienia <i>half-shade</i>	umiarkowanie chłodne <i>moderately cool</i>	przejściowe <i>no continentality preference</i>	świeże <i>fresh</i>	umiarkowanie kwaśne <i>moderately acidic</i>	umiarkowanie zasobne <i>moderately poor</i>
4	naświetlone <i>moderate light</i>	umiarkowanie ciepłe <i>moderately warm</i>	subkontynentalne <i>subcontinental</i>	wilgotne <i>moist</i>	słabo kwaśne i słabo zasadowe <i>neutral</i>	zasobne <i>rich</i>
5	w pełni naświetlone <i>full light</i>	najcieplejsze <i>warmest</i>	kontynentalne <i>continental</i>	mokre <i>wet</i>	zasadowe <i>alkaline</i>	bardzo zasobne <i>very rich</i>





Ryc. 2. Schemat porównania trzech skal ekologicznych liczb wskaźnikowych: Ellenberga, Landolta i Zarzyckiego na podstawie zbioru charakterystycznych gatunków muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* dla każdej z sześciu cech środowiska fizycznogeograficznego: światła (L), temperatury (T), stopnia kontynentalizmu (K), wilgotności gleb (F), ich kwasowości (R) oraz zawartości azotu (N)

Scheme for the comparison of three scales of ecological indicator values after Ellenberg, Landolt and Zarzycki. The ecological indicator values are compared on the basis of species characteristic for *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* class grasslands. Each one of six features of the geographical environment were used, i.e. light (L), temperature (T), continentality (K), soil moisture (F), soil acidity (R) and nitrogen content in the soil (N)

Tabela 3. Liczba gatunków oraz amplituda ekologiczna zbioru charakterystycznych gatunków muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea* w parach porównywanych zmodyfikowanych skal liczb wskaźnikowych  
 The number and ecological spectra of characteristic species belonging to sandy xeric grasslands from *Koelerio glaucae-Corynephoretea* class in compared pairs of modified indicator scales

Pary skal <i>Pairs of scales</i>	Cechy środowiska fizycznogeograficznego <i>Features of geographical environment</i>											
	L		T		K		F		R		N	
	liczba gatunków <i>species number</i>	min-max	liczba gatunków <i>species number</i>	min-max	liczba gatunków <i>species number</i>	min-max	liczba gatunków <i>species number</i>	min-max	liczba gatunków <i>species number</i>	min-max	liczba gatunków <i>species number</i>	min-max
Ellenberg–Landolta	62	4-5 3-5	55	3-4 2-5	58	1-4 2-5	58	2-4 1-3	56	1-5 1-4	58	1-4 1-4
Ellenberg–Zarzyckiego	62	4-5 3-5	55	3-4 3-5	58	1-4 2-5	59	2-4 1-4	54	1-5 3-5	57	1-4 1-5
Landolta–Zarzyckiego	62	3-5 3-5	62	2-5 3-5	62	2-5 2-5	61	1-3 1-4	59	1-4 3-5	61	1-4 1-5

Dla każdej analizowanej cechy środowiska przyrodniczego i każdej pary porównywanych systemów podano: liczbę gatunków oraz zakresy ich wymagań według zmodyfikowanych pięciostopniowych skal liczb wskaźnikowych i według nich przeprowadzono interpretację wyników (tab. 3).

### **Analiza porównawcza ekologicznych skal liczb wskaźnikowych na podstawie udziału charakterystycznych gatunków muraw piaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* w przedziałach zmienności porównywanych skal**

#### **Porównanie skal wymagań gatunków roślin – wskaźników intensywności światła [L]**

Udziały procentowe w przedziałach zmienności porównywanych skal wskazują, że amplituda gatunków charakterystycznych muraw napiaskowych – wskaźników intensywności światła jest stosunkowo wąska, a najwęższa według skali Ellenberga (L\_E) i waha się w zakresie L\_E 4-5 tzn. od wskaźników stanowisk umiarkowanego światła do pełnego światła (tab. 4). Rozpiętość skal intensywności naświetlenia – Landolta (L\_L) i Zarzyckiego (L\_Z) jest szersza, to znaczy – od wskaźników stanowisk umiarkowanego cienia do stanowisk pełnego światła (L 3-5). Wskaźnikiem stanowisk umiarkowanego cienia (L 3) jest w skali Zarzyckiego tylko jeden gatunek – mietlica piaskowa (*Agrostis vinealis*).

Tabela 4. Udział (%) gatunków charakterystycznych muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* – wskaźników intensywności światła [L] w przedziałach zmienności porównywanych skal

The share (in percent) of characteristic species belonging to sandy xeric grasslands from *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* class as indicators of light intensity [L] in compared scales

Stanowiska <i>Sites of</i>	Skala zmodyfikowana <i>Modified scale</i>	L_E	L_L	L_Z
		% gatunków / <i>species</i> (%)		
Głębokiego cienia <i>Deep shade</i>	1	0,0	0,0	0,0
Cienia <i>Moderate shade</i>	2	0,0	0,0	0,0
Umiarkowanego cienia <i>Half-shade</i>	3	0,0	11,3	1,6
Umiarkowanego światła <i>Moderate light</i>	4	30,6	<b>77,4</b>	33,9
Pełnego światła <i>Full light</i>	5	<b>69,4</b>	11,3	<b>66,1</b>

Skale światła L: L\_E – Ellenberga, L\_L – Landolta, L\_Z – Zarzyckiego.

Light scale L: L\_E – Ellenberg, L\_L – Landolt, L\_Z – Zarzycki.

Według skal Ellenberga i Zarzyckiego zdecydowana większość gatunków muraw napiaskowych to wskaźniki stanowisk pełnego światła (L\_E i L\_Z 5 – odpowiednio około 69 i 66 %), natomiast według skali Landolta – umiarkowanego światła (L\_L 4 – 77,4%), a tylko około 11% – pełnego światła (L\_L 5). W zbiorze charakterystycznych gatunków muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* według diagnoz ekologicznych trzech autorów brak jest gatunków wskazujących na siedliska głębokiego cienia (L 1) i cienia (L 2), co jest zgodne ze specyfiką zbiorowisk należących do tej klasy (tab. 4).

### Porównanie skal wymagań gatunków roślin – wskaźników warunków termicznych [T]

Amplituda gatunków – wskaźników warunków termicznych jest największa według skali Ellenberga – od obszarów umiarkowanie ciepłych do najcieplejszych (T 4-5), a najszerza według skali Landolta – od wskaźników obszarów zimnych do – najcieplejszych (T 2-5) – tabela 5. Wskaźnikiem obszarów zimnych (T 2) jest w przypadku skali Landolta jeden gatunek – naradka północna (*Androsace septentrionalis*). Największą grupę według trzech porównywanych skal tworzą gatunki – wskaźniki obszarów umiarkowanie ciepłych (T 4); w przypadku skal Ellenberga i Zarzyckiego jest to odpowiednio 80% i około 76%, a w skali Landolta około 49% – tu znaczącą grupę tworzą też wskaźniki obszarów umiarkowanie chłodnych (T 3). Warto podkreślić, że według trzech porównywanych skal z 20

Tabela 5. Udział (%) gatunków charakterystycznych muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* – wskaźników warunków termicznych [T] w przedziałach zmienności porównywanych skal

The share (in percent) of characteristic species belonging to sandy xeric grasslands from *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* class as indicators of temperature [T] in compared scales

Obszary <i>Regions</i>	Skala zmodyfikowana <i>Modified scale</i>	T_E	T_L	T_Z
		% gatunków / <i>species</i> (%)		
Najzimniejsze <i>Coldest</i>	1	0,0	0,0	0,0
Zimne <i>Moderately cold</i>	2	0,0	1,8	0,0
Umiarkowanie chłodne <i>Moderately cool</i>	3	0,0	20,0	3,6
Umiarkowanie ciepłe <i>Moderately warm</i>	4	<b>80,0</b>	<b>49,1</b>	<b>76,4</b>
Najcieplejsze <i>Warmest</i>	5	20,0	29,1	20,0

Skale temperatury T: T\_E – Ellenberga, T\_L – Landolta, T\_Z – Zarzyckiego.  
Temperature scales T: T\_E – Ellenberg, T\_L – Landolt, T\_Z – Zarzycki.

i ponad 20% udziałem występują gatunki – wskaźniki obszarów najcieplejszych (T5). W zbiorze charakterystycznych gatunków muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynepherea canescentis* według diagnoz ekologicznych trzech autorów brak jest gatunków wskazujących na obszary najzimniejsze (T 1), a według skal Ellenberga i Zarzyckiego także tych wskazujących na obszary zimne (T 2) – tabela 5.

### Porównanie skal wymagań gatunków roślin – wskaźników kontynentalizmu klimatu [K]

Gatunki charakterystyczne budujące murawy napiaskowe według trzech autorskich skal różnią się walorem wskaźnikowym stopnia kontynentalizmu klimatu (K) – tabela 6. Ellenberg większości gatunkom przypisuje walor wskaźnikowy obszarów suboceanicznych (T\_E 2 około 59%), Landolt – subkontynentalnych (K\_L 4 – ok. 41%), a także przejściowych (K\_L 3 ok. 38%), a na największy udział gatunków – indykatorów obszarów przejściowych wskazuje skala Zarzyckiego (K 3 ok. 80%). Skale K Landolta i Zarzyckiego nie wskazują na obecność gatunków oceanicznych (K 1), natomiast na kilka takich gatunków wskazuje skala Ellenberga (tab. 6). Według Landolta i Zarzyckiego w zbiorze gatunków charakterystycznych muraw napiaskowych jest po jednym gatunku – wskaźniku obszarów kontynentalnych (K 5). Wedle skali Landolta jest to przetacznik Dillena (*Veronica dillenii*), a według Zarzyckiego – lepnica litewska (*Silene lithuanica*).

Tabela 6. Udział (%) gatunków charakterystycznych muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynepherea canescentis* – wskaźników stopnia kontynentalizmu [K] w przedziałach zmienności porównywanych skal

The share (in percent) of characteristic species belonging to sandy xeric grasslands from *Koelerio glaucae-Corynepherea canescentis* class as indicators of climate continentality (K) in compared scales

Obszary <i>Regions</i>	Skala zmodyfikowana <i>Modified scale</i>	K_E	K_L	K_Z
		% gatunków / <i>species</i> (%)		
Oceaniczne <i>Atlantic</i>	1	12,1	0,0	0,0
Suboceaniczne <i>Subatlantic</i>	2	<b>58,6</b>	19,0	15,5
Przejściowe <i>No continentality preference</i>	3	17,2	37,9	<b>79,3</b>
Subkontynentalne <i>Subcontinental</i>	4	12,1	<b>41,4</b>	3,4
Kontynentalne <i>Continental</i>	5	0,0	1,7	1,7

Skale kontynentalizmu K: K\_E – Ellenberga, K\_L – Landolta, K\_Z – Zarzyckiego.  
Continentality scales K: K\_E – Ellenberg, K\_L – Landolt, K\_Z – Zarzycki.

### Porównanie skal wymagań gatunków roślin – wskaźników wilgotności gleb [F]

Wymagania gatunków wchodzących w skład omawianej grupy zbiorowisk względem wilgotności gleby według skali Ellenberga mieszczą się w zakresie (F\_E 2-4) tzn. od wskaźników siedlisk suchych do wilgotnych. Amplituda skal Landolta i Zarzyckiego jest szersza o jeden stopień – tzn. od indyktorów siedlisk skrajnie suchych do wilgotnych (F 1-4) – tabela 7. W przypadku skali Ellenberga i Zarzyckiego największą grupę (ponad 60%) tworzą wskaźniki gleb suchych (F 2), choć z ponad 25% udziałem występują także indykatory gleb świeżych (F 3). Natomiast według skali Landolta największą grupę tworzą gatunki skrajnie suchych siedlisk (F\_L 1 – ok. 55%), około 35% według tej skali to indykatory gleb suchych (F\_L 2), a blisko 10% stanowią także wskaźniki gleb świeżych (F\_L 3). Według diagnoz ekologicznych wszystkich autorów w zbiorze analizowanych gatunków brak jest wskaźników siedlisk mokrych (F 5), a w przypadku skali Landolta także siedlisk wilgotnych (F4), co jest zgodne ze specyfiką muraw napiaskowych i zajmowanych przez nie siedlisk (tab. 7).

Tabela 7. Udział (%) gatunków charakterystycznych muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynepheretea canescentis* – wskaźników wilgotności gleb [F] w przedziałach zmienności porównywanych skal

The share (in percent) of characteristic species belonging to sandy xeric grasslands from *Koelerio glaucae-Corynepheretea canescentis* class as indicators of soil moisture [F] in compared scales

Gleby Soils	Skala zmodyfikowana <i>Modified scale</i>	F_E	F_L	F_Z
		% gatunków / <i>species</i> (%)		
Skrajnie suche <i>Very dry</i>	1	0,0	<b>55,2</b>	3,4
Suche <i>Dry</i>	2	<b>69,0</b>	34,5	<b>63,8</b>
Świeże <i>Fresh</i>	3	27,6	10,3	25,9
Wilgotne <i>Moist</i>	4	3,4	0,0	6,8
Mokre <i>Wet</i>	5	0,0	0,0	0,0

Skale wilgotności F: K\_E – Ellenberga, K\_L – Landolta, K\_Z – Zarzyckiego.  
Moisture scales F: K\_E – Ellenberg, K\_L – Landolt, K\_Z – Zarzycki.

### Porównanie skal wymagań gatunków roślin – wskaźników kwasowości gleb [R]

Zakres wymagań gatunków muraw napiaskowych – wskaźników kwasowości gleb według trzech autorów jest szeroki: według Ellenberga obejmuje pełny zakres skal – od wskaźników gleb silnie kwaśnych (R 1) do indyktorów gleb zasadowych (R 5) – tabela 8. Według skali Zarzyckiego, zakres jest węższy o dwa stopnie – od wskaźników gleb umiarkowanie kwaśnych (R 3) do zasadowych (R 5), a według Landolta do słabo kwaśnych i słabo zasadowych (R 4). Według diagnoz ekologicznych wszystkich autorów w badanym zbiorze gatunków występują z podobnymi udziałami zarówno wskaźniki gleb kwaśnych (R 2), umiarkowanie kwaśnych (R 3), jak też słabo kwaśnych i słabo zasadowych (R 4). Według skali Landolta dominującą grupę tworzą wskaźniki gleb kwaśnych (R 2), a według Ellenberga i Zarzyckiego – gleb słabo kwaśnych i słabo zasadowych (R 4). Ponad 26% wg skali Zarzyckiego to wskaźniki gleb zasadowych (R5). Tylko dwa gatunki są wskaźnikami gleb silnie kwaśnych (R 1) – według skali Ellenberga jest to chroszcz nagołodygowy (*Tesdalea nudicaulis*), a Landolta – szczaw polny (*Rumex acetosella*). Warto podkreślić, że w przypadku kwasowości gleb trudno wyodrębnić grupę gatunków, która by jednoznacznie wskazywała (z ponad 50% udziałem) na wąski zakres wymagań gatunków muraw napiaskowych względem tej cechy (tab. 8).

Tabela 8. Udział (%) gatunków charakterystycznych muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynepheretea canescentis* – wskaźników kwasowości gleb [R] w przedziałach zmienności porównywanych skal

The share (in percent) of characteristic species belonging to sandy xeric grasslands from *Koelerio glaucae-Corynepheretea canescentis* class as indicators of soil acidity [R] in compared scales

Gleby Soils	Skala zmodyfikowana <i>Modified scale</i>	R_E	R_L	R_Z
		% gatunków / <i>species</i> (%)		
Silnie kwaśne <i>Highly acidic</i>	1	1,9	1,9	0,0
Kwaśne <i>Acidic</i>	2	27,8	<b>46,3</b>	0,0
Umiarkowanie kwaśne <i>Moderately acidic</i>	3	29,6	35,2	35,2
Słabo kwaśne i słabo zasadowe <i>Neutral</i>	4	<b>33,3</b>	16,7	<b>38,9</b>
Zasadowe <i>Alkaline</i>	5	7,4	0,0	25,9

Skale kwasowości R: R\_E – Ellenberga, R\_L – Landolta, R\_Z – Zarzyckiego.  
Acidity scales R: R\_E – Ellenberg, R\_L – Landolt, R\_Z – Zarzycki.

### Porównanie skal wymagań gatunków roślin – wskaźników zawartości azotu w glebach [N]

Według trzech autorskich skal amplituda wymagań gatunków – wskaźników zawartości azotu w glebach jest stosunkowo szeroka. i waha się – od indykatów gleb skrajnie ubogich (N 1) do – zasobnych (N 4) – tabela 9. Autorzy trzech skal określają większość gatunków muraw napiaskowych jako wskaźniki gleb ubogich w mineralne związki azotowe (N 2) – odpowiednio około 53, 60 i 46%. Według skali Zarzyckiego znaczny udział w tym zbiorze stanowią także indykatory gleb umiarkowanie zasobnych (N 3 – ok. 42%), a Ellenberg szacuje około 37% gatunków jako wskaźniki siedlisk skrajnie oligotroficznyc (N 1) – tabela 9.

Tabela 9. Udział (%) gatunków charakterystycznych muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynepheretea canescentis* – wskaźników zawartości azotu w glebach [N] w przedziałach zmienności porównywanych skal

The share (in percent) of characteristic species belonging to sandy xeric grasslands from *Koelerio glaucae-Corynepheretea canescentis* class as indicators of nitrogen content in the soil acidity [N] in compared scales

Gleby / Soils	Skala zmodyfikowana <i>Modified scale</i>	N_E	N_L	N_Z
		% gatunków / <i>species</i> (%)		
Skrajnie ubogie <i>Extremely poor</i>	1	36,8	14,0	5,3
Ubogie <i>Poor</i>	2	<b>52,6</b>	<b>59,6</b>	<b>45,6</b>
Umiarkowanie zasobne <i>Moderately poor</i>	3	7,0	24,6	42,1
Zasobne <i>Rich</i>	4	3,5	1,8	7,0
Bardzo zasobne <i>Very rich</i>	5	0,0	0,0	0,0

Skale zawartości azotu N: N\_E – Ellenberga, N\_L – Landolta, N\_Z – Zarzyckiego.

Nitrogen scales N: N\_E – Ellenberg, N\_L – Landolt, N\_Z – Zarzycki.

### Zgodności i różnice trzech porównywanych skal w diagnozie siedliskowej gatunków muraw napiaskowych – wskaźników warunków środowiska fizycznogeograficznego

W wyniku przeprowadzonej analizy porównawczej trzech systemów liczb ekologicznych zbioru gatunków charakterystycznych ubogich muraw napiaskowych, których liczba wynosiła od 55 w przypadku skali R do 62 w przypadku skal L, T i K (por. tab. 3). Wykazano, że wśród nich jest aż 45 takich, których wyma-





gania siedliskowe zostały zdecydowanie różnie określone przez trzech autorów skal, zależnie od każdej z sześciu cech siedliskowych. Różnice te przedstawiono w skalach 5-stopniowych i uwzględniono tylko gatunki różniące się co najmniej (i najczęściej) dwoma stopniami skali (tab. 10).

Wyraźnie odmienne, co najmniej o dwa stopnie skali, diagnozy siedliskowe według trzech skal autorskich dotyczą różnej liczby gatunków zależnie od analizowanego czynnika środowiska fizycznogeograficznego. Dwa gatunki różnią się wyłącznie wymaganiami względem warunków termicznych (liczba T), sześć – wyłącznie stopniem kontynentalizmu (liczba K), tylko jeden (seradela drobna *Ornithopus perpusillus*) – wilgotnością siedlisk (liczba F), dziewięć – kwasowością siedlisk (liczba R), a cztery – zasobnością siedlisk w związki azotowe (liczba N). Tylko pięć gatunków wyraźnie różni się jednocześnie aż trzema cechami środowiska fizycznogeograficznego, którym odpowiadają trzy liczby wskaźnikowe. W przypadku mietlicy piaskowej (*Agrostis vinealis*) są to różnie określone wymagania względem intensywności naświetlenia, stopnia kontynentalizmu i zasobności siedlisk (liczby L, K i N). Strzęplica nadobna (*Koeleria gracilis*) różni się diagnozami ekologicznymi trzech autorów co do warunków termicznych, stopnia kontynentalizmu i kwasowości gleb (liczby T, K i R). W przypadku niezapominajki pagórkowej (*Myosotis ramosissima*) oraz pięciornika srebrnego (*Potentilla argentea*) są to odmienne określone wymagania względem stopnia kontynentalizmu, kwasowości i zasobności siedlisk (liczby K, R i N). Babka piaskowa (*Plantago arenaria*) różni się diagnozami ekologicznymi dotyczącymi stopnia kontynentalizmu, wilgotności i zawartości azotu w glebach (liczby K, F i N) – tabela 10.

Interpretacja niezgodności diagnoz siedliskowych grupy 45 gatunków charakterystycznych ubogich muraw napiaskowych według trzech systemów liczb wskaźnikowych jest trudna i nie może być jednoznaczna. Uzyskane różnice można tłumaczyć przesunięciem spektrum (optimum) ekologicznego gatunków w różnych częściach areału – jest to hipoteza przyrodnicza wynikająca z odmienności flory lokalnej i innego układu konkurencyjnego, który może wpływać na tolerancję ekologiczną gatunków. Każdy gatunek ma w odniesieniu do poszczególnych czynników środowiskowych (takich jak dostęp do światła, temperatura powietrza, stopień kontynentalizmu, wilgotność podłoża, zasobność pokarmowa gleby i inne) określone granice, w obrębie których jest zdolny do życia. Granice tolerancji w stosunku do każdego z czynników środowiska geograficznego mogą się zmieniać pod wpływem innych czynników środowiskowych. Na przykład wyższe temperatury letnie mogą niejednokrotnie osłabiać ujemny wpływ temperatur zimowych. Fakty te są odbiciem ogólnej zasady, że na każdy organizm działa zawsze kompleks czynników środowiskowych, wzajemnie się modyfikujących. Takie całościowe oddziaływanie środowiska ogromnie utrudnia analizę roli, jaka przypada w nim pojedynczym czynnikom (Strain i Bilings, 1974).

Wśród tych 45 gatunków są podgatunki, a nie można wykluczyć, że także odmiany, które w Polsce, Niemczech czy Szwajcarii mogą mieć nieco inną amplitudę ekologiczną. Należy też pamiętać, że gatunki roślin mogą tworzyć różne ekotypy<sup>3</sup>, i to także może być przyczyną odmiennych ocen ich waloru wskaźnikowego przez trzech autorów skal wykazanych w tabeli 10.

Mimo różnic w diagnozach siedliskowych analizowanego zbioru gatunków charakterystycznych muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynepheretea canescentis*, analiza porównawcza systemów liczb wskaźnikowych: H. Ellenberga i innych (1991), E. Landolta (1977) oraz K. Zarzyckiego i innych (2002) wskazała na zgodność trzech porównywanych par skal w odniesieniu do czterech cech środowiska geograficznego (tab. 11).

Tabela 11. Zgodności i różnice porównywanych systemów ekologicznych liczb wskaźnikowych na podstawie ponad 50% udziału gatunków muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynepheretea canescentis* w odpowiadających sobie przedziałach zmienności skal  
Similarities and differences of compared ecological scales of indicator values based on the share of above 50% species of *Koelerio glaucae-Corynepheretea canescentis* class in corresponding degrees of scales

Cechy środowiska geograficznego <i>Features of geographical environment</i>	Porównywane pary skal <i>Compared pairs of scales</i>		
	E+L	E+Z	L+Z
	% gatunków / <i>species</i> (%)		
<b>L</b> światło / <i>light</i>	22,6	<b>75,8</b>	25,8
<b>T</b> temperatura / <i>temperature</i>	47,3	<b>67,3</b>	43,5
<b>K</b> stopień kontynentalizmu / <i>continentality</i>	17,2	29,3	37,1
<b>F</b> wilgotność gleb / <i>soil moisture</i>	15,5	<b>74,1</b>	24,1
<b>R</b> kwasowość gleb / <i>soil acidity</i>	38,9	44,4	13,0
<b>N</b> zawartość azotu w glebie / <i>soil nitrogen</i>	<b>52,6</b>	31,6	40,4

Skale: E+L – Ellenberga i Landolta, E+Z – Ellenberga i Zarzyckiego, L+Z – Landolta i Zarzyckiego. Wartości wytłuszczone oznaczają zgodność systemów.

Scales: E+L – Ellenberg and Landolt, E+Z – Ellenberg and Zarzycki, L+Z – Landolt and Zarzycki. Bold values mean scales similarities.

Zgodność systemów Ellenberga i Landolta dotyczy:

- 1) **liczby N** (zawartości azotu w glebie) z udziałem 52,6 % gatunków (tab. 11) i wśród nich są przede wszystkim wskaźniki gleb ubogich w związki azotowe (N<sub>2</sub>) – por. tabela 9.

<sup>3</sup> Ekotyp jest to populacja w obrębie gatunku przystosowana w wyniku ewolucji do specyficznych warunków środowiskowych (Falińska, 1997).

Zgodność systemów Ellenberga i Zarzyckiego dotyczy:

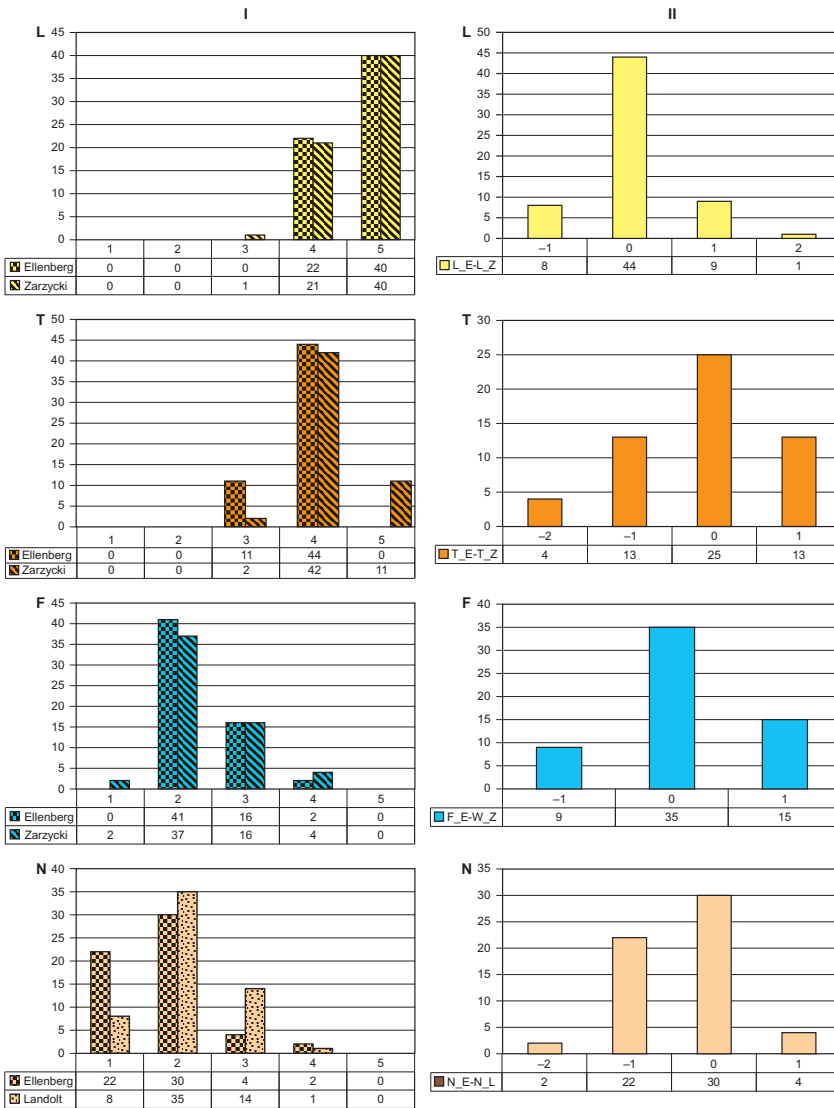
- 1) **liczby L** (intensywności naświetlenia) z udziałem 75,8% gatunków (tab. 11) i wśród nich są przede wszystkim wskaźniki stanowisk w pełni naświetlonych (L5); Landolt natomiast większość z nich ocenił o jeden stopień niżej, jako wskaźniki stanowisk umiarkowanie naświetlonych (L4) – tabela 4;
- 2) **liczby T** (warunków termicznych) z udziałem 67,3% gatunków (tab. 11) i wśród nich są przede wszystkim wskaźniki obszarów umiarkowanie ciepłych (T4) – por. tabela 5.
- 3) **liczby F** (wilgotności gleb) z udziałem 74,1% gatunków (tab. 11) i wśród nich są przede wszystkim wskaźniki gleb suchych (F2); Landolt większość z nich ocenił jako wskaźniki gleb skrajnie suchych (F1) – por. tabela 7.

Warto podkreślić, że w przypadku gatunków charakterystycznych wchodzących w skład ubogich muraw napiaskowych skale Landolta i Zarzyckiego nie osiągnęły 50% zgodności w przypadku żadnego z sześciu czynników siedliskowych, a tylko 13% zgodności osiągnęły te skale w przypadku diagnoz ekologicznych gatunków roślin względem kwasowości gleb (R). Kwasowość gleb (R) i stopień kontynentalizmu (K) okazały się tymi czynnikami środowiska fizycznogeograficznego, w przypadku których żadna z trzech par skal nie osiągnęła 50% zgodności (tab. 11). Z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że niezgodności te wynikać mogą: (1) z różnic klimatycznych i siedliskowych trzech regionów środkowej Europy, w których występują murawy napiaskowe, (2) z nieco różnej listy gatunków charakterystycznych w Szwajcarii, Niemczech Zachodnich i w Polsce – w Europie zachodniej może być brak pewnych gatunków charakterystycznych, a obecne mogą być one w Polsce.

Należy zaznaczyć, że skala Ellenberga wykazuje zgodność oceny wymagań siedliskowych zbioru charakterystycznych gatunków muraw napiaskowych z systemami Landolta lub Zarzyckiego w przypadku czterech spośród sześciu analizowanych cech środowiska geograficznego: z systemem Zarzyckiego odnośnie do światła (liczby L), warunków termicznych (liczby T) oraz wilgotności gleby (liczby F), z systemem Landolta zaś co do zawartości azotu w glebie (liczby N) – tabela 11.

### **Interpretacja wyników zgodności i różnic porównywanych skal na podstawie zbioru gatunków charakterystycznych muraw napiaskowych z klasy *Koeleria glaucae-Corynephorsetea canescentis***

Uzyskane wyniki zgodności i różnic porównywanych skal nie pozwalają na jednoznaczne ich wyjaśnienie, a interpretacja może być przeprowadzona na podstawie dwóch przeciwstawnych hipotez (ryc. 3 i ryc. 4). Pierwsza zakłada, że porównywane skale są zbliżone w tym sensie, że poszczególnym stopniom odpowiadają te same zakresy rzeczywistych pomiarów, a różnice dotyczą oceny wymagań gatunków jako wskaźników warunków środowiskowych (ryc. 3). Alternatywna hipoteza dopuszcza następujące wyjaśnienie otrzymanych wyników:



Ryc. 3. Histogramy rozkładu liczby gatunków w przedziałach zmienności porównywanych par skal według koncepcji I

L – skale światła – Ellenberga i Zarzyckiego (L<sub>E</sub> - L<sub>Z</sub>)

T – skale temperatury – Ellenberga i Zarzyckiego (T<sub>E</sub> - T<sub>Z</sub>),

F – skale wilgotności gleby – Ellenberga i Zarzyckiego (F<sub>E</sub> - F<sub>Z</sub>),

N – skale zawartości azotu w glebie – Ellenberga i Landolta (N<sub>E</sub> - N<sub>L</sub>).

I: oś X – przedziały (stopnie) porównywanych skal; oś Y – liczba gatunków w przedziałach porównywanych par skal

II: oś X – przedziały wartości różnic między porównywanymi parami skal; oś Y – liczba gatunków w przedziałach wartości różnic między porównywanymi parami skal

skale są różne (przesunięte najczęściej o 1 stopień, ale także więcej), a wymagania gatunków względem analizowanych cech środowiska geograficznego – zbliżone (ryc. 4). Na rycinach 3.1 i 4.1 zilustrowano rozkłady liczby gatunków w porównywanych parach skal, natomiast na rycinach 3.2 i 4.2 – pokazano przesunięcia porównywanych par skal, tzn. różnice w liczbie gatunków w przedziałach wartości różnic między porównywanymi parami skal. Brak rzeczywistych pomiarów, które pozwoliłyby na bardziej jednoznaczne wyjaśnienie uzyskanych wyników, narzucił konieczność szukania rozwiązań pośrednich.

Analiza histogramów liczby poszczególnych kategorii gatunków pokazuje, że przykładami pierwszej koncepcji są:

- skale światła L – Ellenberga i Zarzyckiego (ryc. 3L),
- skale temperatury T – Ellenberga i Zarzyckiego (ryc. 3T),
- skale wilgotności gleb F – Ellenberga i Zarzyckiego (ryc. 3F),
- skale zawartości azotu w glebie N – Ellenberga i Landolta (ryc. 3N).

Według drugiej koncepcji rozkład liczby kategorii gatunków na histogramach pozwala jednoznacznie wyjaśnić różnice (przesunięcia) następujących porównywanych par skal:

- światła L – Landolta i Zarzyckiego (ryc. 4L),
- kontynentalizmu K – Ellenberga i Zarzyckiego (ryc. 4K),
- wilgotności F – Ellenberga i Landolta oraz Landolta i Zarzyckiego (ryc. 4F),
- kwasowości gleb R – Landolta i Zarzyckiego (ryc. 4R),
- zawartości azotu w glebie N – Ellenberga i Zarzyckiego (ryc. 4N).

Jak już zasygnalizowano, stopień kontynentalizmu (K) oraz kwasowość gleb (R) okazały się tymi czynnikami środowiska fizycznogeograficznego, w przypadku których żadna z trzech par skal nie osiągnęła 50% zgodności (tab. 11): Ellenberg około 60% gatunków ocenił jako suboceaniczne (K 2), Zarzycki blisko 80% jako – przejściowe (K 3), a Landolt 40% – jako subkontynentalne (K 4). Prawdopodobnie wynika to z faktu, że o występowaniu muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* decydują przede wszystkim specyficzne warunki siedliskowe i klimatyczne w skali regionalnej (Matuszkiewicz, 2001; Sienkiewicz-Paderewska, 2010; Roo-Zielińska, 2014).

---

Histograms for distributions of numbers of species between the classes.

The ecological scales are compared pairwise in line with concept 1

L – the Ellenberg and Zarzycki scales of light intensity (L<sub>E</sub> - L<sub>Z</sub>)

T – the Ellenberg and Zarzycki scales of temperature (T<sub>E</sub> - T<sub>Z</sub>)

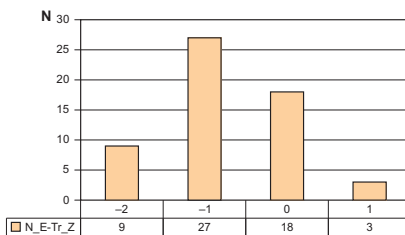
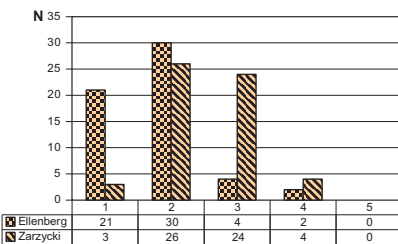
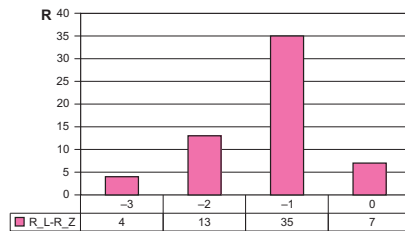
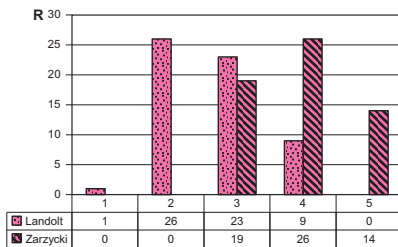
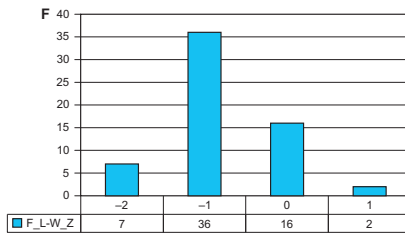
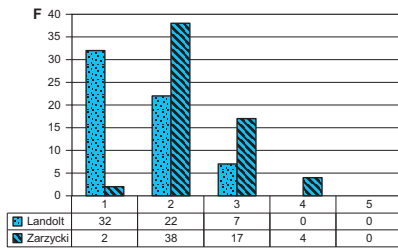
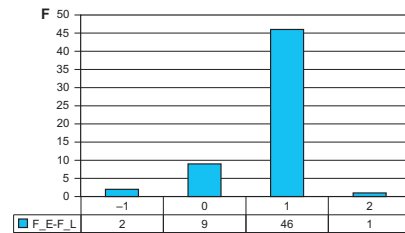
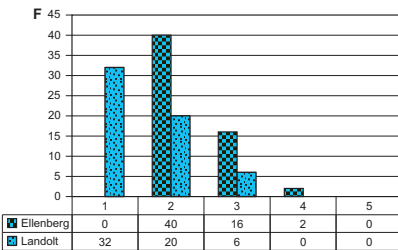
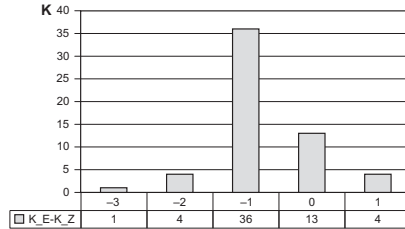
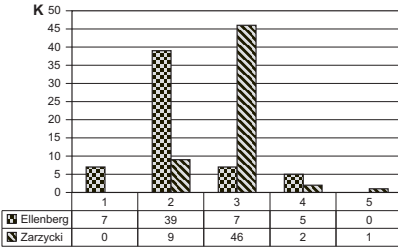
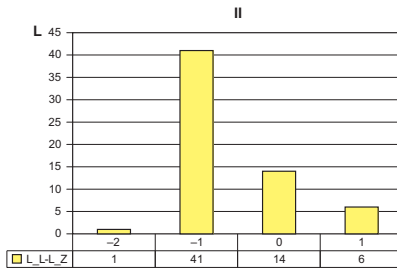
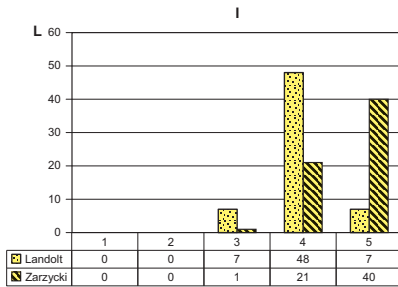
F – the Ellenberg and Zarzycki scales of soil moisture (F<sub>E</sub> - W<sub>Z</sub>)

N – the Ellenberg and Landolt scales of nitrogen content in soil (N<sub>E</sub> - N<sub>L</sub>)

The figure gives two explanations

I: X axis – classes of compared scales, below is the numbers of species observed; Y axis – numbers of species in the classes of the compared pair of scales

II: X axis – differences between classes in the compared pair of scales, below is the number of species observed; Y axis – number of species as regards the difference in value between pairs of scales



Warto odnotować, że trzej autorzy różnie diagnozują wymagania gatunków charakterystycznych muraw napiaskowych względem kwasowości siedlisk. Landolt większości gatunków przypisuje walor wskaźnikowy gleb kwaśnych (R 2 – ok. 46%), Ellenberg i Zarzycki ponad 30% gatunków oceniają aż o dwa stopnie wyżej – jako wskaźniki gleb słabo kwaśnych i słabo zasadowych (R 4) – tabela 8. Te różnice mogą wynikać z większego zakwaszenia gleb Szwajcarii niż Polski i Niemiec. Zdaniem holenderskich autorów A. Schaffersa i K. Sykory (2000) liczby kwasowości R lepiej odpowiadają całkowitej zawartości wapnia niż mierzonemu odczynowi gleby (pH). Wydaje się, że jest to także powód, dla którego aż 21 gatunków (40% całego zbioru) różni się liczbą R (nawet o dwa stopnie) – tabela 10. Może to też wynikać ze znacznej labilności odczynu gleby, który zmienia się zależnie od warunków pogodowych w krótkich okresach i ma znaczenie wybitnie lokalne (Kozłowska, 1991; Roo-Zielińska, 2014).

Według skal Ellenberga i Landolta większość gatunków muraw napiaskowych to wskaźniki gleb ubogich w związki azotowe, natomiast według skali Zarzyckiego znaczącą grupę tworzą też indykatory siedlisk umiarkowanie zasobnych (tab. 9). Choć odniesienie geograficzne skal może mieć wpływ na tę ocenę, to dość istotna wydaje się interpretacja liczby azotu N przez trzech autorów. Według Ellenberga jest to liczba azotowa N (*nitrogen figure*) i poprzez nią oce-



Ryc. 4. Histogramy frekwencji gatunków w przedziałach zmienności porównywanych par skal według koncepcji II

L – skale światła – Landolta i Zarzyckiego (L<sub>L</sub> - L<sub>Z</sub>),

K – skale kontynentalizmu – Ellenberga i Zarzyckiego (K<sub>E</sub> - K<sub>Z</sub>),

F – skale wilgotności gleby – Ellenberga i Landolta (F<sub>E</sub> - F<sub>L</sub>);

F – skale wilgotności gleby Landolta i Zarzyckiego (F<sub>L</sub> - F<sub>Z</sub>),

R – skale kwasowości gleby – Landolta i Zarzyckiego (R<sub>L</sub> - R<sub>Z</sub>),

N – skale zawartości azotu w glebie – Ellenberga i Zarzyckiego (N<sub>E</sub> - Tr<sub>Z</sub>).

I: oś X – przedziały (stopnie) porównywanych skal; oś Y – liczba gatunków w przedziałach porównywanych par skal

II: oś X – przedziały wartości różnic między porównywanymi parami skal; oś Y – liczba gatunków w przedziałach wartości różnic między porównywanymi parami skal

Fig. 4. Histograms for the distributions of numbers of species between the classes.

The ecological scales are compared pairwise according in line with concept 2

L – the Landolt and Zarzycki scales of light intensity (L<sub>L</sub> - L<sub>Z</sub>)

K – the Ellenberg and Zarzycki scales of climate continentality (K<sub>E</sub> - K<sub>Z</sub>)

F – the Ellenberg and Landolt scales of soil moisture (F<sub>E</sub> - F<sub>L</sub>)

F – the Landolt and Zarzycki scales of soil moisture (F<sub>L</sub> - F<sub>Z</sub>)

R – the Landolt and Zarzycki scales of soil acidity (R<sub>L</sub> - R<sub>Z</sub>)

N – the Ellenberg and Zarzycki's scales of nitrogen content in the soil (N<sub>E</sub> - Tr<sub>Z</sub>)

The figure gives two explanations

I: X axis – the classes of the compared scales, below the number of species observed; Y axis – the number of species in the classes of the compared pair of scales

II: X axis – differences between classes of compared pairs of scales, below the number of species observed; Y axis – the number of species belonging to each value for differences



niana jest zawartość w glebie przyswajalnych dla roślin związków azotowych; według Landolta jest to koncentracja składników pokarmowych, tzw. żyźność (*nutrient value*), według Zarzyckiego natomiast jest to liczba określająca trofizm Tr (*trophy value*).

Wyniki doświadczeń wielu autorów zajmujących się metodami fitoindykcyjnymi i rolą gatunków roślin jako indykatorów zasobności gleb wskazują, że całkowita zawartość mineralnych związków azotowych ( $\text{NO}_3^-$  i  $\text{NH}_4^+$ ) jest w wielu przypadkach słabo indykowana przez gatunki roślin o określonej liczbie N (Hill i Carey, 1997; Schaffers i Sykora, 2000; Diekmann, 2003). Inne składniki odżywcze, a przede wszystkim fosfor i potas są równie dobrze, a czasem lepiej, indykowane przez gatunki roślin. A. Schaffers i K. Sykora (2000) wykazali silną korelację liczby azotowej Ellenberga N z produkcją biomasy i proponują, aby liczbę N zastąpić „liczbą produktywności” (*productivity values*). Trudności w interpretacji „liczby azotowej N” w pewnym tylko stopniu wyjaśniają różnice w wycechowaniu gatunków jako wskaźników zawartości azotu (żyźności, trofizmu).

### **Porównanie różnic i zgodności trzech skal w diagnozie czterech zbiorów – charakterystycznych gatunków: muraw ciepłolubnych z klasy *Festuco-Brometea*, muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea*, łąk z klasy *Molinio-Arrhenatheretea* oraz lasów liściastych z klasy *Quercu-Fagetea***

Jak wspomniano we wstępie, podobna analiza porównawcza trzech autorских skal ekologicznych na podstawie zbioru gatunków muraw napiaskowych z klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea* została już przeprowadzona dla gatunków łąkowych z klasy *Molinio-Arrhenatheretea* (Roo-Zielińska, 2004), lasów liściastych z klasy *Quercu-Fagetea* (Roo-Zielińska, 2009) oraz muraw ciepłolubnych z klasy *Festuco-Brometea* (Roo-Zielińska, 2012). Łącznie zatem poddano analizie około 380 gatunków roślin naczyniowych (dla muraw napiaskowych około 60, dla łąk około 130, dla lasów liściastych blisko 90 i dla muraw ciepłolubnych około 100 – w zależności od analizowanego czynnika środowiska fizyczno-geograficznego), czyli blisko 20% liczby taksonów flory polskiej znajdujących się na liście K. Zarzyckiego i innych (2002).

Trzy pierwsze klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea*, *Festuco-Brometea* oraz *Molinio-Arrhenatheretea* reprezentują zbiorowiska trawiaste występujące na podłożu mineralnym. Czwarta *Quercu-Fagetea* to mezo- i eutroficzne lasy liściaste porastające także gleby mineralne. Pierwsze dwa zbiory – murawy napiaskowe i ciepłolubne o wąskiej amplitudzie ekologicznej są podobne pod względem dwóch czynników siedliskowych, tj. wymagań gatunków względem wilgotności gleb i zawartości w nich azotu (Roo-Zielińska, 2014). Następne dwa – łąki i lasy liściaste – są zróżnicowane wewnętrznie, zwłaszcza pod względem wilgotnościowo-żyźnościowym. Pozwala to na sformułowanie prawidłowości wynikających ze

zgodności i różnic ekologicznych skal europejskich na podstawie czterech analizowanych zbiorów gatunków (tab. 12, 13).

Dla wszystkich czterech zbiorów zgodność dotyczy tylko **liczby L** (intensywności naświetlenia stanowisk) – według dwóch skal Ellenberga i Zarzyckiego (tab. 12). Ze względu na specyfikę zbiorów dwaj autorzy skal diagnozują w większości gatunki muraw napiaskowych i ciepłolubnych jako wskaźniki stanowisk pełnego światła (L5), łąk – umiarkowanego światła (L 4), przy czym zgodne są tu wszystkie porównywane skale, a gatunki lasów liściastych w większości są wskaźnikami stanowisk umiarkowanego cienia (L 3) – tabela 13.

Dla trzech zbiorów (poza murawami napiaskowymi) zgodność dotyczy **liczby R** (kwasowości siedlisk) również według dwóch skal Ellenberga i Zarzyckiego (tab. 12); Większość charakterystycznych gatunków łąk i lasów liściastych to wskaźniki gleb słabo kwaśnych i słabo zasadowych (R4), a gatunki muraw ciepłolubnych to indykatory gleb zasadowych (R5) – tabela 13.

W przypadku oceny warunków termicznych – **liczby T** zgodności skal dotyczy trzech zbiorów charakterystycznych gatunków zbiorowisk trawiastych (muraw i łąk) jako wskaźników obszarów umiarkowanie ciepłych (T 4). Według skal

Tabela 12. Zgodności porównywanych systemów ekologicznych liczb wskaźnikowych na podstawie ponad 50% udziału gatunków charakterystycznych należących do czterech klas fytosocjologicznych w odpowiadających sobie przedziałach zmienności skal  
Similarities of compared ecological scales of indicator values based on the share of above 50% species characteristic for four phytosociological classes in corresponding degrees of scales

Klasa / Class	Liczby wskaźnikowe / Indicator figures									
	L			T	K	F			R	N
Murawy napiaskowe ( <i>Koelerio glaucae-Corynephoretea</i> ) Sandy grasslands	E+Z			E+Z		E+Z				E+L
Murawy ciepłolubne ( <i>Festuco-Brometea</i> ) Xerothermic grasslands	E+Z			E+L		E+Z			E+Z	E+L
Łąki ( <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> ) Meadows	E+Z	L+Z	E+L	E+Z	L+Z				E+Z	
Lasy liściaste ( <i>Quercu-Fagetea</i> ) Deciduous forests	E+Z					E+Z	E+L	L+Z	E+Z	

**E+Z** zgodność systemów Ellenberga i Zarzyckiego / similarities Ellenberg and Zarzycki scales

**E+L** zgodność systemów Ellenberga i Landolta / similarities Ellenberg and Landolt scales

**L+Z** zgodność systemów Landolta i Zarzyckiego / similarities Landolt and Zarzycki scales

brak 50% zgodności / lack of 50 percent similarities

Tabela 13. Ponad 50% udział gatunków charakterystycznych należących do czterech klas fitosocjologicznych w przedziałach zmienności porównywanych skal

The share of above 50% species characteristic for four phytosociological classes in degrees of compared scales

	Ellenberg					Landolt					Zarzycki				
	L światło / light														
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Murawy napiaskowe / <i>Sandy grasslands</i> ( <i>Koelerio glaucae-Corynepherea</i> )					■					■					■
Murawy ciepłolubne / <i>Xerothermic grasslands</i> ( <i>Festuco-Brometea</i> )					■					■					■
Łąki / <i>Meadows (Molinio-Arrhenatheretea)</i>				■						■				■	
Lasy liściaste / <i>Deciduous forests (Quercu-Fagetea)</i>			■					■					■		
	T temperatura / temperature														
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Murawy napiaskowe / <i>Sandy grasslands</i> ( <i>Koelerio glaucae-Corynepherea</i> )				■										■	
Murawy ciepłolubne / <i>Xerothermic grasslands</i> ( <i>Festuco-Brometea</i> )				■					■						■
Łąki / <i>Meadows (Molinio-Arrhenatheretea)</i>				■				■						■	
Lasy liściaste / <i>Deciduous forests (Quercu-Fagetea)</i>		■												■	
	K stopień kontynentalizmu / continentality														
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Murawy napiaskowe / <i>Sandy grasslands (Koelerio glaucae-Corynepherea)</i>	■													■	
Murawy ciepłolubne / <i>Xerothermic grasslands (Festuco-Brometea)</i>									■					■	
Łąki / <i>Meadows (Molinio-Arrhenatheretea)</i>		■						■						■	
Lasy liściaste / <i>Deciduous forests (Quercu-Fagetea)</i>		■												■	
	F wilgotność gleby / soil moisture														
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Murawy napiaskowe / <i>Sandy grasslands (Koelerio glaucae-Corynepherea)</i>	■						■					■			
Murawy ciepłolubne / <i>Xerothermic grasslands (Festuco-Brometea)</i>	■						■					■			
Łąki / <i>Meadows (Molinio-Arrhenatheretea)</i>		■							■					■	
Lasy liściaste / <i>Deciduous forests (Quercu-Fagetea)</i>			■					■					■		
	R kwasowość gleby / soil acidity														
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Murawy napiaskowe / <i>Sandy grasslands (Koelerio glaucae-Corynepherea)</i>															
Murawy ciepłolubne / <i>Xerothermic grasslands (Festuco-Brometea)</i>					■				■						■
Łąki / <i>Meadows (Molinio-Arrhenatheretea)</i>				■				■						■	
Lasy liściaste / <i>Deciduous forests (Quercu-Fagetea)</i>				■										■	
	N zawartość azotu w glebie / soil nitrogen content														
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Murawy napiaskowe / <i>Sandy grasslands (Koelerio glaucae-Corynepherea)</i>	■					■									
Murawy ciepłolubne / <i>Xerothermic grasslands (Festuco-Brometea)</i>	■					■							■		
Łąki / <i>Meadows (Molinio-Arrhenatheretea)</i>														■	
Lasy liściaste / <i>Deciduous forests (Quercu-Fagetea)</i>								■						■	

Ellenberga i Zarzyckiego odnosi się to do muraw napiaskowych i łąk, a według skal Ellenberga i Landolta – do muraw ciepłolubnych (tab. 12 i 13).

Jeśli chodzi o wilgotność siedlisk – **liczbę F** – zgodność dotyczy dwóch skal: Ellenberga i Zarzyckiego. Autorzy diagnozują większość charakterystycznych gatunków muraw napiaskowych i ciepłolubnych – jako wskaźniki siedlisk suchych (F 2), a lasów liściastych jako gleb świeżych (F 3). Warto podkreślić, że w przypadku lasów liściastych ponad 50% zgodność wykazały trzy autorskie porównywane skale (tab. 12 i 13).

W przypadku oceny zawartości azotu w glebach – **liczby N** – zgodność dotyczy dwóch skal Ellenberga i Landolta na podstawie waloru wskaźnikowego dwóch zbiorów muraw – napiaskowych i ciepłolubnych (tab. 12). Dwaj autorzy diagnozują większość tych gatunków – jako indykatory gleb ubogich w mineralne związki azotowe (N 2)

### Podsumowanie

Już na podstawie stosunkowo niewielkiej próby (około 20% flory roślin naczyniowych Polski) można przeprowadzić krytyczną analizę liczb wskaźnikowych opracowanych przez różnych autorów dla Europy środkowej w celu zastosowania ich do oceny siedlisk w warunkach klimatyczno-edaficznych Polski. Na przykład liczba kontynentalizmu (K) Ellenberga oceniająca większość analizowanych charakterystycznych gatunków roślin jako suboceaniczne (K 2), nie odpowiada przejściowym warunkom klimatycznym Polski, natomiast właściwa jest tu liczba K według ekologicznej skali Zarzyckiego, która zdecydowanej większości analizowanych gatunków (nawet należących do ekstrazonalnych muraw ciepłolubnych) nadaje walor wskaźników obszarów o klimacie przejściowym – między suboceanicznym i subkontynentalnym (K 3).

Warto również podkreślić, że według szwajcarskiej skali Landolta istnieje w większości przypadków różnica jednego stopnia w diagnozie wymagań gatunków względem warunków glebowych. Dotyczy to liczby F – wskazującej na gleby suchsze, liczby R – wskazującej na gleby bardziej kwaśne i liczby N wskazującej na gleby mniej zasobne w mineralne związki azotowe, w porównaniu z pozostałymi skalami, a zwłaszcza ze skalą polską.

Uzyskane wyniki i interpretacja zgodności i różnic w diagnozach ekologiczno-siedliskowych trzech popularnych w środkowej Europie ekologicznych skal liczb wskaźnikowych na podstawie czterech różnorodnych zbiorów gatunków charakterystycznych pozwoliła wskazać na pewne powtarzające się wyżej opisane prawidłowości. Wynikać one mogą: (1) z położenia geograficznego krajów, z których wywodzą się porównywane skale określające diagnozy ekologiczne gatunków jako indykatorów światła i temperatury, (2) z różnic regionalnych i lokalnych determinujących diagnozy gatunków jako wskaźników warunków

siedliskowych takich jak wilgotność, kwasowość i azot, (3) podstawą analizy były zestawy gatunków charakterystycznych właściwe dla flory polskiej .

Autorka uważa za celowe prowadzenie dalszych badań porównawczych trzech autorskich skal ekologicznych, które wraz z bezpośrednimi pomiarami terenowymi (klimatycznymi i glebowymi) pozwoliłyby: (1) określić wiarygodność gatunków charakterystycznych zbiorowisk roślinnych jako „wzorcowych, modelowych” wskaźników warunków środowiska fizycznogeograficznego oraz (2) przyjąć skalę ekologicznych liczb wskaźnikowych najbardziej odpowiednią dla zbiorowisk roślinnych Polski.

### Piśmiennictwo / References

- Diekmann M., 2003, *Species indicator values as an important tool in applied plant ecology – a review*, Basic and Applied Ecology, 4, s. 1-14.
- Dzwonko Z., Loster S., 2000, *Testing of Ellenberg and Zarzycki indicator values as predictors of soil and light conditions in woodlands*, [w:] J.J. Wójcicki J, Wołek, U. Korzeniak (red.), *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, 45, 1-2, s. 49-62.
- Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulissen D., 1991, *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*, Scripta Geobotanica, 18, Göttingen.
- Falińska K., 1997, *Ekologia roślin. Podstawy teoretyczne, populacja, zbiorowisko, procesy*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Hill M.O., Carey P.D., 1997, *Prediction of yield in the Rothamsted Park grass experiment by Ellenberg indicator values*, Journal of Vegetation Science, 8, s. 579-586.
- Kershaw K.A., 1978, *Ilościowa i dynamiczna ekologia roślin*, PWN, Warszawa.
- Kostrowicki A., Wójcik Z., 1972, *Podstawy teoretyczne i metodyczne oceny warunków przyrodniczych*, [w:] *Metody oceny warunków przyrodniczych produkcji rolniczej*, Biuletyn KPZK PAN, 71, Warszawa, s. 7-64.
- Kozłowska A., 1991, *Analiza porównawcza ekologicznych liczb wskaźnikowych (wg Ellenberga i Zarzyckiego). Comparative analysis of ecological indicative values (according to Ellenberg and Zarzycki)*, Wiadomości Botaniczne, 35, 1, s. 11-21.
- Landolt E., 1977, *Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora*, Veröffentlichungen Geobotanisches Institut der ETH Stiftung Rübel, 64, Zürich.
- Lindacher R., red. 1995, *PHANART Datenbank der Gefäßpflanzen Mitteleuropas, Erklärung der Kennzahlen, Aufbau und Inhalt (PHANART Database of Centraleuropean Vascular Plants, Explanation of codes, Structure and Contents)*, Veröffentlichungen des Geobotanischen Institut der ETH, Stiftung Rübel, 125, Zürich.
- Matuszkiewicz W., 2001, *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Motyka J., 1962, *Ekologia roślin. Część ogólna i analityczna*, PWRiL, Warszawa.
- Podbielkowski Z., 1991, *Geografia roślin*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
- Remmert H., 1985, *Ekologia*, PWRiL, Warszawa.
- Roo-Zielińska E., 2004, *Fitoindykacja jako narzędzie oceny środowiska fizycznogeograficznego. Podstawy teoretyczne i analiza porównawcza stosowanych metod*, Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 199, Warszawa.
- Roo-Zielińska E., 2009, *Porównanie europejskich skal ekologicznych liczb wskaźnikowych w ocenie środowiska fizycznogeograficznego na podstawie charakterystycznych*

- gatunków roślin lasów liściastych z klasy *Querc-Fagetea*, Przegląd Geograficzny, 81, 3, s. 317-345.
- Roo-Zielińska E., 2012, *Porównanie europejskich skal ekologicznych liczb wskaźnikowych w ocenie środowiska fizycznogeograficznego na podstawie charakterystycznych gatunków roślin muraw ciepłolubnych z klasy Festuco-Brometea*, Przegląd Geograficzny, 84, 1, s. 23-51.
- Roo-Zielińska E., 2014, *Wskaźniki ekologiczne zespołów roślinnych Polski*, Wydawnictwo Akademickie Sedno, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Roo-Zielińska E., Solon J., Degórski M., 2007, *Ocena stanu i przekształceń środowiska przyrodniczego na podstawie wskaźników geobotanicznych, krajobrazowych i glebowych (Podstawy teoretyczne i przykłady zastosowań)*, Monografie, IGiPZ PAN, 9, Warszawa.
- Schaffers A.P., Sykora K.V., 2000, *Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements*, Journal of Vegetation Science, 11, s. 225-244.
- Sienkiewicz-Paderewska D., 2010, *Zbiorowiska roślinne z klasy Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis Klika in Klika et Novak 1941 występujące na trwałych użytkach zielonych w Parku Krajobrazowym „Podlaski Przełom Bugu”*, Łąkarstwo w Polsce, 13, s. 137-155.
- Strain B.R., Billings D.W. (red.), 1974, *Vegetation and Environment*, Handbook of Vegetation Science, 6, W. Junk, The Hague.
- Wysocki Cz., Sikorski P., 2009, *Fitosocjologia stosowana w ochronie i kształtowaniu krajobrazu*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Zarzycki K., Trzczińska-Tacik H., Różański W., Szelaż Z., Wolek J., Korzeniak U., 2002, *Ecological Indicator Values of Vascular Plants of Poland. Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski*, W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków.

[Wpłynęło: kwiecień; poprawiono: czerwiec 2015 r.]

EWA ROO-ZIELIŃSKA

COMPARISON OF EUROPEAN SCALES OF ECOLOGICAL INDICATOR VALUES  
IN THE EVALUATION OF A NATURAL ENVIRONMENT  
BASED ON CHARACTERISTIC SPECIES OF SANDY, XERIC GRASSLANDS  
OF *KOELERIO GLAUCAE-CORYNEPHORETEA CANESCENTIS* CLASS

Comparative analysis was performed in relation to the scales of ecological indicator values for plant species proposed by: (1) Ellenberg, for the flora of Germany, (2) Landolt for the flora of Switzerland and (3) Zarzycki for the flora of Poland – in relation to six environmental features classed as either “climatic”: light intensity [L], temperature [T] or continentality [K] or soil-related (edaphic), i.e. moisture [F], acidity [R] and nitrogen content [N]. Species characteristic of sandy xeric grasslands from *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* class were used as a “tool” in the comparison. Numbers of species differ – from 55 to 62 - depending on environmental features and the compared scales. However, it was assumed that pairs of ecological scales were similar if the per-

centage share of species was above 50% in corresponding points on scales. The main aim of the analysis was to assess whether compared scales originating from different parts of Central Europe are similar (or different) in their ecological diagnosis as regards climatic and edaphic conditions, where each feature of the geographical environment is expressed in relation to three indicator values deriving from the three scales.

The interpretation of results was based around two opposing hypotheses: that the scales compared are similar, with particular points along them conforming to the same ranges of actual measurements, while differences concern the assessment of the requirements of the species as indicators of environmental conditions; or that the scales are different (most often shifted by one degree), while the ecological requirements of the species are similar.

The analysis of histograms of frequency for the particular species categories shows that examples supporting the first of the two hypotheses are constituted by the pairs of scales for: (1) light intensity [L] of Ellenberg and Zarzycki, (2) temperature [T] of Ellenberg and Zarzycki; (3) soil moisture [F] of Ellenberg and Zarzycki; (4) nitrogen content in the soil [N] of Ellenberg and Landolt.

In terms of the second hypothesis the distribution of frequencies of the species categories in the histograms allows for the explanation of the differences (shifts) within the compared pairs of scales concerning: (1) light [L] as expressed by Landolt or Zarzycki values; (2) continentality [K] of Ellenberg and Zarzycki; (3) soil moisture [F] of Ellenberg and Landolt; (4) soil moisture of Landolt and Zarzycki; (5) soil acidity of Landolt and Zarzycki; (5) nitrogen content in the soil [N] of Ellenberg and Zarzycki.

It is worth noting that similar results for analysis were obtained when the same ecological scales of indicator values were compared by reference to species from meadows of *Molinio-Arrhenathereta* class (Roo-Zielinska, 2004), deciduous forest of *Quercus-Fagetum* class (Roo-Zielińska 2009) and xerothermic grasslands of *Festuco-Brometea* class (Roo-Zielińska, 2012). This means that a total of around 380 species (of meadow, deciduous forest, xerothermic and sandy xeric grassland) have now been evaluated, though admittedly this is still only about 20% of K. Zarzycki's list of Polish flora (Zarzycki *et al.*, 2002). Nevertheless, the ecological spectra and tolerances found for the four groups are very different, with results obtained suggesting the need to continue with the comparative analysis of European ecological scales for groups of species characteristic of different phytosociological units/associations, with appropriate ecological indicator values for Polish flora and plant communities being found in the process.

