

Niedźwiecki J., 2009, *Badanie mozaikowości krajobrazu wysokogórskiego Tatr z wykorzystaniem transektów geologicznych. Problemy ekologii krajobrazu, T. XXIII, 137–147.*

Niedźwiecki J., 2009, *The research of patchiness of high-mountain landscape of Tatra Mountains with the application of the geocological cross-sections. The Problems of Landscape Ecology, Vol. XXIII, 137–147.*

Badanie mozaikowości krajobrazu wysokogórskiego Tatr z wykorzystaniem transektów geologicznych

The research of patchiness of high-mountain landscape of Tatra Mountains with the application of the geocological cross-sections

Jan Niedźwiecki

Zakład Geografii Fizycznej, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński,
ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków
e-mail: jniedzwiecki@geo.uj.edu.pl

Abstract. In the paper the mosaic pattern of a high-mountain landscape was investigated. A network of sections of a slope: geocological catenas and cross-sections of a slope was used to this purpose. The study was carried out on 3 areas in the Tatra Mountains: Kocioł Goryczkowy Świński, the north-eastern slope of Skrajna Turnia and Dolina za Mniczem. These are slopes of post-glacial cirques located in similar vegetational zones and with similar bedrock. Three ranks of geographical spatial units was taken into consideration. The study resulted in a few conclusions: In the most general view (first rank of geocomplexes) Dolina za Mniczem has the highest degree of patchiness of the landscape. In detailed scale (third rank of units) the landscape of waste-covered slopes of Kocioł Goryczkowy Świński is more mosaic than talus slopes of Skrajna Turnia. The values of 'index of catenal diversity' is higher than 'index of horizontal diversity' on polygons in Dolina za Mniczem. It is inversely on two other areas. The role of scale is significant.

It was shown that measuring the catenas along the slope profile the values of 'index of degree of landscape patchiness' can be different by 5-13% and the values of 'index of catenal diversity' even to almost 20%.

Słowa kluczowe: mozaikowość krajobrazu, Tatry, krajobraz wysokogórski, katena geologiczna

Key words: landscape patchiness, Tatra Mountains, high-mountain landscape, geocological catena

Wprowadzenie

W niniejszej pracy zajęto się zagadnieniem wykorzystania transektów geologicznych: katen oraz przekrojów poprzecznych stoku do badania mozaikowości krajobrazu. Termin **mozaikowość** jest tu tradycyjnie rozumiany jako różnorodność – stopień zróżnicowania mozaiki powiązanych wzajemnie ekosystemów (Pearce 1997, za Solonem 2002).

Katena geologiczna w polskiej terminologii ekologii krajobrazu określa się jako „prawidłowe następstwo ekotopów (facji) wzdłuż linii przekroju rzeźby” (Kondracki, Richling 1983). Jest to narzędzie badawcze bardzo uniwersalne, które w sposób wszechstronny ukazuje cechy przestrzeni. Wypracowanie typologii katen może być także sposobem na szybsze i pełniejsze rozpoznanie struktury badanego obszaru, niż w przypadku elementarnych badań na całej analizowanej powierzchni (Ostaszewska i in. 2000).

Przekroje poprzeczne stoku są transektami poprowadzonymi w ogólnym zarysie „po poziomicach”, ale odzwierciedlającymi wklęsłości i wypukłości stoku oraz są użyte w celu odzwierciedlenia horyzontalnego zróżnicowania krajobrazu.

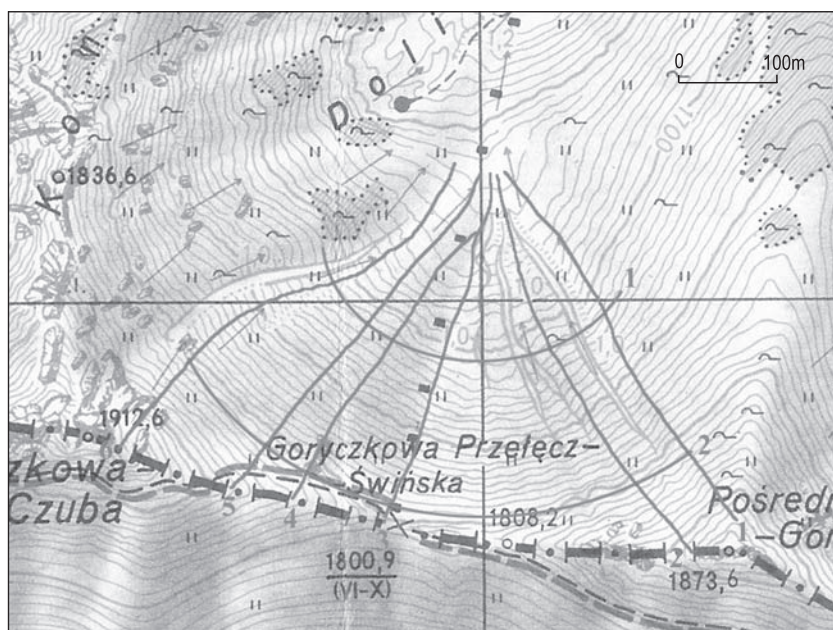
Celem niniejszego opracowania jest próba oszacowania stopnia mozaikowości krajobrazu stoków kotłów polodowcowych na podstawie przekrojów. Przedstawiono tu badania porównawcze przeprowadzone na trzech obszarach o różnych typach genetycznych stoków oraz na trzech stopniach szczegółowości. Skupiono się więc na względnych różnicach w stopniu mozaikowości między różnymi obszarami i skalami. Zaproponowane metody poddano testowaniu, poprzez wielokrotne powtórzenie obliczeń z zastosowaniem różnej ilości transektów oraz przy różnym ich doborze.

Obszary badawcze

Do badań mozaikowości wybrano obszary, które posiadały opracowania kartograficzne rzeźby i roślinności w skali od 1:1000 do 1:2000. Badań w tej skali było dotychczas w Tatrach niewiele. Autorowi udało się jednakże tak dobrać obszary testowe, by spełniały one kryteria wspólnej porównywalności. W terenie wyznaczono linie przekrojów oraz w ich obrębie zweryfikowano granice poszczególnych wydziałów rzeźby i roślinności oraz naniesiono granice wydziałów budowy geologicznej na podstawie mapy geologicznej (*Mapa geologiczna...* 1958, 1959, 1978).

Prace prowadzono na czterech poligonach badawczych w polskich Tatrach: w Kotle Goryczkowym Świńskim (Dolina Bystrej), na północno-wschodnim stoku Skrajnej Turni (Dolina Gąsienicowa) oraz w części Doliny Rybiego Potoku - Dolinie za Mniczem (2 poligony). Przebieg przekrojów na przykładowym obszarze testowym, w Kotle Goryczkowym Świńskim ukazuje ryc. 1.

Kotły polodowcowe uznano za formę rzeźby charakterystyczną dla terenów wysokogórskich w Tatrach (Niedźwiecki, w druku). Wszystkie obszary położone są w obrębie podobnych utworów geologicznych oraz reprezentują podobne położenie w układzie pięter roślinnych. Również wszystkie poligony badawcze mieszczą się w obrębie tych samych pięter roślinnych: kosodrzewiny i halnym. Poligony zostały dobrane w ten sposób,



Ryc. 1. Kateny (1–6) i przekroje poprzeczne stoku (1–2) w Kotle Goryczkowym Świńskim. Podkład: *Mapa topograficzna...* (1988)

Fig. 1. Catenas (1) and cross-sections (2) in Kocioł Goryczkowy Świński

aby możliwe było porównanie różnych typów genetycznych stoków (stok o pokrywie zwietrzelinowej, stok piargowy i stok skalno-zwietrzelinowy) w obrębie jednej formy: kotła polodowcowego.

Kocioł Goryczkowy Świński jest górnym piętrzem Doliny Goryczkowej. Jego dno położone jest na wysokości 1650–1660 m n.p.m. Obszar znajduje się w obrębie fałdu Giewontu, w wyspie krystalicznej Goryczkowej. Zbocza kotła, o nachyleniach 20-30°, są dojrzałe i słabo rozczłonkowane.

Stok Skrajnej Turni (2097 m n.p.m.) jest zboczem kotła Zielonego Stawu, leżącego w Dolinie Gąsienicowej, na wysokości 1673 m n.p.m. Położony jest w obszarze trzonu krystalicznego Tatr. Stok ma budowę dwuczłonową i tylko stok piargowy, znajdujący się pod ścianą skalną, został objęty badaniami.

Dolina za Mnichem jest boczną częścią Doliny Rybiego Potoku. Leży ona w obrębie trzonu krystalicznego Tatr. W dnie doliny, położonej na wysokości 1790–1820 m n.p.m., zalegają głązy moreny ablacynnej, a pod ścianami znajdują się stożki piargowe. Prawe orograficznie zbocze doliny posiada charakterystyczne spłaszczenia zwane Tarasami Mnichowymi. Pierwszy z dwóch poligonów badawczych, wyznaczonych w tej dolinie, zlokalizowany został na stoku znajdującym się między dnem doliny a najniższym ze spłaszczeń (poligon „Tarasy Mnichowe”). Przeciwległe zbocze doliny to skalno-zwietrzelinowy stok Miedzianego (2233 m n.p.m.), który również posiada spłaszczenia, lecz mniej wyraziste. Znajdują się one na wysokościach: ok. 1860, ok. 1900 i trzeci między 1970 a 2000 m n.p.m. (Klimaszewski 1988). Poligon „Miedziane” obejmuje fragment stoku Miedzianego między dnem doliny, a wałem moreny uformowanej na najniższym spłaszczeniu stokowym.

Postępowanie badawcze

W niniejszej pracy przyjęto założenie, że o stopniu mozaikowości krajobrazu można wnioskować na podstawie jego przekrojów. Takie podejście może wydawać się kontrowersyjne, lecz niewątpliwą zaletą metody jest możliwość zastosowania przekrojów do porównania zróżnicowania jednostek przestrzennych na stoku w układzie katenalnym i horyzontalnym. Jako charakterystyka powierzchniowa może natomiast posłużyć do wypracowania metody, pozwalającej na stosunkowo szybkie oszacowanie tej charakterystyki krajobrazu (lub innych metryk krajobrazowych), nie wymagającej rozpoznawania całej powierzchni terenu.

Katény geoekologiczne i przekroje poprzeczne stoku tworzą sieć ciągów geokompleksów, które dają się ująć w charakterystyki ilościowe. Cechę tę wykorzystano do opracowania prostych wskaźników. Najbardziej oczywiste jest odniesienie liczby geokompleksów do jednostki długości podstawy przekroju; wyraża to wzór:

$$M = G / D \quad [\text{jedn.} \cdot \text{km}^{-1}]$$

gdzie:

M – wskaźnik stopnia mozaikowości krajobrazu;

G – ilość geokompleksów w przekrojach;

D – sumaryczna długość przekrojów w kilometrach.

Wskaźnik obliczony na podstawie tego wzoru będzie dalej nazywany „wskaźnikiem stopnia mozaikowości krajobrazu”. Postępowanie to jest wzorowane na wskaźniku stopnia mozaikowości krajobrazu, zastosowanym przez J. Mozgawę (1995) do charakteryzowania pojeziernych krajobrazów Polski północno-wschodniej.

Odrębne zastosowanie wskaźnika do katen i przekrojów poprzecznych, pozwala na porównanie stopnia zróżnicowania krajobrazu wzdłuż linii stoku – katenalnie oraz w poprzek stoku – horyzontalnie. Na tej bazie obliczono dwa kolejne wskaźniki, nazywane tutaj wskaźnikami kierunkowymi: „wskaźnik różnorodności katenalnej” oraz „wskaźnik różnorodności horyzontalnej”.

Badania przeprowadzono na trzech poziomach szczegółowości. Celem, który przyświeca takiemu podejściu, jest sprawdzenie zróżnicowania cech struktury krajobrazu, przy zmianie kryteriów delimitacji jednostek (związanych ze zmianą skały). Przykładowe opracowanie przekroju przedstawia ryc. 2. Oryginalna skala opracowań wynosi 1:2000.

Charakterystyki liczbowe wykorzystanych przekrojów ukazuje tabela 1. Klasyfikacja wydzieleń rzeźby i roślinności jest hierarchiczna i tworzą ją trzy rzędy wielkości wydzieleń. Pierwszy stopień dokładności (1 rząd wielkości wydzieleń) jest najbardziej ogólny. Jest on dostosowany do najmniej szczegółowo opracowanego poligonu badawczego w Dolinie za Mnichem (za Lewandowskim 1978), gdzie kartowano jednostki przestrzenne

Geokompleksy														
Rząd I	A16			A15			A16			A16	A11	A11		
Rząd II	B29			B21			B29			B31	B24	B24		
Rząd III	C50	C83	C81	C24			C59			C61	C28	C28		
											B13	C22	B12	C19

Roślinność

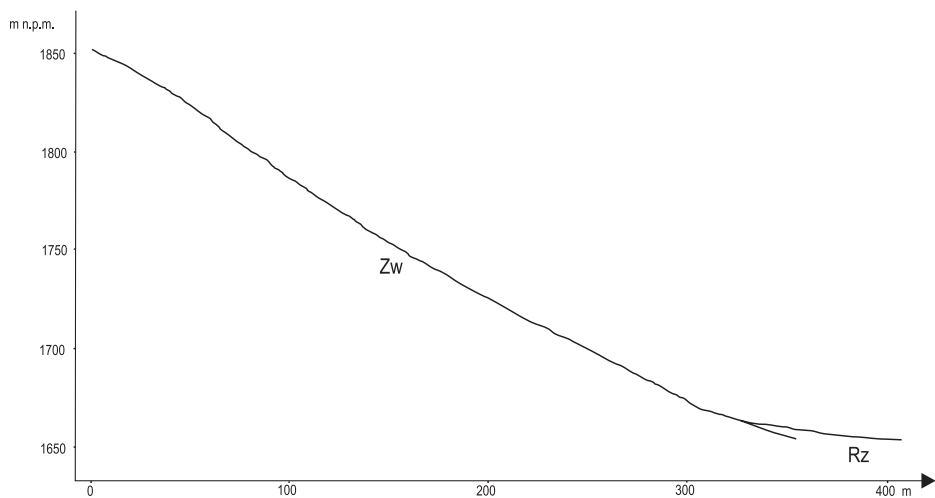
II			I			II			III			II			III			II														
4			1			4			6			7			6			7			5											
O	Os	Oc	R			Op			V			P			V			Vk			P			D			F			D		

Rzeźba

III												IV											
5				4				5				4				5				7			
Z	Zs	B		Zg				Bg				B				Zm				N			

NE

SW



Ryc. 2. Katena nr 2 w Kotle Goryczkowym Świńskim wg J. Niedźwieckiego (2005) – częściowo zmienione
 Roślinność: I – Zbiorowiska porostów naskalnych: 1 – Zbiorowiska porostów naskalnych: R – *Rhizocarpetalia*;
 II – Roślinność zielna, trawiasta i krzewinkowa: 4 – Murawy alpejskie *Oreochloa distichae* – *Juncetum trifidi*;
 O – O–J *typicum i cetrarietosum*, Os – O–J *sphagnetosum*, Oc – O–J *caricetosum sempervirentis*, Op – O–J pionierska
 postać piargowa; 5 – Murawy subalpejskie: F – zbiorowisko z *Festuca picta*, D – zbiorowisko z *Deschampsia*
flexuosa oraz *Hieracio alpini* – *Nardetum*; 6 – Borówczyska: V – *Vaccinietum myrtilli* oraz *Emperto-Vaccinietum*,
 Vk – *Vaccinietum myrtilli* i *Emperto-Vaccinietum* w kompleksach przestrzennych; III – Zarośla kosodrzewiny:
 7 – Zarośla kosodrzewiny: P – *Pinetum mughi carpaticum*; Rzeźba: III – Stoki dojrzałe: 4 – Stoki z pokrywą blokową;
 B – stabilne, Bg – ze spelzowaniem gleby; 5 – Stoki z pokrywą zwietrzelinową; Z – stabilne, Zs – z soliflukcją, Zg – ze
 spelzowaniem gleby, Zm – modelowany przez procesy mrozowe, IV – Dna dolin: 7 – Równiny i stożki napływowe:
 N – z akumulacją; Budowa geologiczna: Zw – Gliny, rumosze gliniaste oraz zwietrzeliny kamieniste, Rz – Kamieńce
 oraz osady rzeczne tarasowe; Symbole typów geokompleksów: A15 – rząd I, B21 – rząd II, C24 – rząd III

Fig. 2. Catena no. 2 in Kocioł Goryczkowy Świński according to J. Niedźwiecki (2005) – partly changed
 Vegetation: I – *Epilithic lichen communities*: 1 – *Rhizocarpetalia*; II – Herbaceous, grassy and subshrub vegetation:
 4 – Alpine swards *Oreochloa distichae* – *Juncetum trifidi*: O – O–J *typicum i cetrarietosum*, Os – O–J *sphagnetosum*,
 Oc – O–J *caricetosum sempervirentis*, Op – O–J pioneer talus form; 5 – Subalpine grassland communities:
 F – community of *Festuca picta*, D – community of *Deschampsia flexuosa* and *Hieracio alpini* – *Nardetum*; 6 – Subalpine
 dwarf scrub communities: V – *Vaccinietum myrtilli* and *Emperto-Vaccinietum*, Vk – *Vaccinietum myrtilli* and *Emperto-*
Vaccinietum in spatial complexes; III – Subalpine shrubs: 7 – Subalpine shrubs: P – *Pinetum mughi carpaticum*; Relief:
 III – Slopes: 4 – slope with block cover: B – stable, Bg – with creeping of soil; 5 – slope with debris cover: Z – stable,
 Zs – with solifluction, Zg – with creeping of soil, Zm – modeled by frost heaving, IV – Valley bottoms: 7 – Alluvial cones and
 plains: N – with accumulation; Bedrock: Zw – Clay rubble and debris, Rz – Gravel bars and sediments of fluvial terraces
 Symbols of types of geokompleksów: A15 – range I, B21 – range II, C24 – range III

Tabela 1. Charakterystyki liczbowe badanych przekrojów

Table 1. Numerical characteristics of research profiles

Nazwa poligonu	Numer kateny lub przekroju poprzecznego	Długość przekroju (km)	Ilość geokompleksów		
			1 rzędu	2 rzędu	3 rzędu
Kocioł Goryczkowy Świński	Katena 1	0,418	6	8	9
	Katena 2	0,423	8	11	15
	Katena 3	0,363	4	8	16
	Katena 4	0,390	8	13	15
	Katena 5	0,405	2	8	15
	Katena 6	0,467	7	10	13
	Przekrój poprzeczny 1	0,385	17	33	39
Przekrój poprzeczny 2	0,539	5	20	38	
Skrajna Turnia	Katena 7	0,390	14	14	14
	Katena 8	0,365	9	16	16
	Katena 9	0,355	4	6	7
	Katena 10	0,353	10	14	15
	Katena 11	0,362	8	18	19
	Przekrój poprzeczny 3	0,245	11	19	20
	Przekrój poprzeczny 4	0,379	16	28	28
Dolina za Mnichem – "Miedziane"	Katena 12	0,136	10	-	-
	Katena 13	0,152	9	-	-
	Katena 14	0,194	9	-	-
	Przekrój poprzeczny 5	0,134	9	-	-
	Przekrój poprzeczny 6	0,164	7	-	-
Dolina za Mnichem – "Tarasy Mnichowe"	Katena 15	0,070	5	-	-
	Katena 16	0,102	9	-	-
	Katena 17	0,124	5	-	-
	Przekrój poprzeczny 7	0,210	7	-	-

w randze uroczysk. Naśladując legendę do mapy roślinności, w odrębnych wydzieleniach umieszczono kosodrzewinę oraz roślinność porostową, zaś roślinność zielną, trawiastą i krzewinkową ujęto razem. Legenda rzeźby zawiera trzy główne typy stoków (dojrzałe, piargowe oraz stoki i ściany skalne) oraz dna dolin. Budowę geologiczną opracowano na podstawie *Mapy geologicznej* (1958, 1959, 1978) oraz mapy, którą opracował dla Doliny za Mnichem W. Lewandowski (1978). W jeden typ ujęto wychodnie wszystkich skał granitoidowych. Pozostałe wydzielenia to: kamieńce oraz osady rzeczne tarasowe; gliny, rumosze gliniaste oraz zwietrzliny kamieniste; pokrywy morenowe.

Drugi stopień (2 rząd wielkości wydzielen) dotyczy już tylko roślinności i rzeźby. Dla tej pierwszej obejmuje on grupy zbiorowisk roślinnych (np. murawy alpejskie, zbiorowiska wyleżyskowe, borówczyska, itd.), które zaczerpnięto z legend do materiałów kartograficznych, które były podstawą niniejszego opracowania (Kozłowska i in. 1997, Kozłowska 1999). W klasyfikacji form rzeźby, stoki dojrzałe podzielono w zależności od rodzaju okrywającego je materiału: z pokrywą zwietrzelinową (drobną) i blokową. Wśród stoków piargowych wyodrębniono (za Kotarba, Strömquistem 1984) stoki aluwialne, czyli usypiskowo-napływowe.

Najmniejsze wydzielenia powstały poprzez syntezę i generalizację legend do map rzeźby i roślinności, opracowanych dla poligonów w Kotle Goryczkowym i na Skrajnej Turni. Jako charakterystykę jednostek rzeźby wybrano dominujący na danej powierzchni proces (np. spelzwanie gleby, soliflukcja, akumulacja, itd.) Oparto się na mapach A. Kotarby (Kotarba i in. 1979) i Z. Rączkowskiej (1999). Analogicznie opracowano legendę do trzeciego stopnia wydzielen roślinności. Są to już konkretne zespoły i podzespoły roślinne (np. *Rhizocarpetalia*, *Salicetum herbaceae* itd.).

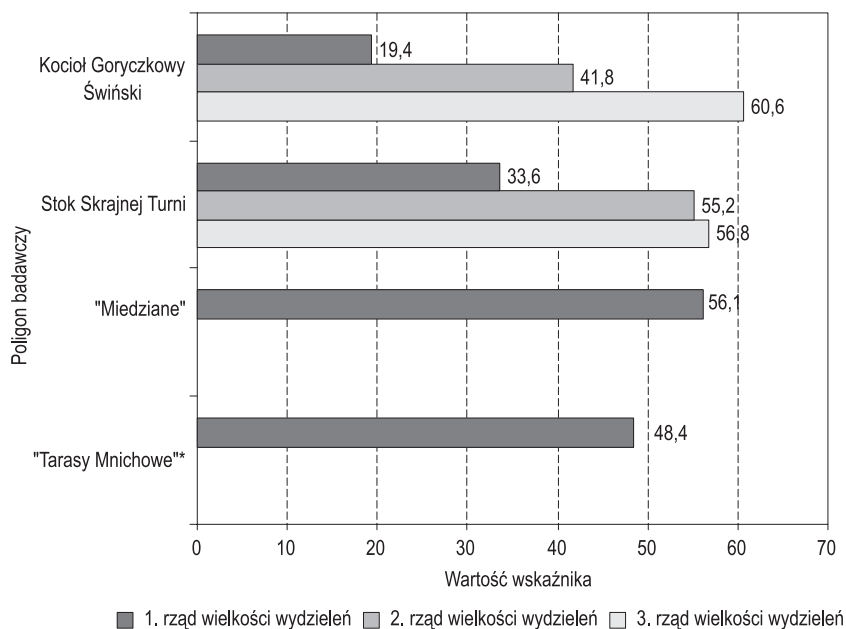
Konstruując legendy starano się, by dla wszystkich geokomponentów, dla każdego rzędu wielkości było mniej więcej po tyle samo wydzielen.

Trzy rzędy wielkości wydzielen komponentów posłużyły za podstawę do delimitacji geokompleksów trzech rang. Zastosowano przy tym postępowanie indukcyjne. Dysponowano bowiem wiedzą na temat wydzielen rzeźby i roślinności w skali topicznej. Ujęto je w typy jednostek przestrzennych, które mają odpowiadać rangą facjom krajobrazowym.

Wskaźnik stopnia mozaikowości krajobrazu

Obliczenia mozaikowości przeprowadzono wielokrotnie, stosując różne przekroje oraz różną ich ilość. Autor starał się prześledzić zależność uzyskanych wyników od użytych parametrów i ustalić w ten sposób optymalny ich dobór. Nie uwzględniono jednak wszystkich możliwych kombinacji. Przede wszystkim starano się, by wybrane przekroje jak najbardziej regularnie i pełni pokrywały badany poligon. Wariant uwzględniający tylko dwa przekroje potraktowano pobieżnie, jedynie zaznaczając istnienie takiej możliwości. Przy uwzględnieniu różnych kombinacji trzech profili dane charakteryzuje duży rozrzut i trudno na ich podstawie sformułować satysfakcjonujące wnioski syntetyczne.

Przy kombinacji czterech przekrojów na wszystkich obszarach wartości wskaźnika wahają się w węższych przedziałach (ryc. 3). Dla Kotła Goryczkowego Świńskiego, dla pierwszego rzędu wielkości wydzielen, wskaźnik wynosi od 16,5 do 21,9, zaś średnio: 19,4 jednostki; dla drugiego rzędu od 39,2 do 44,3 i średnio 41,8 oraz dla trzeciego rzędu od 54,7 do 64,4, średnio: 60,6. Trochę większe zakresy charakteryzują stok Skrajnej Turni.



Ryc. 3. Średnie wartości wskaźnika stopnia mozaikowości krajobrazu, obliczone z uwzględnieniem czterech przekrojów: 2 katen i 2 przekrojów poprzecznych * obliczono na podstawie 2 katen i 1 przekroju poprzecznego

Fig. 3. The average values of index of landscape patchiness degree calculated on the basis of four sections: 2 catenas and 2 cross-sections * calculations based on 2 catenas and 1 cross-section

Zaznacza się także pewna specyfika tego obszaru: stosunkowo wysokie w porównaniu z Kotłem Goryczkowym są tu wartości wskaźnika w pierwszych dwóch rzędach wielkości wydzielen (odpowiednio 29,1–37,3, średnia 33,6 oraz 48,9–60,0, średnio 55,2), zaś trzeci rząd charakteryzuje mozaikowość nieznacznie tylko wyższa niż w przypadku rzędu drugiego (50,4–61,4, średnio 56,8). Świadczy to o dużej mozaikowości, która zaznacza się już na drugim stopniu szczegółowości. Oznacza to kontrastowo różniące się jednostki rzeźby i roślinności. Sąsiadujące ze sobą geokompleksy bardzo rzadko należą do tej samej grupy zbiorowisk roślinnych i tego

samego typu stoku. Jedną z przyczyn takiego stanu, to zdaniem autora, podparcie stoków piargowych przez bryłę martwego lodu (Klimaszewski 1988). Wykształcił się w tym miejscu nietypowy fragment stoku: stok pokryty zwietrzeliną, utrwalony kosodrzewiną, który wpływa na urozmaicenie struktury stoku.

Jeszcze większa mozaikowość charakteryzuje poligon „Miedziane” w Dolinie za Mnichem. Podobne wartości, jakie osiąga wskaźnik dla Skrajnej Turni dla drugiego i trzeciego rzędu wielkości wydzieleni, obliczono tu dla najmniej szczegółowych wydzieleni (od 52,8 do 59,7, średnio 56,1). Zdaniem autora, są trzy główne powody takiego stanu. Po pierwsze, poligon położony jest na stoku skalno-zwietrzelinowym, gdzie przeplatają się dwa typy stoków. Po drugie, leży on głównie w górnej części piętra kosodrzewiny, gdzie znajdują się rozproszone jej płyty. A po trzecie, duże zróżnicowanie spadków powoduje, że powierzchnie zajęte przez bloki skalne tylko częściowo pokrywa zwietrzelina i porasta roślinność murawowa.

W dalszych badaniach policzono jeszcze wskaźnik stopnia mozaikowości krajobrazu z użyciem od pięciu do ośmiu przekrojów. Zaobserwowano prawidłowość, iż w kolejnych wariantach powtarzają się proporcje wartości wskaźnika zarówno między poligonami, jak i między charakterystykami dla poszczególnych rang geokompleksów. Zaznacza się jednak wyraźnie wpływ jaki ma proporcja uwzględnionych katen do liczby przekrojów poprzecznych. Kateny w Kotle Goryczkowym i na Skrajnej Turni są mniej urozmaicone, niż przekroje poprzeczne. Uwzględnianie w obliczeniach coraz większej ich ilości, przy stałej liczbie przekrojów poprzecznych, powoduje zmniejszanie się wskaźnika mozaikowości z każdą dodaną kateną. Optymalnym zatem, zdaniem autora, rozwiązaniem jest branie pod uwagę jednakowej liczby katen i przekrojów poprzecznych. Największą wiarygodność w niniejszym opracowaniu posiadają wyniki analiz czteroprzekrojowych (2 kateny + 2 przekroje poprzeczne).

W mniejszym stopniu dotyczy to jednak pierwszego rzędu wielkości wydzieleni. Przy podejściu ogólnym maleją dysproporcje między zróżnicowaniem horyzontalnym i katenalnym.

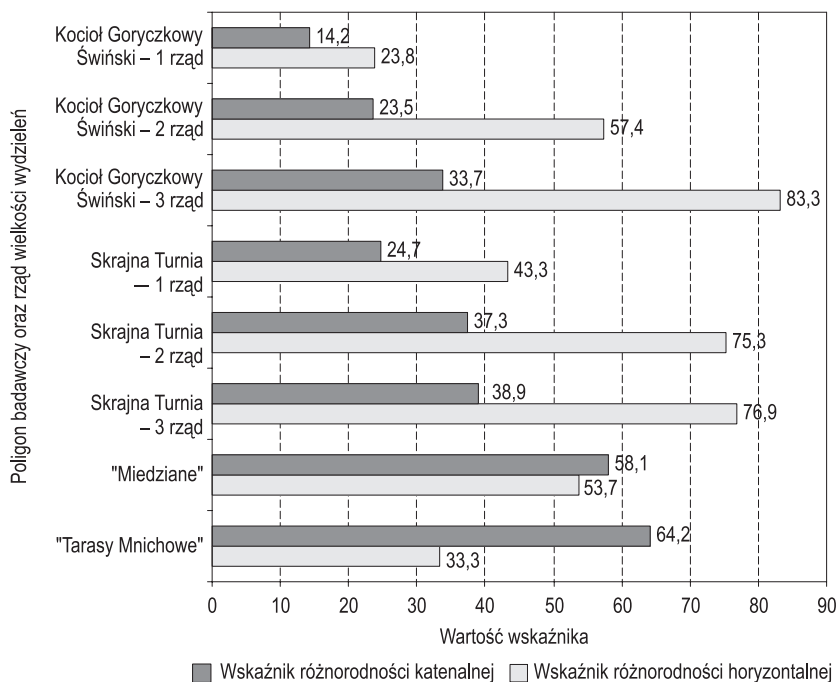
Wskaźniki kierunkowe

Stopień zróżnicowania krajobrazu może być odmienny w różnych kierunkach na stoku: katenalnie i horyzontalnie. Wpływ na stopień różnorodności katenalnej, a więc i na jej proporcje w stosunku do różnorodności horyzontalnej, ma intensywność procesów katenalnych. Intensywność tych procesów zależy od kształtu stoku (Sołtyk 1995). Można stąd wysnuć wniosek, że na zależność tę wpływ ma także wiek rzeźby, z którą kształt stoku jest związany. Krajobraz wysokogórski to krajobraz rzeźby młodej o dużym udziale stoków wklęsłych. Zróżnicowanie na linii kateny powinno być zatem stosunkowo nieduże. W górach dochodzi jednakże także piętrowa zmienność środowiska, która odzwierciedla się na linii kateny stokowej.

Zdaniem autora, spore znaczenie ma też rodzaj i intensywność ruchów masowych na stoku. Według M. Klimaszewskiego (1978), największy wpływ na przebieg i charakter ruchów masowych ma nachylenie stoków, a także budowa podłoża, rodzaj pokrywy zwietrzelinowej i klimat. Zarówno na stokach łagodnych, jak i stromych, ruchy masowe mogą mieć charakter liniowy lub powierzchniowy. Tam gdzie zachodzą procesy linearne, powstają formy różnicujące krajobraz horyzontalnie, zaś za sprawą powierzchniowych procesów, mogą powstawać formy prostopadłe do spadku stoku (np. terasy soliflukcyjne), dzięki którym krajobraz różnicuje się na linii kateny stokowej.

Wskaźniki kierunkowe (ryc. 4) obliczono uwzględniając wszystkie przekroje znajdujące się na poszczególnych poligonach badawczych i uzyskano wartości średnie wskaźników dla wszystkich katen oraz wartości średnie dla wszystkich przekrojów poprzecznych.

Po analizie wyników nasuwa się wniosek, że proporcje różnorodności w obu kierunkach mogą zależeć od szczegółowości podejścia. Przy rozpatrywaniu jednostek trzeciego rzędu wielkości, dysproporcje dla Kotła Goryczkowego i stoku Skrajnej Turni wynoszą 1,0 do 2,0–2,5 na rzecz różnorodności horyzontalnej. Dla pierwszego z wymienionych obszarów wskaźnik różnorodności horyzontalnej wyniósł 83,3, zaś wskaźnik różnorodności katenalnej zaledwie 33,7. Dla Skrajnej Turni kształtują się one podobnie, odpowiednio 76,9 oraz 38,9. W Kotle Goryczkowym na drugim stopniu szczegółowości wartości wskaźników znacznie maleją (57,4 oraz 23,5), ale dysproporcje są tylko nieznacznie mniejsze. Na Skrajnej Turni ujawnia się wspomniany już brak różnic w stopniu mozaikowości obliczonej dla 2 i 3 rzędu wielkości wydzieleni (75,3 oraz 76,9). Dysproporcja



Ryc. 4. Wartości wskaźników kierunkowych

Fig. 4. Values of directional indices

też jest prawie stała. Maleje ona dopiero na poziomie najogólniejszym. Dla obu obszarów układu się w stosunku 1 do ok. 1,7 (Kocioł Goryczkowy: 23,8 oraz 14,2; Skrajna Turnia: 43,3 oraz 24,7).

Specyficzne są pod tym względem poligony w Dolinie za Mnichem. Poza tym, że obliczone dla nich wskaźniki są przeważnie wyższe niż na pozostałych obszarach, charakteryzuje je wyjątkowo duży stopień katenalnej zmienności środowiska. Poligon „Miedziane” ma wartość wskaźnika różnorodności katenalnej trochę wyższą od wartości wskaźnika różnorodności horyzontalnej (53,7 oraz 58,1), a na poligonie „Tarasy Mnichowe” pierwszy ze wskaźników osiąga prawie dwukrotną wartość wskaźnika dotyczącego zmienności horyzontalnej.

Fakt ten wynika znowu z budowy skalno-zwietrzelinowych stoków tej doliny. Niewysokie fragmenty ścian skalnych wyglądów polodowcowych są progami ustawionymi poprzecznie do linii spadku stoku. Niemalże znaczenie ma też długość katen. W Dolinie za Mnichem są one wyjątkowo krótkie, stąd sekwencja głównych form rzeźby na stoku jest skupiona na krótszym odcinku.

Trzy stopnie szczegółowości badań

W powyższych badaniach uwzględniono trzy obszary. Różnią się one pod względem niektórych cech środowiska przyrodniczego, z których najważniejszy to typ genetyczny stoku, względem którego przeprowadzono ich porównanie. Były one badane przez różnych autorów.

Drugi z tych aspektów utrudnia porównywanie wyników powyższych analiz. Przy tworzeniu syntetycznych legend poszczególnych komponentów, największą generalizację – upraszczającą strukturę skartowanego krajobrazu – zastosowano dla Kotła Goryczkowego Świńskiego. Dolina za Mnichem posiada natomiast opracowania najmniej szczegółowe, dlatego uwzględniono ją w porównaniach tylko częściowo.

Zakładając, że wydzielenia podstawowe w Dolinie za Mnichem nie uległyby dużemu zróżnicowaniu w podejściu bardziej szczegółowym i byłyby porównywane z podstawowymi wydzieleniami na pozostałych obszarach, można stwierdzić, że stopień mozaikowości krajobrazu jest tam porównywalny, a nawet mniejszy niż na innych poligonach. Największe jest natomiast zróżnicowanie krajobrazu Kotła Goryczkowego Świńskiego.

Z drugiej strony, porównując na każdym obszarze pierwszy stopień wielkości wydzieleni, można dojść do wniosków odwrotnych, których dostarcza bezpośrednia analiza uzyskanych wyników: Dolina za Mnichem charakteryzuje się największą mozaikowością krajobrazu, zaś Kocioł Goryczkowy Świński – najmniejszą. Płynie stąd wniosek, że skala badań ma duży wpływ na uzyskane wyniki analiz.

Kocioł Goryczkowy Świński i stok Skrajnej Turni przebadane zostały w tym samym stopniu szczegółowości. Wydaje się, że najlepszym poziomem szczegółowości do porównywania ich mozaikowości jest drugi rząd wielkości wydzieleni. Pozwala on na wyeliminowanie błędów, które mogłyby wynikać z różnic dokładności kartowania i ilości uogólnień, których dokonano przy syntezy legend. W takim podejściu, bardziej mozaikowy jest krajobraz stoku Skrajnej Turni.

Konstrukcja legendy ma duży wpływ na rezultaty badań. Na zasadzie redukcji (uogólnienia) legendę dostosowywano zawsze do mniej dokładnie przebadanego obszaru. Dlatego np. niektóre zespoły roślinne ujęte zostały łącznie. Problematyczne jest też łączenie mniejszych wydzieleni w typy wyższej rangi. Na przykład, ściany skalne o mozaice roślinności murawowej i obszarów bez roślinności, klasyfikowane są przez A. Kozłowską jako obszary z roślinnością murawową, co może zmniejszać mozaikowość krajobrazu i znaczenie granicy między ścianą skalną a stokiem piargowym. Kompleksy przestrzenne roślinności przy kartowaniu w skali szczegółowej powinny być wydzielane, jak twierdzi A. Kozłowska (1999), lecz trudno ocenić, czy poprawnie charakteryzują one strukturę krajobrazu. Wydzielanie ich może być w pewnym sensie działaniem arbitralnym.

Zagadnienie długości kateny

Dla wszelkich pomiarów na mapach, zarówno powierzchniowych jak i liniowych, powszechne jest traktowanie terenu jako płaszczyzny. Nie uwzględnia się zwykle wpływu krzywizny stoku na wyniki badań. M. Pietrzak (2007) wskazuje na niespójność metod badania krajobrazu, np. kształtu jednostek krajobrazowych, z koncepcją trójwymiarowości krajobrazu. Trzeci wymiar przestrzeni ukazuje natomiast katenę. Zdaniem autora, w pewnych warunkach może ona dawać lepszy pogląd na niektóre charakterystyki terenu niż mapa.

Obszary wysokogórskie, wyróżniają przynajmniej dwie cechy, które sprawiają, że charakterystyki krajobrazu obliczone w konwencjonalny sposób, mogą częściowo fałszować obraz rzeczywistości. Po pierwsze, stoki osiągają znaczne nachylenia, a na niewielkich fragmentach mogą być nawet przewieszane. W takiej sytuacji rzut ściany skalnej na płaszczyznę, może ją skraćcać kilkakrotnie. Po drugie, na obszarach tych występuje duże zróżnicowanie nachyleń stoków. Na linii przekroju stoku spadki mogą się różnicować od zera stopni w dnach dolin do osiemdziesięciu, a nawet dziewięćdziesięciu stopni na ścianach skalnych. Traktowanie rzutu obu tych terenów na płaszczyznę wedle jednej miary, nie jest zupełnie poprawne.

Na rysunku przekroju stoku możliwy jest pomiar jego długości (przy zachowaniu tej samej skali na obu osiach). Obliczenia dotyczące struktury krajobrazu wysokogórskiego na podstawie przekrojów mogą się więc z pewnych względów okazać bardziej dokładne, bardziej odzwierciedlające rzeczywistość niż przy badaniach powierzchniowych na mapie.

W niniejszej pracy przedstawiono to zagadnienie na przykładzie wskaźników mozaikowości krajobrazu. Do powtórnych obliczeń wykorzystano rzeczywiste długości płatów na stokach, a nie ich rzuty na płaszczyznę. Obliczono wskaźnik stopnia mozaikowości krajobrazu i wskaźniki kierunkowe tylko przy uwzględnieniu układów z dwiema katenami i dwoma przekrojami poprzecznymi. Przetestowano jednak różny dobór przekrojów. Z powodu dużych formatów tabel z obliczeniami, autor ograniczył się tylko do relacji wielkości zmian jakie zaszły w wynikach analiz.

W najmniejszym zakresie wskaźnik stopnia mozaikowości krajobrazu obniżył się w Kotle Goryczkowym Świńskim. Dla kolejnych rzędów wielkości wydzieleni wartości wskaźnika przyjmują wartości o 5–6% niższe niż przy poprzednich wyliczeniach, dla Skrajnej Turni o około 10%, a dla poligonu „Miedziane” nawet o 12–13%. Zmieniają się także proporcje między różnorodnością katenalną a horyzontalną, gdyż długość przekrojów poprzecznych zmienia się w niewielkim zakresie. Wskaźnik różnorodności katenalnej przyjmuje na badanych obszarach wartości mniejsze o 10% dla Kotła Goryczkowego do prawie 20% dla poligonu „Miedziane”. Natomiast wskaźnik różnorodności horyzontalnej, zmniejsza się tylko o 1,6–1,7% w Kotle Goryczkowym Świńskim. Na pozostałych dwóch obszarach zmiana ta mieści się w granicach 4–5%.

Wnioski

W podejściu ogólnym (geokompleksy najwyższej rangi) największy stopień mozaikowości posiada Dolina za Mnichem, zaś najniższy – Kocioł Goryczkowy Świński.

Z próby uogólnienia uzyskanych danych dla I rzędu wielkości geokompleksów wynika, że krajobraz skalno-zwietrzelinowych stoków kotłów, położonych w piętrach kosodrzewiny i halnym, jest bardziej mozaikowy od krajobrazu stoków zwietrzelinowych takich kotłów. Krajobraz stoków piargowych posiada, względem powyższych typów obszarów, średni stopień mozaikowości krajobrazu.

W skali szczegółowej (III rząd wielkości wydzieleni), krajobraz zwietrzelinowych stoków Kotła Goryczkowego Świńskiego jest nieco bardziej mozaikowy od krajobrazu stoków piargowych Kotła Zielonego Stawu.

W Dolinie za Mnichem wskaźnik różnorodności katenalnej jest wyższy od wskaźnika różnorodności horyzontalnej, zaś na pozostałych obszarach zależność ta jest odwrotna.

Proporcja między wartościami wskaźników kierunkowych jest zależna od skali i zwiększa się od mniej więcej 1:1,7 w I rzędzie wielkości wydzieleni do 1:2,5 w III rzędzie wielkości wydzieleni na rzecz różnorodności horyzontalnej.

Przy badaniu stopnia mozaikowości krajobrazu na podstawie przekrojów, należy uwzględnić tę samą liczbę katen i przekrojów poprzecznych (odrzucając jednak wariant z 1 kateną i 1 przekrojem poprzecznym jako zbyt duże uproszczenie).

Wpływ na wyniki analiz ma szczegółowość podejścia. Ten sam teren może charakteryzować się innym stopniem mozaikowości krajobrazu przy uwzględnieniu jednostek topicznych, a innym przy uwzględnieniu geokompleksów wyższej rangi, jak ma to miejsce w przypadku Skrajnej Turni.

Ważną zaletą badania zróżnicowania krajobrazu na podstawie katen geoeologicznych, jest możliwość pełniejszego oddania charakteru krajobrazu wysokogórskiego poprzez możliwość pomiaru rzeczywistej długości stoku, a nie jego rzutu na płaszczyznę.

Literatura

Klimaszewski M., 1978, Geomorfologia. PWN, Warszawa.

Klimaszewski M., 1988, Rzeźba Tatr Polskich. PWN, Warszawa.

Kondracki J., Richling A., 1983, Próba uporządkowania terminologii w zakresie geografii fizycznej kompleksowej. Przegląd Geograficzny, 55, 1, 201–217.

Kotarba A., Kłapa M., Midriak R., Petraš J., Sroka J., 1979, Field experiments on high mountains slopes of the Tatra Mts. *Studia Geomorph. Carp.-Balc.*, 13, 131–148.

Kotarba A., Strömquist L., 1984, Transport, sorting and deposition processes of alpine debris slope deposits in the Polish Tatra Mountains, *Geogr. Annaler* 66A, 4, 285–294.

Kozłowska A., 1999, Problemy kartowania roślinności wysokogórskiej w skali szczegółowej (na przykładzie map roślinności Kotła Gąsienicowego i Goryczkowego Świńskiego. [w:] A. Kotarba, A. Kozłowska (red.), *Badania geoeologiczne w otoczeniu Kasprowego Wierchu*, *Prace Geograficzne*, 174, Continuo, Wrocław, 37–43.

Kozłowska A., Jakomulska A., 1999, Struktura przestrzenna roślinności kotłów Gąsienicowego i Goryczkowego Świńskiego. [w:] A. Kotarba, A. Kozłowska (red.), *Badania geoeologiczne w otoczeniu Kasprowego Wierchu*, *Prace Geograficzne*, 174, Continuo, Wrocław, 63–79.

Kozłowska A., Rączkowska Z., Degórski M., 1997, Connection between morphogenetic processes and vegetation on the slopes of the High Tatra Mts. (on example of Skrajna Turnia slope), *Proceeding Book 36 IAVS Symposium Tenerife, Universidad de La Laguna, Ser. Informes*, 40, La Laguna, 173–178.

Lewandowski W., 1978, Charakterystyka fizyczno-geograficzna Doliny za Mnichem. Praca magisterska, WGiSR UW, Warszawa.

- Mapa geologiczna Tatr Polskich 1:10000, ark. Czerwone Wierchy. 1958, Wyd. Geol., Warszawa.
- Mapa geologiczna Tatr Polskich 1:10000, ark. Miedziane. 1959, Wyd. Geol., Warszawa.
- Mapa geologiczna Tatr Polskich 1:10000, ark. Kościelec. 1978, Wyd. Geol., Warszawa.
- Mapa topograficzna w skali 1:10000. Tatry Polskie. 1988, Czas. Wojskowe, Warszawa.
- Mozgawa J., 1995, Zastosowanie zdjęć lotniczych do charakterystyki ekotonalności i mozaikowości krajobrazu na przykładzie pojeziernych krajobrazów Polski Północno-Wschodniej. [w:] E. Dąbrowska-Prot, J. Łuczak (red.), Problemy ekologii krajobrazu pojeziernego Polski Północno-Wschodniej, IE PAN, Dziekanów Leśny, 15–26.
- Niedźwiecki J., 2005, Mozaikowość krajobrazu wysokogórskiego na wybranych przykładach w Tatrach. Praca magisterska, WGiSR UW, Warszawa.
- Ostaszewska K. 2002, Geografia krajobrazu: wybrane zagadnienia metodologiczne, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Ostaszewska K., Grabowski T., Harasimiuk A., Lewandowski W., 2000, Typologia krajobrazu naturalnego okolic Pińczowa, Prace i Studia Geograficzne, 27, WGiSR UW, Warszawa, 131–168.
- Pietrzak M., 2008, Jednostki krajobrazowe – figury czy bryły? [w:] J. Lechnio, S. Kulczyk, E. Malinowska, I. Szumacher (red.), Klasyfikacja krajobrazu – teoria i praktyka, Prob. Ekol. Kraj., Warszawa, 20, 153–162.
- Rączkowska Z., 1999, Rzeźba stoków w otoczeniu Kasprowego Wierchu. [w:] A. Kotarba, A. Kozłowska (red.), Badania geoeekologiczne w otoczeniu Kasprowego Wierchu, Prace Geograficzne, 174, Continuo, Wrocław, 17–24.
- Solon J., 2002, Ocena różnorodności krajobrazu na podstawie analizy struktury przestrzennej roślinności. Prace Geograficzne, 185, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Sołtyk K., 1995, Typy katen krajobrazowych okolic Sandomierza. Praca magisterska, WGiSR UW, Warszawa.

