

Ocena stanu środowiska geograficznego szlaków turystycznych – wykorzystanie GIS do integracji i analizy danych terenowych i kartograficznych

*GIS assessment of the state of the geographical environment
along tourist trails for the integration and analysis of terrain
and cartographical data*

MAREK EWERTOWSKI, ALEKSANDRA TOMCZYK

Instytut Paleogeografii i Geoekologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza,
61-680 Poznań, ul. Dziejelowa 27; e-mail: evert@amu.edu.pl, alto@amu.edu.pl

Zarys treści. W artykule przedstawiono koncepcję badania stanu środowiska geograficznego szlaków turystycznych, opartą na wykorzystaniu Globalnego Systemu Pozycjonowania (GPS) do szczegółowego kartowania terenowego i zastosowaniu Systemów Informacji Geograficznej (GIS) do integracji i analizy danych pochodzących z dostępnych materiałów i prac terenowych. W ramach przedstawionej koncepcji GIS dla szlaków turystycznych zdefiniowano i scharakteryzowano następujące podsystemy: (1) gromadzenia, (2) magazynowania, (3) przetwarzania i analizowania oraz (4) wyprowadzania danych. Metodę zastosowano do analizy środowiska geograficznego szlaku turystycznego poprowadzonego z Hali Ornak przez Iwaniacką Przełęcz do Doliny Chochołowskiej (Tatry Zachodnie). Przedstawiono wybrane wyniki badań dotyczące stanu geookosystemu szlaku oraz czynników przyczyniających się do jego degradacji.

Słowa kluczowe: środowisko geograficzne szlaku turystycznego, Systemy Informacji Geograficznej (GIS), ocena stanu geookosystemu, Tatry Zachodnie.

Wprowadzenie

Wędrówki szlakami turystycznymi są jedną z podstawowych form zwiedzania obszarów chronionych (Styperek, 2001). W Tatrzańskim Parku Narodowym około 91% całego ruchu turystycznego, kształtującego się w ostatnich latach na poziomie 2–2,5 mln osób rocznie, przypada na turystykę pieszą (Baranowska-Janota i inni, 2000; Czochoński, 2002). Obok funkcji turystycznej, szlaki pełnią istotną rolę ekologiczną – ograniczają penetrację do wybranych tras i zapobiegają rozpraszaniu odwiedzających. W ten sposób izolowane są obszary, które ze względów ochronnych należy wyłączyć spod bezpośredniego wpływu człowieka (Styperek, 2002).

Użytkowanie tras turystycznych wpływa jednak niekorzystnie na przyrodę. Środowisko geograficzne szlaku turystycznego (geoekosystem szlaku turystycznego) – rozumiane jako wyznaczona ścieżka i obszary do niej przyległe, które obejmują elementy przyrody ożywionej i nieożywionej w zasięgu bezpośredniego oddziaływania człowieka, infrastrukturę turystyczną oraz relacje pomiędzy tymi komponentami – wykazuje znacznie większą degradację niż tereny sąsiadujące. Zniszczenie jest wynikiem nakładania się zarówno obecnych, jak i przeszłych form antropopresji, przede wszystkim działalności turystycznej, gospodarki leśnej oraz pasterstwa. Wpływ tych elementów potęgują naturalne procesy rzeźbotwórcze.

Problematyka badania stanu środowiska geograficznego szlaków turystycznych znana jest z literatury (tab. 1). W Polsce większość opracowań pochodzi z górskich obszarów chronionych. Na szlakach turystycznych i w ich otoczeniu badano wpływ ruchu turystycznego na jeden z elementów geoekosystemu: rzeźbę terenu, gleby, szatę roślinną, faunę, infrastrukturę turystyczną lub kompleks tych komponentów.

Badania prowadzono w różnych skalach przestrzennych. Część objęła wszystkie szlaki turystyczne w obrębie jednostki administracyjnej (np. parku narodowego) lub jednostki fizycznogeograficznej (np. doliny górskiej), inne przeprowadzono na wytypowanych powierzchniach testowych (te ostatnie odnoszą się głównie do badań z zakresu gleboznawstwa i dotyczących biosfery).

Autorzy wymienieni w tabeli 1 w rozmaity sposób realizowali założenia metodyczne, co zadecydowało o stopniu szczegółowości badań. Zastosowane metody kartowania wymogły przyjęcie pewnych uproszczeń, ograniczających analizę i dokładność wyników. M. Krusiec (1996), E. Gorczyca (2000) oraz E. Gorczyca i K. Krzemień (2002) wydzielili odcinki jednorodne pod względem morfologicznym, a następnie zebrali dla każdego z nich informacje w terenie. P. Kroh (2002) uwzględnił jedynie miejsca silnie zdegradowane, a przy dłuższych zniszczonych odcinkach również punkty charakterystyczne (np. różniące się nachyleniem, przy zmianie rodzaju podłoża). Z kolei R. Prędko (1995, 1999) już podczas prac terenowych zaznaczał, na podkładzie w skali 1:10 000, odcinki odpowiadające jednej z pięciu kategorii zniszczenia w zależności od stopnia rozdeptania terenu.

Systemy Informacji Geograficznej (GIS) były używane w badaniach tras turystycznych między innymi w Parku Narodowym Grampian w Australii (Arrowsmith i Inbakaran, 2002). Autorzy przeprowadzili kompleksowe badania terenowe w ponad 200 punktach w obrębie 12 szlaków turystycznych, a uzyskane wyniki oraz dane z materiałów kartograficznych wykorzystali do utworzenia modelu odporności środowiska dla całego badanego obszaru. Innym przykładem są prace G. Dixona i innych (2004) oraz M. Hawesa i innych (2006) dotyczące rozległego obszaru na Tasmanii (1,4 mln ha powierzchni i ponad 1000 km ścieżek). Prowadzony tam monitoring tras turystycznych w szerokim zakresie

Tabela 1. Przegląd krajowej literatury dotyczącej badania stanu środowiska geograficznego szlaków turystycznych

Autor	Obszar badań	Jednostki badawcze			Badany komponent geoko-systemu	Kartowanie terenowe lub morfologiczne
		j. administracyjna	j. fizycznogeograficzna	powierzchnia testowa		
Guzikowa, 1982	PPN			+	SzR	
Maciaszek i Zwydak, 1992a	BŻiBŚ			+	G	
Maciaszek i Zwydak, 1992b	BŻiBŚ			+	G	
Skawiński, 1993	TPN		+		IT	
Prędkie, 1995	BdPN	+			BK	+
Adamski, 1996	BŻ			+	F	
Bandoła-Ciołczyk i Kurzyński, 1996	BŻ			+	SzR	
Czapski i Mizgajska, 1996	TPN			+	G	
Krusiec, 1996	TPN		+		RzT	+
Łajczak, 1996	BŻ		+		RzT	+
Łajczak i inni, 1996	BŻ		+		IT	
Michalik, 1996	BŻ			+	SzR	
Prędkie, 1999	BdPN	+			BK	+
Czochański, 2000	TPN	+			RzT	
Gorczyca, 2000	TPN		+		RzT	+
Prędkie, 2000	BdPN			+	G	
Szydarowski, 2000	TPN	+			RzT	
Barczak i inni, 2002	OPN	+			BK	+
Degórski, 2002	TPN			+	G	
Gorczyca i Krzemień, 2002	TPN	+			RzT	+
Kroh, 2002	TPN		+		BK	+
Paulo i inni, 2002	TPN		+		IT	
Prędkie, 2002	BdPN			+	G	
Rączkowska i Kozłowska, 2002	TPN	+			BK	+
Skawiński i Krzan, 2002	TPN		+		IT	
Bazyly i inni, 2003	WPN	+			BK	+
Kasprzak, 2005	K	+			RzT	
Wałdykowski, 2006	G		+		RzT	+

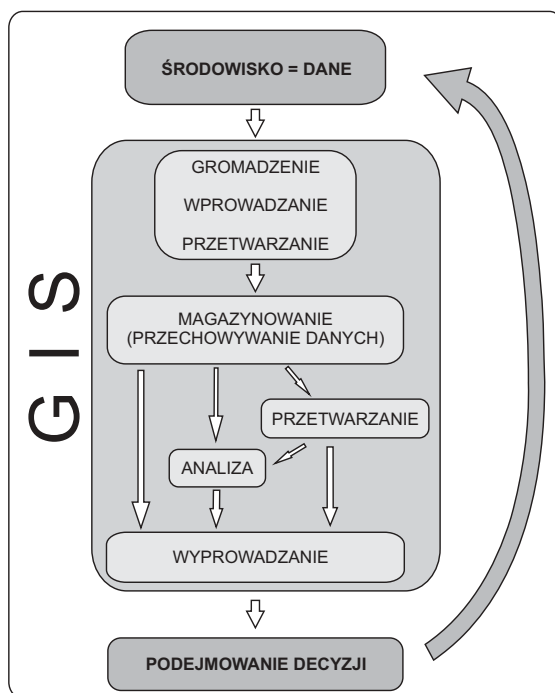
Objaśnienia skrótów: BdPN – Bieszczadzki Park Narodowy, BŻ – Beskid Żywiecki (masyw Pilska), BŻiBŚ – Beskid Żywiecki i Beskid Śląski, G – Gorce (rejon Turbacza), K – Karkonosze, OPN – Ojcowski Park Narodowy, PPN – Pieniński Park Narodowy, TPN – Tatrzański Park Narodowy, WPN – Woliński Park Narodowy; BK – badania kompleksowe, F – fauna, G – gleby, IT – infrastruktura turystyczna, RzT – rzeźba terenu, SzR – szata roślinna.

wykorzystuje Globalny System Pozycjonowania (GPS) oraz interpretację zdjęć lotniczych.

Niniejszy artykuł prezentuje koncepcję badania stanu środowiska geograficznego szlaków turystycznych, która pozwala na jego wnikliwą ocenę stanowiącą podstawę do monitorowania oraz skuteczniejszego prowadzenia działań ochronnych. Metoda oparta jest na wykorzystaniu Globalnego Systemu Pozycjonowania do szczegółowego kartowania terenowego oraz zastosowaniu Systemów Informacji Geograficznej do integracji danych pochodzących z różnych źródeł i ich wszechstronnej analizy.

Koncepcja GIS na potrzeby oceny stanu środowiska geograficznego szlaków turystycznych

Wszelkie działania odnoszące się do środowiska geograficznego polegają, w uproszczeniu, na podejmowaniu decyzji na podstawie analizy danych dotyczących tego środowiska. Ilość informacji jest zazwyczaj bardzo duża i mają one z reguły dwójaki charakter: opisowy i przestrzenny. Różnorodność danych branżowych pod uwagę utrudnia, a czasem uniemożliwia ich analizę bez wykorzystania technik cyfrowych. Jedną z nich jest GIS, który w ocenie stanu środowiska geo-



Ryc. 1. Schemat GIS dla szlaków turystycznych
Diagram of the GIS for tourist trails

graficznego oraz podejmowaniu na tej podstawie decyzji, wspomaga cztery podstawowe etapy (Skidmore, 2002; Scally, 2006; Maguire i inni, 2006) (ryc. 1):

- 1) gromadzenie danych – obejmuje, obok pozyskiwania informacji, czynności związane z ich wprowadzaniem (przejściem z postaci analogowej do cyfrowej) oraz w razie konieczności przetworzeniem do formatu wymaganego przez konkretny system;
- 2) magazynowanie danych – przechowywanie informacji w celach archiwalnych i umożliwianie ich uaktualniania;
- 3) przetwarzanie i analizowanie danych – oprócz badania surowych informacji przechowywanych w systemie, GIS umożliwia wykonywanie operacji na zmagazynowanych zasobach, których wynikiem są nowe dane wykorzystywane do kolejnych analiz;
- 4) wyprowadzanie danych – pozwala na różnorodny sposób prezentacji informacji o charakterze ilościowym lub przestrzennym, surowych lub przetworzonych oraz wyników przeprowadzonych analiz.

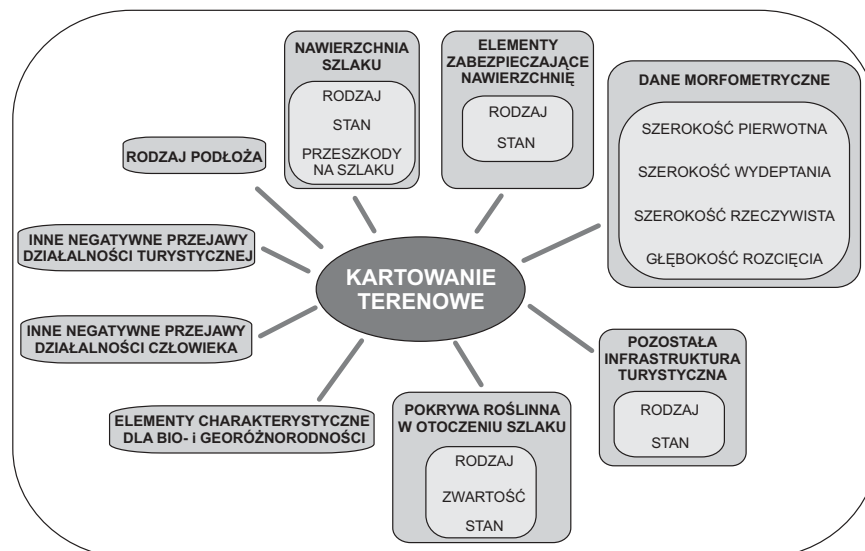
Etap podejmowania decyzji odbywa się zazwyczaj poza Systemem Informacji Geograficznej, wpływa on jednak na kształtowanie środowiska, a zatem na dane wprowadzane do GIS podczas kolejnych badań.

Podsystem gromadzenia danych

W odniesieniu do szczegółowego badania środowiska geograficznego szlaków turystycznych zaproponowano następujące źródła danych.

1. Materiały istniejące – wszelkiego rodzaju informacje opracowane i dostępne pod różną postacią (zarówno cyfrową, jak i analogową) oraz na różnych zasadach (ogólnodostępne i komercyjne). Podzielono je na dwie grupy:
 - a) dane w skalach przeglądowych (mniejszych niż 1:10 000) – służą jako tło do właściwych, szczegółowych badań. Zalicza się do nich istniejące Systemy Informacji Geograficznej, materiały kartograficzne (zwłaszcza mapy tematyczne) oraz średniorozdzielcze obrazy satelitarne (Landsat, Aster);
 - b) dane w skalach szczegółowych (1:10 000 i większych) – wśród nich wyróżnia się: mapy topograficzne 1:10 000, zdjęcia lotnicze, wysokorozdzielcze obrazy satelitarne (Iconos, QuickBird, OrbView) oraz numeryczny model terenu (NMT), pochodzący ze źródeł zewnętrznych lub wytworzony na podstawie mapy topograficznej.
2. Kartowanie terenowe – wysoka dokładność kartowania przy wykorzystaniu odbiornika GPS stanowi o specyfice proponowanej metodyki. Podczas pracy w terenie zbierane są dane dotyczące poszczególnych cech środowiska geograficznego szlaku turystycznego, charakteryzowanych przez następujące zmienne (ryc. 2):
 - a) rodzaj nawierzchni – określa podział szlaku ze względu na naturalną i sztuczną nawierzchnię oraz sposób utwardzenia (np. duża ilość natu-

- ralnie występujących kamieni w podłożu, szuter, chodnik z kamieni) lub jego brak;
- b) stan nawierzchni – określa rodzaj i stopień zniszczenia nawierzchni szlaku;
 - c) dane morfometryczne – mierzone taśmą mierniczą w odstępach dwumetrowych, a w razie potrzeby częściej:
 - szerokość pierwotna – szerokość ścieżki, która została wyznaczona w trakcie tworzenia szlaku, bez wydeptania;
 - szerokość wydeptania – szerokość całkowicie zniszczonej pokrywy roślinnej w bezpośrednim sąsiedztwie wyznaczonej ścieżki, po obu jej stronach łącznie;
 - szerokość rzeczywista – pierwotna szerokość szlaku łącznie z szerokością wydeptania;
 - głębokość rozcięcia – głębokość położenia ścieżki w stosunku do otaczającego obszaru;
 - d) rodzaj podłoża (litologia) – powierzchniowa budowa geologiczna obszaru, przez który biegnie dany odcinek szlaku;
 - e) pokrywa roślinna – rodzaj zbiorowisk roślinnych występujących w bezpośrednim otoczeniu ścieżki, z uwzględnieniem ich zwartości oraz kondycji;
 - f) przeszkody na szlaku – elementy utrudniające lub uniemożliwiające poruszanie się danym odcinkiem wyznaczonej ścieżki;
 - g) elementy zabezpieczające nawierzchnię szlaku przed zniszczeniem – urządzenia, których zadaniem jest m.in. odprowadzanie wody ze ścieżki, zapobieganie schodzeniu z wyznaczonej trasy; określana jest także sprawność oraz stopień uszkodzenia tych urządzeń;
 - h) pozostała infrastruktura turystyczna – obejmuje rodzaj oraz stan obiektów i urządzeń związanych z obsługą ruchu turystycznego, np. schronisko, punkty postojowe;
 - i) elementy charakterystyczne dla różnorodności biologicznej i georóżnorodności – m.in. pojedyncze osobniki oryginalnych gatunków flory i fauny oraz możliwość ich obserwacji, atrakcyjne formy terenu, punkty widokowe z przykładami wykształcenia różnych typów krajobrazu;
 - j) inne negatywne przejawy działalności turystycznej – miejsca zaśmiecone, pojedyncze „dzikie” ścieżki oraz ich systemy, miejsca załatwiania potrzeb fizjologicznych itp.;
 - k) pozostałe przejawy działalności człowieka (oprócz turystycznej) – dotyczące zwłaszcza gospodarki leśnej i pasterstwa.



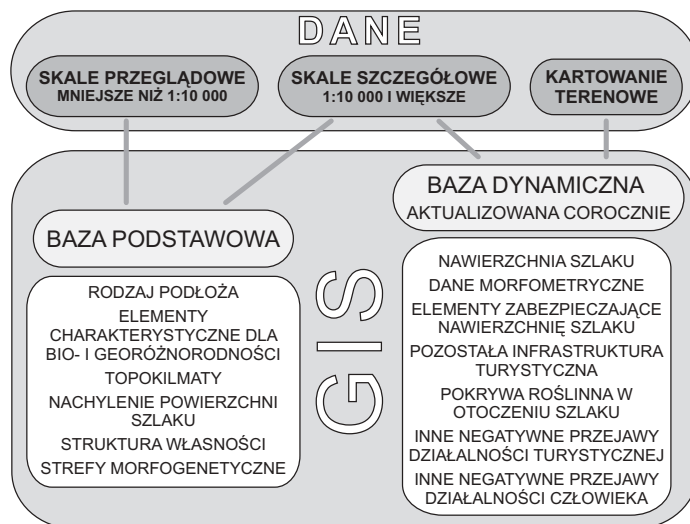
Ryc. 2. Cechy środowiska geograficznego rejestrowane podczas kartowania terenowego
Features of the geographical environment recorded during field mapping

Podsystem magazynowania danych

Informacje zebrane podczas kartowania terenowego są integrowane z materiałami pochodzącymi z innych źródeł i wprowadzane do bazy danych w postaci map rastrowych, wektorowych oraz danych opisowych. Przechowywanie i zarządzanie danymi o tak różnorodnym charakterze wymaga zastosowania specyficznej struktury bazy danych. GIS stworzony na potrzeby oceny środowiska geograficznego szlaków turystycznych zbudowany jest z dwóch rodzajów baz danych (ryc. 3):

- 1) baza podstawowa (stała) – zawiera informacje, które nie są aktualizowane co roku (tylko w okresie kilku–kilkunastoletnim) np. rodzaj podłoża, topoklimaty, struktura własnościowa. Ich podstawowym źródłem są dane w skalach przeglądowych i szczegółowych;
- 2) baza dynamiczna (zmienna) – w jej zakres wchodzi informacje zbierane co roku podczas kartowania terenowego, a także pochodzące z istniejących źródeł w skalach szczegółowych.

Środowisko geograficzne każdego z badanych szlaków traktowane jest jak liniowy obiekt wektorowy. Na potrzeby analizy informacje zebrane w bazie danych podstawowych i dynamicznych zostają przypisane konkretnym szlakom turystycznym w ten sposób, że wydzielane są odcinki o zróżnicowanej długości, ale o charakterze jednorodnym pod względem wartości wszystkich uwzględnianych zmiennych. Poszczególne odcinki odpowiadają jednemu rekordowi w bazie danych.



Ryc. 3. Schemat podsystemu magazynowania danych
Diagram of the data-storage subsystem

Podsystem przetwarzania i analizowania danych

Informacje gromadzone w bazie danych są przetwarzane w celu przedstawienia stanu wybranych komponentów środowiska geograficznego oraz ich przestrzennego rozmieszczenia. Możliwe jest także badanie współzależności pomiędzy wskazanymi zmiennymi, co pomaga w ustaleniu roli poszczególnych elementów w przekształcaniu geokościsystemu. Aktualizowanie bazy danych pozwala na uwzględnianie trendów czasowych zmienności poszczególnych cech.

Przeprowadzane analizy można podzielić ze względu na typ zapytań na:

- dotyczące jednej cechy – np. wydzielenia odcinków o szerokości pierwotnej poniżej 1 m;
- dotyczące wielu cech – np. wskazania odcinków o pierwotnej szerokości mniejszej niż 1 m, szerokości wydeptania nie większej niż 30 cm oraz nawierzchni szutrowej;
- dotyczące współwystępowania i współzależności pomiędzy zmiennymi – np. jak zmienia się szerokość wydeptania wraz ze zmianą nachylenia powierzchni szlaku.

Podsystem wyprowadzania danych

Wyniki analiz oraz surowe dane mogą być prezentowane dwojako:

- 1) poprzez wizualizację przestrzenną – pokazującą rozmieszczenie elementów o cechach wskazanych na podstawie zapytań – np. zaznaczanie rozmieszczenia przestrzennego odcinków o szerokości wydeptania powyżej 30 cm.

- 2) ilościowo – w sposób umożliwiający określenie długości (w jednostkach bezwzględnych i względnych) albo liczby obiektów o wskazanych cechach, np. długość odcinków, które wytypowano do remontu (w metrach lub % ogólnej długości szlaku) lub liczba zniszczonych przepustów.

Studium przypadku: Ocena stanu środowiska geograficznego szlaku z Hali Ornak przez Iwaniacką Przełęcz do Doliny Chochołowskiej (Tatry Zachodnie)

Przedstawioną powyżej koncepcję badania stanu środowiska geograficznego zastosowano do szlaku turystycznego wiodącego z Hali Ornak przez Iwaniacką Przełęcz do Doliny Chochołowskiej. Znajduje się on w Tatrach Zachodnich i łączy górne odcinki dwóch dolin walnych – Kościeliskiej i Chochołowskiej. Jest on także wykorzystywany w podejściu na grzbiet Ornaku. Szlak położony jest na terenie należącym do Wspólnoty Leśnej Uprawnionych Ośmiu Wsi z Siedzibą w Witowie. W ramach Wspólnoty prowadzona jest gospodarka leśna związana z pozyskiwaniem drewna. Zbadanie szlaku zaproponowała Dyrekcja Tatrzańskiego Parku Narodowego.

Opracowano system GIS dla szlaku, wykorzystując:

- mapy tematyczne: geologiczną, glebową, hydrologiczną (udostępnione przez TPN);
- mapę współczesnych procesów geomorfologicznych (Kotarba, 2002);
- ortofotomapę (udostępniona przez TPN);
- mapę poziomicową 1:10 000 (udostępniona przez TPN);
- mapę topograficzną 1:10 000 – 2 arkusze;
- numeryczny model terenu – utworzony na podstawie rysunku poziomic zwektoryzowanych z mapy topograficznej;
- dane pochodzące z własnego kartowania terenowego.

Badania w terenie przeprowadzono w 2004 r. Szczegółowe kartowanie terenowe szlaku i jego najbliższego otoczenia wykonano przed letnim sezonem turystycznym (czerwiec), w pełni sezonu (przełom lipca i sierpnia) oraz po sezonie (koniec września). Prace uzupełniające zrealizowano w sierpniu 2005 r. Podczas kartowania posługiwano się odbiornikiem GPS Garmin 12 w celu ustalenia zmienności przestrzennej poszczególnych badanych cech środowiska geograficznego wzdłuż szlaku. Średni błąd wyznaczanego położenia mieścił się w granicach od 2 do 5 m, natomiast w niektórych przypadkach był większy (do 10 m) i wtedy stosowano uzupełniające pomiary taśmą mierniczą. Cechy morfometryczne szlaku (szerokość pierwotna, wydeptanie oraz głębokość rozcięcia ścieżki) mierzone były w odstępach dwumetrowych lub częściach, za pomocą taśmy mierniczej.

Informacje pochodzące z kartowania terenowego i materiałów kartograficznych oraz numeryczny model terenu zostały zintegrowane w System Informacji

DANE MORFOMETRYCZNE	
SZEROKOŚĆ PIERWOTNA SZLAKU	w centymetrach
SZEROKOŚĆ WYDEPTANIA	
SZEROKOŚĆ RZECZYWISTA SZLAKU	
GLEBOKOŚĆ WCIĘCIA	w stopniach
NACHYLENIE POWIERZCHNI SZLAKU	
POZOSTAŁA INFRASTRUKTURA TURYSTYCZNA	
RODZAJ	1 - schronisko 2 - mostek 3 - kładka 4 - miejsce postoju 5 - tabliczka informacyjna 6 - oznakowanie
STAN	1 - bez uszkodzeń 2 - uszkodzona w niewielkim stopniu 3 - przeznaczona do remontu 4 - zniszczona
POKRYWA ROŚLINNA W OTOCZENIU SZLAKU	
RODZAJ	1 - runo leśne bez podszytu 2 - runo leśne z podszytem 3 - trawiaste zbiorowiska polan
ZWARTOŚĆ	1 - rozproszone 2 - średnio zwarte 3 - zwarte
STAN	0 - brak uszkodzeń 1 - uszkodzenia drzewostanu 2 - porzucane drzewa 3 - pojedyncze dzikie ścieżki 4 - systemy dzikich ścieżek 5 - miejsca zasmiecone 6 - miejsca zalewania potrzeb fizjologicznych
ELEMENTY ZABEZPIECZAJĄCE NAWIERZCHNIĘ	
RODZAJ	1 - przepust drewniany 2 - przepust kamienny 3 - krawężnik drewniany 4 - krawężnik kamienny 5 - ogrodzenie
STAN	0 - sprawne 1 - uszkodzone 2 - zamulone 3 - za krótkie
NAWIERZCHNIA SZLAKU	
RODZAJ	1 - droga brukowana 2 - droga nieutwardzona 3 - droga nieutwardzona z dużą ilością kamieni 4 - ścieżka naturalna nieutwardzona 5 - ścieżka naturalna nieutwardzona z dużą ilością kamieni 6 - ścieżka szutrowa 7 - ścieżka ułożona z kamieni
STAN	0 - bez uszkodzeń 1 - miejsce podmokłe 2 - wywny w kamiennym chodniku 3 - uszkodzone belki krawężnika
PRZESKODY NA SZLAKU	0 - brak przeszkód 1 - zarastanie szlaku 2 - bale drewna lub glazy
GOSPODARKA LEŚNA	
	1 - miejsce składowania drewna 2 - miejsce ścińki drzew 3 - drogi dojazdowe pojazdów mechanicznych

Ryc. 4. Informacje zbierane dla badanego szlaku oraz ich kodowanie
Data gathered for the studied tourist trail and their encoding

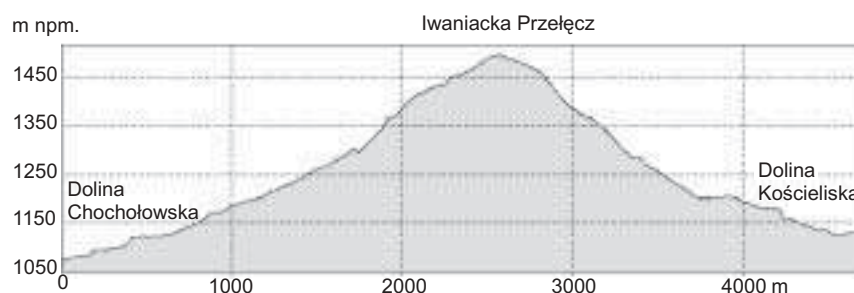
Geograficznej dotyczący elementów środowiska geograficznego szlaku. Tworzenie systemu oraz wszystkie analizy, których część została zaprezentowana poniżej, przeprowadzono przy użyciu oprogramowania TNTMips firmy Micro-images.

Opisywany szlak, o długości 4722 m, został podzielony na 397 jednorodnych odcinków. Każdy wydzielony fragment trasy był jednolity pod względem wartości wszystkich badanych cech. Informacje, które stanowiły kryterium podziału opracowywanego szlaku oraz przykład ich kodowania przedstawiono na rycinie 4.

Wybrane wyniki badań

Stan szlaku i jego najbliższego otoczenia

Badany szlak turystyczny ma charakter łącznikowy. Poprowadzono go w poprzek grzbietu górskiego w miejscu jego najniższego obniżenia, możliwie najkrótszą drogą, z uwzględnieniem najmniejszego spadku terenu. Na 3/4 jego długości nachylenie nie przekracza 14° (ryc. 5, tab. 2). W miejscach, gdzie stok był bardziej stromy, trasa została złagodzona i poprowadzona zakosami. Niemniej i tak te fragmenty odznaczają się większym spadkiem niż pozostałe.



Ryc. 5. Profil podłużny szlaku
Longitudinal profile of the tourist trail

Tabela 2. Nachylenie powierzchni szlaku

Przedziały nachyleń ($^\circ$)	Długość	
	m	%
0–7,0	1943	41,1
7,1–14,0	1607	34,0
14,1–21,0	819	17,3
21,1–28,0	303	6,4
28,1–35,0	30	0,6
>35,0	21	0,4

Szlak turystyczny ma charakter dwudzielny (tab. 3). Miejscem podziału jest Iwaniacka Przełęcz. Odcinek biegnący od Hali Ornak jest krótszy oraz nieco bardziej kręty i stromy.

W obrębie szlaku wyróżniono cztery rodzaje pokryw (tab. 4). Połowa jego długości biegnie po osadach fluwialnych, co związane jest z położeniem szlaku w bezpośrednim sąsiedztwie dna potoku. W wyższych partiach dominuje zwietrzelina wapieni komórkowych, iłolupków czerwonych i zielonych oraz piaskowców, którą na niewielkich fragmentach zastąpiły gliny, rumosze skalne oraz zwietrzeliny kamieniste. W miejscach, gdzie ścieżka wchodzi na wały moreny bocznej pozostawionej przez lodowiec pyszniański, podłoże tworzy pokrywa morenowa.

Tabela 3. Wybrane cechy morfometryczne szlaku

Cecha	Odcinek	
	Hala Ornak– Iwaniacka Przełęcz	Dolina Chochołowska– Iwaniacka Przełęcz
Ekspozycja	wschodnia	zachodnia
Długość (m)	2142	2580
Deniwelacje terenu (m)	364	419
Średni spadek terenu (%)	16,99	16,24
Stopień krętości szlaku (%)	127	115

Tabela 4. Rodzaje pokryw, po których poprowadzony jest szlak

Pokrywa	Długość	
	m	%
Glina, rumosze skalne, zwietrzeliny kamieniste	706	15,0
Osady fluwialne	2363	50,0
Pokrywa morenowa	482	10,2
Zwietrzelina wapieni komórkowych, iłolupków czerwonych i zielonych oraz piaskowców	1171	24,8

Na tle stref roślinnych Tatr, szlak położony jest w piętrze leśnym. Większa jego część znajduje się w reglu górnym, tylko niewielkie fragmenty dolnych odcinków obejmują regiel dolny. Pokrywa roślinna w najbliższym otoczeniu szlaku odznacza się zmiennym charakterem i zróżnicowanym stopniem zawartości (tab. 5), niemniej wzdłuż blisko połowy jego długości występuje zwarte runo i podszyt.

Tabela 5. Rodzaj i zwartość roślinności w najbliższym otoczeniu szlaku

Charakter roślinności	Długość	
	m	%
Mało zwarte runo leśne	228	4,8
Średnio zwarte runo leśne	97	2,1
Średnio zwarte runo leśne z mało zwartym podszyciem	899	19,0
Zwarte runo leśne	430	9,1
Zwarte runo leśne z mało zwartym podszyciem	439	9,3
Zwarte runo leśne i podszycie	2075	43,9
Trawiaste zbiorowiska polan	555	11,8

Tabela 6. Pierwotna i rzeczywista szerokość szlaku

Przedziały szerokości (m)	Długość odcinków szlaku w przedziale szerokości			
	pierwotnej		rzeczywistej	
	m	%	m	%
0,00–0,6	484	10,2	188	4,0
0,61–0,8	2689	56,9	718	15,2
0,81–1,0	598	12,7	153	3,2
1,01–2,0	289	6,1	2150	45,5
2,01–3,0	662	14,0	1165	24,7
3,01–5,0	0	0	184	3,9
5,01–7,8	0	0	166	3,5

Przygotowana trasa jest wąska – jej średnia szerokość pierwotna wynosi 1,07 m (tab. 6). Rozszerzenia związane są z poprowadzeniem szlaku fragmentami funkcjonujących dróg leśnych, a także dróg już nieużytkowanych – górniczych.

Wprowadzono liczne zabezpieczenia ścieżki przed degradacją jej otoczenia. Przeszło połowa długości szlaku została utwardzona (tab. 7). Zainstalowano także innego rodzaju urządzenia infrastruktury technicznej: przepusty, krawęzniki, ogrodzenie, ich stan jest jednak niezadowalający (tab. 8). Większość drewnianych elementów jest spróchniała i niestabilna. Na szlaku występują liczne przeszkody, związane najczęściej z zarastaniem ścieżki, a także z działalnością gospodarczą człowieka.

Wzdłuż 2/3 długości szlaku występują zniszczenia pokrywy roślinnej o maksymalnej szerokości dochodzącej do 5,7 m (tab. 9). Średnia szerokość obszaru pozbawionego roślinności wynosi 0,9 m. Powierzchnia pierwotnie przygotowanej nawierzchni szlaku przeznaczonej dla ruchu turystycznego (5100 m²) jest

Tabela 7. Rodzaje nawierzchni szlaku

Nawierzchnia szlaku	Długość	
	m	%
Droga:	555	11,7
– brukowana	16	0,3
– nieutwardzona	255	5,4
– nieutwardzona z dużą ilością kamieni	284	6,0
Ścieżka naturalna:	1760	37,3
– nieutwardzona	770	16,3
– nieutwardzona z dużą ilością kamieni	882	18,7
– poprowadzona dnem suchej dolinki	108	2,3
Ścieżka sztucznie utwardzona:	2407	51,0
– szutrowa	133	2,8
– ułożona z kamieni	2274	48,2

Tabela 8. Stan przepustów

Przepusty	Liczba przepustów	
	drewniane	kamienne
Ogółem	19	14
w tym:		
– zamulone	9	1
– za krótkie	5	0
– za krótkie i zamulone	4	0
– uszkodzone	1	0

Tabela 9. Szerokość zniszczonej pokrywy roślinnej w otoczeniu szlaku

Przedziały szerokości (m)	Długość	
	m	%
0	1676	35,5
0,1–0,5	515	10,9
0,51–1,0	1109	23,5
1,1–1,5	564	11,9
1,51–2,0	336	7,1
2,1–3,5	251	5,3
3,51–5,7	272	5,8

niewiele większa od powierzchni, na której pokrywa roślinna w otoczeniu ścieżki została zniszczona (4260 m²). Rozcięcie trasy w stosunku do otaczającego terenu zaznacza się na 1/10 jej długości (tab. 10).

Tabela 10. Głębokość rozcięcia ścieżki

Przedziały głębokości (cm)	Długość	
	m	%
< 10	4248	90
10–50	415	9
> 50	60	1

W trakcie jednego sezonu badawczego nie zaobserwowano znaczących zmian stopnia zdegradowania środowiska geograficznego szlaku turystycznego. Duża dynamika zmian zaznaczyła się jedynie na Polanie Iwanówce, w obrębie której odnotowano powiększenie się rynien erozyjnych. Podczas kartowania w sierpniu 2005 r. powyższe mikroformy były już zasypane. Ponadto w środkowym biegu szlaku pojawiło się skupisko poprzewracanych drzew i wykrotów.

Czynniki związane z degradacją szlaku i jego otoczenia

Zniszczenie środowiska geograficznego szlaku jest stosunkowo niewielkie i ma przede wszystkim charakter liniowy, znacznie rzadziej powierzchniowy. Główną tego przyczyną jest poprowadzenie trasy w sposób utrudniający zejście z przygotowanej nawierzchni. Do najważniejszych ograniczeń należą:

- poprowadzenie ścieżki trawersem – z jednej strony utrudnia zejście ze szlaku strome zbocze w górę, z drugiej stok w dół;
- wysoka roślinność w bezpośrednim otoczeniu ścieżki (z drugiej strony wysokie rośliny mogą „wkroczyć” na ścieżkę i utrudniać lub uniemożliwić poruszanie się po niej; są wówczas przyczyną wydeptań);
- poprowadzenie ścieżki wąskim dnem doliny, w bezpośrednim sąsiedztwie potoku – z jednej strony zejście z przygotowanej nawierzchni utrudnia strome zbocze doliny, z drugiej – potok;
- sztuczne zabezpieczenia – ogrodzenie.

Wszystkie powyższe czynniki sprawiają, że szerokość wydeptania roślinności w otoczeniu większości odcinków szlaku nie przekracza 2 metrów (tab. 9). Tam, gdzie brakuje naturalnych i sztucznych ograniczeń można mówić o znacznych ubytkach roślinności, sięgających prawie 6 m szerokości. Sytuacja ta dotyczy Przełęczy Iwaniackiej oraz Polany Iwanówki. Znaczny wpływ na intensyfikację degradacji środowiska geograficznego szlaku ma działalność gospodarza prowadzona w ramach Wspólnoty Leśnej, a zwłaszcza przewożenie i składowanie drewna oraz rozjeżdżanie podłoża ciężkim sprzętem (koparki, ciągniki).

Wraz ze wzrostem nachylenia ścieżki zwiększa się długość odcinków, wzdłuż których pokrywa roślinna w sąsiedztwie trasy została wydeptana (tab. 11). Strome fragmenty charakteryzuje jednak niewielka szerokość zniszczenia (<2 m), natomiast najszersze ubytki roślinności (>2 m) obserwuje się najczęściej w miejscach o stosunkowo małym nachyleniu (do 14°).

Tabela 11. Zależność między szerokością zniszczenia pokrywy roślinnej a nachyleniem powierzchni szlaku (długość w %)

Szerokość zniszczenia (m)	Nachylenie powierzchni (°)					
	0–7,0	7,1–14,0	14,1–21,0	21,1–28,0	28,1–35,0	>35,0
0	52,9	28,9	14,9	20,5	0,0	0,0
0,1–1,0	13,8	46,7	57,3	38,7	66,7	0,0
1,1–2,0	19,7	12,3	22,8	33,5	33,3	100,0
>2,0	13,6	12,1	5,0	7,2	0,0	0,0

Otoczenie szlaku o zwartym runie i podszyciu jest najmniej zniszczone (tab. 12). Prawie 2/3 jego długości nie zostało wydeptane, a fragmenty w których ubytek roślinności był szerszy niż metr stanowią zaledwie około 7%. Wzdłuż 2/5 długości ścieżki, biegnącej przez trawiaste zbiorowiska polan nie zaobserwowano wydeptania pokrywy roślinnej. Natomiast silne zniszczenie – powyżej 1 m szerokości, które również występowało na tego typu zbiorowiskach (prawie połowa ich długości) pokrywa się z miejscami postoju turystów oraz gospodarczej działalności człowieka (rozjeżdżenie przez ciężkie pojazdy, składowanie drewna). W największym stopniu wydeptane jest otoczenie ścieżek o mało zwartym podszyciu lub jego braku.

Tabela 12. Zależność między szerokością zniszczenia pokrywy roślinnej a typem i zwartością pokrywy roślinnej w otoczeniu szlaku (długość w %)

Szerokość zniszczenia (m)	Trawiaste zbiorowiska polan	Mało i średnio zwarte runo leśne bez podszycia	Średnio zwarte runo leśne i mało zwarte podszycie	Zwarte runo leśne		
				bez podszycia	i mało zwarte podszycie	i zwarte podszycie
0	41,3	17,3	8,6	14,5	4,7	59,3
0,1–1,0	11,9	74,1	30,3	58,1	20,9	33,9
1,1–2,0	24,0	7,2	44,7	15,2	37,7	5,3
>2,0	22,9	1,5	16,4	12,1	36,7	1,4

Najbardziej podatne na uszkodzenia są odcinki szlaku poprowadzone po pokrywie morenowej (tab. 13). Nieco większą odporność wykazuje ścieżka na zwietrzelinie wapieni komórkowych, iłolupków czerwonych i zielonych oraz piaskowców. Natomiast osady fluwialne to podłoże, w obrębie którego zniszczenie roślinności przez rozdeptanie jest najmniejsze.

Tabela 13. Zależność między szerokością zniszczenia pokrywy roślinnej a rodzajem podłoża, po którym poprowadzony jest szlak (długość w %)

Szerokość zniszczenia (m)	Osady fluwialne	Gliny, rumosze skalne, zwietrzeliny kamieniste	Zwietrzelina wapieni komórkowych, iłolupków czerwonych i zielonych oraz piaskowców	Pokrywa morenowa
0	57,3	21,0	14,2	1,6
0,1–1,0	24,1	41,7	59,8	12,5
1,1–2,0	6,7	34,2	21,0	52,4
>2,0	11,9	3,0	5,0	33,5

Z wydeptywaniem wiąże się także rodzaj nawierzchni i szerokość pierwotna szlaku (tab. 14 i 15). Wraz ze zmniejszaniem się tej ostatniej zwiększa się długość odcinków, w sąsiedztwie których zaznacza się zniszczenie roślinności. Fragmenty te z reguły mają również nawierzchnię ułożoną z kamieni oraz duże nachylenie. Wszystkie te czynniki powodują, że turyści chętnie schodzą ze ścieżki i idą poboczem. Natomiast zniszczenia o znacznych rozmiarach, które można zaobserwować w otoczeniu odcinków o dużej szerokości pierwotnej, związane są z miejscami składowania drewna oraz rozjeżdżaniem terenu przez ciężkie pojazdy mechaniczne, czyli z gospodarką leśną, a nie z działalnością turystyczną.

Tabela 14. Zależność między szerokością zniszczenia pokrywy roślinnej a rodzajem nawierzchni szlaku (długość w %)

Szerokość zniszczenia (m)	Ścieżka				Droga nieutwardzona
	nieutwardzona	szutrowa	ułożona z kamieni	biegnąca dnem suchej dolinki	
0	28,6	4,7	28,6	9,3	88,7
0,1–1,0	32,1	74,0	32,1	0,0	0,0
1,1–2,0	21,4	21,3	21,4	0,0	0,0
>2,0	17,8	0,0	17,8	90,7	11,3

Tabela 15. Zależność między szerokością zniszczenia pokrywy roślinnej a pierwotną szerokością szlaku (długość w %)

Szerokość zniszczenia (m)	Pierwotna szerokość szlaku (m)				
	0,0–0,6	0,61–0,8	0,81–1,0	1,1–2,0	2,1–3,0
0	38,8	26,1	19,2	58,1	76,0
0,1–1,0	56,7	37,4	50,0	15,5	0,0
1,1–2,0	4,5	27,1	12,3	26,4	0,0
>2,0	0,0	9,4	18,5	0,0	24,0

Największe szkody w geosystemie szlaku powodowane są przez gospodarkę leśną prowadzoną przez Wspólnotę Leśną na odcinku od strony Doliny Chochołowskiej. Są to powierzchniowe zniszczenia roślinności spowodowane przez ścinę drzew, składowanie oraz transport drewna.

W celu ograniczenia degradacji środowiska geograficznego szlaku konieczne jest przeprowadzenie zmian jego użytkowania. W pierwszej kolejności należy ograniczyć gospodarkę leśną do niezbędnych zabiegów konserwatorskich. Działalność Wspólnoty Leśnej powinna zostać wyprowadzona poza obręb Parku, co jest oczywiste wobec faktu, iż zasoby geosystemu Tatr są unikatowe w skali kraju (TPN) i świata (Międzynarodowy Rezerwat Biosfery). Lasy nawet na niewielkim obszarze TPN nie powinny być eksploatowane w celach komercyjnych, w przeciwnym razie grozi im obniżenie ich wartości.

Dyskusja z poglądami innych autorów

Duża szczegółowość uzyskanych wyników nie pozwala na ich pełne porównanie z danymi z literatury, jednak uzyskane na ich podstawie uogólnienia można odnieść do poglądów innych autorów.

Rozmiary zniszczeń zaobserwowane na szlaku są nieco mniejsze niż wartości podane w opracowaniach dla innych obszarów Tatr. Na badanym obszarze przeciętna szerokość rzeczywista (ścieżka wraz z wydeptaniem) wynosi 1,98 m, a maksymalna – 7,8 m, podczas gdy M. Krusiec (1996) dla tras turystycznych w Dolinie Chochołowskiej podał odpowiednio 2,3 m i 17 m, a E. Gorczyca (2000) w rejonie Czerwonych Wierchów i Regli Zakopiańskich – 3,2 m i 17 m.

P. Kroh (2002) oraz A. Barczak i inni (2002) w swoich pracach wskazali na znaczne powierzchniowe wydeptanie w miejscach postoju turystów oraz w punktach węzłowych szlaków. Na badanym obszarze, w analogicznych miejscach, nie zaobserwowanego zwiększonego powierzchniowego zniszczenia pokrywy roślinnej. Degradacja turystyczna przejawiała się za to w wydeptaniu systemu dzikich ścieżek, zaśmieceniu oraz obniżeniu kondycji zbiorowisk roślinnych.

W Ojcowskim Parku Narodowym, na podstawie zestawienia stopnia zniszczenia szlaków turystycznych z szacowanym natężeniem ruchu turystycznego i cechami środowiska geograficznego decydującymi o ich odporności, związek między wydeptaniem a wielkością degradacji stwierdzono jedynie w przypadku budowy geologicznej i nachyleń (Barczak i inni, 2002). Natomiast na badanym szlaku oprócz tych elementów, wpływ ma także nawierzchnia i jej stan, szerokość pierwotna, charakter i zwartość pokrywy roślinnej, dostępność miejsc poza ścieżką, technika poprowadzenia trasy oraz gospodarka leśna. Na niektóre z tych elementów zwrócili uwagę w swoich pracach m.in. Z. Mirek i H. Piękoś-Mirek (1979), J. Czochoński (2000) oraz E. Gorczyca (2000). Niektórzy z tych autorów wskazali również na ekspozycję jako czynnik warunkujący wydeptanie. Na badanym szlaku takiego związku nie zaobserwowano.

Podobnie jak w innych obszarach, długość odcinków szlaku, których otoczenie podlega wydeptaniu, rośnie wraz ze wzrostem jego nachylenia. Zauważyli to między innymi M. Krusiec (1996), A. Barczak i inni (2002) oraz E. Gorczyca (2000). Na badanym szlaku zniszczenia pokrywy roślinnej o największej szerokości występują jednak często na słabo nachylonych powierzchniach, co wiązać można z gospodarką leśną.

Wyniki badań potwierdzają wnioski M. Guzikowej (1982) oraz Z. Mirka i H. Piękoś-Mirek (1979) dotyczące wrażliwości określonych zbiorowisk roślinnych na mechaniczne niszczenie, np. przez rozdeptywanie. Podobnie jak w opracowaniach powyższych autorów, stwierdzono, że wysoką odpornością odznaczają się trawiaste zbiorowiska polan, natomiast bardzo niską – rośliny runa leśnego. Według W. Szydarowskiego (2000) wielkość zniszczeń pokrywy roślinnej jest odwrotnie proporcjonalna do wysokości i zwartości zbiorowisk roślinnych. Wyniki naszych badań potwierdzają ten pogląd. Należy jednak zwrócić uwagę, że podatność na niszczenie zależy nie tylko od wysokości i zwartości zbiorowiska, ale także od jego rodzaju, np. trawiaste zbiorowiska polan są niskie, a wykazują znacząco odporność na deptanie.

Nieliczni autorzy zwrócili uwagę na problem zaśmiecania szlaku, przy czym Z. Mirek i H. Piękoś-Mirek (1979) pisali o punktowym występowaniu tego zjawiska, natomiast P. Kroh (2002) uważał je za strefowe. Niniejsze badania potwierdzają pierwszy pogląd.

L. Kaszowski i K. Krzemień (1984 za Krusiec, 1996) oraz E. Gorczyca (2000) za najbardziej stabilne uznali pokrywy morenowe oraz zwietrzliny utworzone na piaskowcach kwarcytowych. Na badanym szlaku w obrębie pokryw morenowych zaznaczają się jednak jego największe zniszczenia, zaś podłoże zdegradowane w najmniejszym stopniu – to osady fluwialne.

E. Gorczyca i K. Krzemień (2002) stwierdzili, że w piętrze leśnym Tatr przeważają szlaki wielościeżkowe. Nie odnosi się to do badanego szlaku turystycznego, gdyż dominują na nim wydeptania podłoża w bezpośrednim sąsiedztwie

trasy, wzdłuż przygotowanej nawierzchni. Dodatkowo, „dzikie” ścieżki występują na badanym obszarze sporadycznie.

Wyniki badań potwierdzają wcześniejszą opinię, że turystyka nie jest jedynym czynnikiem powodującym degradację środowiska geograficznego szlaków turystycznych. Oprócz niej duży wpływ ma gospodarka leśna oraz naturalne procesy morfogenetyczne. Negatywne oddziaływanie prac leśnych podkreślali Z. Mirek (1985) oraz M. Krusiec (1996). Ten ostatni zwrócił uwagę na niszczącą działalność gospodarki leśnej w obrębie samej ścieżki oraz na uruchamianie przez nią procesów morfotwórczych. Na badanym szlaku istotne jest natomiast również rozjeżdżanie pokrywy roślinnej wzdłuż niego, uszkodzanie nawierzchni ścieżki oraz powierzchniowe zniszczenia roślinności związane ze składowaniem drewna, a także obecność miejsc ścinki jako elementu silnie degradującego. P. Kroh (2002) ocenił gospodarkę leśną jako pozytywną dla geoekosystemu Tatr, jednak tylko w odniesieniu do działań o charakterze ochronnym, prowadzonych przez służby TPN. Innymi motywami kieruje się z kolei Wspólnota Leśna – jej działalność nastawiona jest na osiągnięcie zysku z pozyskanego drewna i przez to ma ona negatywny wpływ na geoekosystem Tatr.

Na potrzebę przeprowadzenia rekultywacji ścieżek turystycznych w obrębie piętra leśnego TPN wskazali E. Gorczyca i K. Krzemień (2002). W pełni potwierdza to przykład niniejszego szlaku, którego fragmenty należy poddać zabiegom ochronnym, mającym na celu zminimalizowanie procesów degradacyjnych.

Podsumowanie

Zaprezentowana koncepcja wykorzystania GIS do analizy stanu środowiska geograficznego szlaków turystycznych daje nowe możliwości jego szczegółowej i wszechstronnej oceny. Zastosowanie proponowanej metodyki badań do oceny wybranego szlaku turystycznego w Tatrach pozwala na wyciągnięcie następujących wniosków.

1. Zastosowanie odbiornika GPS do gromadzenia informacji w trakcie kartowania terenowego zapewnia dostarczenie dużej ilości danych, o jednoznacznie określonej lokalizacji w przestrzeni geograficznej, co umożliwia ich analizę pod względem nie tylko jakościowym, ale i ilościowym. Jego stosowanie powinno stać się standardem w tego typu badaniach środowiskowych.
2. Wykorzystanie GIS znacznie ułatwia i przyspiesza proces integracji, analizy oraz prezentacji danych, co wpływa także na zmniejszenie czasochłonności i kosztów oraz zwiększenie poprawności procesu podejmowania decyzji. Pozwala to w konsekwencji na prowadzenie lepszej polityki w zakresie ochrony środowiska geograficznego.
3. Zaproponowana struktura bazy danych, złożona z odcinków jednorodnych pod względem wartości wszystkich uwzględnionych zmiennych, umożliwia sprawną aktualizację oraz przyspiesza i ułatwia przeprowadzanie analiz,

zwłaszcza dotyczących współzależności pomiędzy zmiennymi. Jej mankamentem jest natomiast stosunkowo duża czasochłonność na etapie tworzenia. Mimo wszystko jest to rozwiązanie bardziej korzystne niż utworzenie kilku baz danych, oddzielnych dla poszczególnych cech. Pozwala bowiem, poprzez bardziej wszechstronną analizę, na pełniejsze wykorzystanie zebranych informacji.

4. Na przyjętym poziomie szczegółowości badań nie zauważono zmian stopnia zdegradowania badanego szlaku w ciągu jednego sezonu badawczego. W przypadku braku zdarzeń o ekstremalnym nasileniu, dynamika geosystemu szlaku turystycznego jest na tyle niska, że wystarczające jest przeprowadzanie badań w jego obrębie raz w roku lub rzadziej.
5. Przeprowadzone badania wskazują na celowość wykonania kolejnych szczegółowych opracowań dokumentacyjnych szlaków turystycznych na terenie TPN oraz w innych obszarach chronionych. Utworzenie bazy danych środowiskowych o wysokim stopniu dokładności umożliwiłoby sprawne monitorowanie stanu środowiska geograficznego szlaków turystycznych oraz skuteczniejsze prowadzenie działań ochronnych.

Piśmiennictwo

- Adamski P., 1996, *Drobne ssaki partii szczytowej masywu Pilska oraz ocena wpływu ruchu turystycznego na teriofaunę*, [w:] A. Łajczak, S. Michalik, Z. Witkowski (red.), *Wpływ narciarstwa i turystyki pieszej na przyrodę masywu Pilska*, Studia Naturae, Seria A, PAN, 41, s. 197–203.
- Arrowsmith C., Inbakaran R., 2002, *Estimating environmental resiliency for the Grampians National Park, Victoria, Australia: a quantitative approach*, *Tourist Management*, 23, 3, s. 295–309.
- Bandola-Ciołczyk E., Kurzyński J., 1996, *Stan zdrowotny, żywotność oraz uszkodzenia mechaniczne świerka i kosodrzewiny na obszarze użytkowanym przez narciarzy i turystów na Pilsku*, [w:] A. Łajczak, S. Michalik, Z. Witkowski (red.), *Wpływ narciarstwa i turystyki pieszej na przyrodę masywu Pilska*, Studia Naturae, Seria A, PAN, 41, s. 197–203.
- Barczak A., Jankow W., Kubinek Ł., Struś P., Wołowicz T., 2002, *Podatność na degradację szlaków turystycznych Ojcowskiego Parku Narodowego*, [w:] J. Partyka (red.), *Użytkowanie parków narodowych. Ruch turystyczny–zagospodarowanie–konflikty–zagrożenia*, Wyd. Ojcowski Park Narodowy, Ojców, s. 703–722.
- Baranowska-Janota M., Czochoński J.T., Skawiński P., 2000, *Ocena możliwości i propozycje udostępnienia turystycznego TPN w świetle prac nad realizacją planu ochrony parku*, [w:] J. Czochoński, D. Borowiak (red.), *Z badań geograficznych w Tatrach Polskich*, Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, s. 241–257.
- Bazyły J., Gulińska J., Kolanko K., 2003, *Degradacja środowiska przyrodniczego szlaków turystycznych i ich najbliższego otoczenia w Wolińskim Parku Narodowym*, [w:] A. Kostrzewski (red.), *Woliński Park Narodowy. Środowisko przyrodnicze. Kształtowanie i ochrona*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, s. 115–118.

- Czapski Z., Mizgajka H., 1996, *Biologiczne skażenie szlaków turystycznych Tatrzańskiego Parku Narodowego*, [w:] Z. Krzan (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a Człowiek*, 3. *Wpływ człowieka*, TPN i PTNoZ Oddział Krakowski, Kraków-Zakopane, s. 46–47.
- Czochański J., 2000, *Wpływ użytkowania turystycznego na rozwój procesów i form erozyjno – denudacyjnych w otoczeniu szlaków*, [w:] J. Czochański, D. Borowiak (red.), *Z badań geograficznych w Tatrach Polskich*, Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, s. 331–344.
- , 2002, *Ruch turystyczny w Tatrzańskim Parku Narodowym*, [w:] J. Partyka (red.), *Użytkowanie parków narodowych. Ruch turystyczny – zagospodarowanie – konflikty – zagrożenia*, Wyd. Ojcowski Park Narodowy, Ojców, s. 385–403.
- Degórski M., 2002, *Ocena wpływu antropopresji na wybrane właściwości pokrywy glebowej piętra subalpejskiego i alpejskiego w rejonie Kasprowego Wierchu*, [w:] W. Borowiec, A. Kotarba, A. Kownacki, Z. Krzan, Z. Mirek (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr*, Instytut Botaniki PAN, Kraków-Zakopane, s. 395–402.
- Dixon G., Hawes M., McPherson G., 2004, *Monitoring and modelling walking track impacts in the Tasmanian Wilderness World Heritage Area, Australia*, *Journal of Environmental Management*, 71, 4, s. 305–320.
- Gorczyca E., 2000, *Wpływ ruchu turystycznego na przekształcenie rzeźby wysokogórskiej na przykładzie Masywu Czerwonych Wierchów i Regli Zakopiańskich (Tatry Zachodnie)*, *Prace Geograficzne, IGiPZ*, 105, Kraków, s. 369–389.
- Gorczyca E., Krzemień K., 2002, *Wpływ ruchu turystycznego na rzeźbę Tatrzańskiego Parku Narodowego*, [w:] W. Borowiec, A. Kotarba, A. Kownacki, Z. Krzan, Z. Mirek (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr*, Instytut Botaniki PAN, Kraków-Zakopane, s. 389–393.
- Guzikowa M., 1982, *Wpływ pieszego ruchu turystycznego na szatę roślinną Pienińskiego Parku Narodowego (wybrane zagadnienia, ze szczególnym uwzględnieniem skutków wydeptania)*, *Studia Naturae, Seria A*, PAN, 22, s. 227–241.
- Hawes M., Candy S., Dixon G., 2006, *A method for surveying the condition of extensive walking track systems*, *Landscape and Urban Planning*, 78, 3, s. 275–287.
- Kasprzak M., 2005, *Tempo degradacji powierzchni dróg i ścieżek turystycznych w Karkonoszach Wschodnich*, *Opera Corcontica*, 41, s. 17–30.
- Kotarba A., 2002, *Współczesne przemiany przyrody nieożywionej w Tatrzańskim Parku Narodowym*, [w:] W. Borowiec, A. Kotarba, A. Kownacki, Z. Krzan, Z. Mirek (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr*, Instytut Botaniki PAN, Kraków-Zakopane, s. 13–19.
- Kroh P., 2002, *Kierunki bezpośredniego wpływu człowieka na środowisko przyrodnicze Doliny Miętusiej w Tatrach*, [w:] J. Partyka (red.), *Użytkowanie parków narodowych. Ruch turystyczny – zagospodarowanie – konflikty – zagrożenia*, Wyd. Ojcowski Park Narodowy, Ojców, s. 735–745.
- Krusiec M., 1996, *Wpływ ruchu turystycznego na przekształcenie rzeźby Tatr Zachodnich na przykładzie Doliny Chochołowskiej*, *Czasopismo Geograficzne*, 67, 3-4, s. 303–320.
- Łajczak A., 1996, *Wpływ narciarstwa i turystyki pieszej na erozję gleby w obszarze podszczytowym Pilska*, [w:] A. Łajczak, S. Michalik, Z. Witkowski (red.), *Wpływ narciarstwa i turystyki pieszej na przyrodę masywu Pilska*, *Studia Naturae, Seria A*, PAN, 41, s. 131–159.
- Łajczak A., Krzan Z., Michalik S., Skawiński P., Witkowski Z., 1996, *Projekt rekultywacji obszaru podszczytowego Pilska oraz reorganizacji ruchu narciarskiego i pieszego*

- w tym rejonie, [w:] A. Łajczak, S. Michalik, Z. Witkowski (red.), *Wpływ narciarstwa i turystyki pieszej na przyrodę masywu Piłska*, Studia Naturae, Seria A, PAN, 41, s. 227–237.
- Maciaszek W., Zwydak M., 1992a, *Degradacja górskich gleb leśnych w pobliżu szlaków turystycznych*, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, Leśnictwo, 22, Kraków, s. 3–16.
- , 1992b, *Turystyczna degradacja gleb w punktach widokowych na wybranych szczytach beskidzkich*, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, Leśnictwo, 22, Kraków, s. 17–27.
- Maguire D.J., Batty M., Goodchild M.F., 2006, *GIS, Spatial Analysis and Modelling*, ESRI Press, Redlands.
- Michalik S., 1996, *Oddziaływanie narciarstwa i turystyki pieszej na szatę roślinną szczytowej części masywu Piłska*, [w:] A. Łajczak, S. Michalik, Z. Witkowski (red.), *Wpływ narciarstwa i turystyki pieszej na przyrodę masywu Piłska*, Studia Naturae, Seria A, PAN, 41, s. 161–181.
- Mirek Z., 1985, *Turystyka wobec aktualnych problemów zagrożenia i ochrony Tatr*, Wierchy, 54, s. 5–23.
- Mirek Z., Piękoś-Mirek H., 1979, *Oddziaływanie turystyki na szatę roślinną Tatr*, Wierchy, 48, s. 20–34.
- Prędko R., 1995, *Ocena stopnia zniszczeń środowiska przyrodniczego wzdłuż szlaków turystycznych Bieszczadzkiego Parku Narodowego*, Roczniki Bieszczadzkie, 4, s. 292–294.
- , 1999, *Ocena zniszczeń środowiska przyrodniczego Bieszczadzkiego Parku Narodowego w obrębie pieszych szlaków turystycznych w latach 1995–1999 – porównanie wyników monitoringu*, Roczniki Bieszczadzkie, 8, s. 343–352.
- , 2000, *Przemiany właściwości powietrzno-wodnych gleb w obrębie pieszych szlaków turystycznych Bieszczadzkiego Parku Narodowego*, Roczniki Bieszczadzkie, 9, s. 225–236.
- , 2002, *Wpływ ruchu turystycznego na teksturę oraz właściwości wodne gleb w obrębie szlaków pieszych Bieszczadzkiego Parku Narodowego*, [w:] J. Partyka (red.), *Użytkowanie parków narodowych. Ruch turystyczny – zagospodarowanie–konflikty–zagrożenia*, Wyd. Ojcowski Park Narodowy, Ojców, s. 763–770.
- Paulo A., Mościcki J., Gałaś A., 2002, *Turystyczna erozja Tatr*, [w:] W. Borowiec, A. Kotarba, A. Kownacki, Z. Krzan, Z. Mirek (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr*, Instytut Botaniki PAN, Kraków-Zakopane, s. 385–388.
- Rączkowska Z., Kozłowska A., 2002, *Odzwierciedlenie wpływów antropogenicznych w wybranych elementach środowiska przyrodniczego otoczenia Kasprowego Wierchu*, [w:] W. Borowiec, A. Kotarba, A. Kownacki, Z. Krzan, Z. Mirek (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr*, IB PAN, Kraków-Zakopane, s. 403–406.
- Scally R., 2006, *GIS for Environmental Management*, ESRI Press, Redlands.
- Skawiński P., 1993, *Oddziaływanie człowieka na przyrodę kopuły Kasprowego Wierchu oraz Doliny Goryczkowej w Tatrach*, [w:] W. Cichoński (red.), *Ochrona Tatr w obliczu zagrożeń*, Wyd. Muzeum Tatrzańskie, Zakopane, s. 197–226.
- Skawiński P., Krzan Z., 2002, *Restytucja szaty roślinnej kopuły Kasprowego Wierchu w latach 1993–2001*, [w:] W. Borowiec, A. Kotarba, A. Kownacki, Z. Krzan, Z. Mirek (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr*, Instytut Botaniki PAN, Kraków-Zakopane, s. 407–411.
- Skidmore A., 2002, *Environmental Modelling with GIS and Remote Sensing*, CRC Press, London.

- Styperek J., 2001, *Piesze szlaki turystyczne w polskich parkach narodowych*, Turyzm, 11, 1, s. 25–37.
- , 2002, *Linearne systemy penetracji rekreacyjnej*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, s. 27–32.
- Szydarowski W., 2000, *Rozwój form erozyjnych w otoczeniu szlaków turystycznych Tatrzańskiego Parku Narodowego*, [w:] J. Czochoński, D. Borowiak (red.), *Z badań geograficznych w Tatrach Polskich*, Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, s. 315–328.
- Wałdykowski P., 2006, *Wpływ dróg górskich na dynamikę procesów morfogenetycznych w rejonie Turbacza*, *Ochrona Beskidów Zachodnich*, 1, s. 67–79.

[Wpłynęło: styczeń; poprawiono: marzec 2007 r.]

MAREK EWERTOWSKI, ALEKSANDRA TOMCZYK

GIS ASSESSMENT OF THE STATE OF THE GEOGRAPHICAL ENVIRONMENT
ALONG TOURIST TRAILS FOR THE INTEGRATION AND ANALYSIS OF TER-
RAIN AND CARTOGRAPHICAL DATA

This article proposes a concept for quantitative research on the condition of the environment along tourist trails. It is based on the application of the Global Positioning System (GPS) for detailed fieldwork and a Geographic Information System (GIS) for data integration. The data are obtained from various sources and used in an in-depth analysis allowing for the overall evaluation of the environmental condition tourist trails find themselves in. This evaluation in turn provides a basis for monitoring and the pursuit of protective actions in protected areas.

Within the framework of the GIS system for tourist trails, the subsystems defined and discussed are:

- (1) the data-gathering subsystem making use of data sources in the form of:
 - existing materials – including all kinds of accessible information in any form, these being divided into data on the general scale (from 1:10 000 to 1:50 000) and the detailed scale (1:10 000 and larger),
 - field data – from high-precision fieldwork using a GPS receiver to determine specifics of the proposed concept; information on the geographical environment along tourists trails is collected as regards variables like the kind and state of the trail surface, morphometric data (the original width of the tourist trail, the width of destroyed vegetation cover, real width = original width + width of destroyed vegetation cover), the kind of substratum on which the tourist trial is constructed, the vegetation cover in the immediate vicinity of the trail, obstacles on the trail which made it hard to use, devices protecting against damage to the trail surface, other elements of tourist infrastructure, characteristic elements of biodiversity and geodiversity, certain indicators of negative tourist activity and of other negative human activity;
- (2) the data-storage subsystem, for which the proposal involves a basic database (not updated every year), as well as an annually-updated database [the information stored in the GIS database depends on tourist trail specifications, each set of trails being

defined by vector objects connecting to the database, while each trail is divided into sections each relating to one record, varying in length but being homogeneous in terms of the value of all variables; considered].

(3) the data-processing and analysing subsystem;

(4) the visualization subsystem.

The above methodology is presented using a case study on the state of the geographical environment along one of the tourist trails in the Western Tatra Mountains. Some research results and factors affecting the trail's degradation are also presented.

Along about 67% of its length, the trail had an original width of less than 80 cm. The average for the original width is about 1.08 m. These figures contrast with the markedly greater real width of the tourist trail (including trampled parts), which reaches a maximum of 7.8 m. Trampling has usually developed where the original width of the trail was narrowest. Only 1/5 of the trail has a real width of less than 80 cm, while the average real width is around 1.98 m.

Around 65% of the length of the trail has experienced different degrees of trampling on one or both sides. The average width of destroyed vegetation cover is of about 0.9 m, the maximum 5.7. The area of trampled plant cover amounts to 4260 m² and is almost equal to that set aside for tourist traffic (5100 m²). The intensity of trampling varies in direct proportion with the increase in the slope, and inversely to the width of the prepared path.