

BADANIA NAD ZASTOSOWANIEM ZDJĘCIA SATELITARNEGO LANDSAT 7 ETM DO SPORZĄDZANIA MAPY WALORÓW PRZYRODNICZYCH I KULTUROWYCH OBSZARU TRANSGRANICZNEGO

© Mościcka A., Wrochna A., 2009

В статье представлены результаты выполнения проекта „Обработка концепции создания карты естественных и культурных элементов транснационального пространства”. Рассмотрена характеристика поверхности с учетом естественных элементов, а также цели, ограничения и результаты исследовательских работ. Особенное внимание уделено вопросам моделирования на базе информации полученной из спутника, составляющей основной вид и ориентированной на увеличение её информационной ценности.

In the paper the main aspects of the research project „The concept of the image map of a transboundary natural region” are addressed. The description of the research area from the view point of natural values is presented together with the project aims, range and the achieved results. Particular attention is given to modelling of the satellite image being the map backdrop accountable for increasing map legibility.

1. Wprowadzenie

Inwentaryzacja istniejącego stanu środowiska czy prezentacja rozmieszczenia obiektów i zjawisk przyrodniczych to tylko niektóre z możliwości wykorzystania materiałów kartograficznych. Opracowania te, tworzone dla różnych odbiorców i z różnym przeznaczeniem, mają najczęściej jedną wspólną cechę: obejmują przeważnie regiony, dla których informacje przestrzenne są pod pewnymi względami jednolite. Jednolitości tej nie zapewniają jednak systemy gromadzenia i prezentacji danych przestrzennych i tematycznych opracowywane w różnych krajach. Problem ten został już dostrzeżony przez Komisję Europejską i podjęty w dyrektywie INSPIRE (Linsenbarth, 2003).

Podjętym tematem dotyczy opracowania mapy obrazowej transgranicznego obszaru przyrodniczego, położonego na styku dwóch państw – Rzeczypospolitej Polskiej i Republiki Białoruskiej. Opracowanie to obejmuje ostatnią naturalną puszcę Europy - Puszcę Białowieską. Różnorodność biologiczna Puszczy to niespotykane gdzie indziej bogactwo gatunków roślin, grzybów i zwierząt, często reliktowych. Wysoki stopień naturalności puszczańskich ekosystemów oraz ciągłość procesów przyrodniczych czynią z Puszczy Białowieskiej swoiste laboratorium przyrodnicze, ważny punkt odniesienia dla zmienionych gospodarką ludzką lasów całej Europy. Puszcza Białowieska, jako jedyny tego typu kompleks w Europie, została objęta statusem Światowego Rezerwatu Biosfery UNESCO.

Bogactwo przyrodnicze i naturalny charakter Puszczy Białowieskiej to efekt wielowiekowej ochrony. Ochrona ta, jest jednak odmienna na obszarach każdego z państw, co powoduje, iż rozpatrywany obszar transgraniczny jest niejednorodny pod wieloma względami. Różny stopień i zakres ochrony przyrody oraz różne formy jej ochrony powodują, że opracowania dotyczące tego regionu obejmują głównie obszar leżący w granicach tylko jednego z państw.

2. Cel i zakres prac badawczych

Niniejszy artykuł ma na celu zaprezentowanie wyników projektu badawczego związanego z wykorzystaniem informacji obrazowej do prezentacji walorów przyrodniczych obszaru całej Puszczy Białowieskiej. Artykuł służy przedstawieniu jednego z głównych zagadnień projektu, a mianowicie zagadnienia modelowania zdjęcia satelitarnego w celu uzyskania obrazu uwypuklającego walory przyrodnicze obszaru transgranicznego.

Przedstawione wyniki prac badawczych prowadzone były w ramach projektu pt.: „Opracowanie koncepcji mapy obrazowej transgranicznego obszaru przyrodniczego”, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

W dostępnej literaturze krajowej i zagranicznej brak jest wystarczających doniesień naukowych odnośnie metod prezentacji informacji przyrodniczych i krajobrazowych dotyczącej obszarów przygranicznych. Literatura przedmiotu podejmuje to zagadnienie głównie pod kątem inwentaryzacji zasobów obszarów granicznych (Siwek, 2000). Powoduje to powstawanie opracowań obejmujących odmienne kryteria doboru i prezentacji treści w zależności od tego, którego państwa czy narodu dotyczy, bądź opracowań zawierających jedynie te informacje, które są jednolite dla całego rozpatrywanego obszaru, a co za tym idzie, gromadząc jedynie wybrane, dalece niepełne zasoby informacyjne.

Brak jest także źródeł piśmienniczych wskazujących w sposób wyczerpujący możliwości wykorzystania materiałów kartograficznych o obszarach transgranicznych w aspekcie prezentacji istniejących tam walorów przyrodniczych i krajobrazowych.

W świetle najnowszej literatury przedmiotu informacja obrazowa nabiera coraz większego znaczenia, jednak jej wykorzystanie nadal nie jest powszechne (Ciołkosz, 2000). Rola informacji obrazowej wzrasta, a problemy związane z przetwarzaniem i wykorzystaniem informacji obrazowej łączą wiele dziedzin nauki, techniki i sztuki. Informacja obrazowa inspirowała nowe koncepcje poznania i tworzenia modelu rzeczywistości.

Zdjęcia satelitarne obejmujące duże obszary o powierzchni setek kilometrów kwadratowych, umożliwiają analizę zjawisk wieloprzestrzennych, np. sukcesję roślinności, koncentrację chlorofilu, wylesienia, występowanie pożarów itp. Mając do dyspozycji barwne zdjęcia satelitarne można stosunkowo precyzyjnie określić zbiorowiska leśne i łąkowe, a także wielu przypadkach skład gatunkowy i wiek drzewostanu. Dostępne obecnie zdjęcia satelitarne umożliwiają zatem efektywne prezentowanie walorów przyrodniczych w sposób nowoczesny, a co za tym idzie atrakcyjny dla odbiorcy.

Głównym celem projektu badawczego pt.: „Opracowanie koncepcji mapy obrazowej transgranicznego obszaru przyrodniczego” było opracowanie koncepcji obrazowej mapy walorów przyrodniczych obszaru transgranicznego, uzupełnionej treścią kreskową. Ważnym problemem badawczym było zdefiniowanie zakresu treści mapy walorów przyrodniczych oraz sposobu jej prezentowania. Rozwiązanie tego problemu wymagało rozbudowy technik wizualizacji informacji prezentowanych na mapach obrazowych, opracowanych z wykorzystaniem zdjęć satelitarnych.

Prace w projekcie obejmowały analizę cennych składników przyrody, zróżnicowanych i wartościowych zbiorowisk roślinnych, a także form ochrony przyrody po obu stronach granicy polsko-białoruskiej. Analiza koncentrowała się na ocenie i wyborze tych walorów przyrodniczych, które można (a także należy) uwzględnić na mapie obrazowej (Pawlak, 1998). Badania te były ściśle związane z określeniem elementów treści obrazowej charakteryzujących poszczególne walory przyrodnicze opracowywanego obszaru.

Jednym z ważniejszych zagadnień podejmowanych w projekcie była ocena zdjęć satelitarnych pod kątem ich przydatności w prezentacji walorów przyrodniczych regionu. Do opracowania mapy wybrano zdjęcia, które w najbardziej efektywny sposób prezentowały treść tematyczną mapy. Przeprowadzono modelowanie kompozycji tonalnego obrazu mapy, ukierunkowane na zwiększenie jego wartości informacyjnej. Głównym celem przetwarzania obrazów tonalnych było zwiększenie walorów informacyjnych treści przyrodniczej, zwiększenie czytelności zapisu i percepcji informacji obrazowej. Niezbędne było również ustalenie zakresu treści uzupełniających informacji kreskowych, sposobu jej prezentacji w sposób czytelny oraz skomponowany z treścią obrazową mapy (Ratajski, 1989).

3. Charakterystyka obszaru badawczego

3.1. Ogólna charakterystyka Puszczy Białowieskiej

Puszcza Białowieska położona jest w Europie Środkowo-Wschodniej, na Nizinie Środkowoeuropejskiej - na Wysoczyźnie Bielskiej i na Wysoczyźnie Wołkowyskiej. Zajmuje powierzchnię 150 tys. hektarów i leży po obu stronach granicy Polski i Białorusi. W granicach Polski puszcza (część zachodnia) zajmuje około 62,5 tys. ha powierzchni, czyli 42% jej obszaru, natomiast w granicach Białorusi (część wschodnia) zajmuje około 87,5 tys. ha powierzchni, czyli 58% jej obszaru.

Puszcza Białowieska jest jedną z największych w tej części Europy, a jednocześnie ostatnim tego typu kompleksem leśnym na Nizinie Środkowoeuropejskiej. Stanowi ona pozostałość starego lasu rozpościerającego się w XIII wieku od Morza Bałtyckiego na północy, po Bug na południu i od Odry na zachodzie po Dniepr na wschodzie. Cechami, które wyróżniają ją, to przede wszystkim wysoki stopień naturalności i obecność na terenie puszczy wszystkich zbiorowisk leśnych występujących w Europie Środkowo-Wschodniej.

Część Puszczy po stronie polskiej i białoruskiej jest chroniona prawnie. Jest to Białowieski Park Narodowy po stronie polskiej (centrum administracyjne Parku to Białowieża) i Państwowy Park Narodowy „Puszcza Białowieska” po stronie białoruskiej (centrum administracyjne Parku to wieś Kamieniuki). Białowieski Park Narodowy jest jedynym polskim obiektem przyrodniczym, wpisanym przez UNESCO na listę Światowego Dziedzictwa.

3.2. Walory przyrodnicze obszaru transgranicznego

Puszcza Białowieska po polskiej i po białoruskiej stronie podzielna jest na cztery strefy o różnej charakterystyce systemu ochrony. Celem tego podziału było zachowanie biologicznej różnorodności kompleksu. Wydzielono strefę ochronną, czyli obszar nietkniętej przyrody, strefę regulowanego wykorzystania, strefę rekreacyjną oraz strefę gospodarczą.

Puszcza Białowieska jest naturalnym i pierwotnym lasem niżowym Europy w strefie lasów liściastych i mieszanych. Bogactwo tego naturalnego stanu zachowania Puszczy jest wyrażone tysiącami gatunków roślin i zwierząt. Na florę puszczy składa się 900 gatunków roślin naczyniowych, w tym rośliny kwiatowe, paprotniki, mszaki wątrobowce, porosty, grzyby. Do wyższej partii flory wchodzi drzewa, krzewy i krzewinki. Wyróżnione są cztery klasy zbiorowisk naturalnej roślinności leśnej i zaroślowej:

- lasy liściaste i mieszane, (grądy, łęgi olszowo-jesionowe i dąbrowy),
- lasy szpilkowe (bór mieszany wysoki, bór mieszany niski, borealna świerczyna torfowa, bór sosnowy świeży i bór sosnowy bagienny),
- lasy i zarośla bagienne (ols właściwy, ols z olsą czarną, zarośla, rokitnicy),
- łęgi wierzbowe (składają się z wierzb wąskolistnych).

Na terenie Puszczy Białowieskiej znajduje się wiele atrakcji turystycznych związanych z walorami przyrodniczymi, jak też kulturowymi.

Większość walorów przyrodniczych Puszczy Białowieskiej objętych jest różnymi formami prawnej ochrony: parkami narodowymi, parkami krajobrazowymi, rezerwatami, obszarami krajobrazu chronionego, pomniki przyrody. Część walorów np.: obszary leśne o bogatej faunie i florze, zespoły parkowe, odkrywki geologiczne itd. nie jest objętych prawną ochroną, lecz także mają decydujący wpływ na rozwój turystyki w regionie.

Atrakcyjność Puszczy Białowieskiej wynika także z dobrze rozwiniętej infrastruktury turystycznej. W części polskiej są to między innymi: szlaki turystyczne piesze, szlaki turystyczne rowerowe, ścieżki edukacyjne, kolejka wąskotorowa, obiekty Białowieskiego Parku Narodowego, muzea, skanseny, pomniki, zabytkowe obiekty sakralne. W części białoruskiej są to między innymi: szlaki piesze, szlaki samochodowe i rowerowe, obiekty Państwowego Parku Narodowego „Puszcza Białowieska”, miejsca kulturowo-historyczne.

Puszcza Białowieska należy do regionu kulturowo-historycznego nazywanego Podlasiem. Na tym obszarze transgranicznym istnieją obok siebie dwie tradycje: wschodnia i zachodnia oraz trzy kultury: białoruska, ukraińska i polska. W wyniku tego przenikania na przestrzeni lat powstały obiekty charakteryzujące się cechami różnych kultur. Można je odnaleźć w dziedzictwie kulturowym: społecznym, materialnym i duchowym.

4. Mapa obrazowa transgranicznego obszaru przyrodniczego

4.1. Materiały źródłowe

Materiałem podstawowym do opracowania obrazu tonalnego było zdjęcie satelitarne z satelity Landsat 7 ETM, z cyfrową rejestracją 8 zakresów promieniowania elektromagnetycznego, odbitego lub emitowanego z powierzchni Ziemi. Są to 3 zakresy widzialne, niebieski, zielony i czerwony (1,2,3), 3 zakresy bliskiej podczerwieni (4,5,7), 1 zakres podczerwieni termalnej (6) oraz tzw. zakres panchromatyczny (PAN) obejmujący zakresy promieniowania od zielonego do bliskiej podczerwieni.

Materiałem źródłowym do opracowania elementów kreskowych (drogi, rzeki, koleje) była dla części polskiej Cyfrowa Mapa Podkładowa Polski o szczegółowości 1:200 000 (opracowana w Instytucie Geodezji i Kartografii), natomiast dla części białoruskiej były to mapy topograficzne w skali 1:200 000.

4.2. Modelowanie obrazu barwnego

Celem opracowania barwnego obrazu Puszczy Białowieskiej było poglądowe zaprezentowanie możliwości jakie stwarza to nowe i nietypowe wciąż jeszcze źródło informacji o środowisku. Analiza wykazała, że badane zdjęcie wielospektralne Landsat zawiera informacje o lokalizacji lasu i jego

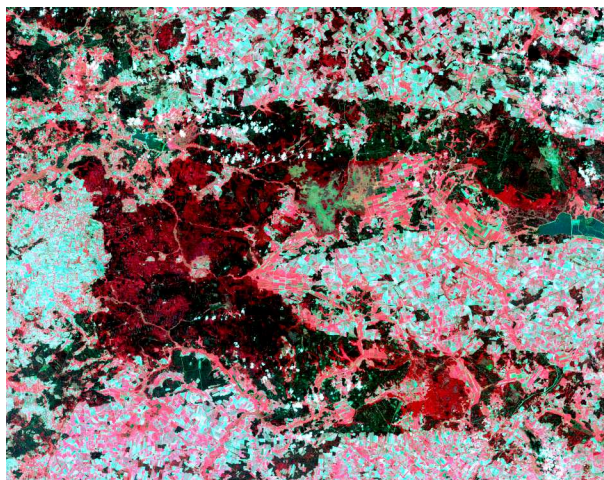
wewnętrznym zróżnicowaniu, a także sieć hydrograficzną, ale mniejsze cieki są fragmentami niewyraźnie - analogiczna sytuacja jest w przypadku dróg. W oparciu o zdjęcie dają się wyznaczyć powierzchnie zabudowane, ale nie są one zbyt wyraźne i możliwe jest wydzielenie jedynie większych skupień domów – generalnie możliwe jest jedynie uzyskanie ogólnej informacji o występowaniu obszarów zabudowanych. Na zdjęciu widoczne są granice pól uprawnych oraz zróżnicowanie upraw, a także niewielkie chmury i ich cienie.

Podstawowym sposobem wizualizacji informacji zawartej w satelitarnych obrazach wielospektralnych jest komponowanie obrazu barwnego z wybranych trzech zakresów spektralnych, przy czym sposób ten jest wyjątkowo pomocny, gdy liczba zakresów sięga 8-miu. Otrzymane na barwnym obrazie zróżnicowanie kolorów jest dla specjalisty łatwą do odczytania informacją o zjawiskach zachodzących na powierzchni Ziemi.

Z drugiej strony, przedstawienie terenu w przypadkowych, nierzeczywistych barwach nie jest poglądowe dla przeciętnego odbiorcy, a może być nawet mylące. Istotne jest zatem, aby barwy na zdjęciu prezentowane były tak jak na tradycyjnej mapie, czyli w sposób pokazujący obiekty w "naturalnych" barwach, czyli las na zielono, wody na niebiesko, a osadnictwo na czerwono. Taki wzór barw jest najbliższy rzeczywistości, a co za tym idzie percepcja obrazu przez odbiorcę jest najprostsza i najbardziej efektywna.

W literaturze (Drachal, 1994) można znaleźć trzy standardy dotyczące tworzenia barwnego obrazu obszaru na podstawie wielospektralnego zdjęcia satelitarnego (tzw. kolorowej kompozycji).

Kompozycja False-Color (fałszywe kolory, rys. 1) to zakres k2 (zielony) wyświetlony na niebiesko, k3 (czerwony) wyświetlony na zielono i k4 (podczerwony) wyświetlony na czerwono. Utworzony w ten sposób obraz wygląda nienaturalnie - roślinność wyróżnia się jasno-czerwonym kolorem, gdyż wyświetlony na czerwono podczerwony zakres k4 prezentuje roślinność bardzo jasnym tonem (co wynika z silnego odbicia zakresu podczerwonego przez roślinność). Obraz False-Color nadaje się zatem do studiów nad roślinnością.



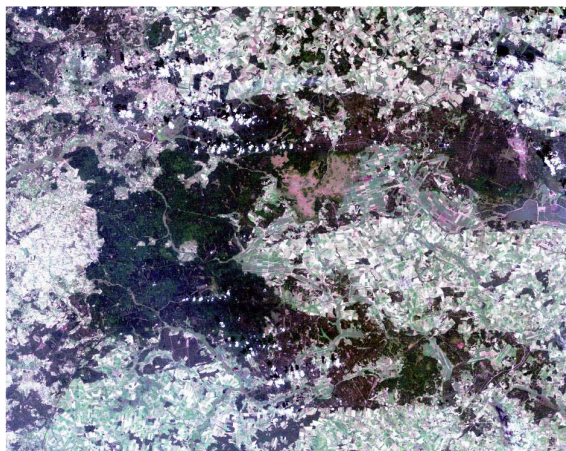
Rys. 1. Kompozycja False-Color

Inny standard to True Color (prawdziwe kolory, rys. 2) stosowany od 1999 roku, kiedy z satelity Landsat 7 rozpoczęto rejestrację niebieskiego zakresu. W tym obrazie kompozycji zakres niebieski k1 wyświetlany jest na niebiesko, zielony k2 na zielono, a czerwony k3 na czerwono. Przypomina to sytuację, w której barwne zdjęcie Ziemi zostałoby zrobione z satelity aparatem fotograficznym. Obraz taki ma jednak małą wartość poznawczą, gdyż nie ma kontrastu tonów ani barw, jest szary (zakresy k1 - k3 są bardzo podobne).

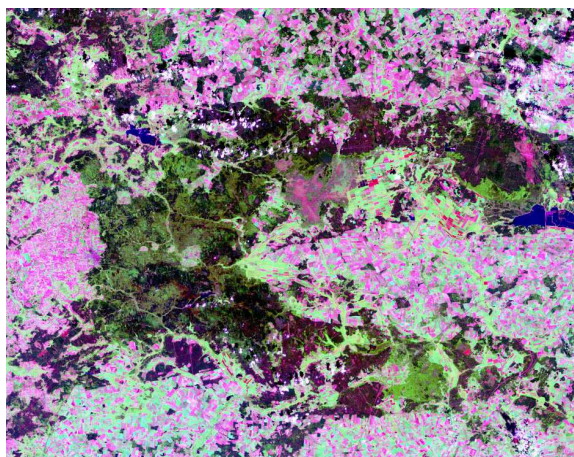
Kolejny standard to Short-Wavelength Infrared (SWIR, rys. 3), czyli kombinacja zakresów krótkofalowych podczerwonych, to k2 wyświetlony na niebiesko, k4 na zielono i k7 lub k5 na czerwono. Kombinacja ta wygląda trochę jak prawdziwe kolory, ale z większym kontrastem barw.

W wyniku przeprowadzonych analiz uznano, że żadna z tych kombinacji nie daje oczekiwanego wyniku, czyli poglądowego obrazu obszaru w barwach zbliżonych do rzeczywistych. Opracowano zatem oryginalną kombinację zakresów spektralnych (rys. 4), wyświetlanych jako składowe addytywne RGB

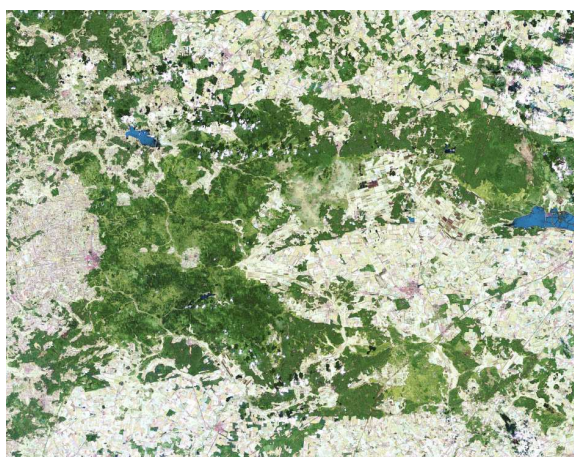
obrazu barwnego. Zadanie to sprowadzało się do wyboru trzech spośród 8 zakresów spektralnych zdjęcia satelitarnego (k1 - k8) i ich przetworzenia (zmiana kontrastu, jasności) w taki sposób, aby przedstawić obszar zdjęcia poglądowo, w barwach naturalnych, z wyraźnym pokazaniem głównych kategorii pokrycia terenu oraz informacji o wewnętrznym zróżnicowaniu obszaru leśnego.



Rys. 2. Kompozycja True Color



Rys. 3. Kompozycja Short-Wavelength Infrared



Rys. 4. Własna kombinacja zakresów spektralnych

Właściwy rezultat uzyskano z kombinacji jednego zakresu widzialnego i dwu zakresów podczerwonych, w kolejności k7, k5, k2 jako czerwony, zielony i niebieski. Zakres widzialny wyświetlony

na niebiesko powoduje w przyjętej kombinacji, że wody są niebieskie, a lasy zielone. Zakres 5 wyświetlony na zielono jednocześnie z wyświetlonym na czerwono zakresem 7 pokazują zabudowania kolorem różowym.

5. Wnioski

Przeprowadzona ocena zdjęć satelitarnych pod kątem ich przydatności w prezentacji walorów przyrodniczych tak obszernego regionu, jakim jest Puszcza Białowieska, wskazała na zdjęcia satelitarne Landsat 7 ETM, jako podstawę opracowania mapy obrazowej. Przeprowadzone modelowanie kompozycji barwnego obrazu mapy i połączenie go z danymi podkładowymi i tematycznymi zwiększyło jego wartość informacyjną. Zakres treści tematycznej mapy obrazowej to przede wszystkim: parki narodowe, parki krajobrazowe, rezerваты, obszary krajobrazu chronionego, pomniki przyrody, obszary leśne o bogatej faunie i florze, zespoły parkowe. Wynikiem prac jest mapa obrazowa obszaru transgranicznego w skali 1:150 000.

Rola zdjęć satelitarnych jako źródła informacji dla map tematycznych jest obecnie niekwestionowana. W wyniku wizualnej interpretacji i przetwarzania zdjęć można uwypuklić żadaną treść tematyczną. Odpowiednio modelowane zdjęcia mogą być często same uznane za mapy tematyczne, a dodatkowo wzbogacone o treść kreskową i informacyjną stanowią doskonały produkt dla prezentacji walorów przyrodniczych i kulturowych w turystyce (Podlacha, 2003).

1. Ciołkosz A., 2000, *Technologiczne aspekty wykorzystania zdjęć satelitarnych w opracowaniach map obrazowych i tematycznych. Główne problemy współczesnej kartografii: złożoność, modelowanie, technologia*. Wrocław. 2. Drachal J., 1994, *Podniesienie rozdzielczości obrazu barwnego w wyniku syntezy z panchromatycznym obrazem czarno-białym o wyższej rozdzielczości. Prace Instytutu Geodezji i Kartografii*. Warszawa. 3. Linsenbarth A., 2003, *Europejska Infrastruktura Danych Przestrzennych w świetle finalnej wersji programu INSPIRE. Roczniki Geomatyki. T. 1, z. 1, Warszawa*. 4. Pawlak W., 1998: *Metodyczno-techniczne problemy map krajobrazowych. Koncepcja mapy - wybór tekstów. Toruń*. 5. Podlacha K., Rudnicki W., Wrochna A., 2003, *Tonalno-kreskowe mapy obrazowe opracowywane na potrzeby turystyki wiejskiej – podstawy metodyczne. Woda – Środowisko – Obszary wiejskie. T. 3, z. 1(7), IMUZ. Warszawa*. 6. Ratajski L., 1989, *Metodyka kartografii społeczno-gospodarczej. PPWK Warszawa-Wrocław*. 7. Siwek J., 2000, *Polskie mapy środowiska przyrodniczego – spojrzenie kartografa. Kartografia Polska u progu XXI wieku. Materiały XXVII Ogólnopolskiej Konferencji Kartograficznej. Warszawa*