

Mapa geomorfologiczna Narwiańskiego Parku Narodowego wraz z otuliną w skali 1:25000

Detailed geomorphological map of Narwiański National Park with its buffer zone in scale 1: 25000

Elżbieta WOŁK-MUSIAŁ, Martyna GATKOWSKA

Słowa kluczowe: Narwiańskiego Parku Narodowego, mapa geomorfologiczna, fotografia spektrostrefowa, DTM,
Key words: *Narwiański National Park, geomorphological map, color infrared images, DTM*

Otrzymano: 1 kwietnia 2010; **Zaakceptowano:** 10 marca 2011

Received: 1 April 2010; **Accepted:** 10 March 2011

As GIS is becoming more and more popular and available for its users it finds new implementation in many fields of knowledge and areas of life and business. It is now used in government, research Institutes, Universities and by private companies. Geographic Information System stand by remote sensing is more often used in monitoring and researching Environment. Testing GIS and remote sensing to actualize and preparing maps gave very good effects. That was the reason for using this solution for shape researching and creating geomorphological maps.

The purpose of research was to create detailed geomorphological map of Narew National Park and its buffer zone in scale 1:25 000 using remote sensing (spectroscopy images), GIS programs, available maps and field research carried out in the National Park.

Narew National Park is located in Podlaskie Voivodeship, in North-Eastern Poland, traversed by the Narew River. The total area of the Park is 73.5 square kilometres of which only 20.57 km² is state-owned. Narew National Park was created in 1996. The area covered by the park is the Upper Narew Valley, a very swampy area.

The methodology of map preparation was composed from 3 stages:

Stage 1 – introductory geomorphologic sketch

Stage 2 – preparing geomorphologic map in scale 1:25000

Stage 3 – Composition of map – preparing for printing

The methodology of research didn't include stereographic images. The alternative solution was interpretation of mosaic of spectroscopy images putted on DTM with 10 times superiority. Superiority was essential because height differences on the research area are rather small (only 50 m between the highest and the lowest point). The interpretation of boundaries

between forms was carried out on DTM products, which were: hypsometric map, slopes and shaded relief.

New solution was also the usage of color infrared images which was until this research used only in investigating plants and their diseases and also in hydrology.

Interesting solution was the development of photointerpretation key in which 3-D images were used (generated from DTM). This was great opportunity to visualize shape and spatial relation between geomorphologic forms. It was also very helpful in stating the origin of the forms. What is more authors examined new form of presenting geomorphologic content. The impression of malleable picture was achieved by putting geomorphological map on the image of slopes, generated from DTM.

After the research few conclusions were made.

1. Color infrared images are very useful in relief exploration, mainly because:

convex form, in which water table is deeper, are brighter on the satellite image than concave forms, in which water table is lower, emphasis of the shadow is very useful for distinguishing excavation, the absorption of infra-red radiation by water caused that every water body is very well seen, for example water in Narew riverbed, oxbow lake and other lakes.

2. DTM and maps which can be generated from it can replace topographic map and long and expensive terrain studies.

3. GIS offers programs which are useful not only in map preparation but also in the process of its composition.

Literature studies and presented research lead to the statement that relief of researched area was formed in the close of Wolstonian Stage (in Polish: Zlodowacenie Środkowopolskie) and it was denudated in latest time of Pleistocene and Holocene.

Wprowadzenie

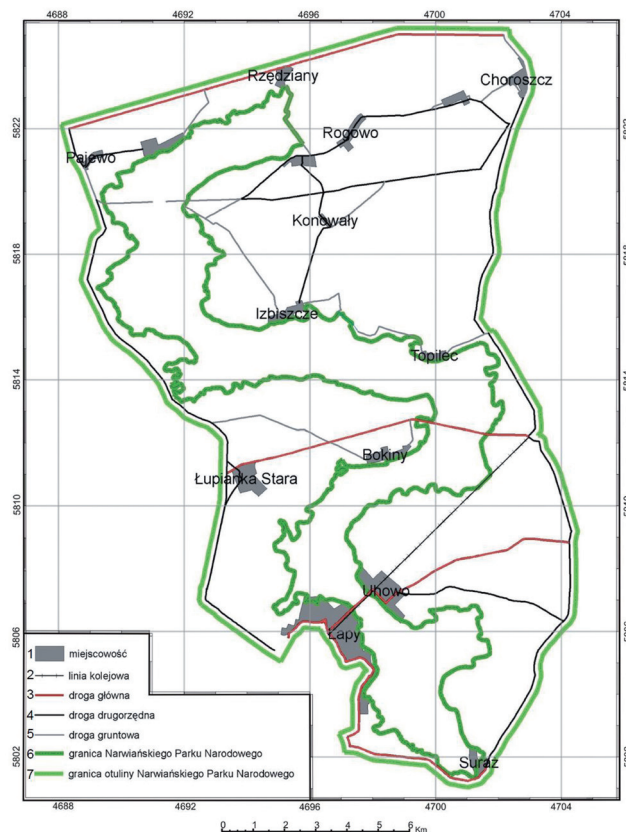
Prężnie rozwijający się dział informatyki, jakim są Systemy Informacji Geograficznej (GIS) coraz częściej znajduje zastosowanie w różnych dziedzinach życia i nauki. Wiele możliwości, jakie oferuje GIS, wykorzystują już instytucje publiczne, jednostki naukowe, jak i firmy komercyjne. Systemy Informacji Geograficznej, wsparte szeroko rozumianymi materiałami teledetekcyjnymi, stały się również bardzo przydatnym, a nie rzadko niezbędnym materiałem do analiz środowiskowych. Próby ich zastosowania przy tworzeniu map i ich aktualizacji dały bardzo dobre rezultaty. Nowym zjawiskiem jest zastosowanie zdjęć lotniczych i satelitarnych, jak i programów geoinformatycznych, do kartowania rzeźby.

Zaprezentowane w niniejszej pracy metody opracowania map rzeźby w korzystaniu GIS i technik teledetekcji stanowią kontynuację osiągnięć w tej dziedzinie, prezentowanych przez E. Wołk-Musiał (1978, 1984, 1992, 1998, 1999), E. Wołk-Musiał, B. Zagajewski (2000, 2001), E. Wołk-Musiał, St. Lewiński, B. Zagajewski (2002).

Cel i zakres badań

Celem opracowania jest sporządzenie cyfrowej mapy geomorfologicznej Narwiańskiego Parku Narodowego wraz z otuliną w skali 1:25000. Zagadnienia środowiska geograficznego tego obszaru szczegółowo opisane w literaturze dotyczą przede wszystkim warunków glebowych (H. Banaszuk, 2004), zbiorowisk roślinnych, środowiska powstawania i przyrastania pokładów torfów w dolinie oraz anastomozującego systemu Narwi (R. Gradziński, 2001). Brak jest jednak dokładnej analizy rzeźby tego obszaru i mapy w skali pozwalającej zaprezentować mikroformy. Liczne publikacje, dotyczące analizy rzeźby Północnego Podlasia są efektem badań prowadzonych w skali przeglądowej (J. Siemiradzki 1909, B. Zaborski 1927, J. Kondracki, S. Pietkiewicz 1967, E. Falkowski 1971, J. E. Mojski 1972, T. Churski 1973, A. Musiał 1992, H. Banaszuk 1996, 2004). Sporządzona w ramach opracowania mapa jest próbą kompilacji dotychczasowych poglądów dotyczących rzeźby tego obszaru. Cyfrowa prezentacja mapy ma pozwolić na jej przetwarzanie i wykorzystanie w przyszłości, zgodnie z założeniami GIS (gromadzenie, przetwarzanie, wykorzystanie i zestawianie danych różnego pochodzenia do analiz).

Analizowanym terenem badań jest Narwiański Park Narodowy wraz z otuliną, który został utworzony 1 lipca 1996 r. i ochroną ścisłą objął centralną część (założonego na tym terenie w 1988 r.) Narwiańskiego Parku Krajobrazowego. Powierzchnia parku wynosi 6810,23 ha, zaś otuliny 15 408 ha, co sumarycznie daje powierzchnię 22 218,23 ha (około 222,18 km²). Omawiany obszar prezentuje ryc. 1.



Ryc. 1. Granica NPN i jego otuliny.

Fig. 1. NPN and its buffer zone's boundary. 1 – town, 2 – railway, 3 – main road, 4 – smaller road, 5 – ground-road, 6 – the boundary on Narew National Park, 7 – the boundary of buffer zone.

Wykorzystane materiały

Opracowanie szczegółowej mapy geomorfologicznej z wykorzystaniem teledetekcji wymaga zastosowania określonej metodyki, która uwzględnia dokumenty kartograficzne: mapy topograficzne i geologiczne, a także zdjęcia lotnicze. W prezentowanej pracy podjęto próbę opracowania metodyki wykorzystania zdjęć lotniczych bez pokrycia stereoskopowego do analizy rzeźby, stosując mozaikę zdjęć spektrostrefowych nałożonych na NMT (z przewyższeniem 10-krotnym). Zastosowane przewyższenie podyktowane było niewielką deniwelacją obszaru badawczego, dochodzącą do 50 m, a także słabą czytelnością załomów i analizowanych poziomów morfologicznych. Interpretacja granic form rzeźby przeprowadzona została z zastosowaniem pochodnych NMT: mapy hipsometrycznej, nachylenia stoków oraz rzeźby cieniowanej.

Wykorzystano również przeglądowe badania rzeźby tego obszaru, których efekt w postaci szkicu geomorfologicznego zawierają opracowania A. Musiała (1992) oraz H. Banaszuka (2004), a także mapę rzeźby obszarów przylegających od północy do analizowanego terenu (E. Wołk-Musiał, B. Zagajewski, 2000). Ważnym źródłem wiedzy o geologii i morfologii NPN były arkusze Łapy i Choroszcz „Szczegółowej mapy geologicznej

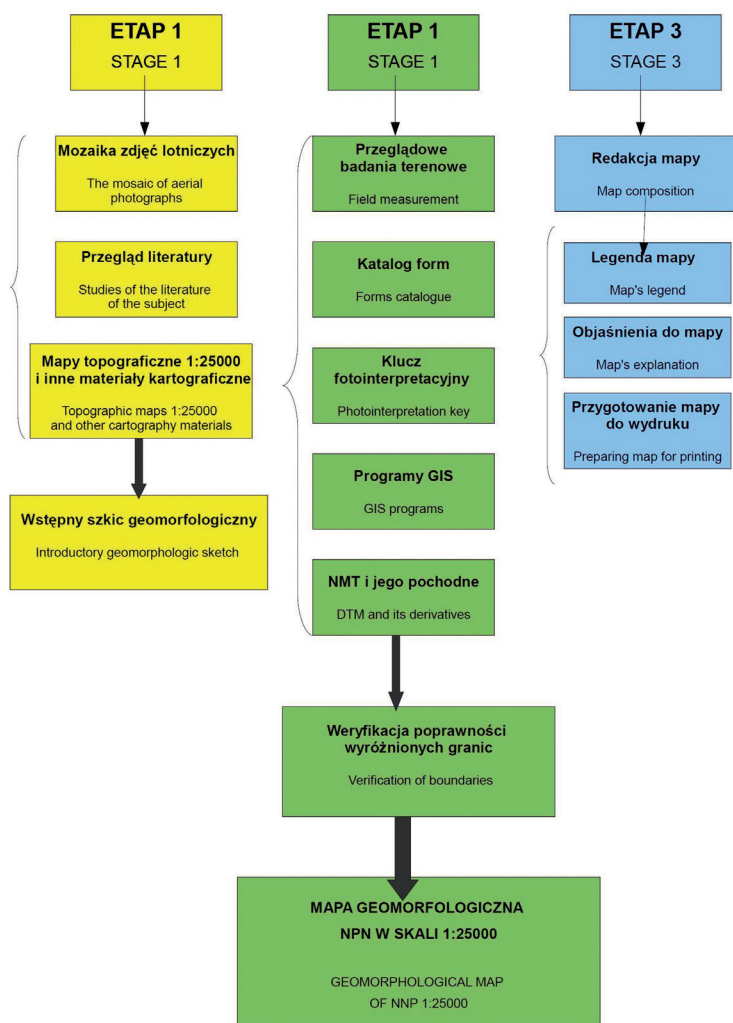
Polski” wraz z objaśnieniami (Kozłowski I., Mróz W.J. 1997, Butrymowicz N. 1998). W opracowaniu wykorzystane zostały mapy topograficzne w skali 1:25000, arkusze: Łapy 245.34, Bokiny 245.32 oraz Choroszcz 245.14, wszystkie wykonane w układzie 1965.

Etapy prac badawczych

Na podstawie przeglądu literatury utworzono schemat postępowania zastosowany przy opracowaniu cyfrowej mapy rzeźby NPN uwzględniający wykorzystanie materiałów teledetekcyjnych i GIS. Składał się on z trzech etapów:

- pierwszy miał na celu opracowanie wstępnego szkicu geomorfologicznego
- drugi zakończył się opracowaniem mapy rzeźby w skali 1:25000
- trzeci dotyczył redakcji mapy.

Schemat postępowania przy opracowywaniu mapy przedstawiony został na rycinie 2.



Ryc. 2. Etapy opracowania szczegółowej mapy geomorfologicznej.
Fig. 2. Stages of developing the detailed geomorphologic map.

W etapie pierwszym wykorzystano mozaikę zdjęć spektrostrefowych, przeanalizowano litologię obszaru na podstawie mapy utworów powierzchniowych (ryc.3) oraz ukształtowanie terenu zwracając szczególną uwagę na takie jego aspekty jak: spadki, deniwelacje (na podstawie NMT) oraz prześledzono zmienność przebiegu doliny Narwi (ryc. 4).

Maksymalna różnica wysokości na analizowanym obszarze wynosi około 50 m. Najniżej położone jest dno doliny Narwi w północnej części obszaru (107,4 m n.p.m.), natomiast najwyższy punkt stanowi Jaźwińska Góra (159 m n.p.m.) dominująca w południowo-wschodniej części terenu, na północ od miejscowości Suraż. Tak niewielka deniwelacja dla obszaru 222 km² wskazuje na stosunkowo małą dynamikę jego rzeźby.

Na analizowanym terenie wydzielają się dwa poziomy rzeźby posiadające odmienne charakterystyki morfologiczne: są to: dolina Narwi i otaczające ją wysoczyzny.

Dolina Narwi przedstawia płaską powierzchnię, o zmiennej szerokości i generalnie południkowym przebiegu. Wysokości wahają się tu od 118,3 m n.p.m. w południowej części obszaru (na zachód od miejscowości Suraż) do 107,4 m n.p.m. w północnej części (okolice Choroszczy). Jej dno charakteryzuje się zetem małym spadkiem, wynoszącym około 0,19 ‰, a urozmaicają go niewielkie wydmy oraz liczne ramiona rzeki anastomozującej. Rozszerzenia doliny nazywane są „odcinkami basenowymi” i rozdzielone są przez „odcinki przełomowe” (ryc. 4). Największy z „basenów” rozciąga się między zwężeniem doliny na zachód od wsi Izbiszcz, a przewężeniem w okolicy osady Topielec. Ma on nieregularny kształt i powierzchnię około 45 km². Mniejsze baseny występują również poniżej zwężenia doliny koło miejscowości Izbiszcz (ok. 30 km²) oraz pomiędzy Surażem a Łapami i na wschód wsi Bokiny (znacznie mniejsze o powierzchni 13 km² i 12 km²). Dolina w ich obrębie wcina się daleko w wysoczyznę, brak jest tu jednak wyraźnych śladów działalności rzeki w strefach przy wysoczyznowych. Granice basenów wyznaczono głównie na podstawie mozaiki spektrostrefowych zdjęć lotniczych poprzez łąkowe wykorzystanie terenu.

Odcinki przewężenia doliny Narwi nazywane przełomowymi lub ostrogami występują pod Surażem, koło Łap, Topielca i Izbiszcz. W tych miejscach zaznaczają się też największe deniwelacje pomiędzy dnem doliny, a przyległą wysoczyzną.

Powierzchnia otaczających wysoczyzn wznosi się do wysokości około 158 m n.p.m. Dominującym typem rzeźby w jej obrębie są: wzgórza niskie i wysokie (okolice Łupianki Starej, Płonki Strumianki, Uhowa, Izbiszcz i Waniewa) oraz pagórki niskie drobno- i wielkopromienne (Konowały, Kościuki,

Bokiny). Opisywane formy opadają ku dolinie i innym obniżeniom stokami słabo ($1-3^\circ$) i umiarkowanie ($3-9^\circ$) nachylenymi.

Przeprowadzona kameralna analiza rzeźby terenu, na podstawie dostępnych materiałów kartograficznych i mozaiki zdjęć spektrostrefowych, pozwoliła na opracowanie wstępnego szkicu geomorfologicznego. Wyznaczenie szczegółowych granic form i ostateczne określenie ich genezy, wymagały przeprowadzenia przeglądowych badań terenowych (etap II). Obszary niezbędne do zbadania w terenie wyróżniono poprzez interpretację zdjęć lotniczych.

Analizy wykonywane w etapie drugim (ryc. 2) realizowane były w środowisku GIS z zastosowaniem oprogramowania ArcInfo, ArcGis i Erdas, co umożliwiło pracę zarówno na materiałach rastrowych, jak i wektorowych. Badania terenowe, poprzedzone opracowaniem numerycznym szkicu geomorfologicznego, pozwoliły na zbadanie relacji przestrzennych form rzeźby, a także ich budowy wewnętrznej. Został ustalony katalog form rzeźby według ich genezy (ryc. 5), a także przeprowadzono reinterpretację spektrostrefowych zdjęć lotniczych. Technika ta nie była dotąd wykorzystywana przy kartowaniu rzeźby. Stosowano ją głównie w kartowaniu roślinności, chorób roślin, obszarów pożarzystych, a także w badaniach hydrologicznych i w archeologii. Podstawowymi cechami tych zdjęć, stanowiącymi o ich przydatności w wymienionych dziedzinach są:

- odmienne barwy, w jakich oddane są lasy liściaste i iglaste,
- czarna barwa wody,
- podkreślenie cienia rzucanego przez obiekty (Ciolkosz A., Mieszalski J., Olędzki J.R., 1999).

Interpretacja zdjęć spektrostrefowych, którą przeprowadzono w tej pracy, dała nowe możliwości ich zastosowania w badaniu rzeźby. Wykorzystano tu podstawową cechę odmienności barwy w jakiej odwzorowują się komponenty hydrologiczne i biotyczne środowiska dla wyróżnionych form terenu.

Bardziej intensywna i ciemniejsza barwa związana jest z obszarem o wyższym zwierciadle wód podziemnych. Przy założeniu, że zwierciadło wód podziemnych układa się współkształtnie do rzeźby (zalegając głębiej w obrębie wzniesień, a płycej w obniżeniach i dolinie), można założyć, że obszary ciemniejsze stanowią doliny lub zagłębienia bezodpływowe.

Zróznicowanie barwne drzew iglastych (ciemno-purpurowe) oraz drzew liściastych (różowe, czerwone) może być cechą pośrednią przy wskazywaniu obszarów o jałowych glebach (poła wydymowe), większym nachyleniu (formy wypukłe, m.in. kemy w południowo-wschodniej części obszaru) oraz silnej erozji gleb (stok podparcia lodowego),

Podkreślanie cienia jest szczególnie przydatne przy wyróżnianiu obszarów eksploatacji kruszywa. Brak oświetlenia ścian od strony południowej formy, a także ich nachylenie dochodzące do 90° powoduje, że mają one niemalże czarną barwę. Ich widoczność podkreśla dodatkowo jasna barwa wydobywanego materiału.

Zatem z łatwością można wyznaczyć formy antropogeniczne, takie jak wyrobiska.

Całkowite pochłanianie promieniowania podczerwonego przez wodę i jej czarna barwa na zdjęciach spektrostrefowych, pozwala na interpretację form w dolinie: koryt rzeki anastomozującej, a także starorzeczy oraz ich kategoryzację na starorzecza suche i z wodą. Formy wypełnione wodą będą miały barwę czarną, zaś te, które wypełnione są materiałem mineralnym i podlegają zarastaniu będą miały barwę jaśniejszą. Łatwo wyróżnić na zdjęciach spektrostrefowych, łachy i odsypy rzeczne, które przyjmują bardzo jasną barwę i silnie kontrastują z czarną barwą wody (Ciolkosz A. i in.). Dzięki temu, wydzielono wydmy w dolinie Narwi, które powstały na odsypach rzecznych. Ciemniejsza barwa silnie hydrogenicznych torfów oraz jaśniejsza utworów mineralnych, umożliwiła wyznaczenie granicy pomiędzy równiną biogeniczną w dnie doliny Narwi a poziomem przywytropiskowym i mineralnym dnem doliny.

Interpretacja zdjęć spektrostrefowych pozwoliła na opracowanie klucza fotointerpretacyjnego (tabela 1), przy użyciu programów ArcScene i ArcMap. W pierwszym z nich analizowano mozaikę zdjęć nałożoną na NMT z przewyższeniem 10-krotnym, w drugim zaś mozaikę bez efektu 3-D.

Zastosowanie modelu trójwymiarowego w konstrukcji klucza interpretacyjnego stało się bardzo przydatnym narzędziem. Możliwość przestrzennej obserwacji form pozwoliła na zbadanie ich kształtów i relacji przestrzennych, co znacznie zwiększyło zakres odczytanej informacji. Z drugiej strony zastosowanie zdjęć spektrostrefowych w wysokiej rozdzielczości dało możliwość określenia granic form różniących się wilgotnością (a przez to nasyceniem barw na zdjęciu), a także form o małej powierzchni i niewielkiej deniwelacji, słabo widocznych na modelu trójwymiarowym.

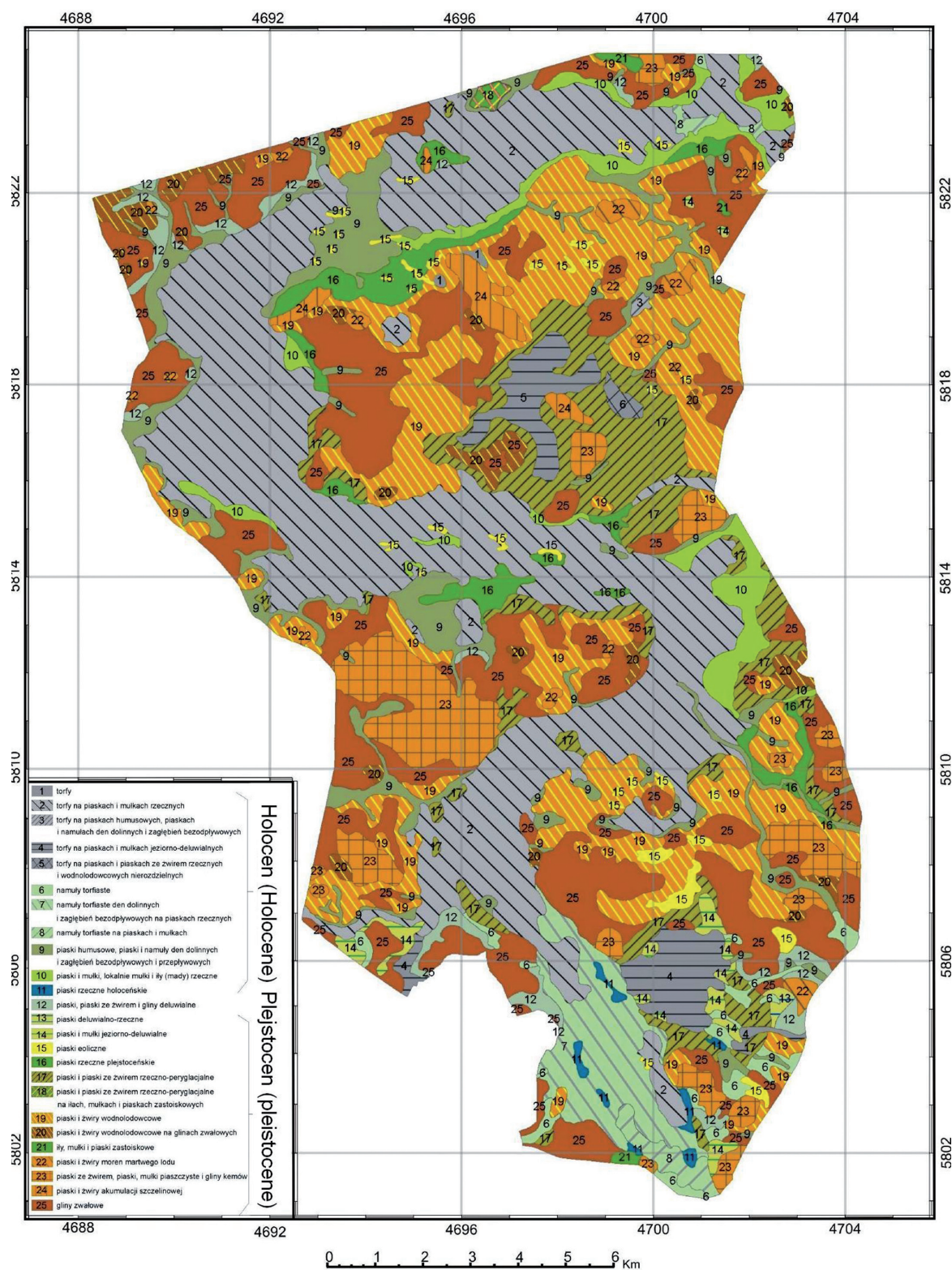
Drugim założeniem tego etapu opracowania mapy była weryfikacja poprawności wyróżnionych granic form. Kierowano się zasadą, iż „Granice form rzeźby i ich elementów stanowią najczęściej załomy terenu, a linie graniczne prowadzi się tak, aby rozdzielały powierzchnie o różnych nachyleniach”¹. Przygotowano warstwy:

- NMT i jego pochodnych, czyli: stoków, cieniowanej rzeźby terenu oraz mapy hipsometrycznej, których celem była wizualizacja kształtu form oraz ich relacji przestrzennych. Wszystkie mapy, wygenerowano z NMT przy użyciu programu ArcScene.
- Zakodowaną warstwę utworów powierzchniowych, dającą informację o litologii poszczególnych form,
- Mozaikę spektrostrefowych zdjęć lotniczych

Wynikiem analizy była weryfikacja wydzielonych granic form. Nałożono na NMT (z przewyższeniem 10-krotnym) mozaikę zdjęć spektrostrefowych, dzięki czemu zastąpiły one stereoskopową interpretację zdjęć.

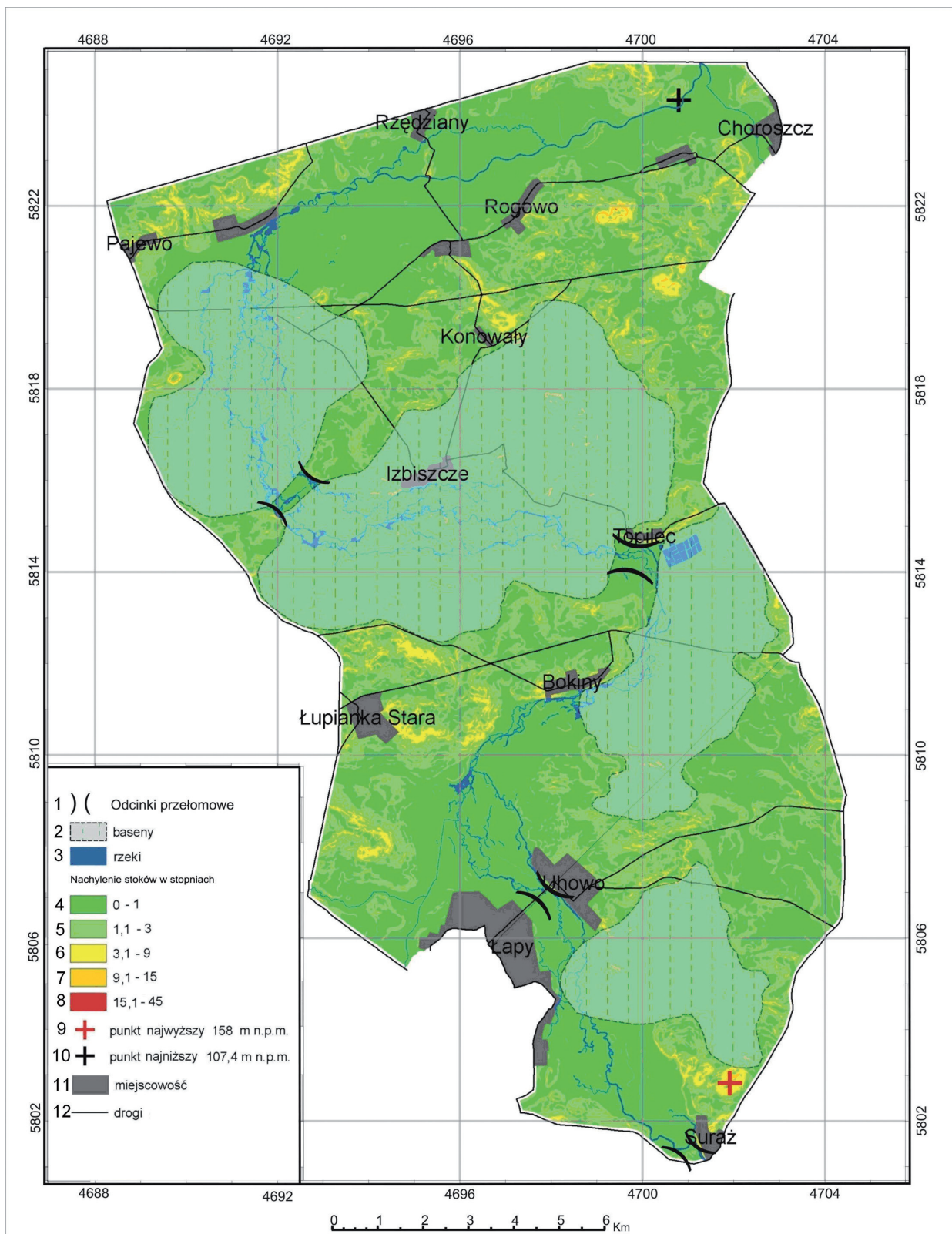
Intersekcja zbyt dużej liczby warstw powodowała zaburzenie ich czytelności, dlatego w procesie ana-

¹ „Metody szczegółowych badań w geografii fizycznej”, A. Rychling 1993.



Ryc. 3. Mapa utworów powierzchniowych NPN i otuliny.

Fig. 3. The lithological map of NPN and its buffer zone. 1- peat, 2- peat on sands and river sludge, 3- peat on humus' sands, sands and sludges of river's valley and without outflow depressions, 4 - peat on sands and lake's sludges, 5- peat on fluvial and glacio-fluvial sands and gravel, 6 - peat's sludge, 7- peat's sludge situated in valleys and without outflow depressions, 8 - peat's sludge on sands and sludge, 9 - humus' sands, sands and sludge of valleys, 10 - fluvial sand and sludge, 11- holocene fluvial sands, 12 - sands and sands with gravel under the slopes, 13- sands not separated fluvial and diluvium, 14 - lake and diluvium's sands and sludge, 15 - dune's sand, 16 - pleistocene's fluvial sands, 17 - sands and sands with gravel fluvial and periglacial, 18 - sands and sands with gravel fluvial and periglacial on sludge and silt, 19 - fluvio-glacial sands and gravel, 20 - fluvio-glacial sands and gravel on clay, 21 - isolated still water body formations, 22- moraine of separated ice sands and gravel, 23 -kame sands and gravel, 24 - sands and gravel accumulated in crack, 25 - glacial till.



Ryc. 4. Odcinki przełomowe i basenowe w dolinie Narwi.

Fig. 4. George and pool sections in Narew valley. 1 – gorge, 2 – basin, 3 – river, 4 – slopes from 0 - 1°, 5 - slopes from 1,1 - 3°, 6 - slopes from 3,1 - 9°, 7 - slopes from 9,1 - 15°, 8 - slopes from 15,1 - 45°, 9 – the highest point (158 m n.p.m), 10 – the lowest point (107,4 m n.p.m.), 11 – town, 12 – roads.

Geneza form – czynnik morfotwórczy oraz barwa dla grupy form <i>Origin – result of the action of morphogenetic factors and color of group of landforms</i>	Formy <i>Landforms</i>	Barwy i szrafy <i>Color</i>
akumulacyjna działalność lądolodu <i>constructional landforms resulting from deposition by inland ice</i>	Morena denną <i>Ground moraine</i>	
inicjalna, powierzchniowa ablacja lądolodu <i>initial melting inland ice surface</i>	plateau przetainowe <i>plateau produced by thaw of surface inland ice</i>	
	waly przetainowe <i>ramparts produced by thaw of surface inland ice</i>	
	stoliwa przetainowe <i>mesa produced by thaw of surface inland ice</i>	
	waly glacjofluwialno-ablacyjne <i>glaco-fluvial and ablation ramparts</i>	
	pagórki glacjofluwialno-ablacyjne <i>glaco-fluvial and ablation hillocks</i>	
końcowa ablacja lądolodu <i>final melting inland ice surface</i>	stoki kontaktu lodowego <i>ice-contact slopes</i>	
	morena martwego lodu <i>isolated-ice moraine</i>	
	poziomy przywytopiskowe <i>terraces at limit of thaw depressions</i>	
	zagłębienia bezodpływowe <i>without outflow depressions</i>	
akumulacyjna działalność wód glacjofluwialnych i glacjolimnicznych <i>glacifluvial and glaciacustrine deposition</i>	wzgórza i pagórki kemów <i>kame hills and hillocks</i>	
	tarasy kemowe <i>kame terraces</i>	
	waly ozów <i>esker ramparts</i>	
erozyjna działalność wód glacjofluwialnych <i>glacifluvial erosion</i>	systemy dolin wód roztopowych <i>system of valleys of glacial rivers</i>	
	systemy dolin wytopiskowych <i>system of valleys comes from ice melting</i>	
	ostaniec erozyjny <i>monadnock</i>	
erozyjna działalność czynników denudacyjnych <i>erosion and denudation</i>	suche doliny peryglacjalne <i>small denudation valleys</i>	
akumulacyjna działalność wiatru <i>blowing wind deposition</i>	pola piasków przewianych i wydmy <i>field of aeolian sands and Dunes</i>	
erozyjna działalność rzek <i>fluvial erosion</i>	starorzecza suche <i>dry, abandoned loops</i>	
	starorzecza z wodą <i>holding water abandoned loops</i>	
akumulacyjna działalność rzek <i>fluvial deposition</i>	dna dolin rzecznych i zagłębień wytopiskowych <i>river built plains and bottoms thaw depressions</i>	
akumulacyjna działalność czynników biogenicznych <i>biological origin</i>	równiny biogeniczne w dnach dolin i zagłębieniach wytopiskowych <i>biogenic plains in river and without outflow depressions bottom</i>	
działalność człowieka <i>anthropogenic and other</i>	piaskownie, żwirownie, glinianki <i>sandpit, gravelpit, claypit</i>	
	Groble <i>dike</i>	

Ryc. 5. Katalog form rzeźby wraz z legendą.
Fig. 5. The morphogenetic relief types and the legend.

lize wykorzystywano dwa okna programu ArcMap, a także przygotowane warstwy w programie ArcScene (ryc. 6). W jednym oknie interpretowano warstwę litologii nałożoną na warstwę stoków (obraz 3, ryc. 6), zaś w drugim utwory powierzchniowe nałożone na cieniowaną rzeźbę terenu z przewyższeniem 3-krotnym (obraz 2, ryc. 6). W oknie programu ArcScene interpretowano mozaikę spektrostrefowych zdjęć lotniczych nałożoną na NMT z przewyższeniem 10-krotnym (obraz 1, ryc. 6). Takie połączenie, stało się znacznym ułatwieniem przy wyznaczaniu załomów między poszczególnymi formami, a więc określaniu ich granic (obraz 4, ryc. 6).

Interpretacja wyżej wymienionych warstw umożliwiła wyznaczenie dokładnych zarysów form. Następnie w celu ostatecznego określenia ich genezy, zostały

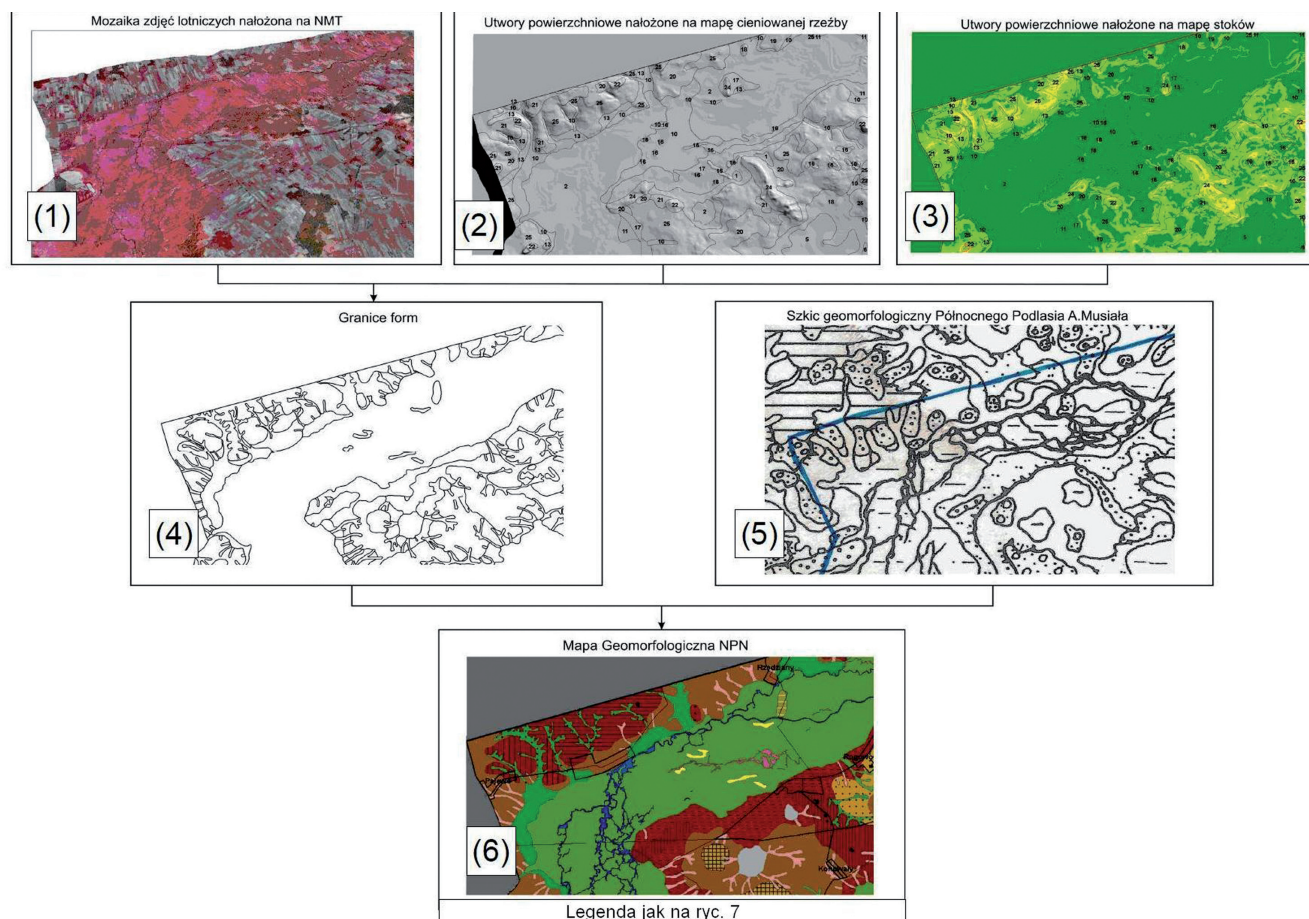
one porównane z kluczem fotointerpretacyjnym i z typami genetycznymi rzeźby wyróżnionymi przez A. Musiała. W tym celu wydzielono fragment szkicu pokrywającego się z obszarem badań (obraz 5, ryc. 6).

Wymiernym efektem etapu drugiego było zestawienie mapy rzeźby NPN w skali 1:25000 (jej fragment prezentuje obraz 6 na ryczenie 6).

Celem trzeciego etapu było opracowanie redakcyjnej mapy (ryc. 7) z zastosowaniem legendy (ryc. 5) nawiązującej do mapy geomorfologicznej (E. Wołk-Musiał, B. Zagajewski 2000).

Założeniem legendy było nadanie takiej samej barwy formom powstałym w skutek działania jednego czynnika morfotwórczego, a rozgraniczenie ich poprzez odmienną sygnaturę. Przyjęto, że im wyższy poziom morfologiczny rzeźby, tym cieplejsza jego barwa, co daje w efekcie złudzenie widzenia przestrzennego rzeźby terenu. Dla form powstałych w wyniku ablacji lądolodu przyjęto barwy brązowe (etap inicjalny deglacjacji) i czerwone (etap końcowy). Barwy brązowe nadano formom zaakumulowanym przez lądolód (ciemniejsza barwa) i przez wody fluwio- i glacjolimniczne (jaśniejsza). Grupom form, dla których czynnikiem morfotwórczym była erozja, nadano barwy zielone (erozja wód glacjofluwialnych) i blado-różowe (denudacja). Dziedzinę form eolicznych zaznaczono barwą żółtą. W celu przedstawienia form powstałych w dolinie w skutek erozji rzeki – zastosowano barwy fioletowe, zaś w wyniku akumulacji – zielone. Równiny, stanowiące skutek akumulacyjnej działalności czynników biogenicznych posiadają barwę szaro-zieloną, zaś formy utworzone przez człowieka – czarną. Szrafy sygnatur rozróżniające poszczególne formy, miały być zgodne z ich morfologicznym przebiegiem, na przykład formy podłużne (takie jak wały) oddane są liniami pionowymi (ryc. 5).

W opracowaniu podjęto próbę prezentacji mapy geomorfologicznej z wykorzystaniem cieniowanej rzeźby terenu. Wybór podyktowany został wzmocnieniem plastyczności obrazu mapy, które znacznie ułatwia percepcję przedstawionej treści geomorfologicznej. Zastosowany sposób może być określony jako nieobiektywny, gdyż otrzymane różnice oświetlenia podkreślają jedne, a zmniejszają znaczenie drugich form. Wydaje się jednak, że na obszarach o tak niewielkich deniwelacjach, zastosowana metoda prezentacji treści geomorfologicznej jest wręcz wskazana, gdyż znacznie ułatwia czytelnikowi odbiór przedstawionej na mapie treści.



Ryc. 6. Etapy opracowania szczegółowej mapy geomorfologicznej.

Fig. 6. Main stages of developing the detailed geomorphologic map. 1 – mosaic of airplane photographs putted on DTM, 2 – Lithological map on the shadow relief map, 3- Lithological map on the slopes, 4 – Boundaries of landforms, 5 – Part of map of North Podlasie made by A. Musiał, 6 – Part of geomorphological map.

Dodatkowo naniesiono na mapę warstwę z siecią komunikacyjną i osadnictwem. Uprzednio stworzono dwie oddzielne warstwy: shape z poligonami, na których wyrysowano z fotomozaiki granice wybranych miejscowości, a także shape z danymi liniowymi. Miejscowości wybrano na podstawie kryterium wielkości, a także ich położenia wzdłuż dróg, stanowiących granicę otuliny parku i mających największe znaczenie komunikacyjne.

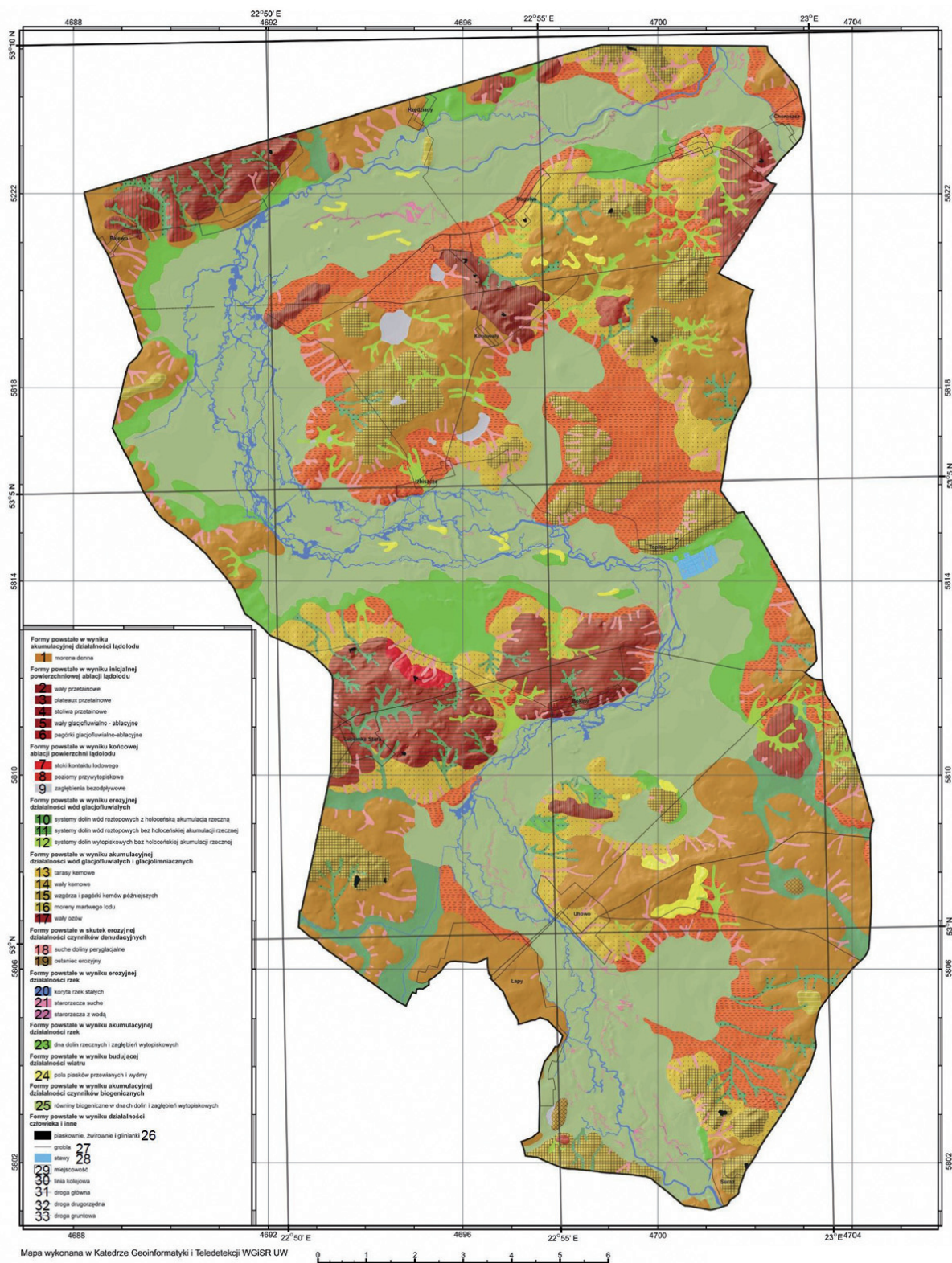
Celem umiejscowienia mapy w przestrzeni geograficznej, nałożono siatkę geograficzną i siatkę kilometrową.

Zarówno z przeglądu literatury, jak i z zaprezentowanych badań, których wizualizacją jest Mapa Geomorfologiczna NPN wynika, iż rzeźba badanego terenu uformowana została u schyłku zlodowacenia środkowopolskiego, a następnie uległa denudacji w późniejszych okresach plejstocenu i holocenu.

Podsumowanie

Nowym rozwiązaniem kartowaniu geomorfologicznym, zastosowanym w niniejszej pracy, było wykorzystanie mozaiki spektrostrefowych zdjęć lotniczych

nałożonych na NMT z zadaniem 10 – krotnym przewyższeniem, zamiast tradycyjnej stereoskopowej interpretacji zdjęć lotniczych. Taką możliwość daje oprogramowanie ze środowiska GIS (Arc Scene). Niewątpliwą zaletą tej metody jest możliwość ustawienia dowolnego przewyższenia modelu i uwypuklenie obecności poziomów morfologicznych na obszarach o małych deniwelacjach rzeźby, interpretacji krawędzi trudnych do identyfikacji w terenie oraz granic pomiędzy poszczególnymi formami. Ponadto zastosowanie modelu trójwymiarowego w konstrukcji klucza fotointerpretacyjnego stało się bardzo przydatnym narzędziem. Możliwość przestrzennej obserwacji form pozwala na zbadanie ich kształtów i wzajemnych relacji, co znacznie zwiększa zakres odczytywanej informacji geomorfologicznej. To sprawdziło się w przypadku form wielko powierzchniowych: wypukłych i wklęsłych o wyraźnych deniwelacjach, gdzie ważniejszą cechą interpretacyjną jest morfometria i rozmieszczenie form (co odczytuje się z modelu przestrzennego). Z drugiej strony rozpoznając formy małe i płaskie posłużono się bezpośrednimi cechami obrazowymi, jakie je wyróżniały na zdjęciach spektrostrefowych – barwą, strukturą i teksturą obrazu.



Ryc. 7. Mapa geomorfologiczna Narwiańskiego Parku Narodowego wraz z otuliną.

Fig. 7. Geomorphological map of Narew National Park with its Buffer zone.



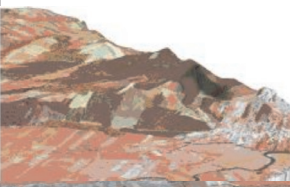


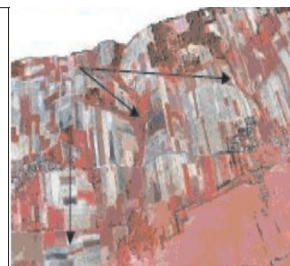


<p>Poziomy przywytopiskowe <i>Terraces at limit of thaw depressions</i></p>	<p>Końcowa ablacja lądolodu <i>Final melting inland ice surface</i></p>		<p>Położenie w bezpośrednim sąsiedztwie doliny Narwi, nie przykryte przez torfy, płaskie powierzchnie, najczęściej wykorzystywane pod pola uprawne i pastwiska. Równomiernie rozmieszczone w obrębie analizowanego obszaru wzdłuż doliny <i>Flat areas situated in the direct vicinity of the Narew valley, not covered by peatland, which are most frequently used for farming and grazing. They are evenly distributed within the analysed area, along the axis of the valley</i></p>
<p>Zagłębienia bezodpływowe <i>Without outflow depressions</i></p>			<p>Wyższy poziom wód gruntowych powoduje bardziej intensywną i ciemniejszą barwę, ich powierzchnia nie jest uprawiana, porasta je las lub występują w ich obrębie torfowiska. Licznie występują w północnej części obszaru, w pobliżu miejscowości Konowaly <i>Higher level of groundwater makes their colour darker and more intense. These areas are not cultivated but support forests or peatland. Commonly found in the northern part of the region, near the village of Konowaly</i></p>
<p>Wzgórza i pagórki kemowe <i>Kame hills and hillocks</i></p>	<p>Akumulacyjna działalność wód glaciofluwialnych i glacialimnicznych <i>Glacifluvial and glacialacustrine deposition</i></p>		<p>Formy wyższe niż otaczające je tereny – jaśniejsza barwa. Materiał z jakiegoś SA zbudowane, sprzyja uprawie roli. Układ pól jest zgodny z nachyleniem stoków formy i płaska powierzchnią. Liczne w obrębie całego obszaru, największe skupiska: okolice miejscowości Suraż i Kościuki <i>These are higher than the surrounding areas, marked in a lighter colour. Their material makes them suitable for land cultivation. The layout of the fields corresponds to the gradient of the slopes and the flat top. Commonly found across the region in question, particularly in the vicinity of Suraż and Kościuki villages</i></p>
<p>Tarasy kemowe <i>Kame terraces</i></p>			<p>Płaskie powierzchnie nachylone w kierunku doliny Narwi, wykorzystywane rolniczo, zajmowane przez pola o dużej powierzchni. Równomiernie rozmieszczone w obrębie omawianego obszaru <i>Flat surfaces sloping towards the Narew valley, used in agriculture as large fields. Evenly distributed across the region in question</i></p>
<p>Wały ozów <i>Esker ramparts</i></p>			<p>Wypukłe formy o przebiegu NW-SE, powierzchnia uprawiana, o układzie pól zgodnym z nachyleniem stoków – orka w poprzek stoku w obrębie o największym nachyleniu. Formy te znajdują się w północnej części obszaru, w pobliżu miejscowości: Konowaly i Kruszewo <i>Convex form running in the NW-SE direction, under cultivation, with the system of fields corresponding to the gradient of slopes and the ploughing across the slope, within the patch having the highest gradient. Such forms are found in the northern part of the region, near Konowaly and Kruszewo villages</i></p>
<p>Doliny wód roztopowych <i>Valleys of glacial rivers</i></p>	<p>Erozyjna działalność wód glaciofluwialnych <i>Glacifluvial erosion</i></p>		<p>Kształt wydłużony, o dość wąskim dnie, ciemniejsza i bardziej intensywna – czerwona barwa, w miejscach o wyższym poziomie wód gruntowych, porastają je drzewa, nie wykorzystywana rolniczo, w związku z silną erozją po opadach (w dnie). Występuje na obszarach największych deniwelacji: w północnej, środkowej i południowo-wschodniej części badanego obszaru <i>Elongated shape, with a narrow bottom and in red colour, darker and more intense; in locations with a higher groundwater level, grown with trees, not cultivated due to strong erosion following rainfall (in the bottom). Found in the areas with the greatest height differences: in the northern, central and south-eastern part of the region</i></p>
<p>Doliny wytopiskowe <i>Valleys of comes from ice melting</i></p>			<p>Jaśniejsza barwa, niż dolin roztopowych, płytsze doliny ale znacznie szersze, wykorzystywane pod pastwiska. Najliczniej formy te występują w północno-wschodniej i środkowej części obszaru <i>Lighter colour than that of the meltwater valley; with more shallow but much wider valleys, used for grazing. Most commonly found in the north-eastern and central part of the region</i></p>
<p>Ostaniec erozyjny <i>Monadnock</i></p>			<p>Formy znajdujące się w dolinie roztopowej, o jaśniejszej barwie niż dno doliny, o kształcie zbliżonym do okręgu. Występuje w dolinie Turośnianki w południowo-wschodniej części obszaru <i>This form is found in the meltwater valley, with a lighter colour than the valley bottom, nearly circular in shape. It is found in the Turośnianka valley in the south-eastern part of the region</i></p>
<p>Suche doliny peryglacialne <i>Small denudation valleys</i></p>	<p>Erozyjna działalność czynników denudacyjnych <i>Erosion and denudation</i></p>		<p>Trudne do zinterpretowania na zdjęciach lotniczych, ze względu na niewielką głębokość i długość form. Formy na omawianym obszarze są licznie i rozmieszczone równomiernie <i>Difficult to interpret in aerial photographs due to small depth and length of forms. Distributed evenly and commonly found in the region in question</i></p>

Tabela 1. Klucz fotointerpretacyjny form rzeźby Narwiańskiego Parku Narodowego wraz z otuliną.
Tabel 1. Fotointerpretation key of Narew National Park and its buffer zone's landforms.

W określeniu granic tych form duże znaczenie miała wilgotność terenu wzmacniająca nasycenie barw na zdjęciu. Te spostrzeżenia zdecydowały o wykonaniu klucza fotointerpretacyjnego zawierającego podwójną prezentację form w postaci obrazów dwu- i trójwymiarowych.

Omówione zastosowania zdjęć spektrostrefowych do analiz geomorfologicznych mają jednak znaczenie lokalne, potwierdzone na niewielkim obszarze. Należałoby zbadać na ile sprawdziłyby się one na przykład w terenach wyżynnych i górskich

Literatura

- Banaszuk H., 1996, *Paleogeografia. Naturalne i antropogeniczne przekształcenia doliny Górnej Narwi*. Białystok.
- Binduga J., 2007, *Instrukcja szczegółowej mapy geomorfologicznej w skali 1:50000*. Praca magisterska wykonana w Katedrze Geoinformatyki i Teledetekcji, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego.
- Butrymowicz N., 1998, *Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50000, arkusz Choroszcz*. Centralne Archiwum Geologiczne PIG, Warszawa.
- Butrymowicz N., 1998, *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:25000, arkusz Choroszcz*.
- Churski T., 1973, *Zarys geomorfologii bagiennego odcinka doliny Górnej Narwi W: Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, nr 134.
- Ciećwierz A., 2007, *Wielkoskalowa mapa geomorfologiczna 1:50 000 wschodniej części arkusza Knyszyn (N-34-106-B). Studium metodyczne cyfrowej prezentacji*. Praca magisterska wykonana w Katedrze Geoinformatyki i Teledetekcji, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego.
- Drużkowi M., Sokołowski J., Trafas K., 1984, *Zastosowanie zdjęć spektrostrefowych w badaniach niektórych elementów środowiska geograficznego*. W: *Fotointerpretacja w geografii*, tom 17, Katowice.
- Kozłowski I., Mróz W.J., 1997, *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50000, arkusz Łapy*.
- Kozłowski I., Mróz W.J., 1997, *Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50000, arkusz Łapy*. Centralne Archiwum Geologiczne PIG, Warszawa.
- Lewczuk G., 2007, *Wielkoskalowa mapa geomorfologiczna 1:50 000 zachodniej części arkusza Knyszyn (N-34-106-B). Studium metodyczne cyfrowej prezentacji*. Praca magisterska wykonana w Katedrze Geoinformatyki i Teledetekcji, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego.
- Mapa topograficzna 1:25000, arkusz 245.14 Choroszcz*, układ 1965.
- Mapa topograficzna 1:25000, arkusz 245.32 Bokiny*, układ 1965.
- Mapa topograficzna 1:25000, arkusz 245.34 Łapy*, układ 1965.
- Musiał A., 1992, *Studium rzeźby glacialnej północnego Podlasia*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Wołk-Musiał E., 1978, *Granica zlodowacenia bałtyckiego na obszarze Wysoczyzny Kolneńskiej w świetle analizy zdjęć lotniczych*. *Fotointerpretacja w geografii*, tom 13.
- Wołk-Musiał E., 1884, *Systeme d'information spatiale SINUS l'instrument de l'analyse geomorfologique*. *Miscellanea Geographica*, WGiSR UW, Warszawa
- Wołk-Musiał E., 1992, *Fotointerpretacyjna mapa geomorfologiczna w skali 1:50000, arkusz Choroszcz, opracowanie numeryczne*. W: *Fotointerpretacja w geografii*, tom 22.
- Wołk-Musiał E., 1998, *Zintegrowane metody badawcze w kartowaniu geomorfologicznym*, w: *Okólnik TD*, nr.13
- Wołk-Musiał E., 1999, *Komplementarność metod badawczych w kartowaniu rzeźby*, w: *Geografia na przełomie wieków – jedność w różnorodności*, WGiSR UW, Warszawa
- Wołk-Musiał E., Zagajewski B., 2000, *Analiza geomorfologiczna terenu z zastosowaniem systemów informacji geograficznej*. W: *Fotointerpretacja w geografii*, t. 31.
- Wołk-Musiał E., Zagajewski B., 2001, *DTM in geomorphological analysis of deglaciation forms in the north-eastern of Poland*, w: *A Decade of trans-european remote sensing cooperation*, A.A.Balkema Publishers
- Wołk-Musiał E., Lewiński ST., Zagajewski B., 2002, *Geomorphological map (Tykocin sweet). Methodology, Proceeding of the 21 st EARSEL Symposium, Observing our Environment from Space. New Solutions for a New Millennium*. A.A.Balkema Publishers, Lise.
- Zagajewski B., 2003, *Zastosowanie geoinformacji w badaniach wpływu abiotycznych komponentów środowiska na rozmieszczenie roślinności w Narwiańskim Parku Narodowym*. Praca doktorska wykonana w Katedrze Geoinformatyki i Teledetekcji, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego.



Dr Elżbieta Wołk-Musiał jest absolwentką Instytutu Geografii Uniwersytetu Warszawskiego. Stopień naukowy doktora uzyskała w 1975r. Przez cały czas trwania pracy zawodowej związana jest z początkowo z Pracownią Fotointerpretacji, potem z Zakładem Teledetekcji Środowiska, a obecnie Katedrą Geoinformatyki i Teledetekcji WGiSR UW. Zajmuje się wykorzystaniem zdjęć lotniczych i obrazów satelitarnych w geomorfologii (kartowanie wielkoskalowe z zastosowaniem GIS) i geografii fizycznej. E-mail: eiwołkmu@uw.edu.pl



Mgr Martyna Gatkowska ukończyła studia na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych, na specjalizacji Teledetekcja Środowiska, w 2009 r. Obecnie pracuje w Zakładzie Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii. Jej zainteresowania naukowe skupiają się na badaniu rzeźby metodami teledetekcyjnymi z wykorzystaniem GIS.