

Mapa użytkowania i pokrycia fragmentu Gorczańskiego Parku Narodowego opracowana w oparciu o fotointerpretację cyfrowych ortofotomap lotniczych CIR z 2011 roku

Land use and land cover map of the part of Gorce National
Park based on photointerpretation
of CIR digital aerial ortophotomaps from 2011

Piotr Wężyk, Miłosz Mucha, Marta Szostak

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Leśny, Instytut Zarządzania Zasobami Leśnymi,
Zakład Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa

**Słowa kluczowe: analizy przestrzenne GIS, fotointerpretacja, wektoryzacja ekranowa, klasy
pokrycia i użytkowania terenu**

Keywords: GIS spatial analyses, photointerpretation, manual vectorization, LULC classes

Wprowadzenie

Dynamiczne zjawiska zmian zasięgu oraz przemian struktury przestrzennej formacji leśnych jest bardzo złożonym procesem nabierającym obecnie coraz większego znaczenia dla pełnego zrozumienia procesów prawidłowego funkcjonowania ekosystemów. Coraz częściej badacze za obiekt badań wybierają zjawiska przemian krajobrazów górskich, w tym zmian powierzchni lasów. Do jednej grupy czynników powodujących powiększanie areалу lasów należą planowe zalesienia w zlewniach górskich, w których lasy pełnią rolę ochronne. Czynniki naturalne są z kolei odpowiedzialne za tempo procesu wtórnej sukcesji leśnej, która pojawia się w wyniku zaprzestania gospodarki rolnej, w tym wypasu owiec na polanach reglowych. Przeciwnie do procesów regeneracji lasu zachodzi też wiele niekorzystnych zjawisk, takich jak: zjawiska wylesiania obszarów na skutek napływu ludności na tereny górskie, prowadzenie ekspansywnej gospodarki leśnej, obecność zanieczyszczeń powietrza i wiele czynników klimatycznych (wiatr, susza, śnieg, powódź i in.) i biotycznych (np. gradacje owadów) prowadzących w efekcie do pojawiania się obszarów kłęskowych (Kozak, 2005; Różański, 2006). Z uwagi na stosunkowo małą stabilność ekosystemów leśnych w górach, istnieje większa niż dotychczas potrzeba prowadzenia badań monitoringowych nad poznaniem dynamiki przemian zachodzących w obszarach górskich. Wyniki obserwacji

prowadzonych w długim okresie czasu mogą wskazywać czy i jakie działania prowadzone w lasach ochronnych mogą przyczynić się do wzmocnienia stabilności wrażliwych górskich ekosystemów. Badaniom podlegać więc powinno oddziaływanie: silnych wiatrów i lawin jako czynników destruktywnie kształtujących krajobraz górski, długotrwałych susz, zagrożenia pożarowego, gradacji owadów szkodliwych pierwotnych i wtórnych, zagrożenia grzybami patologicznymi, procesów osuwiskowych bądź postępu sukcesji wtórnej zbiorowisk roślinnych. Tego typu szczegółowe badania pozwalają stworzyć prognozy i symulacje, dzięki którym można modyfikować zarządzanie zasobami leśnymi w taki sposób by trwale utrzymywać ekosystem leśny i jego funkcje ochronne.

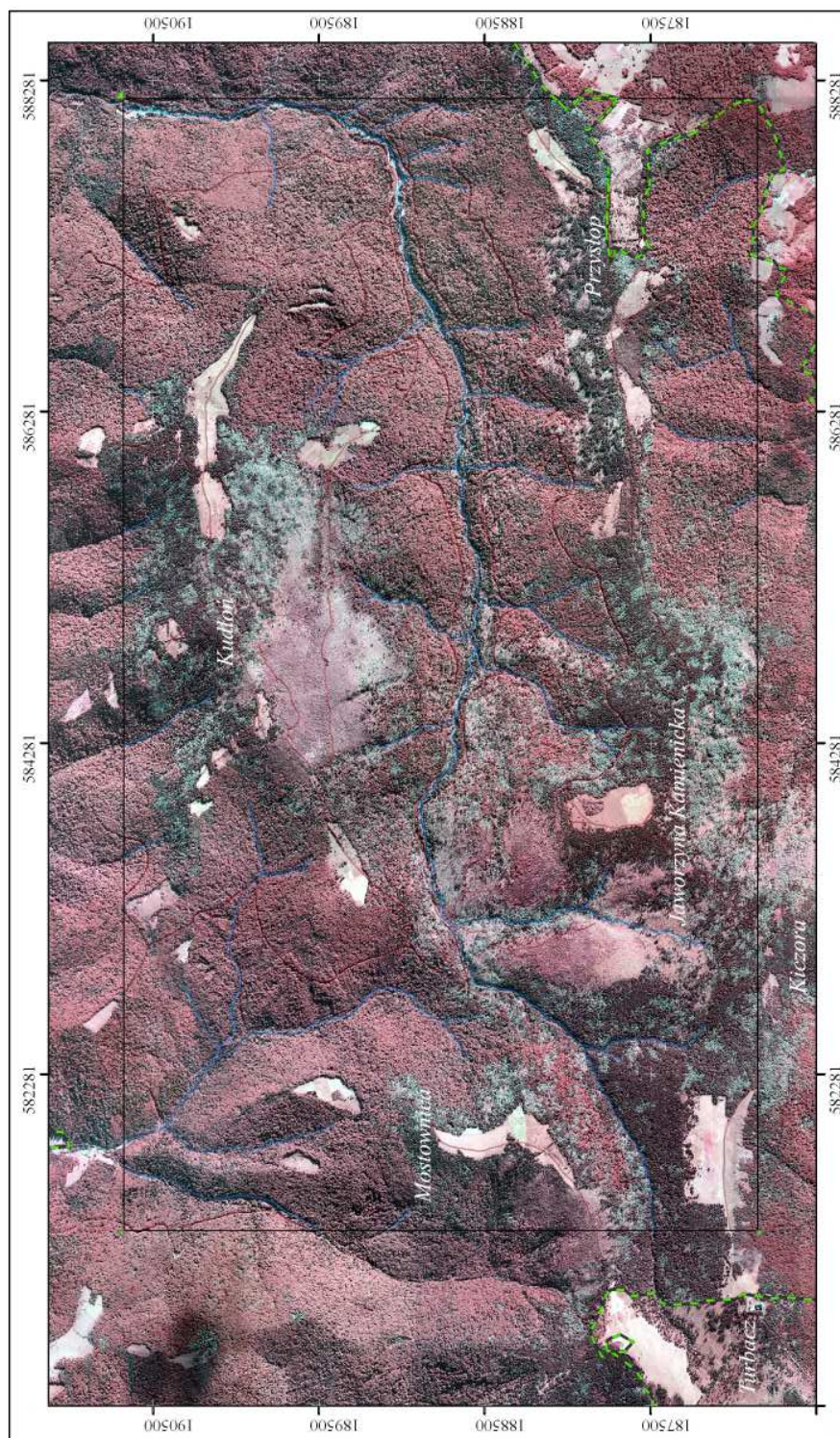
Obecnie na obszarze Gorców, tak jak miało to miejsce w latach osiemdziesiątych ubiegłego stulecia w Górach Izerskich lub 10 lat temu w Beskidzie Śląskim i w Tatrach (Wężyk, Guzik, 2004; Wężyk, Wrzodak, 2005), zdiagnozowano poważny problem wielkopowierzchniowego zamierania drzewostanów świerkowych, postępującego w kierunku wschodnim. Przyczynami takiego stanu zdrowotnego drzewostanów jest jednocześnie negatywne oddziaływanie kompleksowych czynników abiotycznych (susze, insolacja, silne huraganowe wiatry) i biotycznych (grzyby patogeniczne, gradacje owadów, rosnące zanieczyszczenie powietrza emisjami przemysłowymi) na drzewostany Gorców (Modrzyński, Jakubiszak, 1997).

Celem badań było przeprowadzenie oceny aktualnego (rok 2011) stanu krajobrazu obszaru chronionego w oparciu o wyniki opracowania mapy pokrycia i użytkowania terenu dla Doliny Kamienicy oraz Pasma Kudłonia i masywu Jaworzyny Kamienickiej położonych w Gorczańskim Parku Narodowym. W konsekwencji prowadzonych na zestawie danych archiwalnych (zdjęcia lotnicze z 1997 roku) oraz dla mapy pokrycia i użytkowania terenu (LULC) (2011) analiz z zakresu systemów GIS, praca miała dać odpowiedź na pytanie na temat dynamiki procesów wpływających na przemiany krajobrazu fragmentu Gorców, w tym głównie zachodzącego na dużych obszarach rozpadu jednogatunkowych drzewostanów świerkowych (*Picea abies* K.) oraz wtórnej sukcesji leśnej zidentyfikowanej na polanach regłowych, na których zaprzestano wypasu owiec. W przypadku drzewostanów przeprowadzono szczegółowe analizy GIS 3D z wykorzystaniem numerycznego modelu terenu (NMT) w celu zbadania ewentualnego wpływu wybranych cech morfometrycznych terenu na przestrzenny układ klas LULC.

Teren badań

Badaniami objęto obszary, które w 98,7% zlokalizowane są wewnątrz granic Gorczańskiego Parku Narodowego (rys. 1). Pozostałe fragmenty (1,3%) usytuowane są na przyległych gruntach prywatnych. Wybór obszaru badań motywowany był zmianami jakie w ostatnich dekadach dokonały się w krajobrazie tej części Gorców, to znaczy z jednej strony procesami wielkopowierzchniowego rozpadu drzewostanów, a z drugiej zarastania polan (Wężyk, Mansenberger, 1998; Grodzki i in., 2006; Wężyk, 2006; Chwistek, 2010).

Obszar badań zajmuje powierzchnię 2611,42 ha, obejmując swym zasięgiem między innymi: Długą Halę pod Turbaczem (1311 m n.p.m.), Mostownicę (1251 m n.p.m.), Jaworzynę Kamienicką (1288 m n.p.m.), masyw Kudłonia (1267 m n.p.m.), polany: Średniak, Czerzeź, Przysłop, Bieniowe Przysłopki, Figurki Dolne, Figurki Górne, Polanę Gorc Ogielów, Gorc Troszacki, Stawieniec, Ganadrowe, Mieredzysko oraz Wolarnię. W centralnej części obszaru (rys. 1; na stokach Kudłonia – barwa jasno różowa) dobrze fotointerpretowane są



Rysunek 1. Teren badań na tle ortofotomapy lotniczej CIR (2011 r.; PL-1992, PZGiK); kolorem czarnym zaznaczono obszar badań, zielonym – granicę GPN, niebieskim – potoki, czerwonym – drogi

wylesienia sprzed wielu lat spowodowane gradacją zasnuwi wysokogórskiej (*Cephalcia alpina* L.) i kornika drukarza (*Ips typographus* L.) oraz oddziaływaniem silnych wiatrów. Obecnie te obszary pokłeskowe są już w znaczącej większości pokryte klasą odnowienia naturalnego, choć proces rozpadu drzewostanów świerkowych wciąż obserwowany jest w kierunku wschodnim (polany: Stawieniec i Gorc Troszacki).

Metodyka

Prace przy tworzeniu aktualnej mapy pokrycia i użytkowania terenu dla Gorców oparto na wzrokowej fotointerpretacji oraz ekranowej wektoryzacji (środowisko ArcMap 10.2, Esri) lotniczej ortofotomapy wykonanej ze zdjęć lotniczych z roku 2011, w tak zwanej kompozycji CIR (*Color InfraRed*; kanały RG oraz NIR; GSD 0,25 m). Dodatkowo w oparciu o zgromadzone materiały archiwalne, na stacji fotogrametrycznej VSD AGH (Boroń, Jachimski, 1998) przeprowadzono wektoryzację 3D pozyskując wektor 3D o: przebiegu wylesień, granicy użytkowanych polan i obecności gniazd kornikowych. Użyto w tym celu stereogramy zeskanowanych zdjęć lotniczych CIR (Kodak Aerochrome 2443; diapozytyw) pochodzące z 13.08.1997 roku, o rozdzielczości terenowej około 0,25 m.

W pierwszej kolejności należało opracować klucz fotointerpretacyjny dla analizowanego obszaru, uwzględniający dwa podstawowe typy pokrycia terenu: „LAS” oraz „NIE_LAS”, podzielone z kolei na dalsze 6 podtypów: (1) drzewostan żywy, (2) odnowienie na powierzchni „Zrębu”, (3) drzewostan martwy, (4) polana, (5) sukcesja na polanie, (6) inne. Wewnątrz wszystkich podtypów wydzielonych zostało łącznie 26 klas pokrycia terenu (tab. 1). Dla wszystkich wybranych klas wyznaczono w terenie powierzchnie testowe, na których szczegółowo opisano wybrane cechy taksacyjne lub stan polany. Za szczególnie ważne podczas kartowania klas LULC uznano miejsca pokłeskowe na południowych zboczach Kudłonia, uszkodzone przez gradację foliofagów i szkodników wtórnych w latach 1979-1987 oraz przez oddziaływanie silnych wiatrów w latach 2002-2004 (Grodzki i in., 2006). Przykładowo szczegółowe kartowanie w obrębie podtypu drzewostanów martwych odbywało się do klas: „drzewostan martwy stojący”, „drzewostan martwy leżący” i „gniazda kornikowe”.

Po zakończeniu etapu prac pozyskiwania wektorów 3D granic zasięgów poszczególnych klas LULC, dokonano weryfikacji poprawności topologicznej obiektów i kompletności wypełnienia domeny atrybutowej bazy danych. W oprogramowaniu ArcMap (ArcGIS, Esri) wykonywano wiele analiz przestrzennych GIS (moduł Spatial Analyst), z wykorzystaniem NMT pochodzącego z projektu ISOK (GSD 1,0 m), pod kątem zbadania zależności koncentracji procesów rozpadu drzewostanów z wysokością terenu nad poziom morza, spadkiem oraz z ekspozycją (przykładowo efekt silnej insolacji stoków południowych).

W terenie, podczas prowadzenia prac na powierzchniach testowych weryfikujących etap fotointerpretacji, posługiwano się aparatem cyfrowym wyposażonym w odbiornik GPS oraz kompas elektroniczny (RICOH G700). Do nawigacji stosowano odbiornik klasy turystycznej GARMIN Orgeon.

Tabela 1. Liczba obiektów oraz udział powierzchniowy poszczególnych klas użytkowania i pokrycia terenu (LULC) analizowanych na ortofotomapie lotniczej CIR z 2011 roku

Typ	Podtyp	Klasa	Obiekty [szt.]	Razem [ha]	Minimum [a]	Maksimum [ha]	Średnia [ha]	Udział [%]	
LAS	drzewostany żywe	drzewostan bukowy	31	165,33	4,94	29,03	5,33	6,33	
		drzewostan świerkowy	211	434,01	1,19	98,02	2,06	16,62	
		drzewostan jodłowy	4	25,49	165,17	14,10	6,37	0,98	
		drzewostan bukowo-jodłowy	20	89,91	3,23	4,50	19,34	3,44	
		drzewostan bukowo-świerkowy	90	304,30	6,11	38,17	3,38	11,65	
		drzewostany dojrzewające	25	29,74	9,58	10,06	1,19	1,14	
		drzewostan mieszany	41	302,00	1,96	53,69	7,37	11,56	
		drzewostan mieszany z pojedynczymi martwymi świerkami	130	542,59	0,67	62,15	4,17	20,78	
		luki w drzewostanie	119	12,75	1,22	0,59	0,11	0,49	
		sztuczne nasadzenia	5	2,61	15,04	0,77	0,52	0,10	
		Razem	676	1908,73					73,09
	odnowienie na powierzchni "Zrąb"	odnowienie modrzewiowe	12	4,56	12,00	1,60	0,38	0,17	
		odnowienie stadium średniozaawansowane	33	80,15	4,90	32,11	2,43	3,07	
		odnowienie stadium inicjalne	36	36,81	1,70	5,52	1,02	1,41	
		odnowienie stadium zaawansowane	34	25,32	6,71	2,89	0,74	0,97	
		Razem	115	146,84					5,62
	drzewostany martwe	drzewostany martwe leżące	53	30,84	2,67	5,92	0,58	1,18	
		drzewostany martwe stojące	288	285,78	5,18	24,89	0,99	10,94	
		gniazda kornikowe	1604	57,86	0,42	0,48	0,04	2,22	
		Razem	1945	374,48					14,34
	Razem LAS		2736	2430,05				93,05	
	NIE_LAS	polany	borówczyska	80	45,96	0,58	5,07	0,57	1,76
			polana niewykaszana	36	53,38	1,21	18,60	1,48	2,04
			polana wykaszana	14	16,51	5,17	5,22	1,18	0,63
			obszary koszarowania	4	1,28	2,42	0,95	0,32	0,05
			Razem	134	117,13				
		sukcesja na polanach	sukcesja wtórna stadium inicjalne	52	16,77	0,80	3,58	0,32	0,64
sukcesja wtórna stadium zaawansowane			148	15,91	0,05	2,67	0,11	0,61	
sukcesja wtórna zwarte kępy drzew			244	22,88	0,02	2,22	0,09	0,88	
Razem			444	55,56					2,13
inne		bacówki	16	0,11	0,14	0,03	0,01	0,004	
		rzeki	7	8,57	1,28	8,03	1,22	0,33	
		Razem	23	8,69					0,33
Razem NIE_LAS			601	181,37				6,94	
Razem			3337	2611,42				100,00	

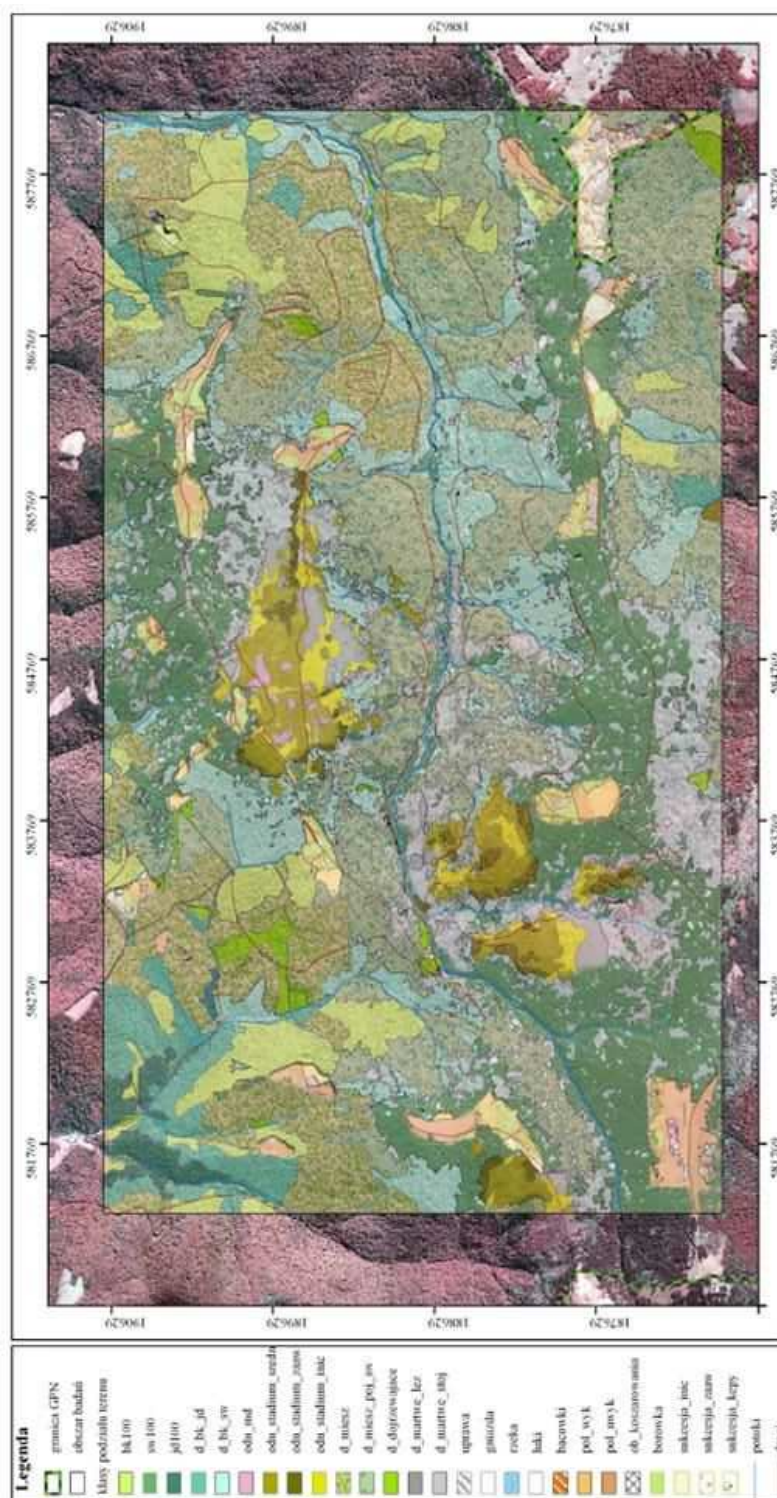
Wyniki

W wyniku przeprowadzonych prac terenowych i kameralnych (fotointerpretacja, stereo-digitalizacja 3D, wektoryzacja 2D, analizy przestrzenne GIS) otrzymano poprawne warstwy informacyjne, które pozwoliły na kompilację mapy użytkowania i pokrycia dla terenu badań (rys. 2) oraz opracowanie analityczne pod kątem dynamiki zmian udziału poszczególnych klas LULC kształtujących współczesny krajobraz Gorców.

Krajobraz Gorców na analizowanym fragmencie kształtują przede wszystkim klasy obiektów (tab. 1) typu „LAS” zajmujące około 93% obszaru, z tym że do tego typu zaliczono także drzewostany martwe (przejściowo pozbawione żywych drzew) stanowiące około 14,3% powierzchni badań oraz podtyp odnowienia. Na podtyp „żywe drzewostany”, zajmujący łącznie 73% obszaru badań, składają się: drzewostan mieszany z pojedynczymi martwymi świerkami – 20,78%, drzewostan świerkowy – 16,62%, drzewostan bukowo-świerkowy – 11,65%, drzewostan mieszany – 11,56% oraz drzewa martwe stojące – 10,94%. Analizując łączny udział klas martwych drzewostanów świerkowych dla 2011 roku, stwierdzono wyraźny przyrost powierzchniowy o około 10% – z 4,37% (114,11 ha, tab. 2) w roku 1997 do aż 14,34% w roku 2011. Największą powierzchnię 10,94% zajmują obszary z martwymi stojącymi świerkami, które najbardziej wpływają na postrzeganie krajobrazu GPN. Klasa ta w ciągu kilku może kilkunastu lat (głównie z powodu wiatru) zasilę udział klasy drzewostanów z martwymi leżącymi drzewami 1,18% (obszary, które nie podlegają jeszcze wyraźnej regeneracji drzewostanów). Niepokojąca może być wysoka liczba zidentyfikowanych przez fotointerpretatorów grup martwych świerków będących typowymi ogniskami gradacji kornika drukarza (1604 gniazda, 2,22%). Z kolei po 14 latach od daty pozyskania materiałów fotolotniczych (1997) stwierdzono wyraźną obecność zachodzących procesów regeneracji lasu zainicjalizowanego na najstarszych obszarach pokłęskowych. Dla bardzo szczegółowo zinwentaryzowanej powierzchni obserwacyjnej „Zrąb” (dawne wylesienie pozasunajowe znajdujące się na południowych zboczach Kudłonia) wyróżniono w 2011 roku aż cztery klasy stadium odnowienia: (1) odnowienie modrzewiowe („Zrąb” – sztuczne nasadzenia), (2) odnowienie – stadium inicjalne, (3) odnowienie – stadium średniozaawansowane, (4) odnowienie – stadium zaawansowane. Łącznie klasy odnowienia objęły swym zasięgiem nawet tro-

Tabela 2. Udział poszczególnych klas pokrycia terenu podtypu martwych drzewostanów w rejonie masywu Kudłonia i Jaworzyny w latach 1997 i 2011

Rok	Klasa pokrycia	Obszar					
		Kudłoń		Jaworzyna Kamienicka		Razem	
		[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]
1997 (B&W)	wylesienia	53,07	2,03	52,05	1,99	105,11	4,03
	gniazda kornikowe	4,40	0,17	4,60	0,18	9,00	0,34
	Razem	57,47	2,20	56,65	2,17	114,11	4,37
2011 (CIR)	drzewostany martwe leżące	14,67	0,56	11,22	0,43	30,84	1,18
	drzewostany martwe stojące	80,64	3,09	154,73	5,93	285,78	10,94
	gniazda kornikowe	23,07	0,88	10,77	0,41	57,86	2,22
	Razem	118,38	4,53	176,72	6,77	374,48	14,34



Rysunek 2. Mapa użytkowania i pokrycia fragmentu Gorczyńskiego Parku Narodowego opracowana na podstawie cyfrowej ortofotomapy lotnicznej CIR z 2011 r. (PL-1992)

chę większą powierzchnię (5,62%) niż wcześniej opisane wylesienia obserwowane w 1997 roku (4,37%), co świadczy jedynie o tym iż po roku 1997 wciąż postępowały procesy rozpadu drzewostanów, a za nimi dynamicznie rozpoczynała się ich regeneracja, najczęściej w sposób naturalny przez stadia inicjalne z drzewiastymi gatunkami pionierskimi, takimi jak bardzo ważny w tym obszarze jarzab pospolity (*Sorbus aucuparia* L.).

Analizę zmian lesistości w obszarze badan przeprowadzono aż w trzech wariantach. W wariantcie pierwszym (tab. 1) za obszary leśne uważano wyłącznie klasy pokrycia terenu typu „LAS”. przez co lesistość analizowanego fragmentu Gorców wynosiła 93,05% (2430,05 ha). Powierzchnie nieleśne (typ „NIE_LAS”) zajmują tylko pozostałe 6,94% obszaru badań (181,37 ha), co potwierdza, iż mamy do czynienia z wybitnie leśnym typem krajobrazu górskiego. Największy udział (4,48%) w tym typie zajmują polany a w zasadzie ich fragmenty, które nie zostały jeszcze porośnięte drzewami lub też są częściowo wykaszane (Jaworzyna Kamienicka) lub koszarowane (Hala Wzorowa). Pozostałe 2,13% stanowią klasy z leśną sukcesją wtórną jaka wkroczyła na polany nieużytkowane pastersko. W tym przypadku najwięcej bo aż 22,88 ha (12,6% typu „NIE_LAS”) zajmują zwarte kępy starszych drzew, co świadczy o tym, że polany jako obszary rolnicze porzucono już kilka dekad temu.

W wariantcie drugim, jeśli do powierzchni lasów zaliczyć powierzchnie polan zajęte przez zaawansowane stadium sukcesji, która wkrótce stanie się drzewostanem, to nieleśne fragmenty krajobrazu zajmować będą zaledwie 5,46% analizowanego fragmentu Gorców.

W wariantcie trzecim zakłada się, iż wszystkie obszary z wtórną sukcesją leśną w jakimś czasie (np. 20 lat) staną się lasem, przez co typ „LAS” zajmie aż 95,18% analizowanego obszaru, a zatem powierzchnia polan zostanie zredukowana w stosunku do sytuacji z ostatnich kilkudziesięciu lat. W roku 2011 niewykaszane polany stanowiły zaledwie 2,04% terenu badań (29,43% klasy „NIE_LAS”), a tak zwane borówczyska już 1,76% (25,34% klasy „NIE_LAS”), co niestety świadczy o zagrożeniu utraty waloru krajobrazowego, jaki stanowią polany reglowe w Gorcach.

Otrzymane na podstawie fotointerpretacji ortofotomapy lotniczej CIR z 2011 roku wyniki potwierdzają wcześniejsze badania prowadzone w tym rejonie przez Wężyka i Pyrkosza (1999). Porównywali oni tempo zarastania polan w Gorcach świerkiem w oparciu o stereodigitalizację zdjęć lotniczych z lat: 1954 (B&W; zdjęcia panchromatyczne), 1974 (B&W), 1987 (B&W) oraz 1997 (CIR). Zaprzestanie użytkowania hal i łąk sprawia, iż następuje całkowite odwrócenie historycznych tendencji przemian krajobrazów górskich, to jest – z wylesień na zalesienia, tyle że te ostatnie są przeważnie rozumiane jako efekt procesów wtórnej sukcesji leśnej, określanej też mianem „przejścia leśnego” (Kozak, 2005).

Udział świerka pospolitego w drzewostanach GPN w ostatnich dekadach ciągle maleje, a najsilniejsze zmiany zanotowano w okresie 1992 (43,7%) – 2007 (30,7%). Spadek jego udziału o 13% w okresie 15 lat wymienia się jako główną przyczynę wzrostu udziałów pozostałych gatunków lasotwórczych (Chwistek, 2010). Udział drzewostanów świerkowych w roku 2011 w obszarze badań wynosił jeszcze 16,62%, co wciąż stanowi potencjalną bazę pokarmową dla owadów szkodliwych lub oddziaływania innych czynników abiotycznych (wiatry, susze ostatnich lat). Z drugiej strony powstające masowo odnowienie naturalne w miejscach z rozpadającym się drzewostanem gwarantuje, iż świerk pospolity nie zniknie tak szybko z krajobrazu Gorców (Loch i in., 2001; Loch, 2010).

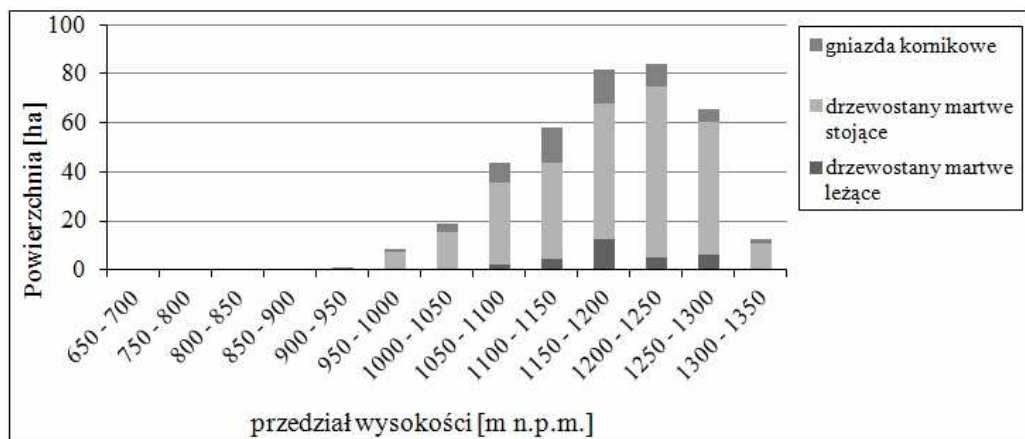
Porównanie materiałów fotolotniczych z lat 1997 i 2011 pozwoliło stwierdzić że:

- obszary opanowane przez kornika drukarza (tzw. „gniazda kornikowe”) poszerzają swój obszar koncentrycznie, zwierając się i tworząc duże połacie martwych drzewostanów ze stojącymi drzewami,

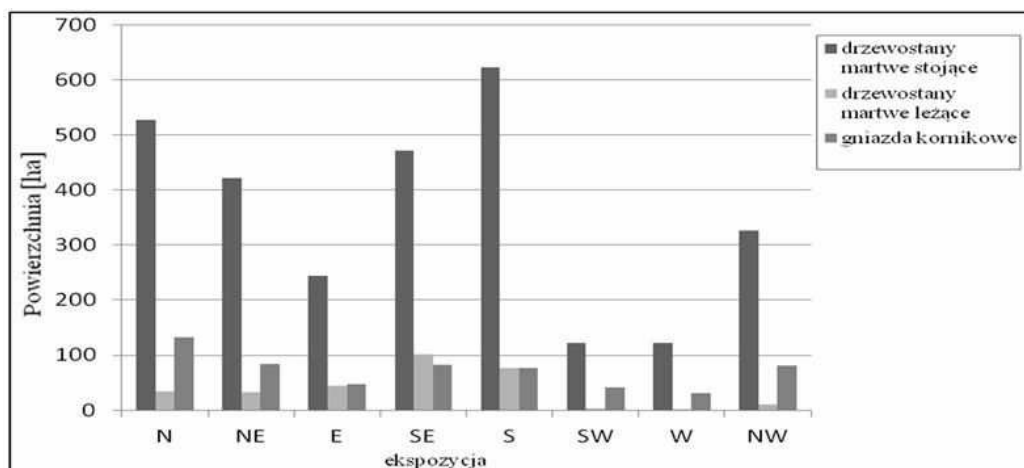
- granica wylesionych obszarów w masywie Kudłonia przesunęła się po 1997 roku przede wszystkim w kierunku wschodnim i południowo-wschodnim, zatrzymując się jedynie w miejscach z drzewostanem bukowym,
- odnowienie naturalne na powierzchni obserwacyjnej „Zrąb” miało bardzo trudne warunki wzrostu, wynikające z usunięcia w przeszłości wszystkich drzew martwych, a tym samym naturalnej osłony dla inicjalnych odnowień i potencjalnej bazy odżywczej (drewno martwe) dla młodych siewek.

Na podstawie przeprowadzonych analiz przestrzennych GIS, w których wykorzystano numeryczny model terenu (NMT) oraz zwektoryzowane zasięgi klas pokrycia terenu, określono wpływ wysokości nad poziomem morza oraz podstawowych atrybutów topograficznych (spadku i ekspozycji) na rozkład przestrzenny zamierających drzewostanów. Stwierdzono, iż martwe drzewostany świerkowe praktycznie nie występowały poniżej 950 m n.p.m. (rys. 3), co determinowane jest przede wszystkim składem gatunkowym drzewostanów zbliżonym na tych lepszych siedliskach regła dolnego do lasów naturalnych (przewaga lub duży udział buka i jodły). Pomimo przeważającej ekspozycji północnych w rejonie badań, najwięcej martwych drzewostanów stwierdzono na stokach o wystawie południowej (623,30 ha drzewostanów stojących martwych i 77,38 ha drzewostanów leżących martwych) oraz południowo-wschodniej (471,08 ha drzewostanów stojących i 102,35 ha drzewostanów leżących; rys. 4). Co ciekawe odmienna sytuacja zachodzi w przypadku gniazd kornikowych, które przeważają na stokach północnych (132,05 ha), co tłumaczyć można wcześniejszym występowaniem gniazd kornikowych na stokach południowych i w konsekwencji ich połączenia się w klasy martwych drzewostanów stojących.

Analiza występowania martwych drzewostanów świerkowych, w pięciostopniowych przedziałach klasowych spadku (0-80°; 16 klas), nie pozwoliła jednoznacznie stwierdzić, czy nachylenie terenu wywiera wpływ na zamieranie świerczyn. Największa liczba gniazd kornikowych występowała w klasach spadku 20-35°. Spadek przyczynia się oczywiście do szybszego odprowadzania wody gruntowej i tym samym potencjalnie do stwarzania niekorzystnych warunków dla świerka preferującego gleby świeże i wilgotne. Z kolei największe spadki występują zazwyczaj w częściach szczytowych masywów górskich, a te z kolei otrzymują więcej opadów.



Rysunek 3. Powierzchnia martwych drzewostanów świerkowych w przedziałach wysokościowych n.p.m. (2011 r.)



Rysunek. 4. Powierzchnia martwych drzewostanów świerkowych w poszczególnych klasach ekspozycji terenu badań (2011 r.).

Wnioski

Współczesny krajobraz Gorców jest efektem zmian zachodzących od kilku dekad w sposobie użytkowania rolniczego (pasterstwo) a w zasadzie jego zaniechania, a także oddziaływania czynników abiotycznych i biotycznych, takich jak kataklizmy naturalne (susza, huraganowe wiatry, osuwiska) bądź też gradacje owadów i oddziaływanie grzybów patologicznych. Nic nie wskazuje na to, iż procesy masowego rozpadania się jednogatunkowych drzewostanów świerkowych w Gorcach miałyby ulec zahamowaniu, szczególnie w aspekcie obserwowanych od lat bardzo upalnych i ubogich w opady atmosferyczne lat. Stwarza to warunki do rozwoju owadów szkodliwych (kilka gradacji w ciągu jednego sezonu), które za bazę pokarmową często wybierają złamane lub powalone przez wiatry o sile huraganowej drzewa. Jednocześnie nie obserwuje się zainteresowania rolników (poza bardzo nielicznymi przypadkami) powrotu z wypasem owiec na hale i polany zarastające przez roślinność o charakterze wtórnej sukcesji leśnej. Wiąże się to z potrzebą zainwestowania dużych środków finansowych i technicznych w koszenie borówki czernicy i wycinanie drzew, które pojawiły się już na opuszczonych polanach. Kilka projektów środowiskowych finansuje obecnie tego typu cykliczne odtwarzanie zbiorowisk roślinnych polan w Gorcach, co przy zainteresowaniu lokalnej ludności wypasem owiec daje nadzieje na powrót kultury pasterskiej i pojawienie się na powrót baczek w krajobrazie Gorców, tak kiedyś licznych. Ze względu na objęcie obszaru Gorczańskiego Parku Narodowego formą ochrony ESE Natura 2000, wymagane jest sporządzenie przez zarządzającą instytucję (GPN) Planów Zabiegów Ochronnych i raportowanie ewentualnych zagrożeń do Komisji Europejskiej. W tym celu nieodzowny jest cykliczny monitoring zmian w zakresie użytkowania i pokrycia terenu, jakie dynamicznie dokonują się w Gorcach. Wydaje się, iż dokumentowanie stanu faktycznego w oparciu o cyfrowe zdjęcia lotnicze (koniecznie kamery z kanałem NIR) jest jedną z najlepszych technologii, poza pozyskiwaniem obrazów satelitarnych zarówno komercyjnych, takich jak WorldView-2 (DigitalGlobe; GSD PAN 0,4 m; GSD MS 1,6 m), jak i SENTINEL-2A (GSD RGB NIR 10,0 m) udostępnianych bezpłatnie przez Europejską Agencję Kosmiczną

(*European Space Agency*, ESA) z projektu Copernicus. Choć rozdzielczość terenowa tych ostatnich wydaje się być stosunkowo niska, to niosą one z sobą przede wszystkim rozdzielczość spektralną (większa liczba kanałów) niż typowe zdjęcia lotnicze. W przypadku bardzo dynamicznie zachodzących zmian (np. gwałtowne zamieranie drzewostanów) warto rozważyć wykorzystanie technologii pozyskiwania obrazów z bezzałogowych statków powietrznych (BSP) lub z właśnie uruchamianego systemu Planet (GSD 3,2 m; RGB NIR) o potencjalnie rozdzielczości czasowej 1 dnia.

W sytuacji gromadzenia tak dużej liczby obrazów pozyskiwanych zdalnie, konieczne jest ich szybkie przetwarzanie zautomatyzowanymi metodami. Z pomocą w takim przypadku może przyjść analiza obrazu zwana klasyfikacją obiektową – GEOBIA (*Geographic Object-Based Image Analysis*). Pozwala ona na opracowanie automatycznych procedur segmentacji i klasyfikacji danych i eksport wyników (klasy LULC; poligony) do dalszych analiz narzędziami GIS. Zaletą tej technologii jest możliwość wykorzystania innych niż obrazy warstw informacyjnych, takich jak dane wektorowe lub rastrowe GIS. Dodatkowo metoda GEOBIA wykorzystywać może wprost dane wysokościowe w postaci chmur punktów z lotniczego skanowania laserowego (np. z projektu ISOK). Znormalizowane chmury punktów (wysokości względne drzew, roślinności, budynków) stanowią ogromną pomoc dla algorytmu segmentującego i klasyfikującego obrazy lotnicze lub satelitarne.

Najszybciej postrzegane zmiany w krajobrazie Gorców wynikają z dynamicznego zamierania jednogatunkowych drzewostanów świerkowych, jakie ma miejsce na dużych obszarach GPN oraz w lasach prywatnych. Pomimo dość katastroficznego krajobrazu stojących setek hektarów martwych drzew lub powierzchni wiatrołomów i wiatrowałów, należy ten stan zaakceptować. Znaczna część obszaru GPN została przeznaczona do ochrony ścisłej (biernej), w których nie podejmuje się żadnych działań przez człowieka, jedynie obserwuje się naturalne procesy regeneracji ekosystemów leśnych. Porównując okres życia człowieka do trwania lasów naturalnych, musimy uświadomić sobie, iż jesteśmy akurat w momencie gwałtownego przeobrażania się drzewostanów świerkowych. Były one zazwyczaj sztucznie wprowadzane przez człowieka jednak na zbyt żyznych siedliskach, z przyczyn ekonomicznych. Udział świerka w reglu górnym oczywiście będzie bardzo wysoki, ale w niższych terenach jego wymiana na inne gatunki może być również postrzegana pozytywnie jako wzrost bioróżnorodności drzewostanów, a tym samym ich odporności na czynniki szkodotwórcze. Dziś turystów i mieszkańców rażą zarówno masowe zamierania drzewostanów świerkowych w Gorcach, jak i ich pozostawianie. Takie podejście zmieni się wraz ze wzrostem poziomu edukacji ekologicznej i dostrzeganiem naturalnych procesów regeneracyjnych prowadzących do powstania nowych ekosystemów leśnych. Pamiętać należy, iż celem ochrony w Parku Narodowym są również walory krajobrazowe i kulturowe, stąd tak ważny jest monitoring i podejmowanie działań zahamowania zarastania polan w Gorcach i przywrócenia na nich użytkowania pasterskiego, które przez kilkadziesiąt ostatnich lat było gwarantem trwałości tego górskiego krajobrazu.

Literatura

- Boroń A., Jachimski J., 1998: Interpretacja i pomiary obrazów spektrostrefowych z użyciem fotogrametrycznej stacji cyfrowej VSD. Kompleksowe wykorzystanie informacji ze zdjęć lotniczych. Cz. III. Kraków- Sieradz, 17: 1-17.
- Chwistek K., 2010: Zmiany składu gatunkowego i struktury drzewostanów Gorczańskiego Parku Narodowego w latach 1992-2007. *Ochrona Beskidów Zachodnich* 3: 79-92.

- Corine Land Cover: <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>
- Grodzki W., Loch J., Armatus P., 2006: Występowanie kornika drukarza *Ips typographus* L. w uszkodzonych przez wiatr drzewostanach świerkowych masywu Kudłonia w Gorczańskim Parku Narodowym. *Ochrona Beskidów Zachodnich* 1: 125-137.
- Kozak J., 2005: Zmiany powierzchni lasów w Karpatach Polskich na tle innych gór świata, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Rozdział 1: 9-25.
- Kozak J., 2005: Zmiany powierzchni lasów w Karpatach Polskich na tle innych gór świata, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Rozdział 9: 93-103.
- Loch J., 2010: Dynamiczne zmiany górnoreglowych świerczyn. Publikacje o świecie przyrody. Dostęp 27.09.2010 r. <http://www.gorczańskipark.pl/>
- Loch J., Chwistek K., Wężyk P., Małek S., Pająk M., 2001: Natural regeneration versus tree planting in the subalpine spruce forest *Plagiathecio-Piceetum Tataricum* of the Gorce National Park. *Nature conservation* 58: 5-15.
- Modrzyński J., Jakubiszak K., 1997: Stopień defoliacji wybranych drzewostanów świerkowych w Tatrach i Beskidzie Wysokim. *Sylwan* 1: 67-76.
- Różański W., 2006: Historia powstania Gorczańskiego Parku Narodowego i jego znaczenie dla ochrony przyrody w Polsce. *Ochrona Beskidów Zachodnich* 1: 13-21.
- Wężyk P., 2006: Przemiany środowiska przyrodniczego Gorców na przykładzie użytkowania polan w okresie 1954-1997. *Studia Naturae* 53, cz. I: 203-213.
- Wężyk P., Guzik M., 2004: The use of Photogrammetry-GIS (P-GIS) for the analysis of changes in the Tatra mountains natural environment. [In:] *A Message from the Tatra. Geographical Information System and Remote Sensing In Mountain Environmental Research*. Kraków.
- Wężyk P., Mansberger R., 1998: Techniki fotogrametrii cyfrowej i GIS w ocenie degradacji drzewostanów świerkowych w masywie Kudłonia w Gorcach. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* 8(21): 1-10.
- Wężyk P., Pyrkosz R., 1999: Użytkowanie polan w Gorcach na przestrzeni lat 1954-1997 na podstawie fotogrametrycznego opracowania zdjęć lotniczych. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* 9: 223-232.
- Wężyk P., Wrzodak J., 2005: Integracja technik geomatycznych w badaniach przyrodniczych na przykładzie kartowania szaty roślinnej tatr wysokich. *Rocznik Geomatyki* t. 3, z. 4: 209-220, PTIP, Warszawa.

Streszczenie

Obserwowane w ostatnich latach globalne zmiany klimatu i towarzyszące mu ekstremalne zjawiska pogodowe (wysoka temperatura, sucha atmosferyczna i glebowa, gwałtowne wiatry itp.) prowadzą bezpośrednio (np. wiatrowały) lub pośrednio (np. gradacje szkodliwych owadów) do dynamicznych przemian w drzewostanach, szczególnie we wrażliwych ekosystemach górnoreglowego boru świerkowego. Celem prezentowanej pracy było opracowanie aktualnej cyfrowej mapy użytkowania i pokrycia terenu (ang. *Land Use Land Cover; LULC*) obejmującego fragmenty: Doliny Kamienicy, masywu Kudłonia oraz Jaworzyny Kamienickiej w centralnej części Gorczańskiego Parku Narodowego (GPN), ze szczególnym uwzględnieniem klas drzewostanów będących w fazie zamierania lub już zniszczonych. Pozyskane w procesie fotointerpretacji dane w postaci wektorów zasiliły bazy danych systemu GIS w GPN w celu wykonania analiz przestrzennych. W ramach prac kameralnych dokonano fotointerpretacji archiwalnych stereomodeli zdjęć lotniczych CIR z 1997 roku oraz cyfrowej ortofotomapy lotnicznej z 2011 roku (CIR, GSD 0,25 m). Szczególną uwagę zwrócono na obszary objęte rozpadem drzewostanów świerkowych w latach 1979-1987 na południowych zboczach Kudłonia, Wierchu Spalone oraz Jaworzyny Kamienickiej. Wylestenia zarejestrowane na archiwalnych zdjęciach CIR z 1997 roku obejmowały w minionym okresie zaledwie 114,11 ha (4,37%). Wyniki wektoryzacji zasięgu klas LULC na ortofotomapie z 2011 roku wskazują, iż na obszarze badań (2611,42 ha) wystąpiło aż 1604 sztuk gniazd kornikowych. Łącznie klasy uszkodzonych drzewostanów zajęły 374,48 ha (14,34% całego obszaru analiz), przy czym drzewostany świerkowe bez wyraźnych oznak uszkodzenia występowały na 434,01 ha (16,62%). Przeprowadzone badania potwierdziły dużą dyna-

mikę przemian drzewostanów, tj. ich zamierania lub rozpadu powodowanego przez wiatry, ale wskazały także, iż wtórna sukcesja leśna zachodząca na polanach oraz regeneracja lasu w obszarach pokłeskowych są gwarantem istnienia drzewostanów w Gorcach, choć już nie wszędzie jako monokultur świerkowych. Zdjęcia lotnicze i produkty ich przetwarzania czyli ortofotomapy cyfrowe kolejno raz udowodniły ogromną przydatność do kartowania klas pokrycia terenu i różnych form jego użytkowania czy kondycji ekosystemów leśnych. Ze względu na niskie koszty pozyskania cyfrowych zdjęć lotniczych, zaleca się wprowadzenie w GPN na stałe monitoringu drzewostanów opartego na fotointerpretacji bądź nawet półautomatycznej klasyfikacji ortoobrazów cyfrowych. Wyniki kartowania zasilając bazy danych GIS dawałyby pełną wiedzę o procesach zachodzących przestrzennie i w czasie w Gorczańskim Parku Narodowym.

Abstract

*Recently observed global climate changes and associated extreme weather events (high temperature, atmospheric and soil drought, strong winds, etc.) can lead directly (e.g. windfalls) or indirectly (e.g. insects breakouts) to dynamic changes in mountainous stands, especially in sensitive upper forest belt composed of Norway spruce. The aim of this work was to develop the up-to-date digital Land Use and Land Cover map (LULC) including parts of: Kamienica Valley, Kudłoń and Jaworzyna Kamienicka massive located in the central part of Gorce National Park (South Poland), with particular emphasis on dying or already destroyed forest stand classes. Vector data acquired in the process of photointerpretation was the input data for GIS databases with the goal to perform GIS spatial analysis. The archive CIR aerial photos from 1997 and the digital orthophoto from 2011 (CIR, GSD 0.25 m) were elaborated in the frames of this project. Particular attention was paid to the areas covered by the spruce stands in the period 1979-1987 on the southern slopes of Kudłoń, Wierch Spalone and Jaworzyna Kamienicka. Deforestation interpreted and mapped on the archive CIR stereo models from 1997, covered 114.11 ha (4.37%) only. The results of photointerpretation workout of the LULC classes borders (the orthophoto from 2011) indicate that in the test area (2,611.42 ha) occurred 1604 pcs. of the, so-called, „bark beetle nest's” (*Ips typographus* L). In total, the classes of damaged forests occupied 374.48 ha (14.34% of the total test area), the Norway spruce with no obvious signs of damage occurred on 434.01 ha (16.62%) only. The performed study confirmed the high dynamics of forest stands dieback or decay caused by winds or insects and also indicated that secondary forest succession occurring in clearings and regeneration of forest on post-disaster areas are a kind of the guarantee of forest existence in the Gorce Mountains, though not everywhere as Norway spruce monocultures. The CIR aerial photographs or digital orthophotomaps once again proved a huge usefulness as the geodata for mapping the LULC classes in mountain environment. Due to low costs of digital aerial photographs acquisition it is recommended to introduce in the Gorce National Park the permanent monitoring of forests based on photogrammetric 3D workout or even semi-automatic image analysis (orthophoto). Supplying the GIS databases the mapping results would provide a comprehensive understanding of spatial processes occurring in the Gorce National Park in time.*

dr hab. inż. Piotr Wężyk
p.wezyk@ur.krakow.pl

inż. Miłosz Mucha
carpaticum@gmail.com

dr inż. Marta Szostak
m.szostak@ur.krakow.pl

