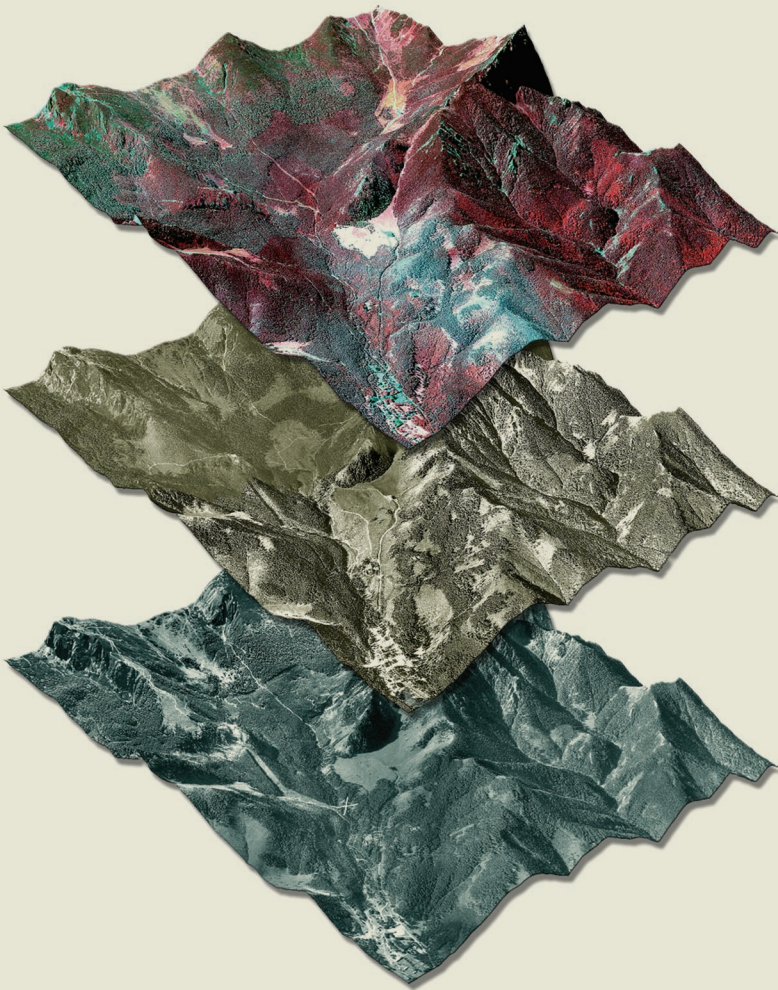


Długookresowe zmiany
w przyrodzie
i użytkowaniu TPN



Długookresowe zmiany
w przyrodzie
i użytkowaniu TPN

*Materiały konferencji
Długookresowe zmiany w przyrodzie
i użytkowaniu TPN
Tatrzański Park Narodowy
1955–1977–2004*

Długookresowe zmiany w przyrodzie i użytkowaniu TPN

*Materiały konferencji
Długookresowe zmiany w przyrodzie
i użytkowaniu TPN
Tatrzański Park Narodowy
1955–1977–2004*

Zakopane 21–22 maja 2009

Materiały konferencji
Długookresowe zmiany w przyrodzie i użytkowaniu TPN
Tatrzański Park Narodowy 1955–1977–2004
Zakopane 21–22 maja 2009

Komitet naukowy konferencji
prof. dr hab. Jan Holeksa; prof. dr hab. Adam Kotarba; dr inż. Zbigniew Krzan;
prof. dr hab. Joanna Pociask-Karteczka; prof. dr hab. Stefan Skiba;
prof. dr hab. Jerzy Szwagrzyk

Recenzenci
dr inż. Władysław Borowiec; Ing. Barbara Chovancová, PhD; dr inż. Marcin Guzik;
dr hab. Anna Kozłowska; dr inż. Alfred Król; prof. dr hab. Joanna Pociask-Karteczka;
dr inż. Tomasz Zielonka

Redakcja
Marcin Guzik

DTP
lookStudio
tel. (+48) 12 646 97 20, e-mail: biuro@photoline.pl
www.lookstudio.pl

Wszelkie prawa zastrzeżone
Żadna część tej publikacji nie może być powielana
ani rozpowszechniana w jakikolwiek sposób
bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich

© Copyright by Wydawnictwa Tatrzańskiego Parku Narodowego
ul. T. Chałubińskiego 42a, 34-500 Zakopane
tel. (+48) 18 20 23 305; e-mail: wydawnictwa@tpn.pl, www.tpn.pl
Zakopane 2009

ISBN 978-83-61788-08-9

Spis treści

Wstęp	7
Wykaz referatów wygłoszonych podczas konferencji	9
Wykaz posterów zaprezentowanych podczas konferencji	11
<i>Marcin Bukowski</i>	
Dynamika zarastania polan tatrzańskich	15
<i>Wojciech Grodzki, Marcin Guzik</i>	
Wiatro- i śniegolomy oraz gradacje kornika drukarza w Tatrzańskim Parku Narodowym na przestrzeni ostatnich 100 lat. Próba charakterystyki przestrzennej	33
<i>Sławomir Mikrut, Marcin Guzik, Agnieszka Dąbrowska</i>	
Zdjęcia lotnicze i ortofotomapy Tatrzańskiego Parku Narodowego	47
<i>Lukasz Pęksa</i>	
Ocena struktury terytorialnej występowania populacji kozicy <i>Rupicapra rupicapra tatra</i> w Tatrzańskim Parku Narodowym na podstawie liczeń jesiennych	59
<i>Dorota Rzychoń, Adam Worsztynowicz, Ewa Liana</i>	
Wpływ depozycji z atmosfery na zmiany chemiczne wód wybranych jezior tatrzańskich w latach 1992–2005	67
<i>Janusz Szewczyk, Jerzy Szwagrzyk</i>	
Struktura starodrzewia świerkowego a dynamika przyrostu drzew na powierzchni badawczej „Skoruśniak” w Tatrzańskim Parku Narodowym	83
<i>Małgorzata Wesołowska</i>	
Zmiany roślinności łąkowej Tatr Zachodnich i ich przedpola w ciągu ostatniego półwiecza	91

Wstęp

W dniach 21–22 maja 2009 r. odbyła się w Zakopanem konferencja naukowa pt. *Długookresowe zmiany w przyrodzie i użytkowaniu obszaru Tatrzańskiego Parku Narodowego*. Do uczestnictwa w niej zaproszeni zostali przedstawiciele różnych gałęzi nauki prowadzący badania w Tatrach – botanicy, zoolodzy, leśnicy, hydrolodzy i geografowie.

Użytkowanie przyrody i bogactw naturalnych Tatr przez człowieka ma już wielowiekową historię. Począwszy od górników wydobywających kruszce z wnętrza gór, poprzez hutników korzystających z tatrzańskiego drewna przy wytopie pozyskanych z gór rud żelaza, pasterzy pasących swoje owce na wysokogórskich halach, drwali wycinających lasy na potrzeby papiernictwa i tartacznictwa, na turystach licznie odwiedzających ten teren kończąc. Niektóre z form użytkowania Tatr zanikły samoistnie z przyczyn ekonomicznych (np. górnictwo i hutnictwo), część była stopniowo eliminowana w związku z objęciem tego terenu ochroną (np. pasterstwo), a pewne formy zwiększyły swoje oddziaływanie (np. turystyka). Zmienił się zakres oddziaływania – z wielkoobszarowego na liniowe i punktowe – głównie wzdłuż szlaków turystycznych, miejsc postojowych i schronisk.

W związku z utworzeniem TPN naturalne procesy ograniczane do tej pory przez działalność człowieka przybrały gwałtownie na sile. W wyniku sukcesji wtórnej roślinność zaczęła odzyskiwać utracone wcześniej tereny, podnosi się górna granica lasu i kosodrzewiny, zarastają śródleśne polany. W wyniku prowadzonych działań ochronnych w strefie ochrony czynnej prowadzone są zabiegi zmierzające do zmiany składu gatunkowego i struktury lasów przekształconych przez człowieka w wyniku rabunkowej gospodarki.

Podtytuł konferencji *Tatrzański Park Narodowy 1955–1977–2004* informuje nas o latach, w których wykonano zdjęcia lotnicze lub satelitarne obszaru Tatr. Zdjęcia te przedstawiają przyrodę TPN taką, jaka była w roku utworzenia parku, dwadzieścia lat później i w przeddzień pięćdziesiątej rocznicy utworzenia. Analiza tych zdjęć pozwala m.in. na badanie zmian w krajobrazie (zanikanie polan i szałasów), na obszarach leśnych (zjawiska kłęskowe – lawiny, wiatrolomy) oraz procesów geomorfologicznych (spływy gruzowe). Jest to także narzędzie do badania oddziaływania turystyki na środowisko przyrodnicze Tatr (np. erozja przyszlakowa).

W czasie konferencji zostało wygłoszonych 11 referatów i zaprezentowano 17 posterów. Referat wprowadzający dyrektora TPN Pawła Skawińskiego dotyczył najbardziej

widocznych zmian w krajobrazie Tatr, jakie obserwowane są w ostatnich dziesięcioleciach. Ogólne tezy postawione przez dyrektora, o zarastaniu Tatr przez roślinność drzewiastą i powiększaniu się arealu kosodrzewiny znalazły potwierdzenie w kolejnych referatach. Monitoring długookresowych zmian prowadzony w sekcji ds. zarządzania danymi przestrzennymi TPN przez Marcina Bukowskiego i Marcina Guzika wykazał, że w ciągu pięćdziesięciu lat od czasu powołania TPN zarosło prawie 50 proc. powierzchni polan, a powyżej górnej granicy kosodrzewina powiększyła o 17 proc. przestrzeń, na której występowała. Zmiany te nie są związane z panującą tendencją ocieplania się klimatu, a z regeneracją szaty roślinnej po długotrwałym okresie użytkowania pasterskiego tego terenu. Tematyce pasterskiej poświęconych było także kilka posterów, m.in. pokazujący wycofywanie pasterstwa z TPN oraz zmiany liczebności szałasów w Tatrach. Zagadnieniom zmian klimatycznych poświęcone były dwa wystąpienia dr Zdzisława Bednarza oraz dr Ryszarda Kaczki, którzy przy wykorzystaniu badań dendrochronologicznych określali temperaturę, jaka panowała w Karpatach kilkaset lat temu.

Tematyka konferencji była na tyle szeroka, że każdy mógł znaleźć dla siebie coś interesującego, począwszy od analizy wypadków śmiertelnych w Tatrach od początku istnienia TOPR, poprzez zagadnienia przyrodnicze tj. mapy tatrzańskich lasów, jaworzyny tatrzańskie, wiatrolomy i śniegolomy oraz wywołane nimi gradacje kornika drukarza, spływy gruzowe, chemizm tatrzańskich wód po zagadnienia typowo techniczne związane z opracowaniem z archiwalnych zdjęć lotniczych ortofotomapy Tatr.

W książce znajduje się 7 artykułów, a na załączonej płycie prezentacje i postery pokazane podczas konferencji oraz mapy i źródłowe dane dla wszystkich tatrzańskich polan z lat 1955, 1977, 2004 będące załącznikiem do artykułu Marcina Bukowskiego.

Wykaz referatów wygłoszonych podczas konferencji

Paweł Skawiński – Przemiany krajobrazu Tatr

Zdzisław Bednarz – Fluktuacje klimatyczne ostatnich stuleci w Karpatach w świetle analiz dendrochronologicznych i źródeł pisanych

Ryszard J. Kaczka – Znaczenie Tatr w rekonstrukcji klimatu Karpat w oparciu o chronologię świerkowe z górnej granicy lasu

Stanisław Kędzia – Aktywność sływów gruzowych odzwierciedleniem zmian klimatu

Dorota Rzychoń, Adam Worsztynowicz, Ryszard Twarowski – Wpływ depozycji z atmosfery na zmiany chemiczne w wodach wybranych jezior tatrzańskich w latach 1992–2005

Adam Choiński, Joanna Pociask-Karteczka – Tendencje zmian pokrywy lodowej na Morskim Oku

Piotr Bąk, Marcin Guzik – Stosunki własnościowe w Tatrach Polskich

Małgorzata Wesołowska – Zmiany roślinności łąkowej Tatr Zachodnich i ich przedpola w ciągu ostatniego półwiecza

Marcin Bukowski – Dynamika zarastania polan tatrzańskich

Janusz Szewczyk, Jerzy Szwagrzyk – Struktura starodrzewia świerkowego a dynamika przyrostu drzew na powierzchni badawczej „Skoruśniak” w Tatrzańskim Parku Narodowym

Marcin Guzik, Marcin Bukowski – Kosodrzewina (*Pinus mugo* Turra.) w Tatrzańskim Parku Narodowym

Wykaz posterów zaprezentowanych podczas konferencji

Elżbieta Gorczyca, Kazimierz Krzemień – Transformacja tatrzańskich dolin reglowych podczas ekstremalnych zdarzeń opadowych

Dorota Rzychoń, Adam Worsztynowicz – Zastosowanie modelu dynamicznego magic do rekonstrukcji i prognozowania zmian chemicznych wód wybranych jezior tatrzańskich

Maria Baścik, Joanna Pociask-Karteczka – Charakterystyka hydrologiczno-meteorologiczna zlewni tatrzańskich (1961–2000)

Jan Bodziarczyk, Marta Nitoń – Zróżnicowanie jaworzyn tatrzańskich oraz warunki ich występowania

Adam Marasek, Andrzej Marasek, Marcin Guzik – Wypadki śmiertelne w Tatrach w latach 1909–2009

Lesław Oprowski – Historyczne i współczesne zmiany krajobrazu Tatr spowodowane budową i remontami urządzeń turystycznych – szlaków na terenie Tatr

Paweł Struś – Zmiany rozmieszczenia szałasów w Tatrach Polskich na przestrzeni ostatnich 150 lat

Sławomir Mikuć, Agnieszka Dąbrowska, Marcin Guzik – Zdjęcia lotnicze i ortofotomapy Tatrzańskiego Parku Narodowego

Wojciech Grodzki, Marcin Guzik, Marcin Jachym – Wiatrołomy i gradacje kornika drukarza w Tatrzańskim Parku Narodowym na przestrzeni ostatnich 100 lat – próba charakterystyki przestrzennej

Eukasz Pęksa, Grzegorz Jamroży – Struktura przestrzenna populacji kozicy *Rupicapra rupicapra tatrica* w Tatrzańskim Parku Narodowym

Piotr Jurczak, Michał Kalafarski, Ryszard J. Kaczka – Przestrzenne zróżnicowanie spływów gruzowych w polskich Tatrach Wysokich

Marcin Bukowski, Marcin Guzik – Mapy tatrzańskich lasów

Krzysztof Ruba – Szlaki narciarskie w Tatrach od czasów Barabasza po dzień dzisiejszy

Marcin Bukowski, Marcin Guzik – Wycofywanie pasterstwa z Tatrzańskiego Parku Narodowego

Jan Chmiel, Kornelia Polok, Marcin Strączek-Helios – Wzrost limby *Pinus cembra* na Świńskiej Turni w świetle badań molekularnych i ich praktyczne wykorzystanie w ochronie czynnej

Tadeusz Zwijacz – Wzrost cisa pospolitego *Taxus baccata* w Tatrzańskim Parku Narodowym

Tomasz Zielonka, Jan Holeksa, Piotr Malcher, Natalia Dubaj – 200 lat historii lasów w Słowackich Tatrach – dendrochronologiczna rekonstrukcja zaburzeń





Dynamika zarastania polan tatrzańskich

Marcin Bukowski

Tatrzański Park Narodowy, Kuźnice 1, 34-500 Zakopane

Streszczenie

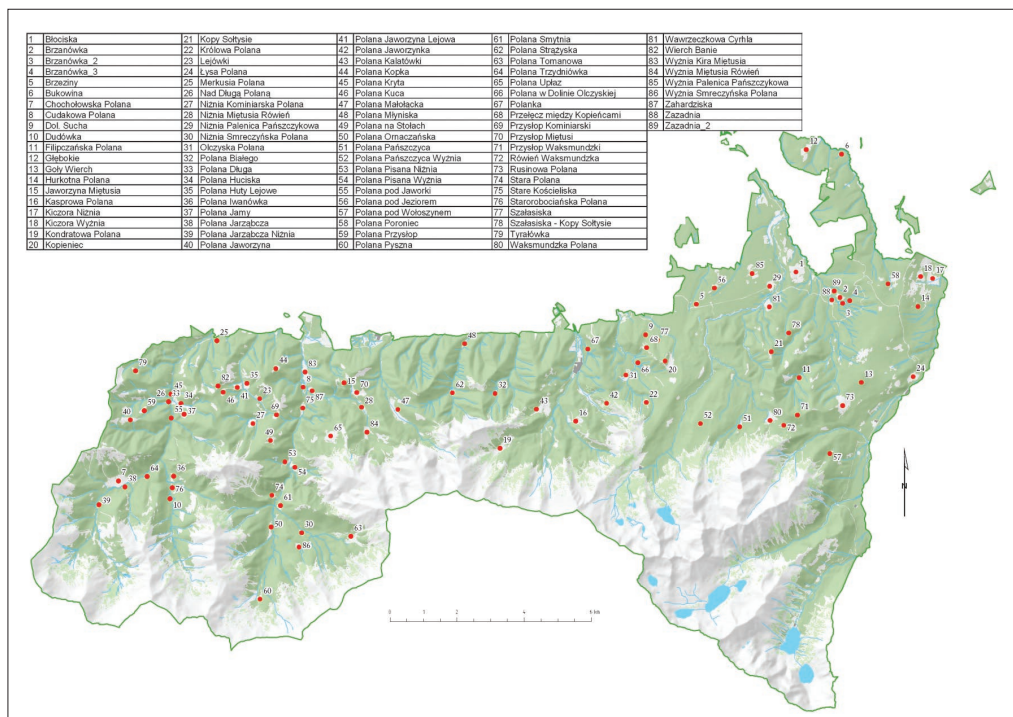
Dynamikę zarastania polan tatrzańskich opracowano na podstawie ortofotomap lotniczych i satelitarnych z lat 1955–1977–2004. Analizę przeprowadzono, opierając się na obserwacji 89 polan położonych w granicach Tatrzańskiego Parku Narodowego. Zauważono, że powierzchnia początkowa polan zmniejszyła się o ponad 46% w badanym okresie.

Słowa kluczowe: sukcesja, polany, geomatyka, Tatrzański Park Narodowy

Wstęp

Tatrzańska przyroda bardzo długo zachowywała pierwotny charakter dzięki swojej niedostępności. Przepaściste zbocza, groźne szczyty, gęste i ciemne lasy z zamieszkującą je drapieżną zwierzyną zniechęcały do zapuszczania się w nieprzebyte ostępy, gdzie czyhało niebezpieczeństwo. Wraz z upływem czasu pod Tatrami ludzi przybywało, działalność człowieka rozprzestrzeniała się: wycinano lasy, uprawiano glebę, prowadzono drogi i ścieżki, wypasano owce i bydło. W ten sposób naruszono dotychczasową nietykliwość Tatr [Radwańska-Paryska 1996].

Gospodarka pasterska jest jednym z najstarszych i najważniejszych czynników antropopresji, której efektem jest istnienie na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego 120 polan reglowych [Ciużycki 2004]. Część obszarów halnych występujących powyżej górnej granicy lasu powstało przez wycięcie kosodrzewiny. Cały obszar TPN, za wyjątkiem miejsc niedostępnych, objęty był wypasem owiec. Największy rozwój pasterstwa przypada na wiek XIX i pierwszą połowę wieku XX. Pod koniec wojny i tuż po niej, w latach 1942–1947, pasterstwo znacznie się nasiliło, wypasano wtedy nawet do 30 tysięcy sztuk bydła i owiec w jednym sezonie [Kolowca 1962, Radwańska-Paryska 1995, Śmiałowska 1962 za Mirkiem 1996]. W 1954 roku powstał Tatrzański Park Narodowy, w związku z tym liczba wypasanego bydła i owiec znacznie się zmniejszyła. W chwili obecnej wypas kulturowy owiec praktykowany jest na 30 polanach w TPN.



Ryc. 1. Rozmieszczenie badanych polan na terenie TPN

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie, za pomocą metod geomatycznych, dynamiki przestrzenno-czasowej zarastania polan (ryc. 1) na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego na przestrzeni 49 lat.

Materiał i metoda

W pracy korzystano z możliwości współczesnych narzędzi geoinformatycznych będących w posiadaniu Tatrzańskiego Parku Narodowego. System GIS-TPN wykorzystano do: pozyskania danych, wykonania analiz przestrzennych i opracowań kartograficznych.

Geomatyka to dyscyplina naukowa ściśle związana z informatyką. Jej działania ukierunkowane są na pozyskanie, przetwarzanie, udostępnianie i wizualizację informacji przestrzennych. W zależności od sposobu pozyskania i przetwarzania danych wyróżnia się działy zwane technologiami geomatyki, do których zalicza się między innymi: systemy GPS, geodezję, kartografię, teledetekcję z fotogrametrią i systemy informacji przestrzennej (GIS). Technologie geomatyczne są znacznie efektywniejsze w inwentaryzacji i przetwarzaniu danych w porównaniu do metod tradycyjnych [Mozgawa 2000].

Aktualnie systemy GIS są coraz bardziej powszechne i profesjonalne. Wykorzystuje się je między innymi do zarządzania gospodarstwem leśnym, w ochronie środowiska przy-

rodniczego [Miś, Strzeliński, Węgiel 2001], jak również w administracji publicznej. Dzięki możliwościom integracji systemów GIS z nowoczesnymi technologiami otwierają się nowe horyzonty i poszerza się zakres ich zastosowań [Litwin, Myrda 2005].

W celu przedstawienia dynamiki zarastania polan wykorzystano archiwalne ortofotomapy lotnicze z roku 1955 i 1977 oraz satelitarne w bliskiej podczerwieni z roku 2004. Regularnie wykonywane zobrazowania satelitarne i zdjęcia lotnicze dają nie tylko możliwość rejestracji obiektywnych informacji w teraźniejszości, ale również pozwalają na prowadzenie monitoringu zmian zachodzących na powierzchni ziemi na poziomie lokalnym i globalnym [Bielecka, Fedrowicz-Jackowski 1993].

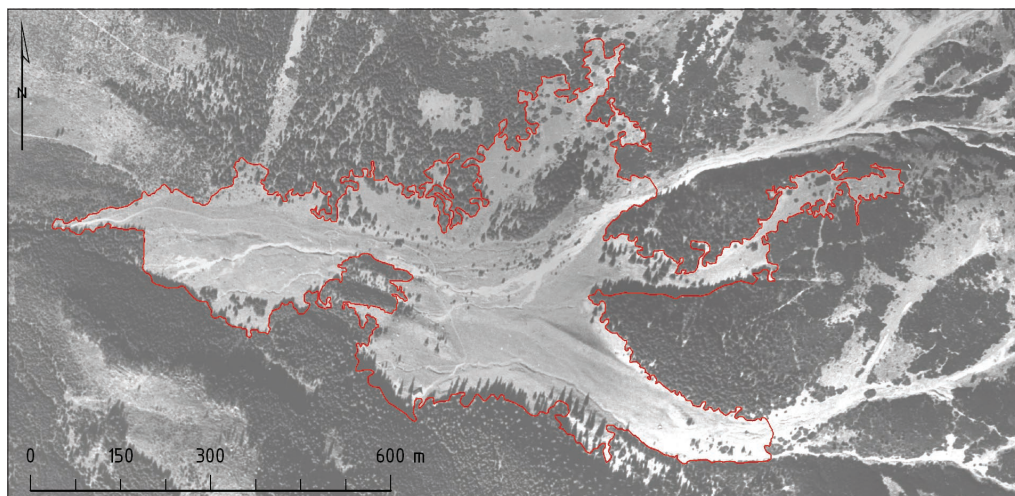
Zdjęcia lotnicze oraz zobrazowania satelitarne są nośnikiem wielu informacji o strukturze pokrycia terenu. Informacje te można podzielić na dwa główne rodzaje: radiometryczną i geometryczną. Do pozyskania informacji radiometrycznej wykorzystuje się techniki teledetekcyjne, a jeśli chodzi o informacje geometryczną, posługujemy się metodami fotointerpretacyjnymi. Skomplikowane procedury tych metod przestały być problemem po wprowadzeniu ich w środowisko informatyczne, gdzie wykorzystuje się specjalistyczne oprogramowanie i sprzęt [Litwin, Myrda 2005].

Powstałe ze zdjęć lotniczych i satelitarnych ortofotomapy są w pełni kartometryczne i przedstawione w układzie współrzędnych geograficznych. Pozyskane na ich podstawie dane przestrzenne można wprowadzić do systemu GIS i wykorzystywać jako podstawę do wielu analiz przestrzennych. System GIS w tym wypadku daje także możliwość czytelnego i klarownego przedstawienia wyników [Litwin, Myrda 2005].

Na podstawie materiałów teledetekcyjnych i fotogrametrycznych przeprowadzono wstępną kategoryzację obiektów pokrycia terenu możliwych do wyróżnienia w obrębie danych polan. Wynikiem tej kategoryzacji było wyznaczenie 10 klas obiektów (tab. 1). Dokładne oznaczenie ich zasięgu przeprowadzono na ortofotomapach z trzech roczni-

Tab. 1. Przykład kodowania zastosowanego podczas wektoryzacji

Opis klasy obiektu	Kod klasy obiektu
Polana	0
Pojedyncze drzewa i grupy drzew na polanie w roku 1955	1
Odnowienie zwarte	2
Odnowienie luźne	3
Starsze drzewa	4
Kosodrzewina	5
Kosodrzewina z odnowieniem świerkowym	6
Kosodrzewina luźna	7
Obszary zacienione (wyłączone z analizy)	8
Potok	10
Droga	11



Ryc. 2. Fotomapa Polany Tomanowej – rok 1955

ków: 1955, 1977 i 2004. Klasy obiektów zapisano w warstwach informacyjnych w postaci kodowej.

Kartowanie przeprowadzono w oprogramowaniu ArcGis – ArcInfo 9.1. Program ten stworzony został przez amerykańską firmę ESRI i jest jednym z najbardziej popularnych na świecie. Umożliwia on między innymi wektoryzację ekranową obrazów rastrowych przy użyciu myszki, obliczanie powierzchni obiektów poligonowych, obliczanie długości, tworzenie skalowanych kompozycji kartograficznych oraz wykonywanie analiz przestrzennych.

W pierwszej kolejności pozyskano dane ze zdjęć lotniczych z 1955 roku. Jako granice i powierzchnię początkową polan przyjęto obszar wyznaczony przez stary drzewostan i kosodrzewinę w 1955 roku. Zwektoryzowano także istniejące na polanie pojedyncze drzewa, grupy starszych drzew i małe płyty kosodrzewiny.

Na podstawie zdjęć lotniczych z 1955 roku zwektoryzowano 4349 obiektów. Zdjęcia lotnicze z 1977 roku pozwoliły na pozyskanie informacji o 8015 obiektach, z kolei ortofotomapy satelitarne z 2004 roku dały podstawę do zwektoryzowania 3725 obiektów.

Pozyskane dane poddano analizie topologicznej, zakładając regułę niemożliwości nakładania się obiektów i występowania między nimi luk w obrębie polan z danego roku. Zwarty obszar polan w 1955 roku nie zawsze był łatwy do wyznaczenia. Problematyczne były polany sięgające powyżej górnej granicy lasu i znajdujące się w zróżnicowanym orograficznie terenie (ryc. 2). W miejscach, w których trudno było wyznaczyć właściwy przebieg granicy polany, sugerowano się naturalną rzeźbą terenu.

Do analiz związanych z ukształtowaniem terenu i wysokością wykorzystano numeryczny model terenu (NMT) o rozdzielczości 10 m x 10 m, który został wykonany metodą fotogrametryczną na podstawie zdjęć lotniczych z 2003 roku. NMT został zakupiony przez Tatrzański Park Narodowy w Wojewódzkim Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej.

Na podstawie NMT w oprogramowaniu ArcGis – ArcInfo 9.1 z rozszerzeniem 3D Analyst wygenerowano mapy spadków, ekspozycji i przedziałów hipsometrycznych.

Dynamikę zarastania polan przedstawiono na mapach obrazujących ją w poszczególnych okresach 1955–1977–2004.

Analiza opracowań fotointerpretacyjnych w ujęciu ogólnym

Dzięki wykonaniu analizy danych pozyskanych z ortofotomap otrzymano informacje na temat zmian ogólnej powierzchni poszczególnych kategorii obiektów pomiędzy latami 1955–1977–2004. Wyniki przedstawiono poniżej (tab. 2).

Zauważono, że w okresie 1955–2004 ogólna powierzchnia badanych polan zmniejszyła się o 323,778 ha, co stanowi 45,42% ich początkowej powierzchni. W rozbiu na poszczególne okresy stwierdzono, że powierzchnia polan między rokiem 1955 a 1977 zmniejszyła się o 103,466 ha (14,51%), z kolei w okresie 1977–2004 zarosło 220,302 ha (36,12%) polan. Można także zauważyć, porównując powierzchnie ubytku polan w hektarach, jak i w procentach, że sukcesja postępowała szybciej w okresie 1977–2004, mimo że okres ten trwał 27 lat i był tylko o 5 lat dłuższy od poprzedniego.

Zaobserwowano również duże zmiany ogólnej powierzchni kategorii odnowienia zwartego w okresie 1977–2004. W roku 1977 zinwentaryzowano 40,812 ha odnowienia

Tab. 2. Zmiany powierzchniowe poszczególnych kategorii pomiędzy latami 1955–1977–2004

Kategoria	Rok 1955	Zmiana →		Rok 1977	Zmiana →		Rok 2004
		[ha]	[%]		[ha]	[%]	
Polana	713,303	-103,466	-14,51%	609,837	-220,302	-36,12%	389,535
Pojedyncze drzewa i grupy drzew na polanie w roku 1955	23,101	-23,101	-100,00%	–	–	–	–
Odnowienie luźne	3,786	47,047	1242,50%	50,833	-4,333	-8,52%	46,500
Odnowienie zwarte	–	40,821	–	40,812	219,542	537,93%	260,354
Starsze drzewa	3,631	3,614	99,55%	7,245	13,296	183,52%	20,541
Kosodrzewina luźna	–	0,686	–	0,686	4,264	621,94%	4,950
Kosodrzewina	2,417	4,828	199,75%	7,245	7,766	107,19%	15,010
Kosodrzewina z odnowieniem świerkowym	–	0,290	–	0,290	11,040	3812,84%	11,329
Potok	–	0,569	–	0,569	-0,162	-28,44%	0,407
Droga	0,061	0,052	85,99%	0,113	-0,052	-45,86%	0,061

zwartego, a w roku 2004 aż 260,354 ha, co stanowi około sześciokrotny wzrost powierzchni zajmowanej przez odnowienie zwarte (w roku 1955 odnowienie zwarte nie wystąpiło).

Samo porównanie powierzchni pod kątem zajmowania jej przez poszczególne kategorie nie pozwala odpowiedzieć na wiele istotnych pytań dotyczących kwestii dynamiki zmian poszczególnych kategorii na przestrzeni poszczególnych okresów [Guzik 2001]. Aby zbadać tę dynamikę, przeprowadzono zestaw analiz przestrzennych (tab. 3) dla okresów 1955–1977–2004.

Z powyższej tabeli (tab. 3) wynika, że powierzchnie polan z roku 1955 nie zmieniły się w 53,73% i pokrywają się ze stanem z roku 2004 na obszarze 383,289 ha. Największe zmiany w obrębie polan zostały spowodowane pojawieniem się w tym okresie odnowienia luźnego i zwartego o łącznej powierzchni 287,628 ha, co spowodowało 40,32% ich ubytku. Pozostałe kategorie przyczyniły się do tego na powierzchni 42,387 ha (5,94% powierzchni początkowej polan). Dane wskazują również na zwiększenie się areалу polan w tym okresie. W największym stopniu przyczyniły się do tego wylesienia głównie na granicach polan o powierzchni 3,322 ha. Zinventaryzowana kategoria starszych drzew przeszła do kategorii „polana” w 91,49%. Pozostałe kategorie zostały zastąpione przez polanę na powierzchni 2,571 ha. Analiza obrazuje również dynamikę zmian kategorii pojedynczych drzew zinwentaryzowanych w obrębie polan w roku 1955. W badanym

Tab. 3. Przejścia kategorii w okresie 1955–2004

Rok 1955	Rok 2004									
	pow.	polana	odnowienie luźne	odnowienie zwarte	starsze drzewa	koso-drzewina	koso-drzewina z odnowieniem	koso-drzewina luźna	droga	potok
Polana	[%] [ha]	53,73% 383,289	6,17% 44,046	34,15% 243,582	1,86% 13,293	1,92% 13,662	1,41% 10,029	0,69% 4,935	0,01% 0,061	0,06% 0,407
Pojedyncze drzewa i grupy drzew na polanie w roku 1955	[%] [ha]	9,07% 2,095	6,54% 1,51	52,42% 12,109	31,16% 7,199	0,23% 0,053	0,58% 0,135	– –	– –	– –
Odnowienie luźne	[%] [ha]	8,29% 0,314	16,36% 0,619	61,68% 2,336	– –	2,58% 0,098	11,07% 0,419	0,01% 0,001	– –	– –
Starsze drzewa	[%] [ha]	91,49% 3,322	3,04% 0,11	4,16% 0,151	1,31% 0,048	– –	– –	– –	– –	– –
Kosodrzewina	[%] [ha]	4,37% 0,106	4,27% 0,103	10,31% 0,249	0,06% 0,001	49,55% 1,198	30,86% 0,746	0,59% 0,014	– –	– –
Droga	[%] [ha]	93,07% 0,056	6,93% 0,004	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –

okresie zaobserwowano także wiele prawidłowości wynikających z dynamiki sukcesji. Jedną z nich jest przejście kategorii pojedynczych drzew i grup drzew na polanie z 1955 roku do kategorii odnowienia luźnego i zwartego na łącznej powierzchni 13,619 ha.

Na podstawie wyników szczegółowych analiz stwierdzono, że tempo zarastania polan w okresie 1955–1977 było wolne. Powierzchnia początkowa polan z 1955 roku w 85,10% pokrywa się z powierzchnią zajmowaną w roku 1977. Ubyło 104,756 ha powierzchni polan głównie na rzecz odnowienia luźnego i zwartego, które zajęło powierzchnię polan odpowiednio w 6,57% i 4,96%. W okresie tym nie tylko ubywało polan, ale również powierzchnia ta się zwiększała w wyniku usunięcia pojedynczych drzew w obrębie polan i większych grup na jej granicy. W ten sposób przybyło 9,547 ha powierzchni polan.

Tempo zarastania polan w okresie 1977–2004 było znacznie szybsze niż w poprzednim. Kategoria „polana” w 2004 roku pokrywa się w 61,95% (377,814 ha) z powierzchnią zajmowaną przez tę kategorię w roku 1977. Na podstawie wyników zauważono również dynamiczne zmiany szaty roślinnej, jak również zjawisko konkurencji występującej w strefie górnej granicy lasu. W tym okresie polany ustąpiły głównie kategoriom odnowień, które zajęły łącznie 200,527 ha z ich początkowej powierzchni. Również dynamicznie następowały przejścia pomiędzy kategoriami odnowień. Odnowienie luźne pokryło się z tą samą kategorią na 8,88% (4,515 ha) powierzchni początkowej, a większa część (77,00%) przeszła do kategorii odnowienia zwartego. Z kolei odnowienie zwarte występuje na 91,28% (37,252 ha) obszaru początkowego.

Analiza opracowań fotointerpretacyjnych w ujęciu szczegółowym

Na podstawie Kronik Tatrzańskiego Parku Narodowego ustalono termin wywłaszczenia hal pasterskich, na których położone są analizowane polany. Podział Tatr na hale wypasowe podaje W.H. Paryski [1963]. Wykorzystując ten podział i informacje z Kronik TPN, przypisano polanom okres trwania sukcesji i rozdzielono je na dwie główne kategorie (tab. 4, ryc. 3). Do kategorii pierwszej przypisano polany, dla których ustalono czas trwania sukcesji. Kategorię drugą stanowią polany, dla których okres trwania sukcesji był niemożliwy do ustalenia z powodu braku informacji, oraz polany, na których prowadzi się wypas kulturowy od 1982 roku. Kolejne analizy zostały przeprowadzone osobno dla tych dwóch grup polan. Z poniższej ilustracji (ryc. 3) wynika, że polany, dla których brakowało informacji na temat zaprzestania wypasu, leżą w większości poza obszarem podzielonym wg WHP i są to polany do dziś użytkowane gospodarczo.

W pierwszej kolejności opracowano polany, dla których znany był rok wyłączenia z użytkowania (kategoria D). Analizując wpływ czasu trwania sukcesji na stopień zarosnięcia polan, nie zauważono żadnej zależności. Istnieją polany, które zarosły w większym stopniu przy krótszym czasie trwania sukcesji. Zaobserwowano również sytuację odwrotną: istnieją polany, które użytkowano krócej, ale mimo to zarosły w małym stopniu (ryc. 4).

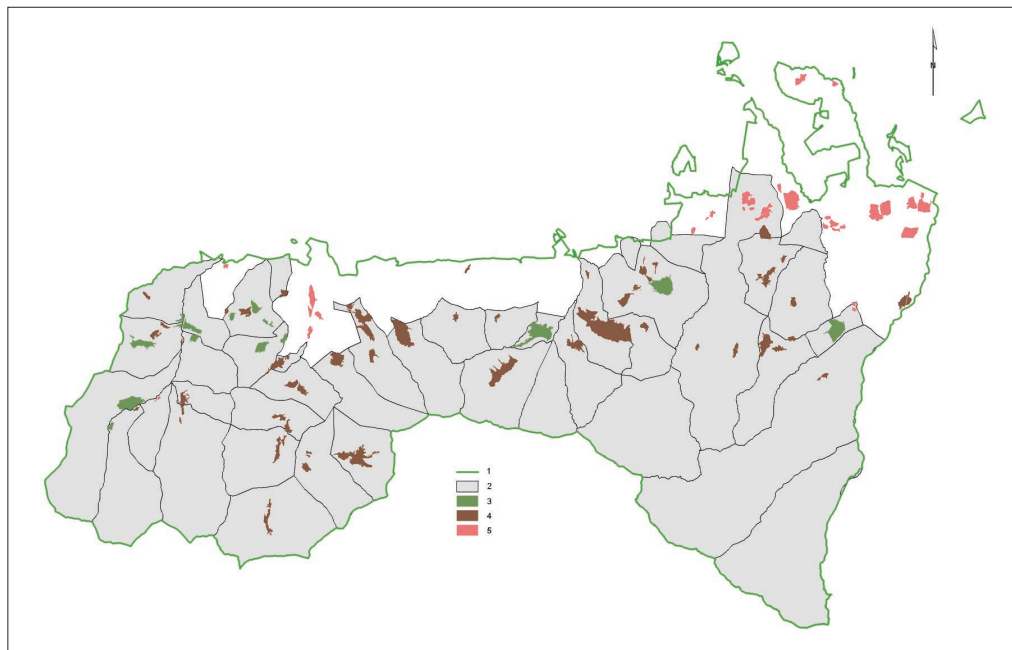
Badane polany charakteryzują się dużym zróżnicowaniem wielkości. Najmniejsza z nich ma powierzchnię 0,539 ha i jest to polana w Dol. Suchej, z kolei największą powierzchnię zajmuje Polana Jaworzynka 74,800 ha. Analizując wpływ wielkości początkowej polany na tempo jej zarastania, należałoby się spodziewać, że mniejsze polany zarosną szybciej, a na większych ten proces będzie trwał znacznie dłużej. Na podstawie wyników stwierdzono, że nie ma zależności pomiędzy wielkością początkową a tempem

Tab. 4. Podział polan na kategorie

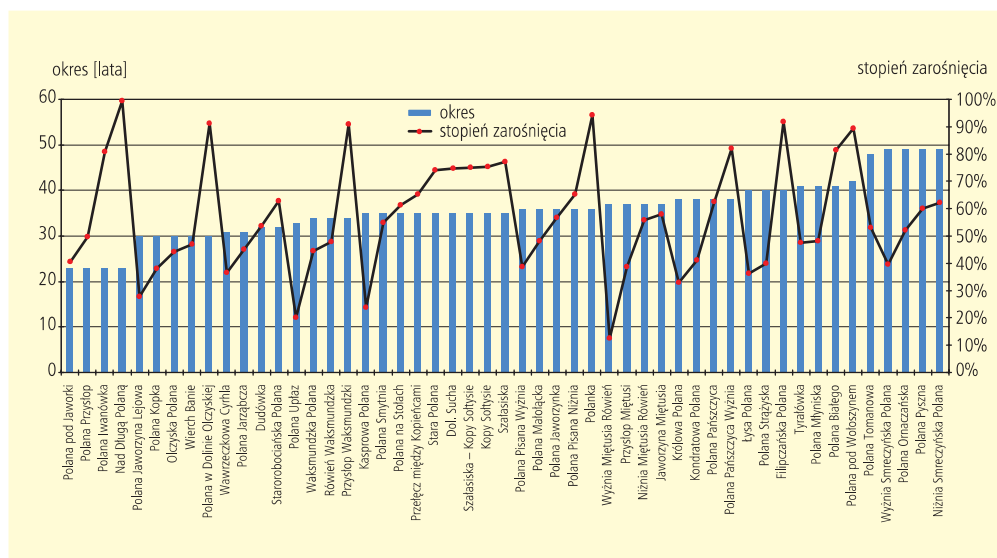
Kategoria	Czas sukcesji (grupa)	Nazwa polany
I	23	Nad Długą Polaną Polana Iwanówka Polana pod Jaworki Polana Przysłop
	30	Olczyńska Polana Polana Jaworzyna Lejowa Polana Kopka Polana w Dolinie Olczyńskiej Wierch Banie
	31	Polana Jarząbcza Wawrzeczkowa Cyrhla
	32	Dudówka Starorobociańska Polana
	33	Polana Uplaz
	34	Przysłop Waksmundzki Równia Waksmundzka Waksmundzka Polana
	35	Dol. Sucha Kasprowa Polana Kopy Sołtysie Polana na Stołach Polana Smytnia Przełęcz między Kopieńcami Stara Polana Szałasiska Szałasiska – Kopy Sołtysie
	36	Polana Jaworzynka Polana Małolącka Polana Pisana Niżnia Polana Pisana Wyżnia Polanka
	37	Jaworzyna Miętusia Niżnia Miętusia Równia Przysłop Miętusi Wyżnia Miętusia Równia
	38	Kondratowa Polana Królowa Polana Polana Pańszczyca Polana Pańszczyca Wyżnia
40	Filipczańska Polana Łysa Polana Polana Strążyska	

I	41	Polana Białego Polana Młyniska Tyratówka
	42	Polana pod Wołoszynem
	48	Polana Tomanowa
	49	Niżnia Smreczyńska Polana Polana Ornaczańska Polana Pyszna Wyżnia Smreczyńska Polana

Kategoria	Informacja	Nazwa polany	
II	Brak danych [BD]	Błociska Brzanówka Brzanówka 2 Brzanówka 3 Brzeziny Bukowina Cudakowa Polana Głębokie Goły Wierch Hurkotna Polana Kiczora Niżnia Kiczora Wyżnia Merkusia Polana Niżnia Palenica Pańszczykowa Polana pod Jeziorem Polana Poroniec Polana Trzydniówka Stare Kościeliska Wyżnia Kira Miętusia Wyżnia Palenica Pańszczykowa	
		Zahardziska Zasadnia Zasadnia 2	
		Wypas kulturowy [WK]	Chochołowska Polana Kopieniec Lejówki Niżnia Kominarska Polana Polana Długa Polana Huciska Polana Huty Lejowe Polana Jamy Polana Jarząbcza Niżnia Polana Jaworzyna Polana Kalatówki Polana Kryta Polana Kuca Przysłop Kominarski Rusinowa Polana

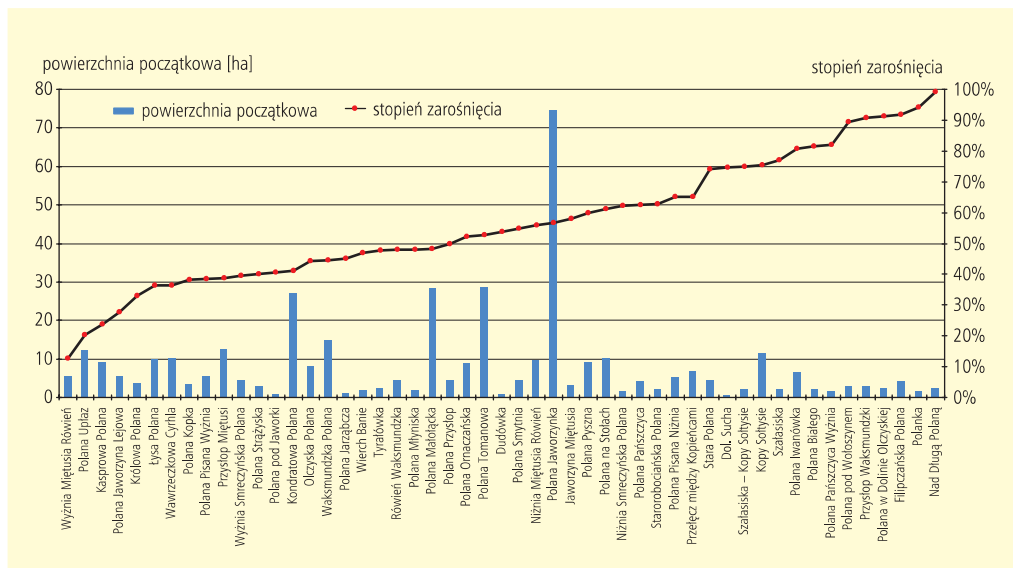


Ryc. 3. Podział Tatr na hale wg W. H. Paryskiego. 1 – granica TPN, 2 – podział na hale wg WHP, 3 – polany, na których prowadzi się wypas kulturowy od 1982 roku (WK), 4 – polany, dla których ustalono termin wyłączenia z użytkowania, 5 – polany, dla których ustalenie terminu wyłączenia z użytkowania nie było możliwe (BD)



Ryc. 4. Wpływ czasu trwania sukcesji na stopień zarośnięcia polan (kategorii I) 1955–2004

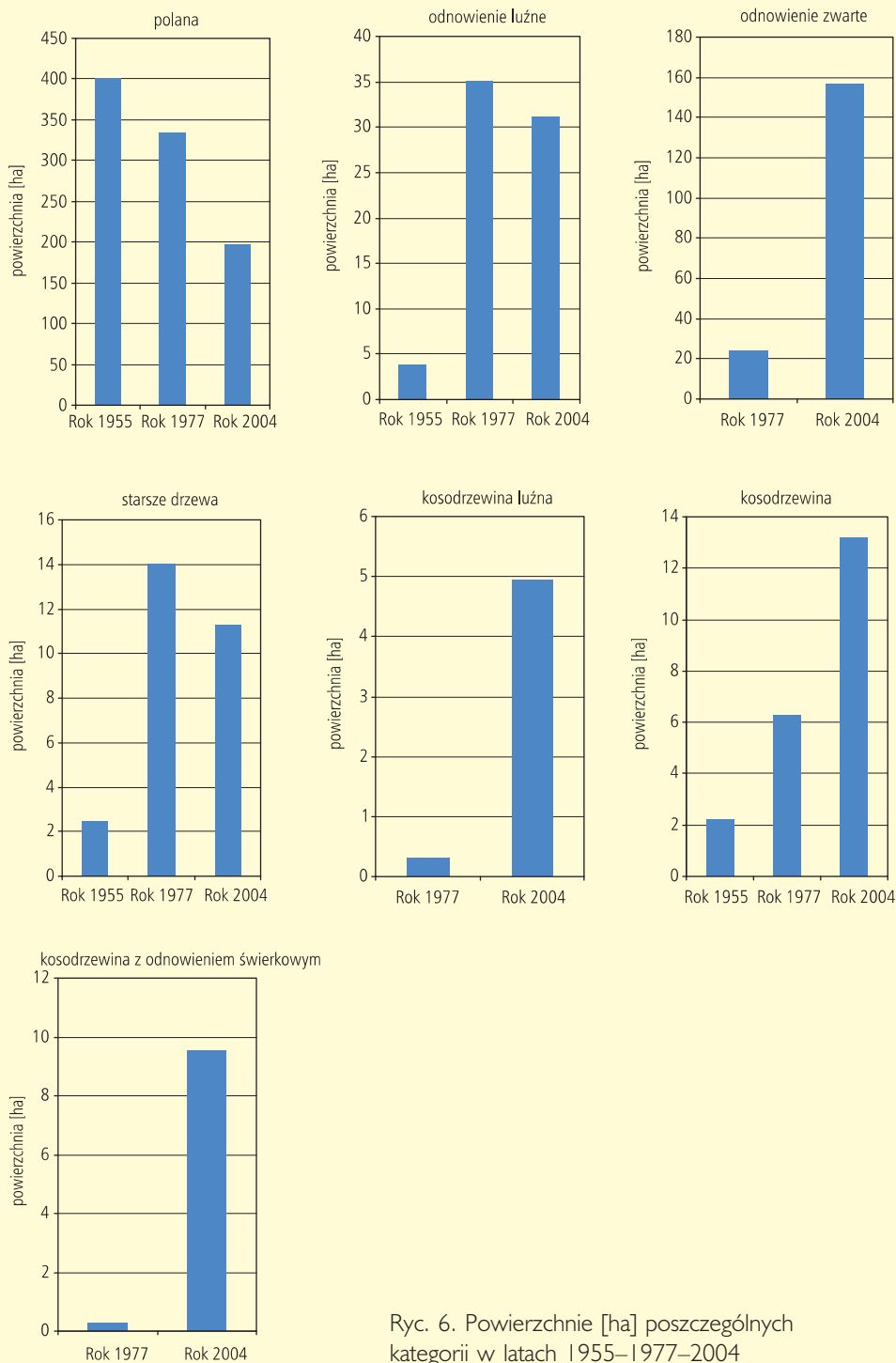
zarastania polan, bowiem odnajdziemy polany małe, które praktycznie zarosły zupełnie, jak np. Polanka (stopień zarośnięcia 94,20%) czy polana na Przysłopie Waksmundzkim (stopień zarośnięcia 90,89%), i takie, które nie zarosły praktycznie wcale, a ich powierzchnia początkowa nie była wiele większa od wcześniej wymienionych, np. Królowa Polana (stopień zarośnięcia 23,69%) (ryc. 5).



Ryc. 5. Wpływ wielkości powierzchni początkowej na stopień zarośnięcia polan (kategoria I) 1955–2004

Analizując dynamikę zarastania (ryc. 6) w poszczególnych okresach, zaobserwowano, że przejścia kategorii zachodzą podobnie jak w przypadku analizy wszystkich polan bez podziału na użytkowane i nieużytkowane gospodarczo. Wartości obrazujące sukcesję są bardzo podobne i tempo zarastania polan w pierwszym okresie 1955–1977 było wolniejsze od tempa w okresie drugim 1977–2004. Na podstawie wyników analiz danych z okresu 1955–1977 stwierdzono, że ubytek powierzchni zajmowanej przez polany jest niewielki. Powierzchnia, którą zajmowały polany w 1955 roku pokrywa się w 83,52% z powierzchnią zajmowaną w roku 1977. Odnowienie luźne na przestrzeni tego okresu zajęło 8,07% polan, czyli 31,576 ha; z kolei odnowienie zwarte 4,95%, co odpowiada powierzchni 19,355 ha. Ubytek polan został spowodowany również między innymi wzrostem kosodrzewiny na powierzchni 4,484 ha.

Zmiany związane z zarastaniem polan w okresie 1977–2004 zachodziły znacznie szybciej. Powierzchnia polan z roku 2004 w 56,50% pokrywa się z powierzchnią zajmowaną przez polany na początku okresu. Do ubytku polan w tym okresie przyczyniły się wzrost powierzchni zajmowanych przez odnowienie luźne i zwarte, które łącznie zajęły 121,192 ha (36,26%) ich powierzchni. Ubytek z kolei został po części zrekomensowany wylesieniami i zniszczeniem odnowień powstałych w okresie 1955–1977. Na podstawie wyników analizy stwierdzono ubytek powierzchni leśnej na rzecz polan o powierzchni 4,395 ha.

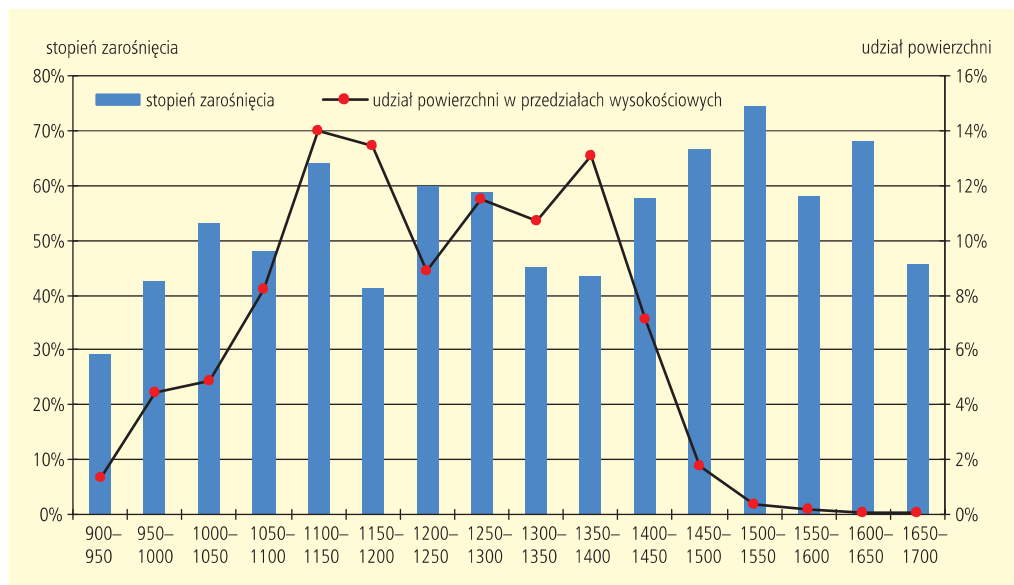


Ryc. 6. Powierzchnie [ha] poszczególnych kategorii w latach 1955–1977–2004

Analizy z wykorzystaniem numerycznego modelu terenu

Wysokość n.p.m.

Można zauważyć, że szata roślinna w Tatrach ulega wyraźnym zmianom wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza. Jest to związane z piętrowym układem roślinności charakterystycznym dla krajobrazu górskiego. Wraz ze wzrostem wysokości lasy mieszane są wypierane przez drzewostany iglaste, a te z kolei zastępowane są przez kosodrzewinę. Kosodrzewina ustępuje miejsca wysokogórskim łąkom, które zastępowane są przez skaliste turnie. Schemat ten modyfikowany jest przez lokalne warunki siedliskowe [Guzik 2008].



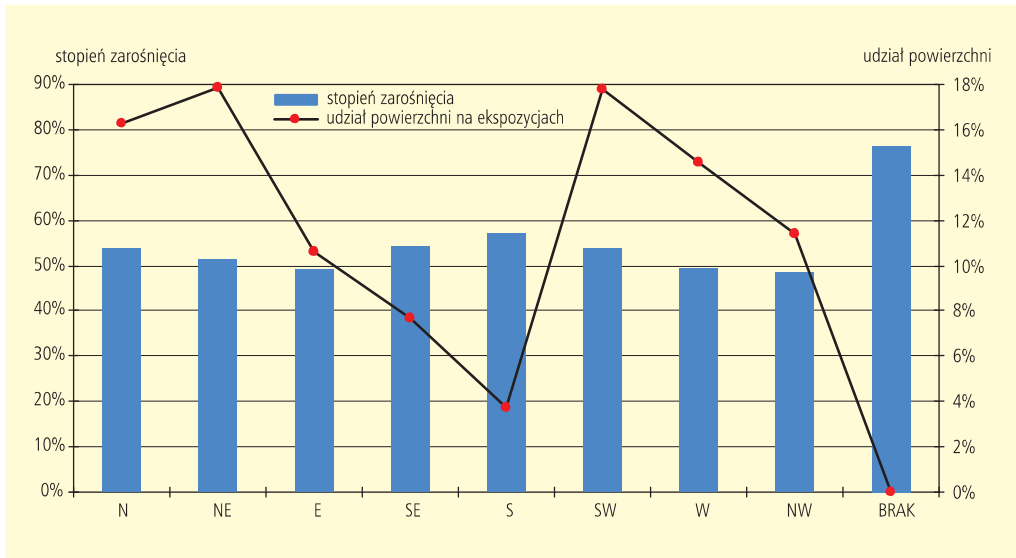
Ryc. 7. Stopień zarośnięcia polan w zależności od wysokości n.p.m. w okresie 1955–2004

Analiza przestrzenna z wykorzystaniem NMT pozwala określić tempo zarastania polan w zależności od wysokości nad poziomem morza [Bukowski 2009], do jej przeprowadzenia wykorzystano model terenu sklasyfikowany w 50-metrowe przedziały wysokościowe.

W przedziałach wysokościowych od 1500 do 1700 (ryc. 7) można zaobserwować maksimum zarośnięcia polan, ale udział powierzchni w tych przedziałach jest najniższy (od 0,37% do 0,03%), więc jest to zbyt mała próba do stwierdzenia związku dynamiki zarastania polan z wysokością nad poziomem morza.

Ekspozycja

Ekspozycja jest czynnikiem, który w istotny sposób warunkuje występowanie i rozmieszczenie roślinności. Czynnikiem ten ma wpływ na ciepło i opady, jakie docierają na powierzchnię terenu i kształtują szatę roślinną.



Ryc. 8. Stopień zarośnięcia polan w zależności od wysokości n.p.m. w okresie 1955–2004

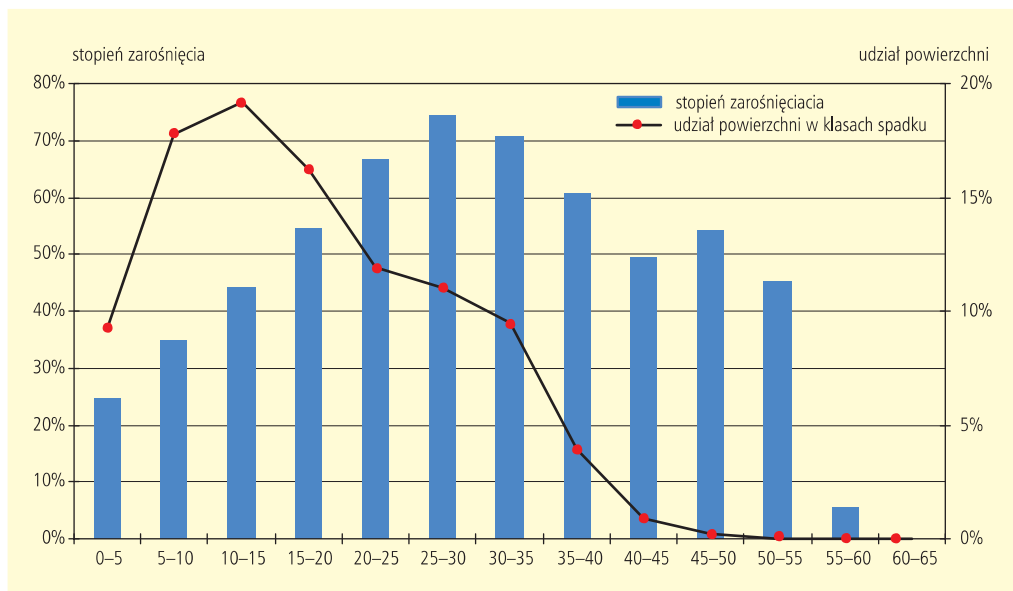
Na podstawie NMT dla potrzeb analizy wygenerowano mapy ekspozycji i przeprowadzono analizy tempa zarastania w zależności od wystawy. Uzyskano stopnie zarośnięcia powierzchni polan na danych ekspozycjach w okresie 1955–2004 (ryc. 8).

Na podstawie wyników stwierdzono brak zależności tempa zarastania polan od wystawy. Maksymalny stopień zarośnięcia występuje na powierzchni płaskiej, ale tak jak w przypadku przedziałów wysokościowych udział powierzchni polan na terenie płaskim jest znikomy, bo zaledwie 0,04%.

Spadek

Analizowane powierzchnie charakteryzują się spadkami do 65%. Najwięcej badanych powierzchni znajduje się na obszarach o spadku od 10 do 15%, które stanowią 19,21% sumy powierzchni wszystkich obiektów uwzględnionych w analizach. Powierzchnie obiektów zajmujących tereny o spadku 60–65% (maksymalne spadki występujące na badanych powierzchniach) stanowią minimalny odsetek powierzchni wszystkich obiektów i ich udział to zaledwie 0,013 ha z powierzchni ogólnej. Wyniki analiz dynamiki zarastania polan w poszczególnych klasach spadku przedstawiono na wykresie (ryc. 9).

Badając zależność zarastania polan od spadku, stwierdzono, że stopień pokrycia polan przez odnowienie wzrasta wraz ze wzrostem spadku. Analiza danych wskazuje na tę zależność do klasy spadku 25–30%, gdzie występuje pierwsza maksymalna wartość stopnia zarośnięcia. W kierunku większych spadków następuje zmniejszanie się stopnia zarośnięcia polan, gdzie występuje drugie maksimum przy spadkach 40–50%, ale porównując to z udziałem powierzchni w tej klasie spadku, która jest dość niska, począwszy od klasy 40–45%, nie można stwierdzić, że jest to zależność.



Ryc. 9. Stopień zarośnięcia polan w zależności od spadku w okresie 1955–2004

Analiza opracowań fotointerpretacyjnych pozostałych polan w ujęciu szczegółowym

Polany użytkowane do dziś gospodarczo poddano analizie zarastania bez uwzględnienia czynników topograficznych, ponieważ jak wcześniej wykazano, nie mają one znaczącego wpływu na tempo sukcesji. Podzielono je natomiast na kolejne dwie kategorie: polany, dla których nie ma informacji o wyłączeniu z użytkowania (są to polany w większości właścicieli prywatnych intensywnie użytkowane gospodarczo), oraz polany, na których prowadzony jest wypas kulturowy.

Wyniki analizy dynamiki zarastania przedstawiono poniżej w tabeli (tab. 5). Wykazano, że polany te również podlegają procesowi sukcesji, a jej tempo jest porównywalne z tempem sukcesji na polanach kategorii I. Powierzchnia polan, na których jest prowadzony wypas kulturowy (WK), pokrywa się w 58,57% z powierzchnią, jaką zajmowały one w roku 1955, podobną wartością cechuje się pokrycie w przypadku polan, dla których nie posiadano informacji (BD) dotyczącej wyłączenia z użytkowania, i odpowiada ono 62,76% powierzchni początkowej.

W przypadku polan, na których jest prowadzony wypas kulturowy, przeznaczają się na ten cel jedynie określony ich fragment. Pozostała część nie jest użytkowana, dlatego wartości obrazujące stopień zarośnięcia są stosunkowo wysokie. W przypadku polan, dla których nie ma informacji na temat wyłączenia z użytkowania, powierzchnia pokrycia odnowieniem zawyżona jest przez kilka polan będących własnością TPN, a które zarosły bądź zostały zalesione w wysokim stopniu. Dla pozostałych polan z tej grupy, zwłaszcza tych we władaniu prywatnych właścicieli, ubytek ich powierzchni nastąpił w niewielkim stopniu (tab. 6).

Tab. 5. Przejścia kategorii w okresie 1955–2004

	Rok 1955	Rok 2004								
		dane	polana	odnowienie luźne	odnowienie- zwarte	starsze drzewa	koso- drze- wina	koso- drze- wina z odno- wieniem	droga	rzeka
WK	polana	pow. [%]	58,57%	4,94%	32,60%	1,74%	1,08%	1,07%	–	–
		pow. [ha]	92,332	7,793	51,39	2,751	1,697	1,685	–	–
	pojedyncze drzewa	pow. [%]	8,96%	6,28%	64,45%	19,87%	0,44%	–	–	–
		pow. [ha]	0,556	0,39	3,998	1,233	0,027	–	–	–
starsze drzewa	pow. [%]	94,32%	5,68%	–	–	0,00%	–	–	–	
	pow. [ha]	0,154	0,009	–	–	–	–	–	–	
kosodrze- wina	pow. [%]	0,39%	–	9,83%	–	40,84%	48,93%	–	–	
	pow. [ha]	0,001	–	0,021	–	0,087	0,104	–	–	
BD	polana	pow. [%]	62,76%	4,51%	30,12%	2,55%	–	–	0,04%	0,02%
		pow. [ha]	97,522	7,005	46,799	3,968	–	–	0,061	0,03
	pojedyncze drzewa	pow. [%]	14,70%	6,03%	42,20%	37,07%	–	–	–	–
		pow. [ha]	0,514	0,211	1,477	1,297	–	–	–	–
	odnowienie luźne	pow. [%]	–	–	100,00%	–	–	–	–	–
pow. [ha]		–	–	0,063	–	–	–	–	–	
starsze drzewa	pow. [%]	85,33%	0,09%	14,59%	–	–	–	–	–	
	pow. [ha]	0,884	0,001	0,151	–	–	–	–	–	
droga	pow. [%]	93,07%	6,93%	–	–	–	–	–	–	
	pow. [ha]	0,056	0,004	–	–	–	–	–	–	

Wyniki – analiza wpływu ukształtowania granicy polany na tempo jej zarastania

W celu przeprowadzania analizy wpływu ukształtowania granicy polany na tempo jej zarastania należało sprawdzić, w jakim stopniu przebieg granic danych polan jest zróżnicowany. Polany o skomplikowanym przebiegu granicy teoretycznie powinny zarosnąć szybciej, gdyż występuje tam dłuższa ściana drzewostanu. Postawiono wykorzystać w tym celu współczynnik rozwinięcia granicy polany $K=L/[2*\sqrt{3},14*P]$ (L – długość granicy polany, P – powierzchnia polany). Współczynnik ten mówi, na ile granica polany zbliżona jest do okręgu. W teorii obiekt o powierzchni 1 ha będzie miał kształt kolisty, gdy jego granica będzie miała długość 354,5 m, czyli im wyższy współczynnik, tym bardziej skomplikowany przebieg granicy polany.

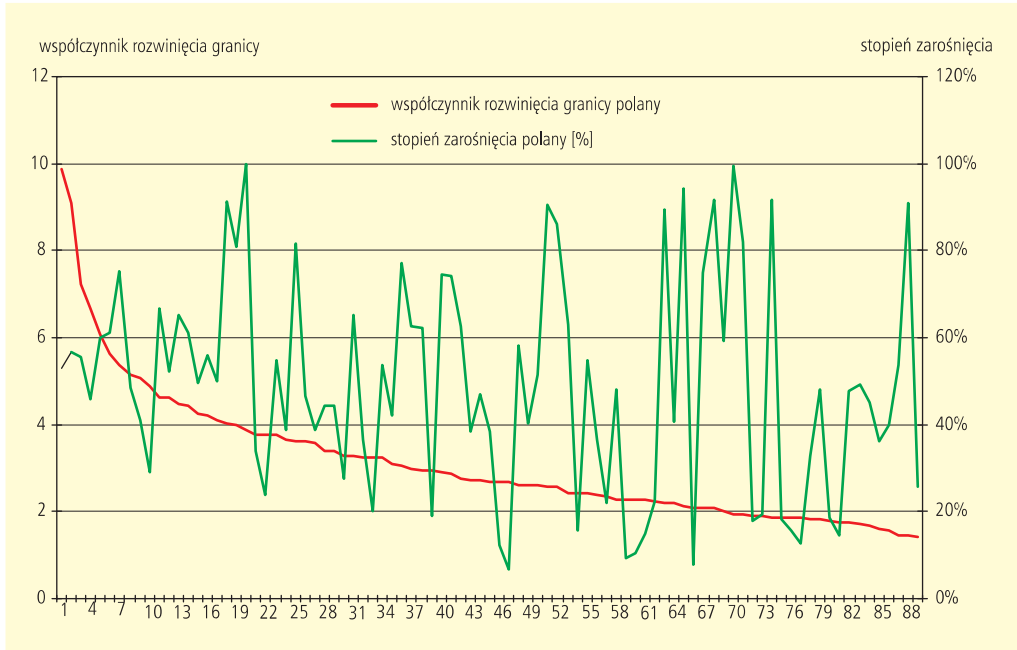
Na podstawie wyników (ryc. 10) nie stwierdzono zależności pomiędzy długością ściany drzewostanu a tempem zarastania polany.

Tab. 6. Stopień zarośnięcia i powierzchnia początkowa polan (BD) z roku 1955

	Stopień zarośnięcia	Pow. początkowa – 1955
Goły Wierch	100,00%	2,229
Merkusia Polana	91,68%	1,642
Hurkotna Polana	90,50%	13,286
Brzanówka 3	85,95%	1,539
Polana Poroniec	66,53%	25,793
Polana Trzydniówka	59,31%	1,045
Brzanówka 2	51,26%	1,624
Wyżnia Palenica Pańszczykowa	49,61%	13,085
Niżnia Palenica Pańszczykowa	46,58%	10,74
Bukowina	36,09%	2,232
Brzeziny	25,58%	2,193
Cudakowa Polana	22,29%	2,564
Kiczora Wyżnia	19,02%	7,764
Zazadnia 2	18,79%	1,641
Zazadnia	18,26%	1,858
Brzanówka	17,74%	3,984
Stare Kościeliska	15,72%	3,442
Zahradziska	14,55%	3,255
Kiczora Niżnia	12,40%	13,795
Polana pod Jeziorem	10,55%	2,49
Wyżnia Kira Miętusia	9,15%	9,506
Głębokie	7,78%	6,164
Błociska	6,68%	23,515

Wnioski

- Na przestrzeni badanych okresów nastąpiło zmniejszenie się powierzchni polan o ponad 46% względem powierzchni początkowej.
- Poszczególne polany charakteryzują się zróżnicowanym stopniem zarośnięcia niezwiązanym z powierzchnią początkową, czasem trwania sukcesji i wpływem czynników topograficznych.



Ryc. 10. Stopień zarośnięcia polan w zależności od współczynnika rozwinięcia granicy polany

- Archiwalne zdjęcia lotnicze i zobrazowania satelitarne dzięki wykorzystaniu technik GIS dają możliwość analizy zmian szaty roślinnej i są cennym materiałem źródłowym.
- Zastosowane techniki geomatyczne pozwalają na szybkie przeprowadzenie skomplikowanych analiz przestrzennych.

Literatura

- Bielecka E., Fedrowicz-Jackowski W. 1993. Computer-aided design of the satellite image map of the Tatra Mountains. [W:] Widacki W. (red.), GIS for environment. Kraków. Institute of Geography Jagiellonian University.
- Bukowski M. 2009. Analiza dynamiki zarastania wybranych polan w Tatrzańskim Parku Narodowym na podstawie opracowań archiwalnych zdjęć lotniczych i zobrazowań satelitarnych. Praca inżynierska wykonana w Katedrze Botaniki Leśnej i Ochrony Przyrody UR Kraków.
- Ciurzycki W. 2004. Struktura przestrzenna naturalnych odnowień świerkowych na górnoregłowych polanach popasterskich w Tatrach Polskich. Sylwan 7.
- Guzik M. 2001. Analiza zmian szaty roślinnej Tatr przy wykorzystaniu technik geomatycznych na przykładzie Doliny Bystrej i Suchej Stawiańskiej. Praca magisterska wykonana w Katedrze Ekologii Lasu AR Kraków.
- Guzik M. 2008. Analiza wpływu czynników naturalnych i antropogenicznych na kształtowanie się zasięgu lasu i kosodrzewiny w Tatrach. Praca doktorska wykonana w Katedrze Botaniki Leśnej i Ochrony Przyrody UR Kraków.

- Litwin L., Myrda G. 2005. Systemy Informacji Geograficznej. Zarządzanie danymi przestrzennymi w GIS, SIP, SIT, LIS. Wydawnictwo Helion.
- Mirek Z. 1996. Antropogeniczne zagrożenia i przekształcenia środowiska przyrodniczego. [W:] Mirek Z. (red.). Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. Kraków – Zakopane. Tatrzański Park Narodowy.
- Miś R., Strzeliński P., Węgiel A. 2001. Systemy informacji przestrzennej w leśnictwie i ochronie środowiska leśnego. Poznań. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu.
- Mozgawa J. 2000. Teledetekcja obszarów leśnych – powiązania z SIP i zastosowania w LP. [W:] Okła K. (red.). System Informacji Przestrzennej w Lasach Państwowych. Podręcznik użytkownika leśnej mapy numerycznej. Warszawa. Bogucki Wydawnictwo Naukowe S.C.
- Paryski W.H. 1963. Pasterskie nazwy geograficzne w Tatrach Polskich i na Skalnym Podhalu. [W:] Antoniewicz W. (red.). Wędrowki pasterskie i nazewnictwo ludowe Tatr Polskich i Podhala. Wrocław – Warszawa – Kraków. Zakład Narodowy imienia Ossolińskich Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk.
- Radwańska-Paryska Z. 1996. Rozwój i realizacja idei ochrony przyrody Tatr. [W:] Mirek Z. (red.). Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. Kraków – Zakopane. Tatrzański Park Narodowy.

Wiatro- i śniegołomy oraz gradacje kornika drukarza w Tatrzańskim Parku Narodowym na przestrzeni ostatnich 100 lat. Próba charakterystyki przestrzennej.

Wojciech Grodzki¹, Marcin Guzik²

¹ Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Gospodarki Leśnej Regionów Górskich, ul. Fredry 39, 30-605 Kraków

² Tatrzański Park Narodowy, Kuźnice 1, 34-500 Zakopane

Streszczenie

W pracy podjęto próbę przedstawienia dwóch zjawisk: wiatrołomów i gradacji kornika drukarza, które w okresie minionych 100 lat kilkakrotnie dotknęły drzewostany TPN. Materiały historyczne dotyczące nasilenia i zasięgu terytorialnego obu zjawisk, dostępne w postaci danych o różnym stopniu szczegółowości, poddano integracji i przedstawiono w formie numerycznej przy zastosowaniu technologii GIS, a następnie dokonano ich analizy w ujęciu czasowo-przestrzennym. Określono obszary największych szkód od wiatru w poszczególnych okresach oraz zasięg i dynamikę rozwijających się w ich następstwie gradacyjnych wystąpień kornika drukarza. Dokonano próby określenia zależności czasowo-przestrzennych między tymi zjawiskami oraz oceny niektórych ich skutków w drzewostanach Parku.

Słowa kluczowe: gradacje owadów, *Ips typographus*, wiatrołomy, Tatrzański Park Narodowy, analiza przestrzenna

Wstęp

Problem szkód od wiatru i śniegu w drzewostanach świerkowych występuje powszechnie w terenach górskich, w tym także w obszarach objętych ochroną w Tatrach. Lokalnie występujące wywroty i złomy w wielkości kilku tys. m³, są tutaj zjawiskiem niemal corocznym. Na przestrzeni ostatnich 100 lat kilkakrotnie dochodziło jednak do powstania wywrotów i złomów o charakterze określanym jako kłęskowy.

Drzewostany świerkowe lub z przewagą świerka, występujące na obszarze Tatr, należą do najbardziej zagrożonych działaniem wiatru. Jewuła [1974] zaliczył je do najwyższej kategorii zagrożenia (katastrofalnego) w pięciostopniowej skali opartej na analizie rozmiaru szkód od wiatru z okresu 1960–1971. Podobnie oceniane jest zagrożenie po słowackiej stronie Tatr, gdzie Konôpka [1973] zaliczył drzewostany TANAP do kategorii wysokiego zagrożenia szkodami od wiatru.

Owady kambiofagiczne, zwłaszcza kornik drukarz *Ips typographus* (L.) i rytownik pospolity *Pityogenes chalcographus* (L.), znajdują w drzewostanach uszkodzonych przez

wiatr (a także śnieg) szczególnie korzystne warunki rozwoju. Zdaniem Capeckiego (1978) to właśnie obfitość drzew powalonych i osłabionych stanowi zasadniczy bodziec wywołujący gradacje tych owadów, wyraźnie uwidaczniając się w warunkach górskich, z natury mniej sprzyjających ich rozrodowi. Szkody, jakie w przeszłości wystąpiły w świerczynach górskich, zwłaszcza w górno- i dolnoregłowych świerczynach Tatr, za każdym razem przyczyniały się do wzrostu ich zagrożenia ze strony owadów kambiofagicznych, utrzymującego się przez wiele lat [Capecki 1981].

Materiał i metody

W opracowaniu wykorzystano materiały archiwalne, a w szczególności:

– Rękopis Adama Liberaka pt. „Leśnictwo Tatr Polskich” z 1929 r., znajdujący się w Archiwum TPN,

– Materiały przesyłane przez TPN do doc. dr. hab. Zenona Capeckiego podczas akcji likwidacji wiatrołomów i zwalczania kornika drukarza w latach 1968–1977, znajdujące się w archiwum Pracowni Ochrony Lasów Górskich Instytutu Badawczego Leśnictwa w Krakowie,

– Informacje z Kroniki TPN z lat 1962 – 1970 znajdujące się w Ośrodku Dokumentacji Tatrzańskiej TPN,

– Dane dotyczące pozyskania drewna w wydzieleniach leśnych TPN w ramach cięć sanitarnych, znajdujące się w zespole ochrony ekosystemów leśnych.

Dane o charakterze przestrzennym poddano wizualizacji z zastosowaniem technologii GIS, generując mapy powstania wiatro- i śniegołomów oraz wystąpienia drzew zasiedlonych przez kornika drukarza. Czas trwania i dynamikę kolejnych gradacji określono na podstawie dostępnych danych obrazujących nasilenie występowania kornika drukarza. W poszczególnych okresach były to:

– dla lat 1911–1924: liczba wykładanych corocznie drzew pułapkowych (założono, że liczba ta wynikała z potrzeb ochronnych związanych z presją populacji kornika drukarza),

– dla lat 1968–1974: liczba wyznaczonych drzew stojących zasiedlonych przez kornika drukarza (bezpośredni efekt wzmoczonego jego występowania w drzewostanach),

– dla lat 1989–2008: miąższość drzew zasiedlonych i usuniętych z lasu w ramach cięć sanitarnych (wyrażająca intensywność zabiegów ochronnych wynikających z nasilenia występowania korników) w poszczególnych tzw. latach gospodarczych, obejmujących okresy od 1 października do 30 września roku następnego.

Wiatro- i śniegołomy oraz gradacje kornikowe w Tatrach

1911–1924

Z końcem stycznia 1911 roku miały miejsce w Tatrach znaczne szkody od śniegu, które objęły obszar ok. 3000 ha. Szkody od śniegu i wiatru w następnych latach spowodowały dalsze pogorszenie stanu sanitarnego drzewostanów, co przyczyniło się do rozwoju gradacji kornika drukarza. Kulminacyjnym punktem gradacji był rok 1921. Rozpoczęto wówczas zorganizowane na dużą skalę prace zmierzające do ograniczenia populacji kambiofagów na tym terenie poprzez usuwanie złomów i wywrotów, korowanie oraz wykładanie drzew pułapkowych.

Inż. Adam Liberak [1929] opisuje to następująco (zachowano oryginalną pisownię):

Historię dzisiejszego stanu musimy zacząć od 1911 kiedy to z końcem stycznia nawiedziła Tatry okiść śnieżna od lat niepamiętna. Zniszczyła ona tak drzewostan, że miejscami zadrzewienie doszło do 0,5. Ogólna powierzchnia uszkodzonego wtedy lasu w Tatrach wynosiła przeszło 3000 ha. Usuwano powoli szkody i nie przywiązywano zbyt wiele do tego wagi. Przeważało wtedy zdanie, że okiść zastąpiła zręby i nie ma koniecznej potrzeby spieszenia z uporządkowaniem złomów, by starczyły na dłuższy czas do uporządkowania. Prace postępowały naprzód, co prawda systematycznie, lecz powoli, że wybuch wojny r. 1914 zastał jeszcze te złomy nieuporządkowane, rozsiane niemal po całym terenie Tatr.

Podczas Wielkanocy 1916 r. ponowna okiść przyczyniła się do pogorszenia stanu rzeczy. Okiść zniszczyła około 1/3 powierzchni z r. 1911. W tym samym roku 3 wiatry balne dokończyły zniszczenia. Nie było ludzi. Wojna wrzała w całej pełni. Wskutek tych ciężkich warunków i braku robotników kornik będący tutaj zawsze w małej ilości rozwinął się bardzo silnie, tak, że w r. 1918 wystąpił w całej pełni. Zdawało się, że lasy są nie do uratowania. Tak przeszedł rok 1919. W roku tym pracowały tylko tu i ówdzie grupy jeńców wojennych, często gdzieś tam pomiędzy szczupłą ilością zwolnionych z wojska dezercerzy z armii austriackiej, którzy ukrywając się przed wojną i wojskiem w lasach dorywczo jako robotnicy pracowali. Wszystko to jednak było kroplą w morzu.

Za punkt kulminacyjny rozwoju uważam r. 1921 w którym to roku brak jeszcze było jednolitej trwale i silnie prowadzonej akcji. Przytem personel był słabo wyszkolony, a co najważniejsze, że w tym roku warunki meteorologiczne i klimatyczne sprzyjały, jak w żadnym roku rozwojowi kornika. Nie opuszczono jednak rąk. Wzięto się do pracy i przygotowań, tak, że rok 1922 mimo najsilniejszego z dotychczasowych lat wzrostu kornika, zastał przeważną część lasów tatrzańskich w dużym stopniu już przygotowanych.

W r. 1921 pracowało na terenie dzisiejszej fundacji narodowej około 140 robotników stale przez sezon, tzn. przez całe lato. W całości Tatr z wyjątkiem czwartego wydziału, w którym sami właściciele przeważnie jeli się do roboty, pracowało około 190 robotników sezonowych. W r. 1922 do dyspozycji w lasach Fundacji Narodowej było już około 250 robotników i personel leśny postawiony na odpowiedniej stopie, gdyż wskutek długotrwałej wojny sprawnych i zawodowych leśnych musiał zarząd Fundacji Narodowej oddać do wojska i dopiero w tym roku zdołano luki uzupełnić, personel skompletować i odpowiednio wyszkolić. R. 1922 był prócz tego rokiem nasiennym. Wskutek tego r. 1923 był właściwym rokiem, gdzie pod każdym względem lasy były przygotowane do walki z kornikiem. Na terenie Fundacji Narodowej pracowało w r. 1923 stale około 360 ludzi z tego około 200 pracowało przy czyszczeniach powierzchni i zalesieniach, a 160 przy usuwaniu resztek złomów i sucharzy w miejscach trudno dostępnych.

1921

W dobrach Fundacji Narodowej oczyszczono w r. 1921 37,9 ha. Z tego 15 ha wypada na Wydział Kościeliska-Zakopane, 22,9 ha na wydział Bukowina-Brzegi. Walka prowadzona była w bardzo ciężkich warunkach. W wydziale Bukowina-Brzegi ze starych złomów i wywrotów, w dużej części zniszczonych kornikiem wyrobiono 10.281 m³ drzewa, w wydziale Kościeliska-Zakopane 2.438 m³ licząc materiał i opał. Prace były prowadzone nie tylko na obszarach przezemnie wspomnianych, lecz i w innych częściach, gdzie były złomy i okiść z uprzednich lat.

1922

W r. 1922 w zarządzie dóbr Zakopane wyłożono z wiosną drzewa pułapowe po stwierdzeniu gniazd kornikowych:

Wydział Bukowina-Brzegi – 2775 szt.

Wydział Kościeliska-Zakopane – 3550 szt.

Na drugą rójkę wyłożono w wydziale Kościeliska-Zakopane 1995 szt. drzew pułapowych, w Wydziale Bukowina-Brzegi zaś 3500 szt. gdyż wykorzystano wywroty z wiatrów balnych wiosennych, których w tym wydziale w tymże roku było bardzo dużo. Całość więc na drugą rójkę wynosiła 5495 szt. Ogółem w r. 1922 na terenie dóbr hr. Zamoyskiego w Zakopanem założono na obie rójki 11820 szt. drzew. Drzewo to okorowane we właściwym czasie.

W roku tym w lasach drugiego wydziału tatrzańskiego ograniczono się tylko do wywozu drzew leżących na zrębach i do zakładania pułap, które nie były we właściwym czasie okorowane.

W lasach siedmiu gromad (trzeci wydział tatrzański) z małymi wyjątkami założono bardzo dużą ilość pułap kornikowych. Nie wszędzie jednak równomiernie rozmieszczonych. Stan jednak według sprawozdań z lustracji był zupełnie zadowalający.

W Wydziale Kościeliska-Zakopane zalesiono w 1922 18,30 ha płam pokornikowych, w wydziale zaś Bukowina-Brzegi 13,11 ha. R. 1922 był pierwszym obfitym latem nasiennym w tatrach od 10 lat, a przeto też można było na rok przyszyły inaczej zorganizować pracę przy zalesieniach.

Zalesienia w lasach pp. Uznańskich w tym roku były bardzo małe i zrobiono zaledwie w kilku miejscach prawie nic nie znaczące poprawki. W lasach 7 gmin zalesiono już większe przestrzenie stosunkowo, lecz także w stosunku do następujących lat nie duże ilości, gdyż zalesienia przeprowadzono materiałem jeszcze z dawnych zapasów.

1923

W wydziale Kościeliska-Zakopane ilość pułap pierwszej serii wynosiła 2100 szt. Korowanie do 6 tygodni, potem założono na drugi pomiot pierwszej rójki około 10% tzn. mniej więcej 220 szt. Na drugą rójkę założono 1433 szt. pułap w dniach od 15 do 20 lipca. Korowanie drugiej serii zaczęło się 25 lipca i trwało aż do 23 września. 2/5 drzew pułapkowych z drugiej serii była bardzo słabo opadnięte, a reszta wcale.

Druga rójka była tak w ogóle w tym roku w Tatrach bardzo słaba, ponieważ wskutek nie na czas zaczętej akcji wywroty i złomy działały przed ścięciem innych pułap, jako pułapy naturalne. Zawiercanie trwało od drugiej połowy kwietnia prawie do końca maja. Korowanie w 4 do 6 tyg. Potem, zależnie od rozwoju można więc przyjąć do 10 lipca. Równocześnie około 25% na drugi pomiot. Do d. 11 lipca ścięto na drugą rójkę około 1166 szt. Pierwsza rójka była bardzo silna, drzewa były formalnie obsypane.

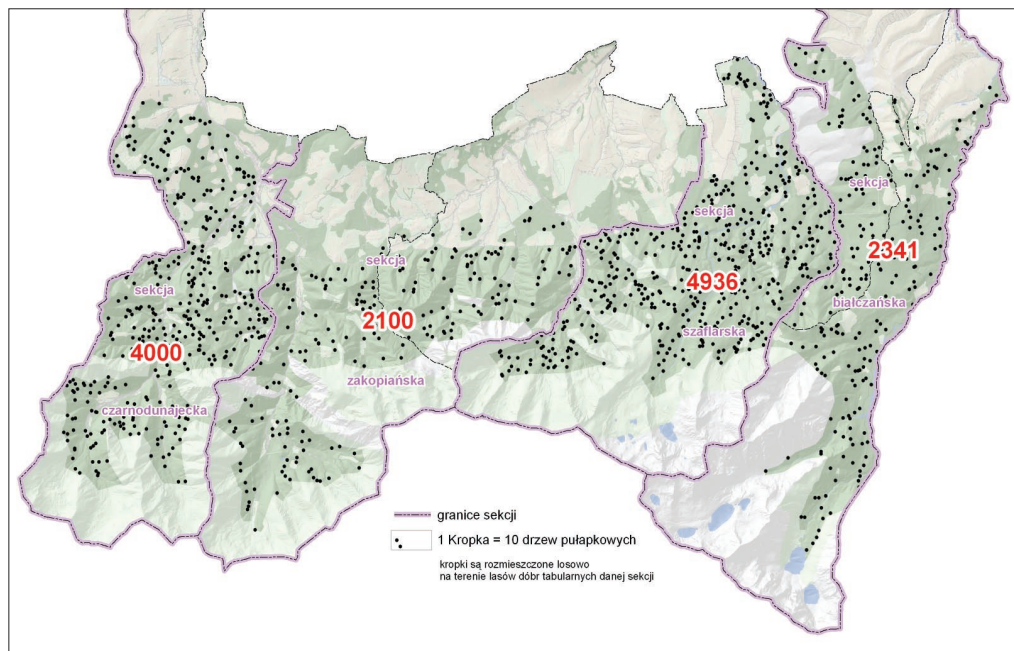
Drzewa pułapowe z drugiego pomiotu były częściowo opadnięte, można liczyć około 35% z pierwszej rójki. Druga rójka miejscami zupełnie chybiła. Cienkie pułapki z bardzo małymi wyjątkami nie były zupełnie opadnięte.

W lasach 7 gmin założono około 4000 szt. pułap. W tym roku pułapy były w odpowiednim czasie ścięte i okorowane.

Zalesienia przestrzeni pokornikowych oczyszczonych często świeżo dopiero ze starych złomów, przedstawiały się następująco: Wydział Kościeliska-Zakopane: za-

lesiono 87 ha, oczyszczono 25 ha. Wydział Bukowina-Brzegi: zalesiono 49 ha, oczyszczono 16 ha. W lasach p. Uznańskich zalesiono 131 ha, oczyszczono 39 ha. W lasach 7 gmin zalesiono około 65 ha, oczyszczono około 15 ha.

Razem więc w całości Tatr w r. 1923 zalesiono 323 ha, a oczyszczono 95 ha. Tak wyglądała akcja tępienia kornika w r. 1923 w Tatrach w dużych kompleksach.



Ryc. 1. Przestrzenne rozmieszczenie drzew pułapkowych wyłożonych w Tatrach w roku 1923

1924

Pierwszą rójkę kornika 1924 r. zauważono dnia 16 maja podczas kilku gorących dni. Na ogół zawiercenia były bardzo słabe, a drzewa pułapkowe nie przedstawiały więcej zawierceń, jak mniej więcej na 1/3 powierzchni drzewa. Zdarzały się też pułapy wcale nieopadnięte. Niektóre miejsca dotąd nawiedzane nie wykazywały ani jednego stojącego opadniętego drzewa. Około ostatnich dni czerwca zauważono w okolicy Wanty obumieranie drzew stojących w większej ilości naraz. Wyznaczono je zaraz do wycięcia, przy czym okazały się dość silnie zawierceni. Opadnięcie to niespodziewanie zaatakowało drzewa tylko w górnych częściach i dlatego nie zaraz zostało spostrzeżone. W każdym razie o ile można było stwierdzić, do wylotu nowego kornika nie doszło.

Ponieważ z końcem jesieni r 1923 nie pozostało w lesie niemal ani jedno drzewo o podejrzanym wyglądzie, czyli, że kornik został zlokalizowany, nagle zaś pojawienie się jego w okolicy Wanty i Roztoki w poważnej ilości wykazuje na przyływ zewnętrzny, którego źródło widać było na przeciwległej stronie Czecho-słowacji w bezpośrednim sąsiedztwie lasu opadniętego po naszej stronie. Wina to bezwarunkowo zarządu lasów jaworzyńskich ks. Hohenloego, leżącej po dru-

giej stronie Białki w Czechosłowacji. Sprawa interwencji w zarządzie obcego państwa przedstawia bardzo duże trudności i w ogóle polega właściwie tylko dokąd konwencje międzynarodowe nie wejdą w życie, na dobrej woli leśników ze strony przeciwnej.

Dynamikę tej gradacji odzwierciedla liczba drzew pułapkowych na korniki, wykładanych w kolejnych latach w poszczególnych rejonach obecnego Tatrzańskiego P.N. (tab. 1). Liczby te świadczą, że lata 1921–1922 można uznać za jej kulminację, biorąc pod uwagę pewną bezwładność reakcji ludzkiej w stosunku do rozwoju gradacji. Natomiast rozmieszczenie pułapek w roku 1923 (ryc. 1) wskazuje, że gradacja kornikową był wówczas objęty cały obszar obecnego Parku.

Tab. 1. Liczba drzew pułapkowych, wyłożonych w poszczególnych rejonach Tatr w latach 1921–1925

Rok	Sekcja zakopiańska	Sekcja białczańska	Sekcja szaflarska	Sekcja czarnodunajeka
	Wydział Kościeliska-Zakopane	Wydział Bukowina-Brzegi	Lasy majątku Uznańskich	Lasy 7 Gmin
1921	2000	3200		
1922 – I rójka	3550	2775	nie wykładano	„bardzo duża ilość”
1922 – II rójka	1995	3500	nie wykładano	
1923 – I rójka	2100	2341	4936	4000
1923 – II rójka	1433	1400	1166	
1924 – I rójka	2199	1330	2973	
1924 – II rójka	260	420	1350	
Plany 1925 – I rójka	1500	100	2200	
Plany 1925 – II rójka	350	250	600	

1962

W pierwszej dekadzie czerwca 1962 r. miały miejsce śniegołomy, których ofiarą padło wg szacunków 30 000 m³ drzew w pasie 1080–1200 m n.p.m. na powierzchni ok. 2000 ha, głównie w drzewostanach I–III klasy wieku (od Głodówki po Goły Wierch – w partii grzbietowej, Wiktorówki, Kopy Sołtysie, Jaworzyński Żleb, Skalnity Potok, Stulnie (nad Suchą wodą), pod Kotlinowym Wierchem, pod Kopieńcem od strony północnej, Goryczkowa – Kondratowa, Hrudy Wierch, Kopki, Smreczyny, Zgorzeliska, Filipka – nad halą). Sprzyjające warunki klimatyczne 1963 r. (ciepłe lato i jesień) przyczyniły się do szybkiej i sprawnej wyróbki drewna, co prawdopodobnie zapobiegło rozrodowi korników [Kronika TPN 1962].

1966

27 i 30 maja obfite opady śniegu spowodowały liczne śniegołomy o miąższości ok. 20 000 m³. Wobec pogorszenia się stanu sanitarnego drzewostanów Parku, Komisja powołana przez Zarząd Ochrony Przyrody w sprawie gospodarki w rezerwatach częściowych, ustaliła w protokole z dnia 14 V 1966 r., że w tej sytuacji, priorytetowym zagadnieniem winno być usuwanie złomów i wywrotów. W dniu 19 maja Komisja Rzeczoznawców odbyła wizję lokalną, wskutek której zawnioskowała prowadzenie zwalczania kornika drukarza w rezerwacie ścisłym na terenie O.O. Morskie Oko (oddz. 28–36), na co w dniu 25 VIII 1966 zezwolił Minister Leśnictwa i Przemysłu Drzewnego.

W dniach 3–5 listopada wiejący wiatr halny poczynił znaczne szkody w rezerwatach ścisłych: Smreczyny – ok. 1000 m³ (rejon Smreczyńskiego Stawu, oddział 32, wysokości od 1200 do 1300 m n.p.m.), Morskie Oko – 250 m³ (oddziały 30, 31, 35). Komisja Rezerwatów Ścisłych – powołana przez Radę Parku – postanowiła pozostawić powyższe powały w stanie nienaruszonym. Na terenie Parku w roku 1966 wyłożono natomiast 209 szt. drzew pułapkowych [Kronika TPN 1966].

1967

Wskutek powtarzających się stale silnych wiatrów halnych wzrosła ilość wywrotów i złomów, przy czym najbardziej poszkodowane były powierzchnie dotknięte poprzednio kłęską śniegołomów oraz powierzchnie, gdzie poprzednio były przeprowadzone trzebieże.

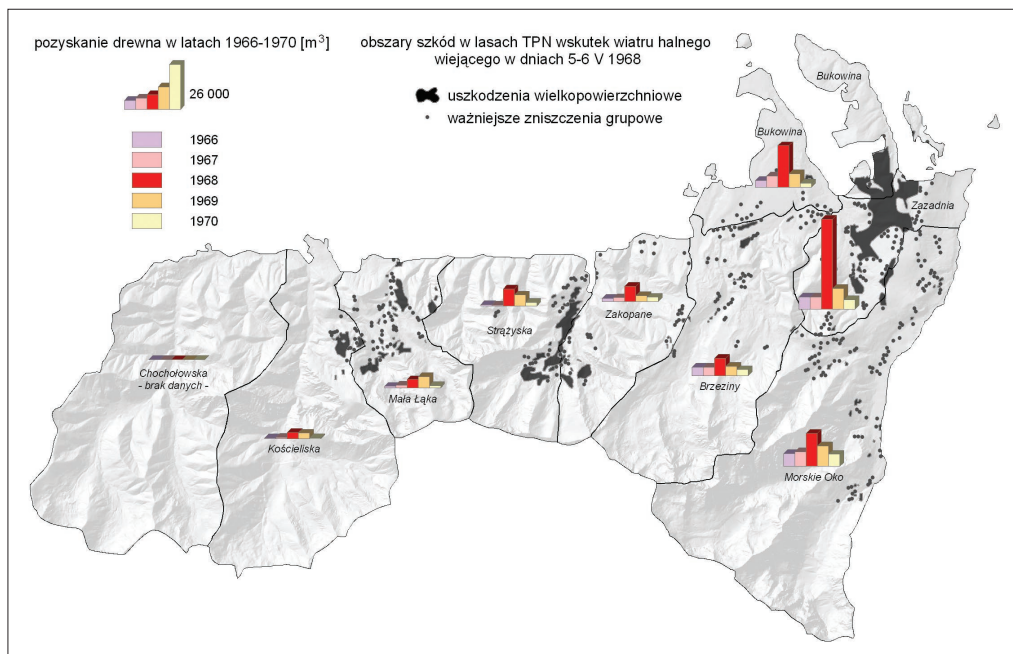
Ministerstwo Leśnictwa i Przemysłu Drzewnego – Zarząd Ochrony Przyrody, mając na uwadze zagrożenie od kornika drukarza, powołał Komisję Rzeczoznawców, która po przeprowadzeniu wizji lokalnej w czerwcu 1967 r. ustaliła, że wiatrołomy w rezerwacie ścisłym „Smreczyny” należy pozostawić w stanie nienaruszonym, natomiast w obwodzie Morskie Oko, w oddziale 35, należy okorować leżące drzewa oraz wyznaczyć i okorować drzewa trocinowe, a pozyskane drewno w całości wywieźć; w pozostałych oddziałach w tym rejonie pozostawić drzewa bez wyróbki. Wnioski komisji zostały zatwierdzone przez Ministra. W roku 1967 wyłożono na terenie Parku 316 szt. drzew pułapkowych [Kronika TPN 1967].

1968

6 maja 1968 wskutek wiatrów halnych na terenie TPN powstały szkody szacowane na 147,7 tys. m³, na zredukowanej (obejmującej 100% zniszczonych drzewostanów) powierzchni 375,6 ha. Największe szkody, obejmujące 49,4% całkowitej miąższości, powstały w rejonie określanym jako Wierch Poroniec – Zazadnia (ówczesne obwody ochronne Morskie Oko i Zazadnia) (ryc. 2).

W wyniku kłęski wiatrołomów, a także występujących w poprzednich latach szkód od okiści, poważnie wzrosło zagrożenie lasów tatrzańskich ze strony owadów kambiofagicznych (głównie – kornika drukarza). Zaleceniem Komisji Sejmowej i decyzją Zarządu Ochrony Przyrody lasy TPN objęte zostały stałą osłoną naukową Instytutu Badawczego Leśnictwa (dr Zenon Capecki). Ponadto decyzją ZOP do sprawowania nadzoru nad pracami ochrony lasu oddelegowany został do TPN z-ca dyrektora Pienińskiego Parku Narodowego inż. Marian Szela.

Wobec zagrożenia wzmocnionym pojawem kornika również w drzewostanach położonych na terenie objętym ochroną ścisłą, zapadły wówczas następujące decyzje: leżący materiał w rejonie Wantuli postanowiono pozostawić na miejscu bez wyróbki, usuwając cały materiał w ich otulinie, natomiast w odniesieniu do O.O. Morskie Oko (nad Wantą



Ryc. 2. Rozmieszczenie drzewostanów dotkniętych wiatrolomami w roku 1968 [wg Bzowski, Dziewolski 1973] oraz rozmiar pozyskania drewna w obwodach ochronnych TPN w latach 1966–1970

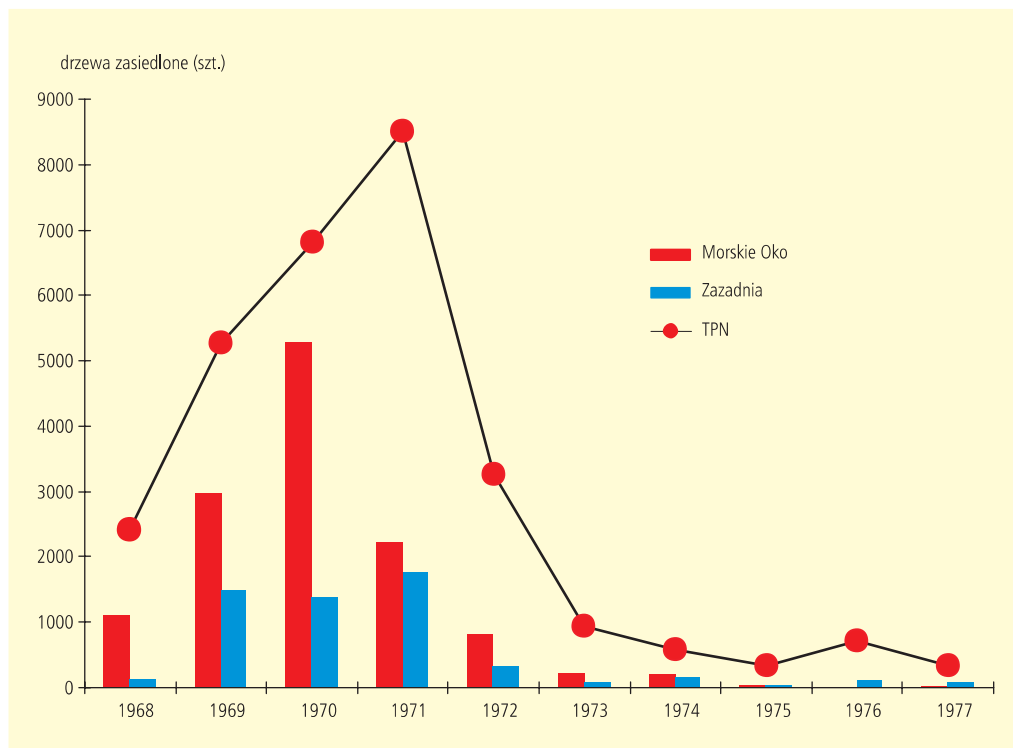
i pod Czubą) stwierdzono, że „konieczne jest zwalczanie kornika na tym obszarze”. Minister wyraził zgodę na realizację wniosków komisji.

Wiosenny termin powstania wywrotów i złomów sprawił, że większość z nich została zasiedlona przez owady kambiofagiczne jeszcze w roku 1968. W kolejnym sezonie wegetacyjnym (1969 r.) nastąpił jednak znaczny wzrost nasilenia wydzielania przez nie drzew stojących, które osiągnęło kulminację w roku 1971 (we wschodniej części Parku w 1970), a w kolejnych latach ulegało stopniowemu ograniczeniu. Dynamikę wydzielania się posuszu czynnego odzwierciedla wykres liczby stojących świerków zasiedlonych przez kornika drukarza, wyznaczonych przez służby Parku w kolejnych latach po wiatrolomie (ryc. 3). Części tych drzew nie usuwano jednak z drzewostanów, z uwagi na ich status ochronny.

W notatce dla Tatrzańskiego P.N. z 1981 r. prof. Zenon Capecki napisał, że „Gradacja [po wiatrolomie z roku 1968] została ostatecznie opanowana w roku 1974”. Trudno dziś stwierdzić na ile jej załamanie się wynikało z prowadzonych działań ochronnych, a na ile z przyczyn naturalnych (na które wskazywałby stosunkowo długi, bo 3–4-letni, okres retrogradacji).

2002

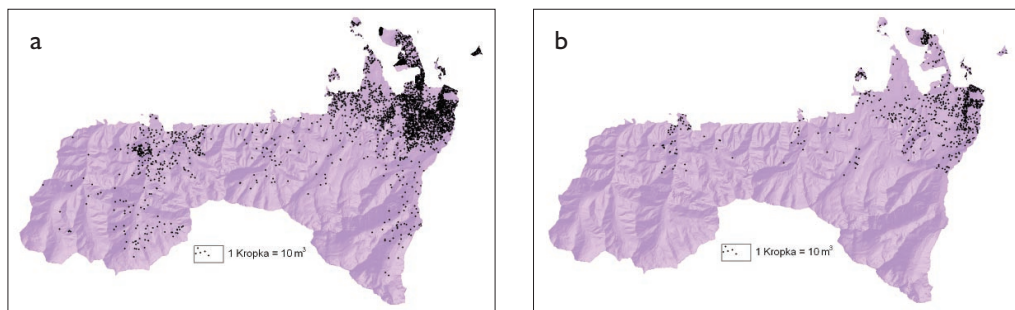
W październiku i listopadzie 2002 roku na obszarze Tatrzańskiego Parku Narodowego wystąpiły silne wiatry halne, które spowodowały zniszczenie wielu drzew, zwłaszcza świerków. Według szacunków administracji Parku, wylamaniu lub powaleniu uległy drzewa o miąższości około 45 tys. m³, na ogólnej powierzchni około 3 tys. ha, przy czym



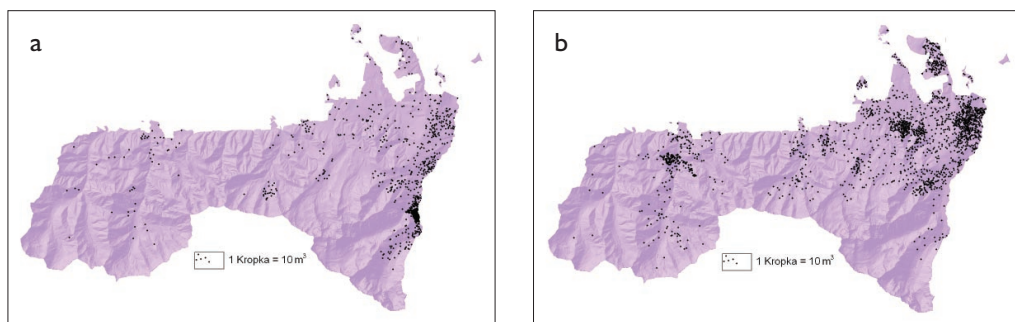
Ryc. 3. Liczba drzew zasiedlonych w O.O. Morskie Oko i Zazadnia oraz na całym obszarze TPN, wyznaczonych w latach 1968–1977

całkowitemu zniszczeniu uległy drzewostany na powierzchni około 350 ha. Większość wywrotów i złomów powstała we wschodniej części Parku (ryc. 4a) na obszarze objętym ochroną czynną (dolnoregłowe drzewostany świerkowe z domieszką jodły), jednak uszkodzeniu uległy także świerczyny w obszarze ochrony ścisłej, gdzie rozmiar zniszczeń szacowany był na około 1,6 tys. m³.

Wywroty i złomy z końca 2002 roku w sposób znaczący wpłynęły na populację korników (zwłaszcza kornika drukarza) w drzewostanach świerkowych wschodniej części Parku. Doszło do wzrostu nasilenia wydzielania się posuszu świerkowego w otoczeniu powierzchni powiatrolomowych, począwszy od roku 2004 (ryc. 4b) i rozwoju dynamicznej gradacji owadów kambiofagicznych, która – dodatkowo spotęgowana szkodami od wiatru z roku 2007 (ryc. 5a) – trwa do chwili obecnej (ryc. 5b) ze stałą tendencją wzrostową (ryc. 6). Z uwagi na status tego obszaru w drzewostanach było i jest prowadzone intensywne usuwanie drzew zasiedlonych przez korniki jako metoda czynnej ochrony lasu (ryc. 7), jednak proces zamierania świerków dotyczy już obecnie także licznych drzewostanów objętych ochroną ścisłą w wyższych położeniach górskich. Dotyczy to także rejonu Roztoki, gdzie w roku 2007 doszło do znacznego uszkodzenia drzewostanów (ryc. 5a).



Ryc. 4. Lokalizacja wiatrołomów z jesieni 2002 (a) oraz nasilenie wydzielania się świerków zasiedlonych przez kornika drukarza w roku 2004 (b)

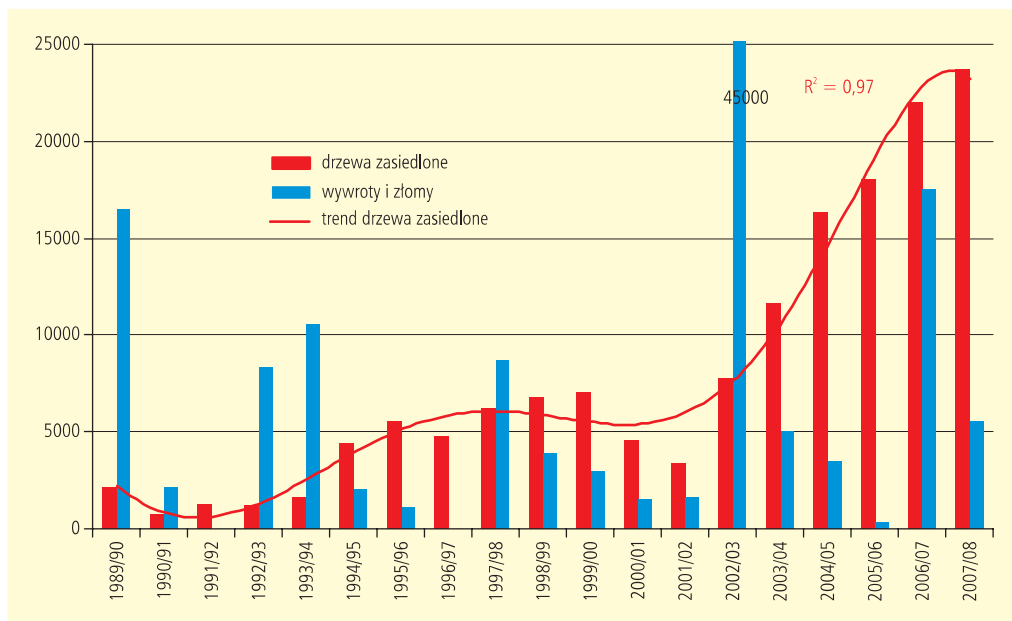


Ryc. 5. Lokalizacja wiatrołomów (a) oraz nasilenie wydzielania się świerków zasiedlonych przez kornika drukarza (b) w TPN w 2007 roku

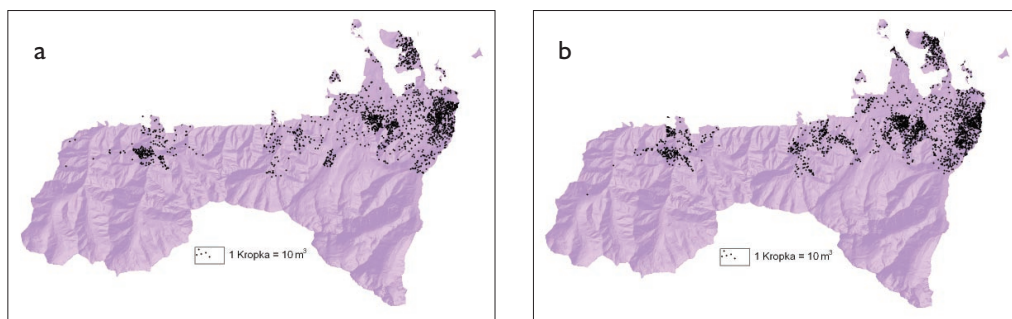
Podsumowanie

Zamierzeniem autorów niniejszego opracowania było ukazanie dwóch zjawisk nierozdzielnie związanych z drzewostanami świerkowymi w górach, a równocześnie wzajemnie powiązanych ze sobą. Problem wywrotów i złomów powodowanych przez wiatr i śnieg w drzewostanach świerkowych występuje bowiem powszechnie w terenach górskich, w tym także w obszarach objętych ochroną. Ich następstwem są gradacyjne pojawy owadów kambiofagicznych, których dynamika zależna jest od czynników naturalnych, a do pewnego stopnia – także od działań człowieka. Istnieje zatem związek przyczynowo-skutkowy: wywroty i złomy – gradacje kornika drukarza, który jest regułą, a zjawiska te powtarzają się cyklicznie. W warunkach Tatrzańskiego Parku Narodowego miały one postać następującą:

- śniegołomy 1911 oraz śniego- i wiatrołomy 1916 → gradacja kornikowa 1918–1923,
- wiatrołom 1962 → szybka wyróbka wywrotów i złomów i brak gradacji (wyjątek od reguły),
- śniegołom 1966 i wiatrołom 1967 → początek rozwoju gradacji,
- wiatrołom 1968 → gradacja kornikowa 1969–1974,
- wiatrołom 2002 (oraz 2007) → gradacja kornikowa od roku 2004, trwająca nadal w roku 2009.



Ryc. 6. Miąższość wywrotów i złomów oraz drzew zasiedlonych przez kornika drukarza w obszarach ochrony czynnej TPN w latach 1989–2008 (dane obejmują okresy od IV kwartału do III kwartału roku następnego)



Ryc. 7. Rozmiar pozyskania drewna, wynikającego z usuwania drzew zasiedlonych przez kornika drukarza w obszarze ochrony czynnej TPN w latach 2007 (a) i 2008 (b)

Koreñ [2005] wspomina o powtarzających się wielokrotnie na terenie TANAP w okresie ostatnich 100 lat wiatrołomach, które także skutkowały gradacjami korników. Po ostatnich katastrofalnych wiatrołomach z roku 2004 w ocalałych drzewostanach rozwinęła się rozległa i dynamiczna gradacja kornikowa, która w sposób szczególnie dotknęła wschodniej części Parku oraz obszarów objętych ochroną ścisłą w Dolinie Cichej i Koprowej [Kunca i inni 2009].

Analiza przestrzennego rozkładu drzewostanów najsilniej uszkodzonych przez wiatr w latach 1962, 1966–1967, 1968, 2002 i 2007 wskazuje, że można mówić o szczególnej

predyspozycji pewnych rejonów Tatrzańskiego Parku Narodowego na działanie wiatru i śniegu. Obszarem takim jest niewątpliwie regiel dolny we wschodniej części Parku, choć powtarzające się wywroty i złomy miały miejsce także w części centralnej i zachodniej.

Skutkiem wiatro- i śniegołomów niemal zawsze jest gradacja korników, której przebieg można próbować łagodzić metodami czynnej ochrony lasu. Badania wykonane w górach wskazują bowiem, że zabiegi ochronne przyczyniają się do spowalniania tempa ustępowania i przedwczesnego zamierania świerków [Capecki 1978, 1981; Forster 1998]. Wyniki badań przeprowadzonych w warunkach ostatnich wiatrołomów w Tatrzańskim [Grodzki i inni 2006c] i Gorczańskim [Grodzki i inni 2006b] Parku Narodowym wykazały, że zaniechanie zabiegów ochronnych i pozostawienie drzew powalonych do zasiedlenia i wylotu korników spowodowało zabicie drzew stojących w najbliższym otoczeniu powierzchni wiatrołomowych podczas drugiego sezonu wegetacyjnego po wiatrołomie. Efekt taki wystąpił także podczas pierwszej z opisanych gradacji (1911–1923), która uległa znacznemu zdynamizowaniu i rozciągnięciu w czasie wskutek braku lub ograniczenia działań ochronnych w warunkach wojennych. Podobny scenariusz rozwoju gradacji po wiatrołomach obserwowano w innych częściach Europy [Forster 1998, Lindelöw, Schroeder 1998, 2001; Göthlin i inni 2000], a istnienia takiej reguły dowodzą także dane przedstawione w niniejszym opracowaniu. Wzrastający w latach 2004–2006 udział samic w populacji kornika w Tatrach wskazywał na tendencje do jego dalszego rozrodu [Grodzki i inni 2007], który istotnie wówczas nastąpił i nadal trwa w roku 2009.

Bardzo istotnym elementem sprzyjającym rozwojowi gradacji jest podatność drzewostanów, która gwałtownie wzrasta w warunkach rozluźnionego zwarcia (obniżona stabilność), gwałtownego odsłonięcia ścian lasu (stres wodny) oraz naderwania systemów korzeniowych (stres fizjologiczny). Drugim czynnikiem warunkującym rozwój gradacji jest okresowa obfitość materiału lęgowego w postaci drzew powalonych i złamanych. Owady kambiofagiczne, wykorzystując okresową obfitość bazy lęgowej w postaci świeżych wywrotów i złomów bardzo szybko zwiększają liczebność populacji, które – po spadku atrakcyjności przesychnających lub obfitości usuwanych drzew leżących – z powodzeniem zasiedlają sąsiednie drzewa stojące, powodując wzrost wydzielania się posuszu. Czas trwania gradacji determinowany jest w głównej mierze warunkami pogody. Masowy pojaw kornika drukarza z lat dziewięćdziesiątych 20. wieku, który objął świerczyny wschodniej części Tatr po stronie polskiej i słowackiej, uległ gwałtownemu załamaniu w roku 1996, kiedy wskutek chłodnego i deszczowego lata doszło do poprawy stosunków wilgotnościowych i kondycji świerka, a warunki rozwoju kornika drukarza uległy pogorszeniu [Grodzki i inni 2006a]. Można domniemywać, że podobny mechanizm zaistniał po wiatrołomach z roku 1962, co zapobiegło rozwojowi gradacji.

Wzrostowy trend rozmiaru cięć sanitarnych związanych z usuwaniem drzew zasiedlonych przez korniki w dolnoreglowych świerczynach objętych ochroną czynną wydaje się być konsekwencją występowania różnych czynników. Najważniejsze z nich to wielkopowierzchniowe występowanie świerczyn na niewłaściwych siedliskach i destrukcyjny wpływ huraganowych wiatrów, ale także ogólne pogorszenie warunków życia świerka wskutek zachodzących zmian klimatycznych. Zabiegi ochrony czynnej powinny zatem być ukierunkowane na ograniczanie liczebności jego populacji i spowalnianie tempa zamierania drzew, które przeżyły uderzenie wiatru. Umożliwi to prowadzenie koniecznej, aczkolwiek obecnie mocno przyspieszonej, przebudowy zniekształconych drzewostanów regła dolnego, która powinna dążyć do zapewnienia maksymalnej różnorodności powstających drzewostanów, z wykorzystaniem mozaiki mikrosiedlisk.

Wnioski

– Analiza przestrzennego rozkładu drzewostanów najsilniej uszkodzonych przez wiatr i śnieg wskazuje, że można mówić o szczególnej predyspozycji pewnych rejonów Tatrzańskiego Parku Narodowego na szkody abiotyczne. Obszarem takim są zwłaszcza dolnoregłowe świerczyny we wschodniej części Parku.

– Drzewostany świerkowe, w których dochodzi do powstania wywrotów i złomów spowodowanych przez wiatr i/lub śnieg, są zawsze narażone na wzmożone występowanie owadów kambiofagicznych (zwłaszcza kornika drukarza), powodujących intensywne wydzielanie się drzew.

– Owady te, wykorzystując okresową obfitość bazy lęgowej w postaci świeżych wywrotów i złomów, bardzo szybko zwiększają liczebność swoich populacji, a następnie zasiedlają sąsiednie drzewa stojące, powodując wzrost wydzielania się posuszu.

– Istnieje nieuchronne następstwo tych dwóch zjawisk: po wystąpieniu wywrotów i złomów niemal zawsze dochodzi do rozwoju gradacji kornika drukarza, która rozpoczyna się zwykle w drugim sezonie wegetacyjnym po ich zaistnieniu. Są to zjawiska wpisane w naturalną dynamikę rozwoju drzewostanów, związane – zwłaszcza w litych świerczynach wyższych położań górskich – z naturalną przemianą pokoleń.

– Znane i stosowane metody aktywnej ochrony lasu przed kornikiem drukarzem, polegające głównie na rozrzedzaniu jego populacji, nie pozwalają na skuteczne zahamowanie rozrodu, jednak mogą przyczynić się do łagodzenia przebiegu i skutków gradacji w postaci zamierania drzew i drzewostanów. Decyzje o ich stosowaniu muszą wynikać bezpośrednio z celu ochrony, któremu podporządkowany jest sposób ochrony czynnej lub biernej.

– W obszarach ochrony biernej (ścisłej) konsekwentny brak ingerencji ludzkiej (w tym także czynnej ochrony lasu) wynika z założonego celu ochrony, jakim jest obserwacja naturalnych procesów. Okresowe wiatro- i śniegołomy oraz gradacje owadów nie mogą stanowić przesłanki do zmian ich statusu oraz sposobu ochrony.

– Przekształcenia dokonane w przeszłości w wyniku działań człowieka skutkują wysokim obecnie udziałem w reglu dolnym litych świerczyn, które wymagają przebudowy przywracającej drzewostanom skład gatunkowy odpowiedni dla warunków siedliskowych. Spokojne i planowe prowadzenie tak ukierunkowanych działań hodowlanych w obszarach ochrony czynnej wymaga jednak kontrolowania tempa rozpadu drzewostanów metodami czynnej ochrony lasu.

Literatura

- Bzowski M., Dziewolski J. 1973. Zniszczenia w lasach Tatrzańskiego Parku Narodowego spowodowane przez wiatr halny wiosną 1968 r. *Ochr. Przyr.* 38: 115–154.
- Capecki Z. 1978. Badania nad owadami kambio- i ksylofagicznymi rozwijającymi się w górskich lasach świerkowych uszkodzonych przez wiatr i okiść. *Prace Inst. Bad. Leś.* 563: 37–117.
- Capecki Z. 1981. Zasady prognozowania zagrożenia oraz ochrona górskich lasów świerkowych przed owadami na tle szkód wyrządzanych przez wiatr i okiść. *Prace Inst. Bad. Leś.* 584: 3–44.
- Forster B. 1998. Storm damages and bark beetle management: how to set priorities. [In:] Grodzki W., Kniżek M., Forster B. *Methodology of forest insect and disease survey in*

- Central Europe. Proceedings, First Workshop of the IUFRO WP 7.03.10, Ustroń – Jaszowiec. IUFRO – Forest Research Institute, Warsaw: 161–165.
- Göthlin E., Schroeder L.M., Lindelöw A. 2000. Attacks by *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus* on windthrown spruces (*Picea abies*) during the two years following a storm felling. *Scand. J. For. Res.* 15: 542–549.
- Grodzki W., Jakuš R., Lajzová E., Sitková Z., Mączka T., Škvarenina J. 2006a. Effects of intensive versus no management strategies during an outbreak of the bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col.: Curculionidae, Scolytinae) in the Tatra Mts. in Poland and Slovakia. *Ann. For. Sci.* 63: 55–61.
- Grodzki W., Loch J., Armatys P. 2006b. Występowanie kornika drukarza *Ips typographus* (L.) w uszkodzonych przez wiatr drzewostanach świerkowych masywu Kudłonia w Gorczańskim Parku Narodowym. *Ochrona Beskidów Zachodnich* 1: 125–137.
- Grodzki W., Starzyk J.R., Kosibowicz M. 2006c. Wiatrołomy i owady kambiofagiczne, a problemy ochrony drzewostanów świerkowych w Tatrzańskim Parku Narodowym. [W:] Mirek Z. (red.), Godzik B. *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a Człowiek. Tom II – Nauki biologiczne*, TPN – PTPNoZ, Zakopane – Kraków, s. 115–124.
- Grodzki W., Starzyk J.R., Kosibowicz M., Michalcewicz J., Mączka T. 2007. Wpływ wiatrołomów na populacje owadów kambiofagicznych i zagrożenie drzewostanów świerkowych w Tatrzańskim Parku Narodowym. *Maszynopis, Inst. Bad. Leś. Kraków*.
- Jewuła E. 1974. Rejonizacja szkód powodowanych przez wiatry w drzewostanach górskich i podgórskich południowej Polski. *Sylvan* 10: 54–63.
- Konôpka J. 1973. Zakladna rajonizacia kalamit zapričinenych vetrom a snehom na Slovensku. *Lesnícky časopis* 19(2): 147–161.
- Koreň M. 2005. Kalamita v lesoch TANAP-u – príčiny, následky, východiská. [W:] Kunca A. (red.). *Aktuálne problémy v ochrane lesa 2005*. Lesnícky výskumný ústav Zvolen, s. 46–55.
- Kronika TPN z lat 1962–1970, Ośrodek Dokumentacji Tatrzańskiej TPN.
- Kunca A., Brutovský D., Findo S., Galko J., Gubka A., Konôpka B., Konôpka J., Leontovych R., Longauerová V., Nikolov C., Novotný J., Vakula J., Varinsky J., Zúbrik M. 2009. Problémy ochrany lesa v roku 2008 a prognóza na rok 2009. [W:] Kunca A. (red.). *Aktuálne problémy v ochrane lesa 2009*. Lesnícky výskumný ústav Zvolen, s. 5–16.
- Liberak A. 1929. *Leśnictwo Tatr Polskich*. rkps. Archiwum TPN.
- Lindelöw A., Schroeder L.M. 1998. Spruce bark beetle (*Ips typographus*) attack within and outside protected areas after a stormfelling in November 1995. [In:] Grodzki W., Knížek M., Forster B. *Methodology of forest insect and disease survey in Central Europe. Proceedings, First Workshop of the IUFRO WP 7.03.10, Ustroń – Jaszowiec*. IUFRO – Forest Research Institute, Warsaw, s. 177–180.
- Lindelöw A., Schroeder L.M. 2001. Attack dynamic of the spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) within and outside unmanaged and managed spruce stands after a stormfelling. [In:] Knížek M. et al. *Methodology of forest insect and disease survey in Central Europe. Proceedings of the IUFRO WP 7.03.10 Workshop, Busteni, Romania*. IUFRO – ICAS Brasov, s. 68–71.

Zdjęcia lotnicze i ortofotomapy Tatrzańskiego Parku Narodowego

Sławomir Mikrut¹, Marcin Guzik², Agnieszka Dąbrowska¹

¹ *Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska AGH,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

² *Tatrzański Park Narodowy, Kuźnice 1, 34-500 Zakopane*

Streszczenie

Przedmiotem zainteresowania niniejszego opracowania było zebranie informacji o charakterze danych dostępnych dla rejonu Tatrzańskiego Parku Narodowego, obejmujących zdjęcia lotnicze, wielkoskalowe zobrazowania satelitarne i opracowania pochodne (fotomapy, ortofotomapy). Autorzy dokonali podsumowania stanu istniejących materiałów znajdujących się w posiadaniu Tatrzańskiego Parku Narodowego (TPN) oraz w innych ośrodkach na terenie kraju. Ogrom informacji pozwolił na stworzenie swego rodzaju bazy danych o zasobie fotogrametrycznym pokrywającym obszar TPN. Fotogrametria bowiem, obok klasycznego produktu jakim są zdjęcia lotnicze, dostarcza również opracowań takich jak fotomapy czy ortofotomapy, a opracowanie ich z danych, pozyskanych w odstępach czasowych, poszerza zakres ich zastosowań.

W drugiej części artykułu przedstawiono sposób generowania ortofotomap z archiwalnych zdjęć lotniczych.

Słowa kluczowe: zdjęcia archiwalne, ortofotomapa cyfrowa, fotogrametria

Wstęp

Zdjęcia archiwalne stanowią dla współczesnych najlepsze źródło informacji archiwalnych o minionych czasach. Utrwalone na kliszy fotograficznej obrazy pozwalają nam m.in. na odtworzenie istniejącego stanu przyrody sprzed 10, 20, 50 a nawet 100 lat.

Zdjęcia fotogrametryczne mają tę przewagę nad tradycyjną fotografią, że w wyniku ich przetworzenia można otrzymać produkt w pełni kartometryczny. Wyniki tego przetworzenia (np. ortofotomapy) mogą być wykorzystywane przez specjalistów z bardzo wielu dziedzin.

Wzrost zainteresowania analizami 4D (uwzględniającymi czynnik czasu) jest związany z powszechnością stosowania metod cyfrowych i związanym z tym stosunkowo łatwym przetwarzaniem danych oraz większą dostępnością materiałów archiwalnych. Proces wykorzystania archiwalnych materiałów stał się bardziej powszechny od momentu, kiedy Zarząd Geografii Wojskowej przekazał do Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjno-Kartograficznej w Warszawie część swoich zasobów.

Administratorzy systemów informacji przestrzennej coraz częściej uzupełniają bazy danych o materiały archiwalne. Dane te mogą posłużyć różnym celom. Od określania charakteru i wielkości zmian środowiskowych, poprzez porównywanie zmian w zabudowie miejskiej, a na szacowaniu strat wojennych kończąc (przykładem może być tu wykonanie „ortofotomapy zniszczonej Warszawy” [Falkowski i inni 2007], którą można oglądać na stronie internetowej Urzędu Miasta Warszawy).

Archiwalne zdjęcia lotnicze były wykorzystywane w wielu dziedzinach nie tylko w analizach jakościowych obszarów opartych na fotointerpretacji modeli stereoskopowych, ale także do analiz ilościowych [Ricchetti i inni 2004]. Pomiar na wieloczasowych danych lotniczych wykorzystano do porównania geometrycznych zmian powierzchni terenu ujawniających się w określonych przedziałach czasowych [Chander, Cooper 1988a,b, Eyers, Mills 2004, Baldi i inni 2005]. Inne zastosowania archiwalnych zdjęć lotniczych to np. analizy zmian terenów zurbanizowanych i terenów rolniczych [Kim i inni 2006].

Autorzy niniejszego artykułu podjęli również próby takich opracowań dla obszaru dwóch parków narodowych. W Słowińskim PN archiwalne ortofotomapy były wykorzystywane w ramach projektu badawczego KBN Nr N304 077 31/3060 pt. „Modelowanie przestrzenne zmian wybranych elementów środowiska Słowińskiego Parku Narodowego”. W Tatrzańskim Parku Narodowym wykorzystano archiwalne dane do analizy zmian górnej granicy lasu (grant MNiSzW 2 P04G 03028), występowania kosodrzewiny oraz zmian w pokryciu terenu. Archiwalne ortofotomapy wejdą także w skład elektronicznego Atlasu TATR przygotowywanego przez Tatrzański Park Narodowy.

W badaniach przyrodniczych wykorzystanie archiwalnych zdjęć lotniczych związane jest głównie z badaniami zmian środowiska naturalnego np. przemieszczanie się wydm nadmorskich (SPN) czy zmian w szacie roślinnej (TPN).

Praca została wykonana w ramach badań statutowych Katedry Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska AGH o nr 11.11.150.949.

Materiały obejmujące rejon Tatrzańskiego Parku Narodowego

Pierwsze fotogrametryczne zdjęcia lotnicze Tatr wykonano w okresie międzywojennym na potrzeby opracowania przez geografów wojskowych szczegółowej mapy Tatr. W okresie powojennym, zdjęcia lotnicze wykonywane były systematycznie co ok. 10 lat zarówno przez służby topograficzne Wojska Polskiego jak i geodezyjne służby cywilne. W ostatnich latach naloty fotogrametryczne nad Tatrami przeprowadzały także prywatne firmy na zlecenie cywilnych odbiorców.

Zgromadzone w wyniku przeprowadzonej kwerendy w zasobach archiwalnych informacje wraz z danymi o współcześnie prowadzonych pracach fotogrametrycznych przedstawiono w formie tabelarycznej (tab. 1).

„Mapa fotogrametryczna Parku Narodowego Tatr” była pierwszym opracowaniem do którego przygotowania wykorzystano zdjęcia lotnicze. Zdjęcia te posłużyły do uzupełnienia informacji w miejscach nie objętych pomiarami naziemnymi, oraz jako materiał porównawczy dla analizowania wyników metody zdjęć stereoskopowych naziemnych. Autorzy nie posiadają informacji o tym, czy zdjęcia przetrwały do czasów współczesnych, czy też zaginęły w wyniku działań wojennych. Do dnia dzisiejszego przetrwało tylko kartograficzne zobrazowanie informacji z tych zdjęć w postaci mapy w skali 1:20 000 [Zawadzki, Dobrzański 1938].

Tab. 1. Zdjęcia lotnicze obszaru Polskich Tatr

Rocznik	Informacje o zdjęciach	Instytucja wykonująca zdjęcia (zlecająca)
Okres międzywojenny	Zdjęcia lotnicze stereoskopowe w skali 1: 10 000 Zdjęcia pokryły obszar ok. 30 km ²	Wojskowy Instytut Geograficzny
1952	Zdjęcia panchromatyczne w skali 1:25 000 Nalotem objęto północną część Tatr, po Myślenickie Turnie, brak partii szczytowych	SG WP ZGW WCG
1955/56	Zdjęcia panchromatyczne w skali 1:20 000 Rejon regli zakopiańskich został sfotografowany w 1956 r.	SG WP ZGW WCG
1965	Zdjęcia panchromatyczne w skali 1:16 000	SG WP ZGW WCG
1974	Zdjęcia panchromatyczne w skali 1:25 000	SG WP ZGW WCG
1977	Zdjęcia panchromatyczne w skali 1:16 000 Termin nalotu: 7 X	CODGiK
1983	Zdjęcia panchromatyczne w skali 1:21 000	SG WP ZGW WCG
1994	Zdjęcia barwne w skali 1:30 000	CODGiK
1999	Zdjęcia barwne w skali 1:26 000 Termin nalotu: 15 IX	CODGiK
2002	Skanery hiperspektralne DAIS o rozdzielczościach przestrzennych 3 i 1 m. Termin nalotu: VIII. Nalotem objęto rejon Doliny Bystrej, Hali Gąsienicowej oraz Doliny 5 Stawów Polskich	UW
2002	Zdjęcia spektrostrefowe. Termin nalotu: 30 IX. Nalotem objęto fragment Tatr Wysokich	IB PAN
2003	Zdjęcia panchromatyczne 1:13 000	CODGiK
2006	Zdjęcia w bliskiej podczerwieni i barwach naturalnych Termin nalotu: 03 XI. Nalotem objęto obszar tras narciarskich rejonu Kasprowego Wierchu	PKL
2007	Zdjęcia w bliskiej podczerwieni i barwach naturalnych Termin nalotu: 27 VIII, 16 X. Nalotem objęto obszar tras narciarskich rejonu Kasprowego Wierchu	PKL

SG WP ZGW WCG – Sztab Generalny Wojska Polskiego Zarząd Geografii Wojskowej, Wojskowe Centrum Geograficzne

CODGiK – Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej

UW – Uniwersytet Warszawski

IB PAN – Instytut Botaniki Polskiej Akademii Nauk

PKL – Polskie Koleje Linowe

Po drugiej wojnie światowej służby topograficzne Wojska Polskiego, a począwszy od 1977 r. także służby cywilne wykonywały naloty fotogrametryczne nad Tatrami. Zdjęcia lotnicze wykorzystywano głównie do aktualizowania map topograficznych. Nalot z 1965 r. pozwolił na wykonanie mapy topograficznej Tatr w skali 1:10 000. Stworzony wtedy przez fotogrametrów wojskowych podkład hipsometryczny (warstwice) wykorzystywany jest także na cywilnych mapach w tej skali do dnia dzisiejszego.

W ostatnich latach naloty fotogrametryczne nad Tatrami wykonywane były dla potrzeb nauki i monitoringu.

Latem 2002 r. w związku z realizacją projektu badawczego na Uniwersytecie Warszawskim, wykonano zobrazowanie hiperspektralne fragmentów Doliny Bystrej, Hali Gąsienicowej oraz Doliny Pięciu Stawów Polskich. Obraz został zarejestrowany przez dwa skanery hiperspektralne. Skaner DAIS obrazuje z rozdzielczością przestrzenną 3 m w 79 kanałach o zakresie 450–12300 nm (obejmuje zakres promieniowania od widzialnego po podczerwień termalną). Skaner ROSIS został zaprojektowany specjalnie do badań roślinności, rejestruje promieniowanie elektromagnetyczne w 115 kanałach spektralnych z rozdzielczością przestrzenną 1m. Zakres rejestracji obejmuje 430–860 nm. Podczas nalotu był jednocześnie generowany NMT wykorzystany później do geometryzacji obrazów.

Jesienią 2002 r. wykonano nalot fragmentu Tatr Wysokich (pomiędzy Doliną Białą a Doliną Suchej Wody) dla potrzeb grantu pt. „Czasowe i przestrzenne skale dynamiki zachodniokarpaccich borów górnoregłowych” którego kierownikiem był prof. Jan Holeksa z Zakładu Ekologii Instytutu Botaniki PAN. Nalot wykonano w dwóch terminach, pierwszy z 4 sierpnia nie został wykorzystany w opracowaniu ze względu na zbyt duże zachmurzenie, wyniki drugiego z 30 września poddane zostały dalszej obróbce. Opracowania fotogrametryczne wykonywane były w Laboratorium GIS i Teledetekcji Wydziału Leśnego Akademii Rolniczej w Krakowie (obecnie Uniwersytetu Rolniczego). Ortofotomapa z tych zdjęć została przekazana do Tatrzańskiego Parku Narodowego.

Ostatnie lotnicze zobrazowania Tatr wykonane zostały na potrzeby monitoringu przyrodniczego rejonu Kasprowego Wierchu. Polskie Koleje Linowe zobowiązane przez Ministra Środowiska do finansowania tych prac, zamówiły wykonanie skaningu laserowego wraz ze zdjęciami cyfrowymi w barwach rzeczywistych i bliskiej podczerwieni. Pierwszą próbę wykonania tego zadania przy wykorzystaniu helikoptera podjęto w 2006 r. Z powodu zastosowania złej kamery, nastąpiły problemy z przetworzeniem obrazów do postaci ortofotomapy. Sytuacja ta wymusiła przeprowadzenie rok później kolejnego nalotu. Nowe zlecenie zrealizowały dwie austriackie firmy Diamond Airborne Sensing oraz Bildflug Fischer. Zdjęcia wykonano kamerą cyfrową VEXCEL Ultracam-X, uzyskując wielkość terenową piksela 8–12 cm. Zdjęcia lotnicze, pojedyncze ortoobrazy oraz zmozaikowana ortofotomapa przekazane zostały do TPN i mogą być udostępniane naukowcom do badań. Wyniki skaningu laserowego przetworzone do postaci GRID o rozdzielczości 1 x 1 m w postaci NMT oraz NMPT znajdują się także w zasobach TPN. Opracowaniem chmury punktów ze skaningu laserowego i przygotowaniem materiałów do przekazania zajmowała się firma ProGea Consulting.

*

Produktem przetworzenia zdjęć lotniczych jest ortofotomapa. Dla całego obszaru polskich Tatr istnieją ortofotomapy wykonane z 4 kompletów (roczników) zdjęć.

Zdjęcia z lat 1999 i 2003 zostały przetworzone do postaci ortofotomapy w ramach projektów Phare oraz IACS. Ortofotomapy te wchodzi w skład zasobu geodezyjnego i są dostępne w Centralnym i Wojewódzkim Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej.

Pozostałe dwa roczniki zdjęć z lat 1955–1956 i 1977, zakupione przez TPN z zasobów wojskowych służb geograficznych zostały przetworzone do postaci ortofotomapy w Katedrze Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska Akademii Górniczo Hutniczej w latach 2006–2008. Metoda przetworzenia została opisana w dalszej części artykułu. Ortofotomapy te weszły w skład zasobów systemu GIS-TPN.

*

Zobrazowania cyfrowe Tatr wykonywane były nie tylko z poziomu samolotu lub helikoptera.

Pierwsza mapa satelitarna Tatr powstała już w 1993 roku. Wykorzystując obraz z satelity SPOT z września i października 1992 r. opracowano ortofotomapę o rozdzielczości przestrzennej 10 x 10 m [Bielecka, Fedorowicz-Jackowski 1993]. Mapa ta została wydana drukiem w skali 1:75 000 [Fedorowicz-Jackowski, Głazek 1994].

Kolejnym obrazem satelitarnym, przetworzonym i udostępnionym szerokiemu gronu użytkowników jest zobrazowanie z satelity SPOT z 21.09.2003 r. Zobrazowanie to stanowi podstawę Atlasu satelitarnego Tatr wydanego przez Geosystems Polska [Januszewski i inni 2005].

Dla potrzeb systemu GIS-TPN wykonano 26.08.2004 r. wysokorozdzielcze zdjęcie z satelity IKONOS-2. Zobrazowanie to, przetworzone do postaci ortofotomapy można oglądać w GeoPortalu Tatry – oficjalnym serwisie internetowym Tatrzańskiego Parku Narodowego.

*

Archiwalne stereofotografie stanowią odrębny, bardzo szczegółowy zbiór danych. Pierwsze prace fotogrametryczne na terenie Polskich Tatr przeprowadził w 1917 r. prof. Kasper Weigel z zespołem pracowników Politechniki Lwowskiej w Dolinach Pięciu Stawów Polskich i Roztoki, a następnie w 1918 r. w otoczeniu Morskiego Oka. Stereofotogrametria była wykorzystywana przy sporządzaniu dokumentacji kartograficznej strefy granicznej w dorzeczu Białej Wody w 1923 r. [Borowiec i inni 1981]. W oparciu o stereogramy naziemne, uzupełnione pomiarami stolikowymi wykonano mapę fotogrametryczną Tatr [Zawadzki, Dobrzański 1938]. Niestety los zdjęć wykorzystanych w tych pracach nie jest znany.

Z okresu przedwojennego pochodzą zdjęcia znanego geologa-badacza Tatr Ferdynanda Rabowskiego. Fotografie te obrazują przede wszystkim rejon Tatr Zachodnich z uwzględnieniem stref fałdowań, wychodni skalnych, kontaktu różnych utworów geologicznych. Są to zdjęcia czarno-białe na płytach szklanych, zarówno negatywy jak i pozytywy. Zazwyczaj nie tworzą stereogramów o pokryciu 60%, lecz szeregi o pokryciu kolejnych zdjęć do 30%. Część z tych zdjęć znajduje się w zbiorach Muzeum Tatrzańskiego w Zakopanem [Dziura 1986].

Osobny zbiór zdjęć fotogrametrii naziemnej stanowią materiały służące do tworzenia mapy geologicznej Tatr. Wykonane w latach 50-tych i 60-tych zdjęcia znajdują się obecnie w Muzeum Tatrzańskim [Dziura 1986]. Informacja o wykorzystaniu tych zdjęć w kartografii geologicznej znajduje się w artykule „Wykorzystanie zdjęć lotniczych i naziemnych przy kartowaniu i opracowaniu Mapy Geologicznej Tatr Polskich w skali 1:10 000” [Guzik 1961].

W latach 1964–1965 na potrzeby opracowania mapy topograficznej w skali 1:10 000 fotogrametryzacji wojskowi wykonali szereg naziemnych zdjęć fototeodolitowych. Zdjęcia robione były w różnych porach dnia i roku, a przed ich wykonaniem dokonywano sygnalizacji punktów polowej osnowy fotogrametrycznej [Biesaga 1985].

Koncepcja stworzenia stereofotogrametrycznego archiwum dynamiki zjawisk powierzchniowych w Tatrach Polskich powstała w roku 1974, w tworzącym się wówczas Oddziale Krakowskim Polskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk o Ziemi [Borowiec 1996].

W wytypowanych miejscach przeprowadzono rejestrację obrazów oraz dokonano dokładnych pomiarów geodezyjnych stanowisk bazowych. Stereofotogrametryczne zdjęcia były powtarzane w kolejnych latach podczas praktyk studenckich i obozów naukowych studenckiego Koła Naukowego Geodetów działającego na AGH. Koordynacją prac terenowych i kameralnych zajmował się dr inż. Władysław Borowiec [Borowiec 1977]. Stereofotografie wykorzystywane były m.in. do analizy zmian stożków usypiskowych w rejonie Morskiego Oka oraz tworzenia szczegółowych map sytuacyjno-wysokościowych (Kocioł Gąsienicowy, Kocioł Goryczkowy Świński, Skrajna Turnia).

Dość specyficznym zbiorem danych, są zimowe zdjęcia fotogrametryczne rejonu Pośredniego Goryczkowego Wierchu. Były one wykorzystywane do badania grubości pokrywy śnieżnej w Kotle Goryczkowym [Grodzicki, Zembruski 1985].

Problematyka wykorzystania archiwalnych materiałów fotogrametrycznych

Odtworzenie informacji o elementach orientacji zdjęć

Podstawowym problem w opracowaniu archiwalnych zdjęć lotniczych jest brak informacji o elementach orientacji wewnętrznej wykonywanych kamer. Dane te powinny być przechowywane razem ze zdjęciami lotniczymi jako informacje uzupełniające, ale nie zawsze tak było. Nawet jeśli udało nam się zdobyć interesujące nas zdjęcia, to najczęściej poza nimi nie dysponowaliśmy żadnymi informacjami dodatkowymi (brak metryki kamery, planu lotu).

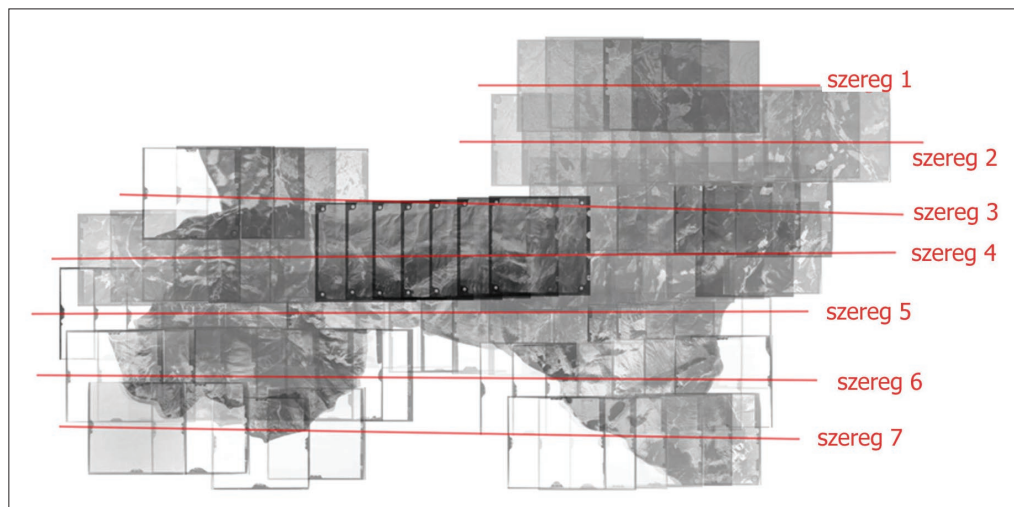
Proces właściwego opracowania zdjęć należy poprzedzić odpowiednim etapem przygotowującym niezbędne dane. Współrzędne znaczków tłowych mogą zostać odtworzone w sposób analityczny. Jeśli dysponujemy materiałami analogowymi, na autografie analitycznym, można pomierzyć na wybranych zdjęciach współrzędne znaczków tłowych, a następnie je uśrednić. Tak obliczone współrzędne mogą posłużyć do określania elementów orientacji wewnętrznej.

W przypadku materiałów cyfrowych, należy pomierzyć współrzędne znaczków w układzie pikselowym (obrazowym), a następnie pomnożyć przez wielkość piksela w mm. Pozwoli to przejść na system metryczny (układ tłowy w mm). W realizowanym na terenie TPN projekcie dokonano pomiaru znaczków tłowych dla pierwszego, ostatniego oraz jednego ze środkowych zdjęć dla danego szeregu. Otrzymane wyniki kształtowały się na poziomie piksela (średni błąd położenia punktu po orientacji wewnętrznej) [Mikrut 2008].

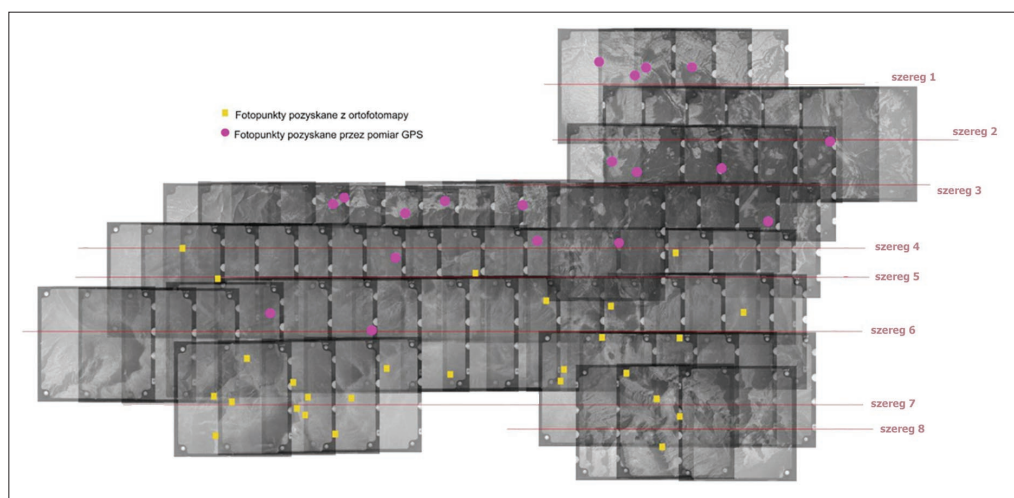
Dla zdjęć analogowych stała kamery jest z reguły odfotografowana na zdjęciu. Jeśli nie, należy określić typ kamery i rok wykonania zdjęć. Większość kamer była kalibrowana w obecnej Katedrze Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska AGH, gdzie zgromadzono duży zbiór danych dotyczących ich kalibracji. Jeśli nie istnieje taka informacja można stałą kamery próbować wyznaczać analitycznie. Zatem współrzędne znaczków tłowych oraz stała kamery mogą zostać odtworzone natomiast nie jest możliwe odtworzenia położenia punktu głównego na zdjęciu. W przeważającej większości przypadków jest on bliski zero. Ewentualne różnice sugeruje się skorygować w procesie aerotriangulacji. W nowoczesnych oprogramowaniach istnieje możliwość użycia tzw. dodatkowych parametrów przy wyrównaniu aerotriangulacji. Następuje to w procesie samokalibracji (w oprogramowaniu Inpho istnieje możliwość użycia 22 lub 44 parametrów).

Przetwarzanie zdjęć do interesującej nas postaci

Pierwszym krokiem w przypadku zdjęć archiwalnych jest „odtworzenie” istniejącego stanu pozyskanych materiałów. Jednym z podstawowych, prostych produktów fotogrametrycznych jest fotoszkiec. Na ryc. 1 i 2 przedstawiono przykładowy fotoszkiec dla rejonu Tatrzańskiego Parku Narodowego dla bloku zdjęć wykonanych w roku 1955 oraz 1974. Taki fotoszkiec można sporządzić w programie, który pozwala na operowanie na warstwach rastrowych. Przykładowy fotoszkiec oprócz położenia zdjęć zawiera najczęściej informacje o rozmieszczeniu fotopunktów, co pozwala w sposób łatwy sprawdzić na



Ryc. 1. Fotoszkiec bloku zdjęć z roku 1955/56 z naniesionymi osiami szeregów



Ryc. 2. Fotoszkiec bloku zdjęć z roku 1974 z przybliżoną lokalizacją fotopunktów

jakich zdjęciach znajdują się wybrane fotopunkty. Pozwala to również na łatwe policzenie przybliżonych współrzędnych środków rzutów (w przypadku niektórych oprogramowań jest to niezbędne np. Inpho – Match-AT).

Po odpowiednim sporządzeniu fotoszkieca kolejnym etapem jest wykonanie aero-triangulacji. Problem występujący na tym etapie opracowań, to zmiana położenia obiektów aktualnych w stosunku do tego, co było w interesującym nas okresie czasu. Aby rozwiązać ten problem najlepiej jest pozyskać materiały z podobnego okresu czasu (mapy archiwalne, ortofotomapy). Na ryc. 2 przedstawiono fotopunkty pomierzone techniką GPS oraz fotopunkty odczytane z archiwalnych map topograficznych. Niewątpliwie dokładność współrzędnych odczytanych z ortofotomapy jest nieporównywalna do pomierzonych współrzędnych, jednak niejednokrotnie jest to jedyny sposób, aby uzyskać te dane, z racji zmieniających się warunków przyrodniczych (np. ścieżki w Tatrach, których przecięcie się jest jedynym możliwym fotopunktem, po kilkudziesięciu latach mogą znajdować się w innych miejscach).

Wynikiem tej części prac były obok Numerycznego Modelu Terenu ortofotomapy cyfrowe ze zdjęć lotniczych z lat 1955 oraz 1974.

Aerotriangulację wykonano na oprogramowaniu ISAT (Intergraph), znajdującym się w dyspozycji Katedry Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska.

Poprawa radiometryczna obrazów

Kolejnym bardzo ważnym zagadnieniem związanym z wykorzystaniem materiałów archiwalnych to ich jakość radiometryczna. Zdjęcia archiwalne charakteryzują się głównie „słabym” kontrastem oraz dużym stopniem zaszumienia związanym z metodą przechowywania tego typu materiałów.

W celu wzmocnienia kontrastu wykorzystano filtry „wzmacniające krawędzie” na obrazie cyfrowym takie jak „Unsharp Mask” oraz inne filtry górnoprzepustowe, które po przefiltrowaniu obrazu wejściowego, zostały następnie do niego dodane. Do automatycznego usuwania zaszumienia na obrazie wykorzystano głównie filtrację Gaussa.

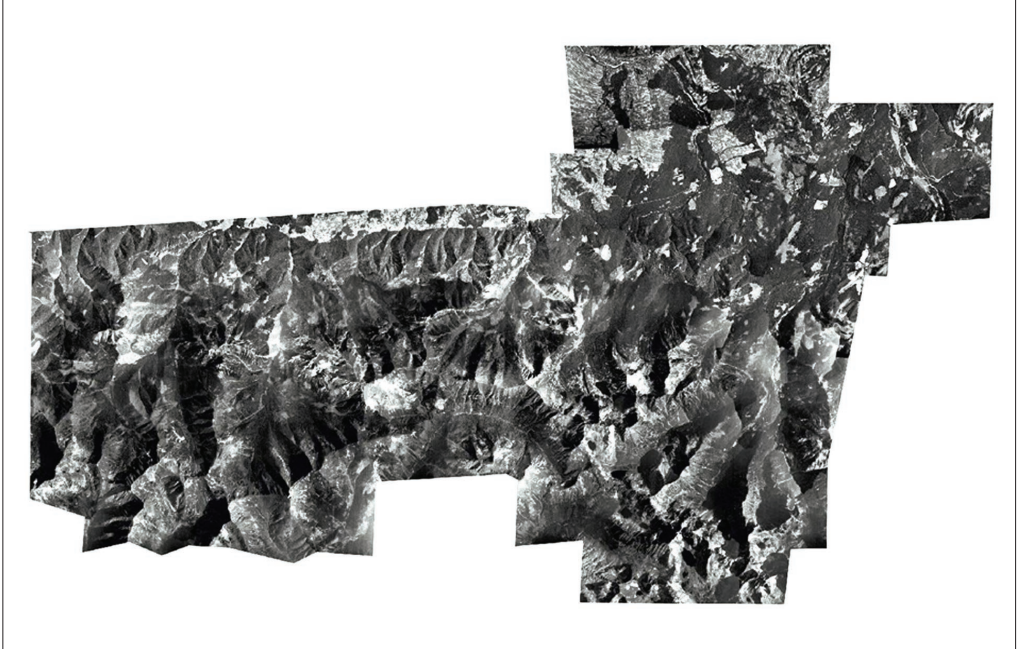
Tak przygotowane obrazy zostają następnie poddawane całościowemu wyrównaniu tonalnemu w dostępnym zaawansowanym oprogramowaniu takim jak OrthoVista (firmy INPHO) czy PCI Geomatica. Rycina 3 i 4 pokazuje ortofotomapę wygenerowaną ze zdjęć lotniczych z roku 1974 i poddaną wyrównaniu tonalnemu w dwóch różnych systemach (OrthoEngine w PCI Geomatica oraz OrthoVista firmy INPHO). Często zdarza się również, że po automatycznym wyrównaniu tonalnym istnieje potrzeba drobnych korekt radiometrycznych. Wówczas korzysta się z dostępnego w sieci oprogramowania Gimp-Shop lub Adobe Photoshop. Przy czym należy zwrócić uwagę, że użycie tych programów powoduje, że usuwamy geoinformację z nagłówka pliku, stąd konieczność późniejszego uzupełnienia jej poprzez „update” nagłówka.

Nowe opracowania

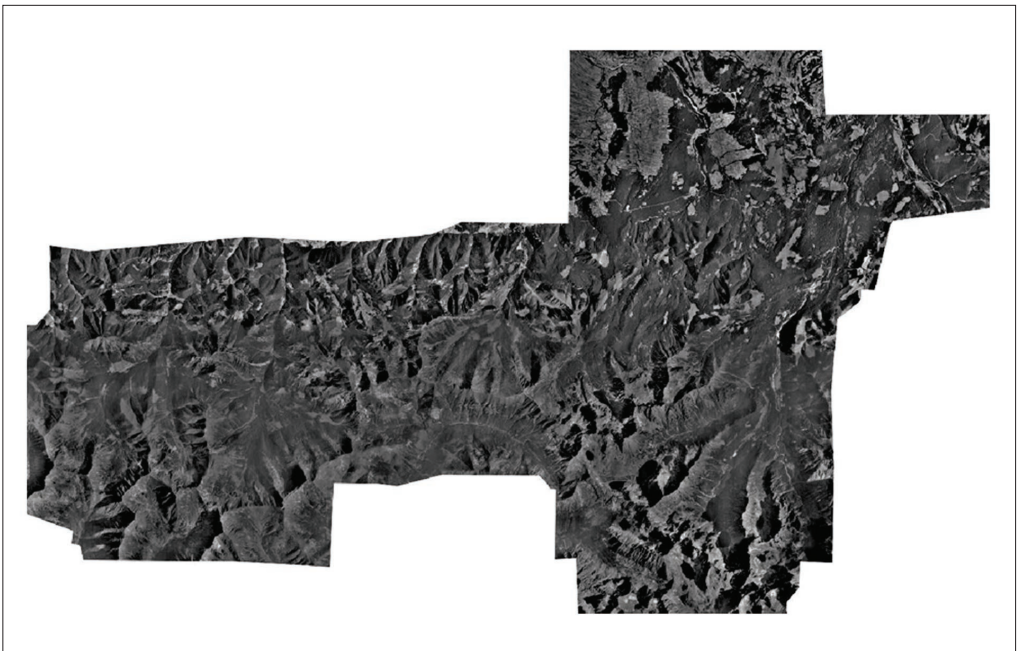
W ramach badań prowadzonych we współpracy pomiędzy Akademią Górniczo-Hutniczą a Tatrzańskim Parkiem Narodowym, latach 2007–08 opracowano ortofotomapy ze zdjęć lotniczych wykonanych w latach 1955/56 oraz 1974.

Prace obejmowały:

- zaprojektowanie fotopunktów,
- pomiar lub odczytanie ich współrzędnych z istniejących ortofotomap,



Ryc. 3. Ortofotomapa TPN (rocznik 1974) wykonana w oprogramowaniu PCI Geomatica



Ryc. 4. Ortofotomapa TPN (rocznik 1974) wykonana w programie „OrthoVista”

- wykonanie aerotriangulacji,
- pozyskanie numerycznego modelu terenu,
- wygenerowanie ortofotomapy,
- mozaikowanie i wyrównanie tonalne produktu końcowego,
- kontrola dokładności produktu.

Poniżej przedstawiono technologie opracowania ortofotomapy z pikselem terenowym 0,5 m na przykładzie rocznika 1974.

W pierwszym etapie przyjęto założenie, że fotopunkty do aerotriangulacji zostaną pozyskane techniką GPS oraz z istniejącej ortofotomapy (górną partią Tatr). Tą drugą metodę wykorzystano z racji braku dostępności w momencie wykonywania opracowania (sezon zimowy) dla tej części bloku. Miało to wpływ na dokładność. Fotopunkty pozyskane tą drogą charakteryzowały się większymi błędami. Nie miało to jednak wpływu na dalsze prace, ponieważ opracowane ortofotomapy miały na celu głównie analizy przyrodnicze, gdzie nie wymagane są „geodezyjne” dokładności.

Na rysunku 2 przedstawiono rozmieszczenie fotopunktów z uwzględnieniem podziału na pomierzone w terenie (kolor fioletowy) i odczytane z ortofotomapy (kolor żółty).

W kolejnym etapie prac dokonano pomiaru i wyrównania aerotriangulacji. Została ona wykonana na stacji fotogrametrycznej „Image Station Automatic Triangulation” firmy INTERGRAPH. Blok obejmował 74 zdjęcia wykonane w roku 1974 i zeskanowane z rozdzielczością 21 mikrometrów. W procesie wyrównania uzyskano następujące wyniki (tab. 2):

Tab. 2. Dokładności uzyskane w procesie wyrównania aerotriangulacji
Źródło [Granat 2007]

Parametr	X[m]	Y[m]	Z[m]	XY[m]
RMS Control	0.6370	0.610	0.455	0.623
RMS Check	1.319	1.194	2.088	1.258

Kolejnym krokiem było pozyskanie Numerycznego Modelu Terenu niezbędnego do wygenerowania ortofotomapy. NMT wykonano w sposób automatyczny przy pomocy oprogramowania Match-T. Ortofotomapa została wygenerowana w programie OrtoMaster, a wyrównanie tonalne nastąpiło w programie OrthoVista i Adobe Photoshop oraz porównawczo w oprogramowaniu „PCI Geomatica”. Całość zapisaną w formacie TIF przedstawiono dla przykładowego rocznika 1974 na ryc. 3 i 4.

Analiza dokładności wygenerowanej ortofotomapy została wykonana w oparciu o pomierzone fotopunkty. Zgodnie z wytycznymi technicznymi K-2.8 dopuszczalny błąd położenia na ortofotomapie dla zdjęć w skali 1:25 000 wynosi 7,5 m. Dla wygenerowanej w programie „OrthoVista” ortofotomapy błąd średni liczony na 51 punktach wyniósł 2,3 m, a więc mieścił się w dopuszczalnych granicach [Dąbrowska 2008].

Mimo relatywnie dobrych wyników autorzy zdają sobie sprawę, że występują miejsca o obniżonej dokładności, na co wpływ miały błędy wspomnianych fotopunktów oraz NMT.

Stąd też autorzy w dalszych pracach przewidują pomiar fotopunktów (odczytanych z ortofotomapy) techniką GPS. Podniesie to dokładność kartometryczną opracowanych ortofotomap.

Podsumowanie i wnioski

W niniejszym artykule autorzy dokonali podsumowania istniejącego stanu materiałów fotogrametrycznych obejmujących rejon Tatrzańskiego Parku Narodowego. Zebranie i przeanalizowanie materiałów pokazało jak bogaty zasób w informacje zawiera badany rejon. Pozwoliło to usystematyzować informacje z tego zakresu i zaplanować dalsze prace, polegające na uzupełnieniu zasobu o produkty pochodne (generowanie ortofotomap, fotoszkieł, itp.).

Autorzy omówili również problematykę generowania ortofotomap z archiwalnych zdjęć lotniczych na przykładzie opracowań powstałych przy współpracy AGH i TPN tj. ortofotomap dla roczników 1955/56 oraz 1974. Wygenerowane produkty posłużyły do analiz środowiskowych polegających na określaniu zmian górnej granicy lasu, zarostu tatrzańskich polan, regeneracji kosodrzewiny oraz inwentaryzacji szalaszów.

Zainteresowanie archiwalnymi danymi świadczy o tym, że istnieje sens wykonywania tego typu opracowań, bazujących na starych zdjęciach, a niniejszy artykuł może posłużyć jako dobre źródło informacji o dostępności materiałów fotogrametrycznych dla obszaru Tatr.

Literatura

- Baldi P., Fabris M., Marsella A., Monticelli R. 2005. Monitoring the morphological evolution of the Sciarra del Fuoco during the 2002–2003 Stromboli eruption using multi-temporal photogrammetry, *ISPRS J. Photogramm. Remote Sensing*, 59 (4): 199–211.
- Bielecka E., Fedorowicz-Jackowski W. 1993. Komputer-aided design of the satellite image map of the Tatra Mountains. [W:] Widacki W. (editor). *GIS for environment. Conference Proceedings. Geographical Information Systems Laboratory, Institute of Geography, Jagiellonian University*, p. 23–28.
- Biesaga Z. 1985. Mapa topograficzna Tatr Polskich w skali 1:10 000. *Polski Przegląd kartograficzny* 17 (2): 73–79.
- Borowiec Wł. 1977. Fotogrametryczna rejestracja dynamiki zjawisk powierzchniowych w Tatrach Polskich. [W:] *Prace oddziału PTPNoZ w Krakowie dla Parków Narodowych Tatrzańskiego i Ojcowskiego. Sympozjum naukowe. Polskie Towarzystwo Nauk o Ziemi Oddział w Krakowie. Kraków*, s. 38–44.
- Borowiec Wł., Kotarba A., Smolak W. Zastosowanie metod geofizycznych i fotogrametrycznych w badaniach geomorfologicznych na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego. [W:] Wójcik Z. (red.). *Ochrona Tatr w Polsce Ludowej. Materiały na sympozjum „Tatry ‘81”*. Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Dyrekcja i Rada Tatrzańskiego Parku Narodowego. Warszawa, s. 381–397.
- Borowiec Wł. 1996. Stereofotogrametryczne archiwum dynamiki zjawisk powierzchniowych w Tatrach Polskich. [W:] Kotarba A. (red.). *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek. Tom 1. Nauki o Ziemi. Tatrzański Park Narodowy, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi oddział Krakowski. Kraków – Zakopane*, s. 186–188.

- Chander J., Cooper M. 1988a. Monitoring the development of landslides using archival photography and analytical photogrammetry, *Land Miner. Surveying (Royal Institution of Chartered Surveyors)*, 6: 576–584.
- Chander J., Cooper M. 1988b. The extraction of positional data from historical photographs and their application in geomorphology, *Photogramm. Rec.*, 13 (73): 69–78.
- Dąbrowska A. 2008. „Technologia generowania ortofotomapy dla fragmentu TPN na bazie archiwalnych zdjęć lotniczych”. Praca magisterska. AGH.
- Dziura J. 1986. Przydatność wybranych technik fotointerpretacyjnych w analizie środowiska geograficznego Tatr (na przykładzie masywu Kominiarskiego Wierchu). Praca magisterska napisana pod kierunkiem dr Kazimierza Trafasa w Zakładzie Kartografii i Teledetekcji IG UJ.
- Eyers R., Mills J. 2004. Subsidence Detection Using Integrated Multi Temporal Airborne Imagery The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 34, Part XXX.
- Falkowski, Kurczyński, Uchański. Ortofoto zniszczonej Warszawy, *Miesięcznik Geodeta*, luty 2007.
- Fedorowicz-Jackowski W., Głazek G. 1994. TATRY. Satelitarna Mapa Obrazowa. NEO-KART GIS. Warszawa, 1994.
- Granat J. 2007. Technologia wykonania aerotrinagulacji na bazie archiwalnych zdjęć lotniczych dla fragmentu obszaru Tatrzańskiego Parku Narodowego. Praca magisterska. AGH.
- Grodzicki J., Zembrzusi J. 1985. Wstępne wyniki badania zmian miąższości pokrywy śnieżnej metodą fotogrametryczną na wschodnim zboczu Pośredniego Goryczkowego Wierchu, Tatrzy Zachodnie. [W:] II Zjazd Naukowy Towarzystwa Przyjaciół Nauk o Ziemi. Drzonków. 8–10 listopada 1985.
- Guzik K. 1961. Wykorzystanie zdjęć lotniczych i naziemnych przy kartowaniu i opracowaniu Mapy Geologicznej Tatr Polskich w skali 1:10 000. *Kwartalnik Geologiczny* 5 (1): 182–193.
- Januszewski J., Głazek G., Fedorowicz-Jackowski W. 2005. Tatrzy i Podtatrze. Atlas Satelitarny 1:15 000. GEOSYSTEMS Polska, Warszawa.
- Kim M., Ednie A., Daigle J. 2006. Detecting Vegetation Change Using Multi-Temporal Aerial Photographs At Cadillac Mountain In Acadia National Park, Maine Proceedings of the 2006 Northeastern Recreation Research Symposium.
- Mikrut S. 2008. Developing the Technology of Utilising (Post-war) Aerial Images as an Element of Databases Feeding. *Geomatics and Environmental Engineering*.
- Ricchetti E., Ricchetti G., Sani R. 2004. Environmental-Geological Study of Coastal Areas of Salento Peninsula (Southern Italy) using Multitemporal Aerial Photography and Satellite Imagery IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium proceedings, Alaska 2004.
- Zawadzki A., Dobrzański T. 1938. Prace nad zdjęciem mapy Tatr. *WSG XII* (4): 448–479.

Ocena struktury terytorialnej występowania populacji kozicy *Rupicapra rupicapra tatrica* w Tatrzańskim Parku Narodowym na podstawie liczeń jesiennych

Łukasz Pęksa

Tatrzański Park Narodowy, ul. Chałubińskiego 42a, 34-500 Zakopane

Streszczenie

Celem pracy jest analiza struktury przestrzennej kozicy na obszarze Tatrzańskiego Parku Narodowego. Na potrzeby realizacji pracy wybrano dwa reprezentatywne dla populacji okresy, które w 50 letniej historii monitoringu gatunku charakteryzowały się najniższą i najwyższą liczbą obserwowanych zwierząt. W rezultacie wskazano cztery ostoje kozic, które były zasiedlone przez zwierzęta bez względu na liczebność populacji. Ustalono również, że najczęściej obserwowana wielkość stada liczyła od 2 do 5 osobników.

Słowa kluczowe: Kozica, Tatrzy, rozmieszczenie przestrzenne kozic, liczenie kozic

Wstęp

Z chwilą utworzenia obu transgranicznych parków narodowych – najpierw w 1949 r. słowackiego Tatranského národného parku (TANAP), a później w 1954 r. polskiego Tatrzańskiego Parku Narodowego (TPN) – sprawa ratowania i ochrony bardzo już wtedy nielicznej populacji kozicy tatrzańskiej *Rupicapra rupicapra tatrica* stała się jednym z nadrzędnych zadań obu instytucji. Oprócz stopniowego ograniczania kłusownictwa, całkowitej eliminacji wypasu tysięcy owiec w arealach bytowania kozic oraz uporządkowaniu żywiolowo rozwijającej się turystyki zarządy obu parków, wspólnie od 1957 r., rozpoczęły w ramach swych corocznych zadań realizację programu monitoringu liczebności kozic [Jamroz i inni 2007].

Dziś mija ponad 50 lat odkąd tatrzańska populacja kozic została poddana stałej jesiennej inwentaryzacji, a jak dotąd nikt nie pokusił się o podsumowanie tychże bezcennych wyników. Być może zadanie to nie należy do najłatwiejszych ze względu na długi okres obserwacji, w czasie którego z wielu przyczyn uzyskane wyniki nie mogą być w pełni porównywalne. Jak podaje Chovancova, Zięba i Zwijacz-Kozica [2006] prawidłowość przeprowadzonych liczeń budzi wiele kontrowersji. W swym opracowaniu znaleźli oni dowody, że przynajmniej w niektórych latach o liczebności kozic nie decydowały wyniki obserwacji terenowych, lecz subiektywna opinia osoby podsumowującej liczenie.

Ponadto z przeprowadzonej przez zespół autorów analizy wynika, że w latach 1957–2004 pięciokrotnie liczenia kozic nie zostały w ogóle przeprowadzone na obszarze TPN (1979, 1981, 1985, 1997), z kolei w roku 1957 nie prowadzono jesienno liczenia kozic na terenie Doliny Chochołowskiej, a w latach 1972, 1983, 1988 i 1998 liczono zwierzęta oddzielnie w Tatrach Zachodnich i Wysokich. Ponadto w roku 1995 wyniki liczeń jak to określono w jednym z raportów „nie zostały wzięte pod uwagę”.

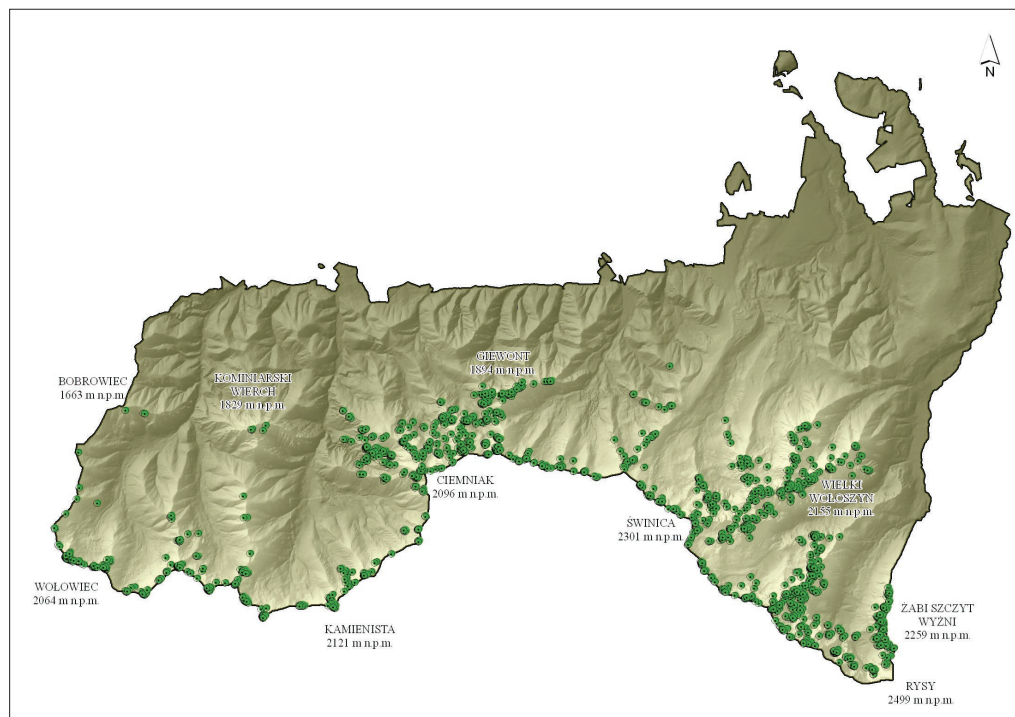
Powyższa publikacja poddaje pod wątpliwość wiarygodność dynamik liczebności kozicy, ale na pewno nie może przekreślić ważności uzyskanym w ten sposób informacji dotyczących tatrzańskiej populacji kozicy, a zwłaszcza powtarzających się przez 50 lat obserwacji miejsc występowania zwierząt. Dlatego prezentowana praca jest pierwszą tego rodzaju próbą odtworzenia struktury przestrzennej kozicy na obszarze Tatrzańskiego Parku Narodowego z wykorzystaniem wybranych źródłowych kart obserwacyjnych pochodzących z lat 1957–2006.

Teren i metodyka badań

Teren badań obejmował polską część Tatr zajmującą powierzchnię 175 km², co stanowi około 1/4 powierzchni całego masywu i w całości wchodzi w skład TPN [Mirek 1996]. Pod względem geograficznym Tatry Polskie dzielą się na Zachodnie oraz Wysokie. Podział ten ma uzasadnienie krajobrazowe, geologiczne, a także fito- i zoogeograficzne [Nyka 2004]. Kozice występują tu od wysokości 1350 m po najwyższe szczyty (Rysy 2499 m), najczęściej w przedziale 1700–2200 m n.p.m. [Gąsienica Byrcyn 1987]. Zasadniają głównie piętro alpejskie (1800–2250 m), ale także piętro kosodrzewiny (1550–1800 m) i turniowe (powyżej 2250 m), a zimą schodzą nawet do regła górnego (poniżej 1550 m).

Do opracowania wykorzystano materiały archiwalne TPN pochodzące z jesiennych akcji liczenia kozic wykonanych w latach 1957–2006 w oparciu o metodę zaproponowaną w 1932 roku przez Müllera [Chudik 1969] polegającą na poruszaniu się dwuosobowych zespołów po wyznaczonym areale obserwacji (dla TPN przygotowano 30 takich obszarów) w ciągu dwóch dni trwania akcji i zapisywania wyników obserwacji w specjalnych kartach. W kartach tych oprócz liczby stwierdzonych zwierząt opisywano także miejsca obserwacji (wysokość n.p.m., odległość od szlaku turystycznego), rejestrowano grupy wiekowe (koźleta, roczniaki, dorosłe), płeć (♀, ♂, nierozpoznany) i rodzaj aktywności obserwowanych kozic (przemieszczanie, żerowanie, odpoczynek, inne), a także warunki pogodowe.

Spośród zgromadzonych przez 50 lat kart obserwacyjnych w niniejszej pracy wykorzystano 2085 kart z podaną lokalizacją obserwowanych zwierząt (ryc. 1). Pominęto natomiast wszystkie powtarzające się obserwacje dotyczące tych samych stad, bądź pojedynczych osobników prowadzone przez różne zespoły obserwatorów. Do dalszej analizy wykorzystane zostały karty obserwacyjne pochodzące z pięciu lat charakteryzujących się najniższymi i najwyższymi stanami liczbowymi kozic stwierdzonymi na obszarze Tatr Polskich (ryc. 2). Do zobrazowania struktury przestrzennej kozic w tych dwóch odmiennych sytuacjach populacyjnych wykorzystano w sumie 418 kart, przy czym 113 pochodziło z lat „minimum populacyjnego” (1957, 1960, 1998, 1999, 2001), a 305 z lat „maksimum populacyjnego” (1982–1986). W analizie pominęto dane z roku 2000 charakteryzującego się niską liczebnością kozic, gdyż w tym przypadku w archiwum TPN nie znaleziono materiałów źródłowych. Wszystkie obserwacje terenowe przeprowadzono w miesiącach października, bądź listopada.

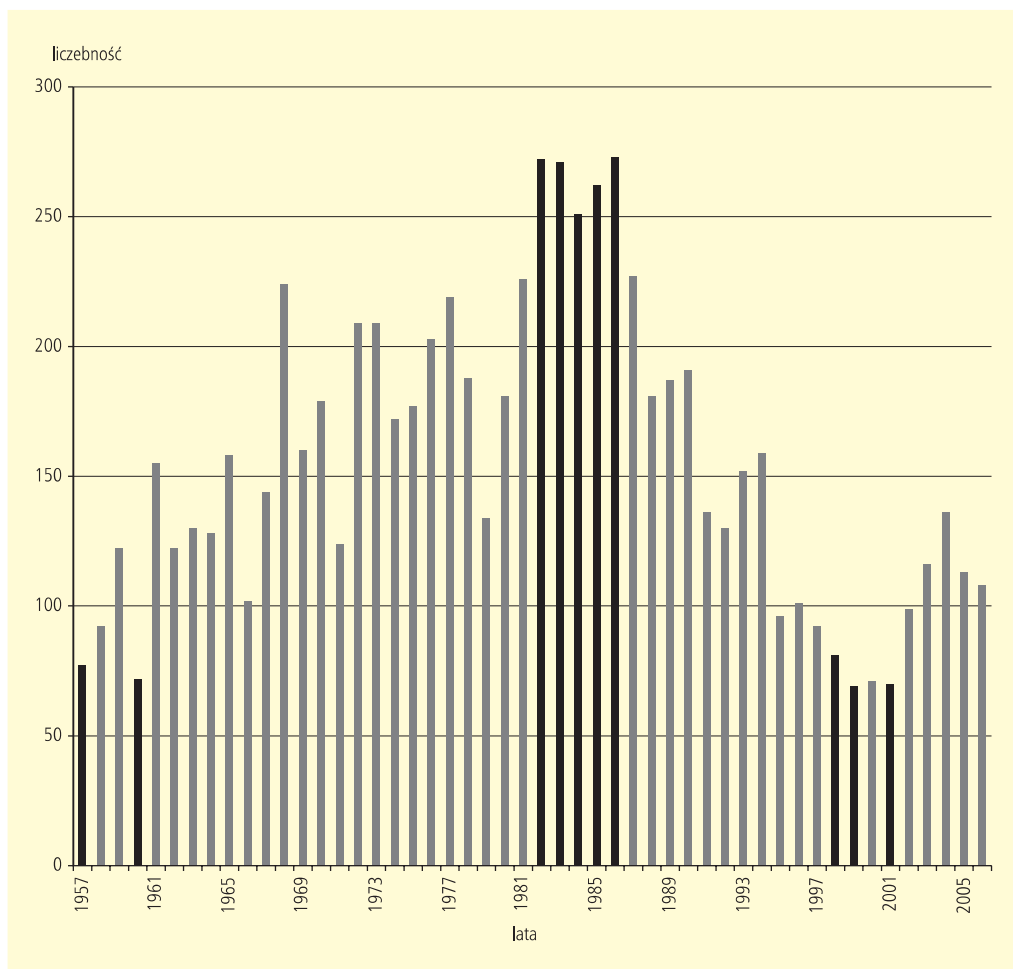


Ryc. 1. Miejsca występowania kozic na obszarze TPN w latach 1957–2006 określone w oparciu o materiały źródłowe pochodzące z corocznych jesiennych akcji liczenia kozic

Rozmieszczenie kozicy na obszarze Tatrzańskiego Parku Narodowego

Rozmieszczenie kozic w TPN w okresach zarówno najmniejszej jak i największej liczebności kozic w historii TPN przedstawiono na rycinie 3. Jak się okazuje największa koncentracja obserwacji miała miejsce w czterech przenikających od granicy państwa do wnętrza Parku rejonach. Były to: A – masyw Czerwonych Wierchów z przyległym otoczeniem grani Giewontu; B – Kasprowy Wierch i jego najbliższe otoczenie; C – obszar na północny-wschód od Świnicy w kierunku Wielkiego Wołoszyna; D – najbardziej wysunięty na południowy-wschód rejonie TPN obejmujący grupę szczytów otaczających wysokogórskie partie Doliny Rybiego Potoku wraz z granią i zboczami Miedzianego od strony Doliny Pięciu Stawów Polskich. Z rejonów tych pochodziło aż 76,6% wszystkich obserwacji kozic. Nie licząc pojedynczych stwierdzeń obecności kozic w masywie Kominiarskiego i Trzydniowiańskiego Wierchu, pozostałe 23,4% stanowiły obserwacje kozic w pasie granicznym.

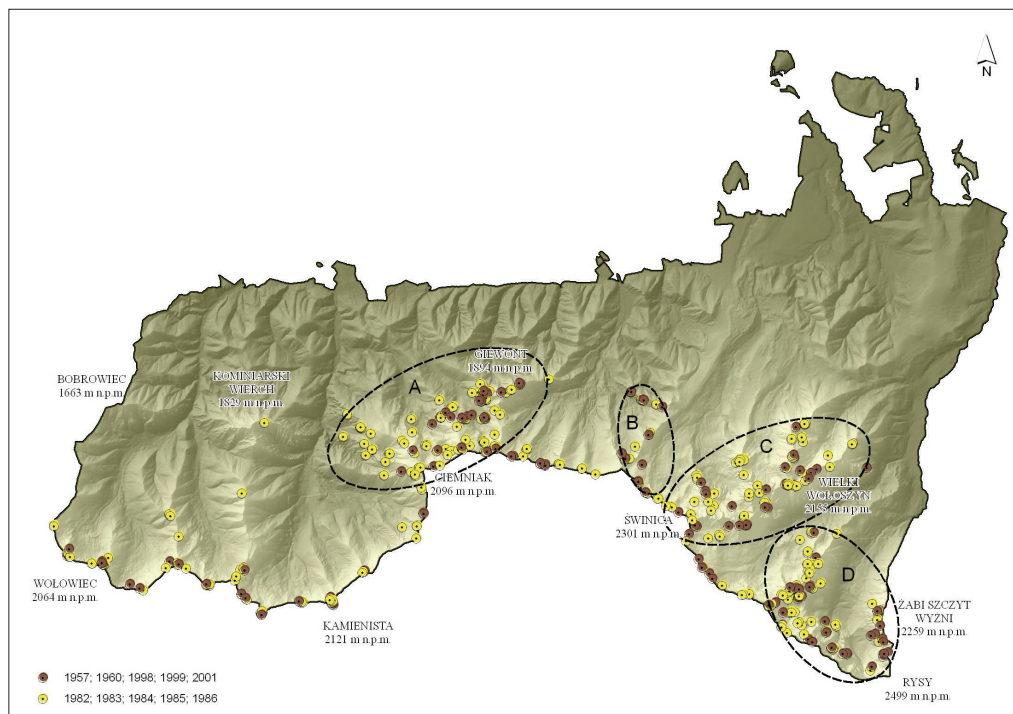
Rozkład obserwacji kozic w wyodrębnionych rejonach po polskiej stronie Tatr przedstawiono w tabeli 1. Wynika z niej, że udział procentowy obserwacji w obu badanych okresach był największy w rejonie A i wyniósł 29,5%, a najmniejszy w rejonie B – 6,4%. W przypadku liczebności najniższych najczęściej obserwacji kozic wykonano w rejonie D – 6,6%, przed rejonami A (5,7%), C (5,4%) i B (2,5%). Inaczej rozkład obserwacji wyglądał



Ryc. 2. Dynamika liczebności kozicy w Tatrach Polskich na podstawie wyników jesiennych liczeń przeprowadzonych w latach 1957–2006. Kolorem czarnym wyróżniono dane z lat wykorzystanych do analizy

w okresach z największą notowaną liczebnością, kiedy zaznaczyła się większa dysproporcja pomiędzy rejonem A (23,8%), a pozostałymi C (14,5%) i D (14,2%), a zwłaszcza B (3,9%).

Kolejnym parametrem poddanym analizie w ramach rozkładu przestrzennego kozic na obszarze Tatr Polskich była wielkość obserwowanych ugrupowań zwierząt. Na podstawie zapisów w kartach obserwacyjnych dotyczących lokalizacji i liczebności obserwowanych stad w dwóch porównywanych okresach sporządzono rycinę 4 i tabelę 2, z podziałem na obserwacje wykonane w Tatrach Zachodnich i Wysokich. Z danych w tabeli 2 wynika między innymi, że największy udział procentowy miały obserwacje kierdeli liczących od 2 do 5 osobników, które stanowiły około połowę wszystkich obserwacji – 50,9%. Znacznie mniej razy stwierdzono obecność pojedynczych osobników,

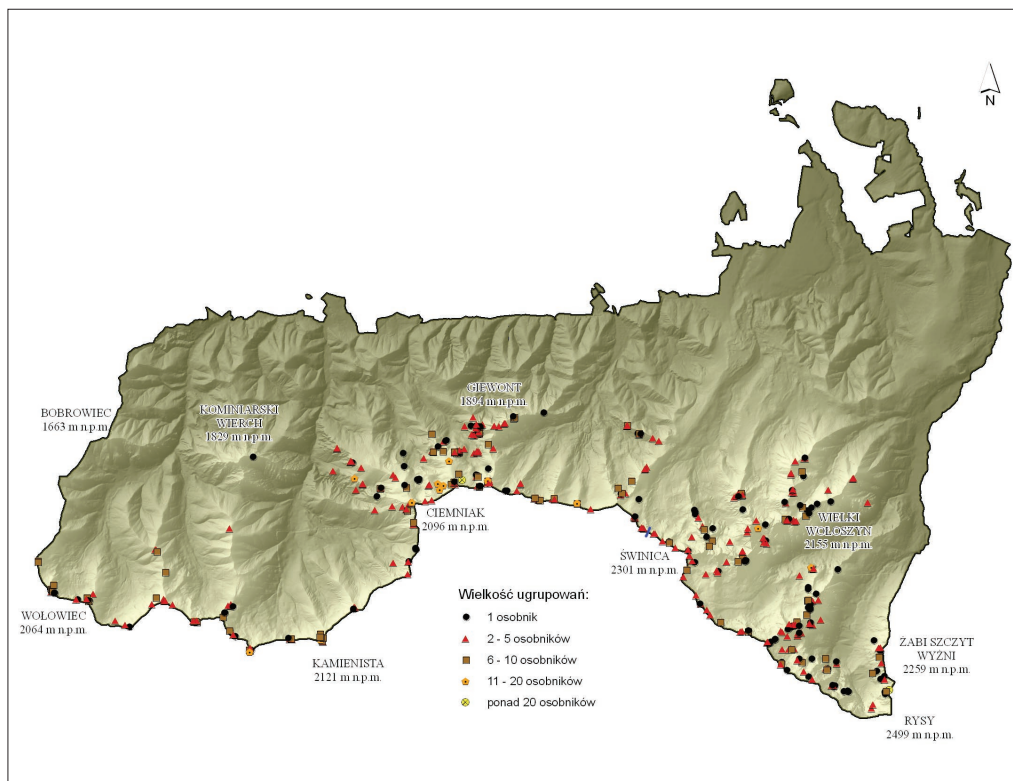


Ryc. 3. Rozmieszczenie przestrzenne kozic w TPN w latach najniższej i najwyższej liczebności gatunku. Zaznaczono cztery rejonry najczęstszych obserwacji zwierząt: A – masyw Czerwonych Wierchów z przyległym otoczeniem grani Giewontu; B – Kasprowy Wierch i jego najbliższe otoczenie; C – obszar na północny-wschód od Świnicy w kierunku Wielkiego Wotuszyna; D – wysokogórskie partie Doliny Rybiego Potoku wraz z granią i zboczami Miedzanego od strony Doliny Pięciu Stawów Polskich

Tab. 1. Analiza rozmieszczenia przestrzennego kozic na obszarze TPN w latach najniższej (1957, 1960, 1998, 1999, 2001) i najwyższej (1982–1986) liczebności (wg ryc. 3)

Okres	Liczba obserwacji w poszczególnych rejonach [n]						Udział obserwacji w poszczególnych rejonach [%]					
	A	B	C	D	inne ¹⁾	razem	A	B	C	D	inne ¹⁾	razem
Najniższe liczebności	23	10	22	27	30	112	5,7	2,5	5,4	6,6	7,4	27,6
Najwyższe liczebności	97	16	59	58	65	295	23,8	3,9	14,5	14,2	16,0	72,4
Razem	120	26	81	85	95	407	29,5	6,4	19,9	20,8	23,4	100

¹⁾ łączna wartość zanotowanych obserwacji kozic na pozostałych obszarach TPN



Ryc. 4. Miejsca obserwacji różnej wielkości ugrupowań kozicy w TPN podczas liczeń w latach 1957, 1960, 1982–1986, 1999, 2001. Niebieską linią zaznaczono Przełęcz Liliowe, miejsce uznane za granicę pomiędzy Tatrami Zachodnimi, a Wysokimi

Tab. 2. Wielkość obserwowanych ugrupowań kozic w Tatrach Zachodnich i Wysokich w obu analizowanych okresach

Liczba osobników	Liczba obserwacji [n]			Udział obserwacji [%]		
	Tatry Zachodnie	Tatry Wysokie	Razem	Tatry Zachodnie	Tatry Wysokie	Razem
1	44	66	110	10,8	16,2	27,0
2 – 5	118	89	207	29,0	21,9	50,9
6 – 10	49	24	73	12,0	5,9	17,9
11 – 20	12	3	15	2,9	0,7	3,6
Ponad 20	1	1	2	0,3	0,3	0,6
Razem	224	183	407	55,0	45,0	100

których udział procentowy wyniósł 27,0%. W kolejnych przypadkach procent obserwacji malał wraz z wielkością ugrupowań kozic i tak dla kierdela składających się z 6 do 10 kozic wynosił on 17,9%, dla stada od 11 do 20 osobników 3,6%, a dla grup powyżej 20 zwierząt zaledwie 0,6%.

Gdy porównamy wyliczone w tabeli 2 wartości dla Tatr Zachodnich i Wysokich to okazuje się, że tylko dla obserwacji pojedynczych osobników przewaga utrzymuje się na korzyść drugiego z porównywanych obszarów – 16,2% do 10,8%. W trzech kolejnych przypadkach, gdzie analizowano liczbę wykonanych obserwacji ugrupowań z zakresu od 2 do 20 osobników sytuacja była odwrotna ze znaczną przewagą pierwszego z porównywanych fragmentów Tatr – 29,0%, 12,0% i 2,9% w stosunku do 21,9%, 5,9% i 0,7%. Dla ostatniej z analizowanych wartości zanotowano ten sam wynik – 0,3%, gdyż dla obu obszarów odnotowano po jednej obserwacji stad liczących powyżej 20 kozic.

Konkluzja

Rozmieszczenie przestrzenne kozicy zajmującej areal po północnej stronie Tatr, niezależnie od dynamiki liczebności populacji niemal zawsze w 50 letniej historii monitoringu gatunku wykazywało preferencje do stałego przebywania w czterech wskazanych w powyższej pracy obszarach, dwoma zlokalizowanymi w Tatrach Zachodnich i dwoma w Tatrach Wysokich. Z zawartych w pracy danych wynika również, że kozice były obserwowane częściej i liczniej w rejonie masywu Czerwonych Wierchów i Giewontu niż w pozostałych trzech ostojach, co sugeruje że był to najdogodniejszy rejon do bytowania tego gatunku na obszarze Tatrzańskiego Parku Narodowego. Jakie były powody takiego zachowania zwierząt? Czy taki stan rzeczy wynikał bezpośrednio ze znajdującej się tam bazy żerowej, czy ukształtowania topograficznego? Odpowiedź na te pytania nie jest prosta i jednoznaczna, niemniej wszystkie cztery wymienione rejony należy uznać za ostoje priorytetowe, których zachowanie może okazać się kluczowe dla pomyślnego funkcjonowania populacji kozicy po polskiej stronie Tatr w dłuższej perspektywie czasowej.

Literatura

- Chovancova B., Zięba F., Zwijacz-Kozica T. 2006. Polskie i słowackie liczenie kozic: założenia, metody, źródła błędów. [W:] Krzan Z. (red.). Tatrzański Park Narodowy na tle innych górskich terenów chronionych, tom II. Wyd. TPN, Zakopane, s. 47–51.
- Chudik I. 1969. Ein Beitrag über die Ursachen der Bestandsverminderung von Gemsen im Nationalpark Hohe Tatra. Ochrona Fauny, 3 (3–4): 75–86.
- Gąsienica Byrcyn W. 1987. Kozica – żywy symbol Tatr. KAW, Wrocław, ss. 46.
- Jamrozy G., Pęksa Ł., Urbanik Z., Gąsienica Byrcyn W. 2007. Kozica tatrzańska *Rupicapra rupicapra tatrica*. Wyd. TPN, Zakopane, ss. 336.
- Mirek Z. 1996. Tatry i Tatrzański Park Narodowy – wiadomości ogólne. [W:] Mirek Z. (red.). Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. TPN, PAN, Kraków – Zakopane, s. 17–26.
- Nyka J. 2004. Tatry Polskie. Wyd. Trawers, Latchorzew, ss. 304.

Wpływ depozycji z atmosfery na zmiany chemiczne wód wybranych jezior tatrzańskich w latach 1992–2005

Dorota Rzychoń¹, Adam Worsztynowicz¹, Ewa Liana²

¹ *Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych, ul. Kossutha 6, 40-833 Katowice*

² *Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, ul. Parkowa 30, 51-611 Wrocław*

Streszczenie

Praca stanowi część składową badań prowadzonych w Europie, poświęconych skutkom zakwaszenia środowiska oraz jego reakcji na redukcję emisji substancji kwasogennych do atmosfery. zgodną z postanowieniami Konwencji w Sprawie Zanieczyszczania Powietrza na Dalekie Odległości. Na podstawie wyników badań z lat 1992–1996 oraz 2000–2005 przeprowadzono analizę trendów w składzie chemicznym wód wybranych jezior tatrzańskich oraz opadów atmosferycznych. Otrzymane wyniki wskazują na postępujący proces restauracji chemicznej badanych jezior, spowodowany zmniejszeniem depozycji kwaśnej z atmosfery.

Słowa kluczowe: zakwaszenie, restauracja, depozycja z atmosfery, jeziora tatrzańskie

Wstęp

W ciągu ostatnich kilku dekad problemy związane z tzw. „kwaśnymi deszczami” były, i są w dalszym ciągu uważane za jeden z głównych międzynarodowych problemów związanych z zagrożeniami środowiska naturalnego w Europie i Ameryce Północnej. Masy powietrza zawierającego związki siarki i azotu pochodzące głównie z procesów spalania, przemieszczając się na dalekie odległości oddziałują na wody powierzchniowe, podziemne i gleby leśne, także w miejscach odległych od źródeł emisji.

Od przełomu lat 70-tych i 80-tych ubiegłego wieku emisje związków siarki i azotu zaczęły się obniżać; do chwili obecnej nastąpiła 50–85% redukcja emisji związków siarki oraz 0–30% redukcja emisji związków azotu w Europie i Ameryce Północnej. Spadek emisji tlenków siarki z terenu Polski w okresie 1992–2002 jest określany na około 44% (w stosunku do 1980 roku na około 61%), W przypadku tlenków azotu był mniejszy i wynosił około 28% (w stosunku do 1980 roku około 34%) zaś amoniaku 26% (w stosunku do 1980 roku około 40%) [EMEP 2005].

Różnorodność reakcji ekosystemów na depozycję kwaśną powoduje, że bardzo trudno jest ocenić perspektywy cofania zmian wywołanych zakwaszeniem. Wartości i zmienność najistotniejszych parametrów gleby i wód, zależnych od depozycji substancji za-

kwaszących, są wypadkową skomplikowanych procesów zachodzących w zlewni. Wpływ obniżenia depozycji siarki i azotu na wody powierzchniowe jest przedmiotem wielu badań. Kierunki zmian składu chemicznego (pH i alkaliczność) wód nie zawsze są zgodne z przewidywaniami. Udokumentowano stosunkowo szybkie odwrócenie zmian związanych z zakwaszeniem [Gunn 1995] dla wód silnie zakwaszonego rejonu Sudbury w stanie Ontario (Kanada) oraz jezior Lasu Czeskiego (zachodnie Czechy) [Vesely i inni 1998]. Jednak wiele rzek i jezior szczególnie słabiej zakwaszonych nie wykazuje tak szybkich oznak cofania zmian chemicznych lub nie wykazuje ich wcale. Często powodem jest zjawisko równoczesnego obniżenia stężeń kationów zasadowych wraz z obniżeniem stężeń siarczanów i azotanów, co w rezultacie nie skutkuje zmniejszeniem zakwaszenia [Stoddard i inni 2000]. Na zmiany chemiczne w glebach i wodach zlewni spowodowane obniżaniem się depozycji kwaśnej mają wpływ także inne czynniki, jak np. zmiany w cyklu przemian azotowych np. wzrost poboru azotu przez roślinność i mikroorganizmy zlewni związane z poprawiającymi się warunkami środowiskowymi [Vesely i inni 2002]. Ostatnio także coraz częściej bierze się pod uwagę wpływ globalnych zmian klimatycznych.

Mimo, że w niektórych zakwaszonych ekosystemach zaobserwowano procesy cofania się zmian, zakwaszenie w dalszym ciągu pozostaje poważnym problemem.

Jednym z programów działających w ramach Grupy Roboczej d/s Oddziaływań działającej na rzecz Organu Wykonawczego Konwencji w Sprawie Zanieczyszczania Powietrza na Dalekie Odległości jest Międzynarodowy Program Oceny i Monitoringu Zakwaszenia Rzek i Jezior (ICP-Waters), powołany w 1985 roku w celu określenia zasięgu geograficznego i stopnia zakwaszenia wód powierzchniowych. Zbierane dane dostarczają informacji niezbędnych do szacowania zależności stopnia zakwaszenia wód od wartości depozycji z atmosfery w różnych warunkach klimatycznych, geologicznych i in. Ważnym elementem prac Programu jest rejestracja i ocena tendencji zmian chemicznych i biologicznych w wodach ważnych dla ustalenia koniecznego stopnia redukcji emisji zanieczyszczeń do atmosfery m. in. za pomocą modelowania dynamicznego, pozwalającego na prognozowanie zmian w zlewniach w zależności od zmian wielkości depozycji.

Wody powierzchniowe na terenach w niewielkim stopniu narażonych na emisje lokalne są bardzo dobrymi wskaźnikami zmian globalnych, reagują na nie szybciej i wyraźniej niż gleby lub ekosystemy leśne. Dlatego wyniki prac ICP-Waters dostarczają cennych informacji organom śledzącym efekty realizacji postanowień Konwencji. Obecnie Program realizują 23 kraje europejskie i północnoamerykańskie, wśród nich Polska od 1994 r.

Obszar badań

Obszar badań, poprzedzony studiami rozpoznawczymi został ograniczony do części krystalicznej Tatr Polskich, ze względu na niską mineralizację występujących tam wód powierzchniowych i związaną z tym dużą wrażliwość na depozycję kwaśną z atmosfery. Szczegółowymi badaniami objęto dwa jeziora, Długi Staw i Zielony Staw, położone w górnej części zlewni Suche Wody.

Zakres badań

Badania zakwaszenia i restauracji Długiego i Zielonego Stawu prowadzono w latach 1992–1996 a następnie wznowiono w latach 2000–2005. Wody były pobierane z częstotliwością 2 razy w miesiącu w miejscach wypływu z jezior.

W latach 1992–1996 analizom poddawano próby wód z tygodniowych sum opadów deszczu i śniegu zbieranych na stacji IMGW na Hali Gąsienicowej. Od 2000 r. wykorzystywano wyniki analiz uzyskiwane z miesięcznych sum opadów w ramach Państwowego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń do podłoża (stacja pomiarowa na Kasprowym Wierchu). Badania porównawcze prowadzone w latach 2000–2001 wykazały stosunkowo nieduże różnice między wielkością depozycji na Kasprowym Wierchu i na Hali Gąsienicowej.

Zarówno w wodach jeziornych jak i opadowych oznaczano: pH, przewodnictwo (K_{25}), Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- i alkaliczność.

W opracowaniu wykorzystano wyniki pomiarów temperatury powietrza i wysokości opadów ze stacji IMGW na Hali Gąsienicowej i Kasprowym Wierchu.

Metody badań

Do analizy zmian czasowych chemizmu wód i opadów atmosferycznych został wykorzystany test SKT (Seasonal Kendall Test), będący uwzględniającą zmiany sezonowe modyfikacją nieparametrycznego testu Mann'a-Kendall'a. Współczynnik nachylenia prostej obrazującej przebieg zmian w czasie wyznaczono metodą Sen'a [Helsel i inni 1992]. Taki sposób postępowania pozwala stwierdzić występowanie trendów w przypadkach, kiedy są one stosunkowo słabe i maskowane znaczną zmiennością wywołaną przez czynniki zewnętrzne.

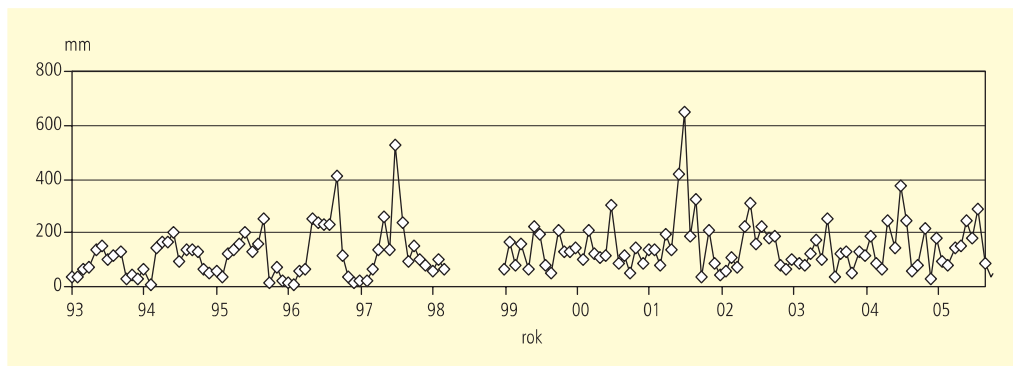
Wyniki badań

Warunki meteorologiczne

Tendencje zmian klimatycznych w Tatrach są podobne jak na terenie reszty kraju [Niedźwiedź 1996, Obrebska-Starkłowa i inni 1996]. Analiza obserwowanych i rekonstruowanych letnich temperatur w Tatrach w latach od 1550 do 2004 r. [Niedźwiedź 2005] wskazuje, że ostatni zimny okres miał miejsce w latach 1960–1990. Od 1991 roku dominują w Tatrach ciepłe lata. W ciągu 14 lat (1991–2004) tylko 2 sezony letnie oznaczały się temperaturą poniżej średniej: 1993 ($dt = -0,8K$) i 1996 ($dt = -0,3K$). W pobliżu terenu badań w latach 1992–2005 średnia roczna temperatura powietrza wynosiła $2,8^{\circ}C$, przy czym pierwszym okresie badań (1992–1996) średnia temperatura wynosiła $2,7^{\circ}C$ zaś drugim (2000–2005): $3,0^{\circ}C$. Dla porównania, średnia temperatura w latach 1951–1960 wynosiła $2,4^{\circ}C$ [Szafer i inni 1962].

Obszar Tatr charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem wysokości opadów w poszczególnych latach. Sumy roczne opadów w latach 1992–1996 były przeważnie niższe od średniej wieloletniej (1667 mm), natomiast w latach 1999–2005 były zbliżone do średniej za wyjątkiem wysokiej sumy opadów w 2001 roku. Miesięczne sumy opadów na obszarze badań w latach 1992–2005 przedstawiono na ryc. 1. W pierwszym okresie pomiarowym obserwowano niższe sumy opadów w zimie niż w lecie. Najwyższe sumy

opadów występowały we wszystkich latach pomiarowych w czerwcu. Wyniki te są zgodne z wcześniejszymi wynikami badań; średnio 68,8% wysokości opadu występuje od maja do października, a 31,2% od listopada do kwietnia [Szafer i inni 1962]. Z ryc. 1 wynika też, że lata 2000–2005 charakteryzowała mniejsza regularność sum opadów związana z porami roku w porównaniu z latami wcześniejszymi, jednak potwierdzenie tego spostrzeżenia wymaga odrębnej analizy statystycznej.

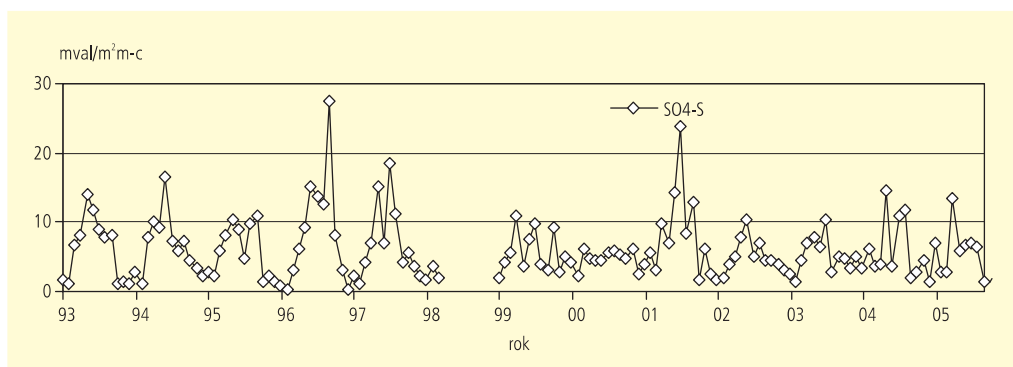


Ryc. 1. Miesięczne sumy opadów w latach 1992–2005 (Kasprowy Wierch, dane IMGW)

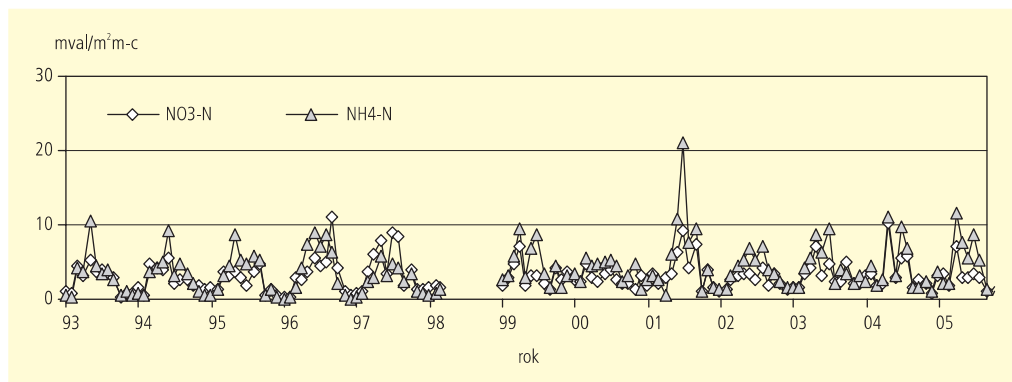
Depozycja zanieczyszczeń z atmosfery

W okresie 1992–2005 średnie roczne stężenia SO_4^{2-} mieściły się w przedziale od $34,2 \text{ mval/m}^3$ (2002 r.) do $75,9 \text{ mval/m}^3$ (1993 r.); stężenia NO_3^- od $17,9 \text{ mval/m}^3$ (2002 r.) do $31,8 \text{ mval/m}^3$ (1993 r.) a stężenia NH_4^+ od $17,3 \text{ mval/m}^3$ (1997 r.) do $37,4 \text{ mval/m}^3$ (2003 r.). W tym samym czasie pH opadów wahało się w przedziale od 4,39 (1996 r.) do 5,16 (2002 r.).

Miesięczne sumy depozycji były wyraźnie wyższe późną wiosną i na początku lata, co jest związane z najwyższymi w tym czasie w Tatrach wielkościami opadów (ryc. 2 i 3).



Ryc. 2. Miesięczne sumy depozycji SO_4^{2-} w opadach atmosferycznych na Hali Gąsienicowej (1992–1996) i Kasprowym Wierchu (1999–2005)



Ryc. 3. Miesięczne sumy depozycji NO_3^- i NH_4^+ w opadach atmosferycznych na Hali Gąsienicowej (1992–1996) i Kasprowym Wierchu (1999–2005)

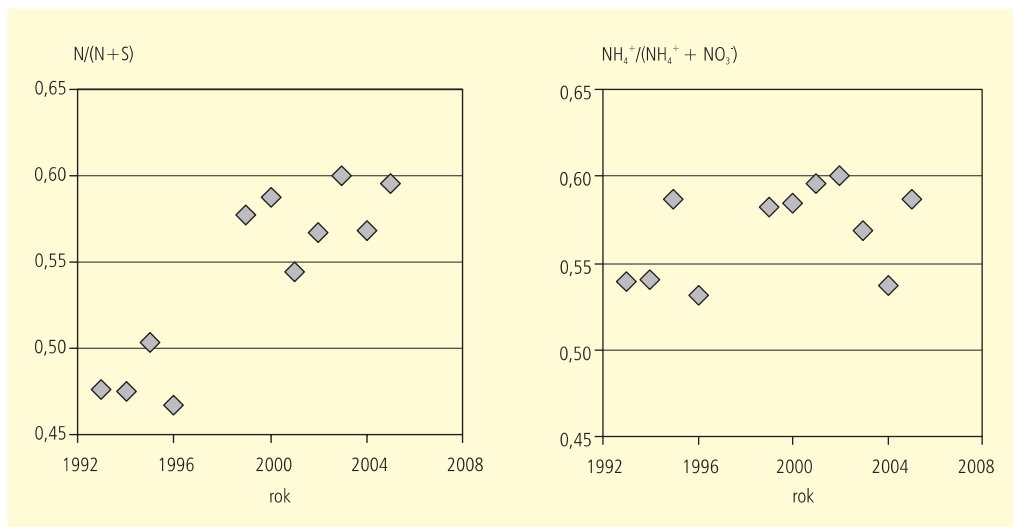
W latach 1992–2005 nastąpiły zmiany w składzie chemicznym opadów (tab. 1). Stężenie siarczanów znacznie się obniżyło. Nastąpiło także wyraźne zmniejszenie zakwaszenia opadów. W analizowanym okresie stężenie jonów wodorowych zmniejszało się średnio o $2,63 \text{ mval/m}^3$ na rok, przy czym w okresie 1992–1996 następował lekki wzrost ich stężeń, a w latach 2001–2005 lekki spadek. Mniej wyraźne były zmiany stężeń związków azotu. Niewielkie obniżenie stężeń jonów azotanowych oraz jednoczesny wzrost stężeń jonów amonowych spowodował wzrost sumarycznego stężenia związków azotu (jednak trendy te są nieistotne statystycznie $p < 0,01$).

Stwierdzono ponadto wyraźnie rosnący udział związków azotu w depozycji oraz nieco zwiększającą się rolę formy amonowej w depozycji azotu (ryc. 4).

Tab. 1. Wyniki analizy trendów dla opadów atmosferycznych w latach 1992–2005

Parametr	Średni współczynnik nachylenia linii trendu [$\text{mval/m}^3\text{rok}$]	Poziom istotności p
$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	+0,963	<0,01
SO_4^{2-}	-1,91	<0,01
NO_3^-	-0,238	n.s.*
NH_4^+	+0,360	n.s.*
N ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$)	+0,05	n.s.*
H^+ ('92 - '96)	+0,616	<0,01
H^+ ('01 - '05)	-0,212	<0,01
H^+ ('92 - '05)	-2,23	<0,01

* nieistotne na poziomie $p < 0,01$



Ryc. 4. Stosunek depozycji związków azotu do sumy depozycji związków azotu i siarki (lewa strona) oraz stosunek depozycji azotu amonowego do sumy depozycji azotu amonowego i azotanowego (prawa strona) z atmosfery na Hali Gąsienicowej (1992–1996) i Kasprowym Wierchu (1999–2005)

Skład chemiczny wód jeziornych

Zasadnicze znaczenie w ocenie zakwaszenia wód powierzchniowych mają:

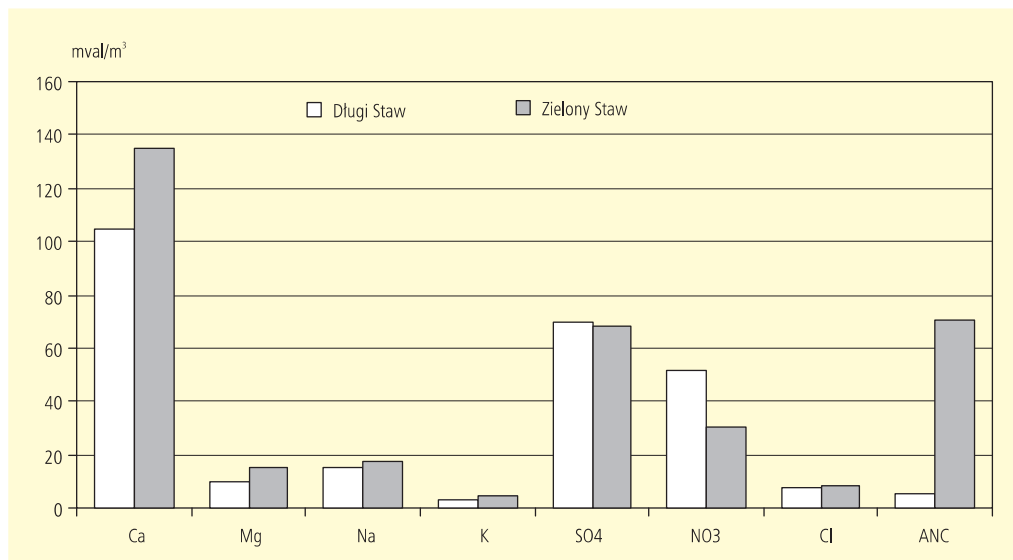
(1) wskaźniki zakwaszenia będące wypadkowymi oddziaływań między kwaśnymi i zasadowymi składnikami wód: pH, alkaliczność (oznaczana) oraz ANC (*acid-neutralizing capacity*, obliczane z różnicy między sumą kationów mocnych zasad i anionów mocnych kwasów);

(2) stężenia SO_4^{2-} i NO_3^- , anionów dostarczanych do wód w wyniku depozycji z atmosfery;

(3) stężenia Ca^{2+} i Mg^{2+} , kationów pochodzących z reakcji wietrzenia i wymiany jonowej.

Na podstawie porównania stężeń głównych składników wód obu jezior stwierdzono, że dominującym kationem jest jon wapniowy, natomiast anionem – jon siarczanowy (ryc. 5). Stężenia kationów i ANC są wyższe w wodach Zielonego Stawu. Stężenia SO_4^{2-} są podobne w obu jeziorach i bardzo zbliżone do stężeń tego jonu w opadach atmosferycznych, podczas gdy stężenia NO_3^- są wyraźnie wyższe w Długim Stawie.

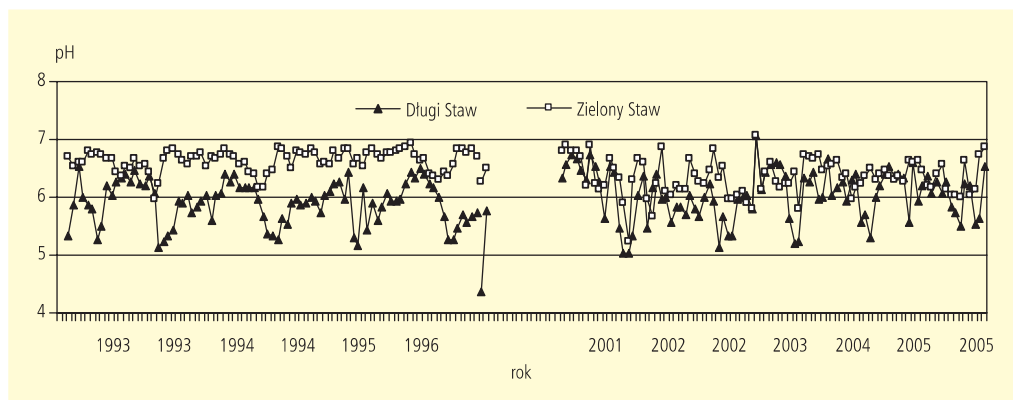
Różnice składu chemicznego wód obu jezior wynikają z różnic fizyczno-geograficznych oraz zróżnicowania procesów zachodzących w obu zlewniach. Zielony Staw jest położony o 112 m niżej niż Długi Staw, dlatego też m.in. rozpoczęcie roztopów wiosennych jest tam późniejsze. Wykazuje on często wcześniejszy wiosenny wzrost stężeń SO_4^{2-} i NO_3^- oraz spadek wartości ANC i pH w porównaniu z Długim Stawem (ryc. 6). W zlewni Długiego Stawu występuje większe nachylenie zboczy niż w zlewni Zielonego Stawu; miąższość gleb jest tam mniejsza a roślinność uboższa [Rzychoń 1998]. Powoduje to, że w zlewni Długiego Stawu czas retencji wód opadowych jest krótki, stąd też fizykochemiczne oddziaływanie między glebą a wodą jest ograniczone. Rezultatem są niższe w wodach Długiego Stawu stężenia kationów i niższe ANC a także zmniejszone możli-



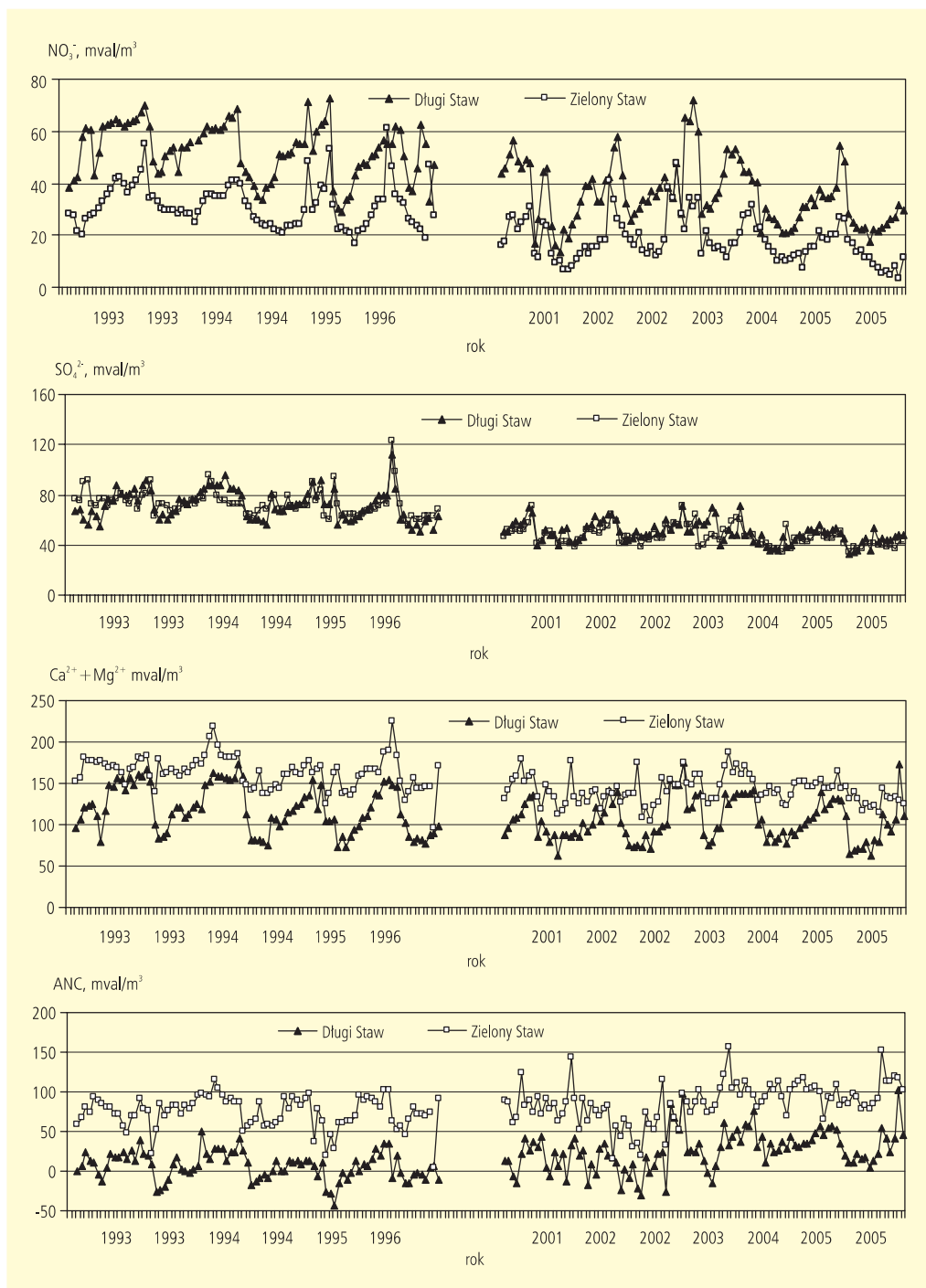
Ryc. 5. Średnie roczne stężenia głównych składników wód badanych jezior w latach 1992–2005

wości asymilacji związków azotu przez roślinność i mikroorganizmy i stąd wyższe stężenia NO_3^- . Obie zlewnie leżą w obrębie skał granitoidowych pokrytych moreną, jednak gleby zlewni Zielonego Stawu mają średnio wyższy stopień nasycenia zasadami kompleksu jonowymiennego [Rzychoń i inni 2005], co może wynikać z wtężeń skał wapiennych na granicy zlewni [Trafas 1985].

Porównanie składu chemicznego wód badanych jezior z okresu 1992–1997 i 2000–2005 wykazało zmniejszenie się różnic stężeń parametrów chemicznych między jeziorami (ryc. 6).



Ryc. 6. Stężenia głównych parametrów chemicznych w wodach Zielonego i Długiego Stawu w latach 1992–2005



Ryc. 6. Wartości głównych parametrów chemicznych w wodach Zielonego i Długiego Stawu w latach 1992–2005

Analiza trendów zmian stężeń substancji, odgrywających kluczowe role w procesach zakwaszania środowiska, wykazała (tab. 2), że w latach 1992–2005 zachodziło obniżenie stężeń kationów zasadowych, siarczanów i azotanów oraz wzrost wartości ANC, przy czym nieco szybsze spadki stężeń kationów zasadowych i siarczanów miały miejsce w wodach Zielonego Stawu, natomiast wzrost wartości ANC i spadek stężenia azotanów zachodził szybciej w Długim Stawie. Jednocześnie zauważono niewielkie zmiany stężeń jonów wodorowych- w obu jeziorach statystycznie nieistotne ($p < 0,01$), w przypadku oddzielnych okresów 1992–1996 i okres 2001–2005. Jeżeli jednak uwzględnimy lata 1992–2005 trendy są statystycznie istotne. Uzyskano trend ujemny w przypadku Długiego Stawu i trend dodatni w przypadku Zielonego Stawu, jednak szybkość zmian jest bardzo wolna, co odzwierciedla niewielkie zmiany zakwaszenia wód jezior.

Wykonano bilans dopływu i odpływu substancji kwasogennych w zlewniach obu jezior dla obu okresów pomiarowych. Założono 20% wartość suchej depozycji [Lydersen i inni 1997, Rzychoń 1998] oraz współczynnik odpływu dla zlewni obu jezior w wysokości 0,86 [Łajczak 1988]. Wyniki obliczeń zamieszczono w tabeli 3.

W latach 2001–2005 zdolność retencyjna związków azotu obu zlewni była znacznie wyższa (o około 15%) niż w latach 1992–1996, toteż ilość związków azotu zatrzymywa-

Tab. 2. Wyniki analizy trendów dla Zielonego i Długiego Stawu w latach 1992–2005

Jezioro	Parametr	Średni współczynnik nachylenia linii trendu [mval/m ³ rok]	Poziom istotności p
Długi Staw	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	-1,604	<0,01
	SO ₄ ²⁻	-2,60	<0,01
	NO ₃ ⁻	-2,03	<0,01
	ANC	+2,16	<0,01
	H ⁺ ('92 – '96)	+0,073	n.s.*
	H ⁺ ('01 – '05)	-0,146	n.s.*
	H ⁺ ('92 – '05)	-0,017	<0,01
Zielony Staw	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	-2,03	<0,01
	SO ₄ ²⁻	-2,72	<0,01
	NO ₃ ⁻	-1,57	<0,01
	ANC	+1,55	<0,01
	H ⁺ ('92 – '96)	-0,026	n.s.*
	H ⁺ ('01 – '05)	-0,007	n.s.*
	H ⁺ ('92 – '05)	+0,019	<0,01

* nieistotne na poziomie $p < 0,01$

Tab. 3. Bilans związków siarki i azotu (mval/m² rok) w zlewniach Zielonego i Długiego Stawu w latach 1993–1997 i 2001–2005

	Zielony Staw				Długi Staw			
	SO ₄ ²⁻ mval/m ² rok		NO ₃ ⁻ + NH ₄ ⁺ mval/m ² rok		SO ₄ ²⁻ mval/m ² rok		NO ₃ ⁻ + NH ₄ ⁺ mval/m ² rok	
	1992– 1996	2001– 2004	1992– 1996	2001– 2004	1992– 1996	2001– 2004	1992– 1996	2001– 2004
Depozycja (sucha + mokra)	96,5	86,2	90,1	113,0	96,5	86,2	90,1	113,0
Ładunek w odpływie	83,3	77,9	41,0	33,9	85,3	82,9	64,9	62,8
Wymywanie ze zlewni (%)	86,3	90,4	45,5	30,0	88,4	96,2	72,0	55,6
Retencja%	13,7	9,6	54,5	70,0	11,6	3,8	28,0	44,6

nych przez zlewnie Zielonego i Długiego Stawu była wyższa i wynosiła odpowiednio 70% i 44% (w latach 1992–1996 odpowiednio 55% i 28%).

Dominującą formą N w depozycji jest N- NH₄⁺. Niewielkie ilości N- NH₄⁺ w odpływie z jezior wskazują na intensywnie zachodzący proces nitrifikacji w ich zlewniach. Porównanie wykazało także, że retencja związków siarki zmieniła się w niewielkim stopniu; obliczenia wykazały jej zmniejszenie o 4% w przypadku Zielonego Stawu i 8% w przypadku Długiego Stawu; jednak należałoby potwierdzić te tendencje w dłuższym okresie. Wyniki wskazują na utrzymywanie się większych zdolności retencyjnych zlewni Zielonego Stawu w porównaniu ze zlewnią Długiego Stawu zarówno w stosunku do związków siarki jak i azotu.

Dyskusja

Uzyskane wyniki wskazują na wyraźne efekty ograniczenia emisji związków siarki i azotu do atmosfery. Porównanie składu chemicznego wód badanych jezior w okresach 1992–1996 i 2000–2005 wykazuje różnice świadczące o zajściu w tym czasie istotnych zmian w funkcjonowaniu zlewni.

Analiza trendów zmian stężeń substancji, odgrywających kluczowe role w procesach zakwaszania środowiska, wskazuje, że w okresie badań zarówno opady atmosferyczne jak i wody badanych jezior zmieniły swój skład chemiczny, w większości przypadków na poziomie istotnym statystycznie.

Dane inwentaryzacyjne dotyczące obniżenia emisji związków siarki i azotu z terenu Polski i Europy [EMEP 2005] znalazły tylko częściowe odbicie w wynikach monitoringu depozycji na Hali Gąsienicowej i Kasprowym Wierchu. Uzyskany zbiór danych dotyczących składu chemicznego opadów wskazuje na poprawę ich jakości i manifestuje się obniżeniem stężeń siarczanów i podniesieniem pH. Nie zanotowano jednak spodziewanego spadku zanieczyszczenia opadów związkami azotowymi. Niewielki spadek stężeń jonu

azotanowego nie skompensował wzrostu stężeń jonu amonowego, co w rezultacie doprowadziło do niewielkiego wzrostu sumarycznej zawartości związków azotu w opadach.

W tym samym czasie zaobserwowano także zmiany składu chemicznego wód jeziornych. Stężenia jonów siarczanowych, w niewielkim stopniu zatrzymywanych przez zlewnie obniżały się w podobnym tempie jak w opadach. Odmiennie niż w opadach kształtowały się natomiast zmiany stężeń kationów zasadowych i jonów azotanowych.

Stężenia jonów siarczanowych w wodach jezior i opadach malały w podobnym tempie. Jednak bilans dostawy i odpływu wskazuje konsekwentnie na zmniejszenie retencji siarczanów w zlewniach. Prawdopodobnie powodem jest uwalnianie się siarki, zaadsorbowanej w glebie w okresie zwiększonej depozycji. W skrajnych przypadkach może to prowadzić nawet do zahamowania spadku stężeń siarczanów w odpływie mimo znacznego spadku depozycji, jak np. w Virginia Blue Ridge w Stanach Zjednoczonych [Skjelkvalle 2005]. Granitowe podłoże geologiczne obszaru badań zawiera niewielkie ilości siarki w postaci bardzo słabo rozpuszczalnego barytu $BaSO_4$ [Oleksynowa 1970], w związku z czym nie można spodziewać się podwyższenia stężeń SO_4^{2-} w wyniku zwiększenia szybkości wietrzenia, spowodowanego np. ociepleniem klimatu.

Jony wapnia i magnezu, mające największy wpływ na stan zakwaszenia wód wykazują spadek w wodach obu jezior. Takie obniżenie jest spotykane powszechnie na terenach, gdzie zmniejszenie depozycji powoduje cofanie się zmian wywołanych zakwaszeniem. W literaturze [Galloway i inni 1983] tłumaczy się, że zjawisko to jest związane z proporcjonalnym wiązaniem kationów przez aniony migrujące przez glebę zlewni. Warfvinge [2000] podaje, że w sytuacji spadku depozycji anionów, przyczyną zmniejszenia dostawy kationów zasadowych do wód powierzchniowych są zmiany stopnia nasycenia zasadami kompleksu jonowymiennego gleb zlewni. Na etapie restauracji, zubożony w wyniku zakwaszenia kompleks jonowymienny jest uzupełniany przez kationy dostarczane na drodze depozycji i/lub wietrzenia. W rezultacie mniej kationów uwalnia się z gleby do wody glebowej a następnie do wód powierzchniowych. Dodatkowym czynnikiem może być zwolnienie szybkości wietrzenia i/lub zwiększony pobór kationów zasadowych przez roślinność w sytuacji zmniejszonego zakwaszenia opadów [Vesely i inni 2002]. Zmniejszenie stężeń kationów zasadowych jest czynnikiem opóźniającym restaurację wód powierzchniowych.

Mimo, że stężenia związków azotu w opadach nie spadają, stężenia jonów azotanowych wykazują silny trend malejący. Porównanie bilansu związków azotowych w obu okresach badawczych wykazało znaczne zwiększenie zdolności retencyjnych obu zlewni, średnio o 15%. Interpretacja tego faktu napotyka na duże trudności, głównie związane z tym, że azot w przeciwieństwie do siarki nie stanowi jedynie substancji zakwaszającej, ale odgrywa także znaczną rolę w procesach biologicznych. Depozycja azotu powoduje zakwaszenie wód, jeżeli:

- (1) jest wymywany z gleby,
- (2) jest zużywany przez roślinność, ponieważ towarzyszy temu zwiększony pobór kationów zasadowych.

Wymywanie azotu z gleby zależy od ilości azotu jaka jest zużywana jako składnik pokarmowy. Uważa się, że stan nasycenia azotem może zostać osiągnięty, jeżeli depozycja z atmosfery przewyższa pobór przez roślinność. Jakakolwiek restauracja spowodowana obniżeniem depozycji siarki może w niesprzyjających warunkach ulec znacznemu spowolnieniu, jeżeli azot zacznie uwalniać się z gleby do roztworu glebowego. Jednak na ogół gleby wykazują niską zdolność do adsorpcji azotu nieorganicznego. Obecny w nich azot występuje głównie w formach organicznych, zwykle nie przechodzących do roztworu

glebowego. Szybkość mineralizacji (przechodzenia z form organicznych do nieorganicznych) zależy w dużej mierze od czynników klimatycznych np. wolniej zachodzi w glebach wysokogórskich. Miarą stabilności związków organicznych w glebie jest stosunek organicznego węgla do organicznego azotu C/N. Wysoki stosunek C/N prowadzi do procesów unieruchamiania azotu w górnych warstwach gleby. Gundersen i inni [1988] podaje, że w zlewniach leśnych stosunek C/N równy 25 lub mniej wskazuje na ryzyko obniżonej retencji N i podwyższone wymywanie. W glebach muraw krystalicznej części Tatr oznaczono stosunek C/N w granicach 14 do 17, wzrastający do powyżej 20 w miejscach porośniętych kosodrzewiną [Skiba 1977], co wskazuje na ich niewielkie zdolności do immobilizacji azotu. Jednocześnie wiadomo, że na wysokości odpowiadającej terenowi badań, przyrost masy organicznej jest szybszy od jej rozkładu o około 20% [Brejmeier i Uba 1988, Drewnik 2002]. Proces ten powoduje ciągle przyrost warstwy organicznej gleby unieruchamiającej część zdeponowanego N. Zmniejszenie zakwaszenia oraz dodatkowo podwyższenie temperatury może sprzyjać rozwojowi mikroorganizmów w glebie i spowodować przyspieszenie tempa mineralizacji substancji organicznych. Jednak taki rozwój sytuacji powodowałby raczej zmniejszenie niż zwiększenie retencji azotu w zlewni.

Można zatem przypuszczać, że za obniżenie stężeń związków azotu w wodach jezior tatrzańskich (i zwiększenie retencji azotu w zlewni) są odpowiedzialne procesy biologiczne. Czynnikiem odpowiedzialnym za ten proces może być zarówno redukcja zakwaszenia jak i ocieplenie klimatu [Vesely i inni 2002]. Oba te warunki zostały spełnione na terenie badań w Tatrach. W okresie badań zanotowano wzrost temperatury i zmiany reżimu opadów atmosferycznych oraz jednocześnie zmniejszenie obciążenia terenu kwaśną depozycją (głównie siarki) z atmosfery, co spowodowało odwrócenie trendów zakwaszenia. Dodatkowymi czynnikami sprzyjającym poborowi azotu przez roślinność jest zwiększający się udział jego formy amonowej w opadach atmosferycznych (ryc. 4) oraz zmiany hydrologiczne (ryc. 1) wywołane tendencją do wyrównania sum opadów atmosferycznych w poszczególnych miesiącach, co powinno powodować zmniejszenie udziału spływu powierzchniowego w odpływie, a tym samym zwiększenie czasu retencji wody w glebach zlewni i zwiększenie szans na efektywniejszy pobór N przez roślinność [Rzychoń, Worsztynowicz 2008]. Brak jest jednak bezpośrednich dowodów na potwierdzenie tej hipotezy ze względu na niedostatek odpowiednio ukierunkowanych badań biologicznych.

Wypadkową procesów prowadzących do zmian proporcji kationów i anionów z wodach jezior jest ich stan zakwaszenia. Równoczesne obniżenie stężeń kationów zasadowych oraz siarczanów i azotanów prowadzi w rezultacie do mało widocznych oznak zmniejszenia zakwaszenia wód. Wprawdzie ANC wykazuje istotną tendencję wzrostową, jednak z pomiarów wynika, że niewielki wzrost pH miał miejsce dopiero w ostatnim czasie.

Obserwacje wskazują na różnice reakcji zlewni obu jezior na zmiany depozycji. W rezultacie zarówno ANC jak i pH w wodach tego jeziora wskazują na zmniejszenie zakwaszenia. Reakcja wód Zielonego Stawu jest wyraźnie wolniejsza.

Jednocześnie analiza trendów wykazała, że szybkość reakcji obu jezior jest różna, a zatem, przy założeniu dalszej redukcji depozycji, czas, po którym osiągną stan sprzed zakwaszenia może się znacznie różnić. W zlewni Długiego Stawu, wolniej spada wymywanie kationów zasadowych przy jednocześnie szybciej obniżających się stężeniach azotanów. ANC i pH wzrastają szybciej w wodach silniej zakwaszonego Długiego Stawu niż w Zielonym Stawie. Znajduje to odbicie w postaci bardziej zbliżonych do siebie

wartości wskaźników zakwaszenia obu jezior w ostatnich latach w porównaniu z latami 90-tych.

Pomimo, że tendencje obserwowane w Tatrach należą do rzadkości, jednak nie są całkowicie odosobnione. Wody rzeki Lange Bramke w Niemczech wykazują wyraźne obniżenie stężeń azotanów w latach 1979–1999 [Wright i inni 2001]. Te zmiany, podobnie jak w Tatrach nie zostały spowodowane obniżeniem depozycji azotu. Badania zależności między składem chemicznym wód strumieni górskich a zanieczyszczeniem powietrza w Czechach przez porównanie stężeń SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} i pH w 432 lokalizacjach w czasie wysokich (1984–1986) i relatywnie niskich (1996–2000) kwaśnych depozycji wykazały, że obniżenie NO_3^- (do 60%) w wodach strumieni o $\text{pH} \leq 6$ było większe niż obniżenie emisji N w Europie Centralnej (około 35%) [Vesely i inni 2002]. Różnica stężeń NO_3^- między dwoma okresami była prawdopodobnie spowodowana przez:

- (a) wzrost wymywania NO_3^- wywołany zwiększoną mineralizacją w glebach leśnych na terenach o uszkodzonych drzewostanach lub wylesionych w połowie lat 80-tych,
- (b) wyższy pobór przez roślinność w sytuacji zmniejszonego zakwaszenia w późnych latach 90-tych.

Także w górskich jeziorach austriackich [Sammaruga-Wögrath i inni 1997] stwierdzono wzrost stężeń siarczanów i obniżenie zawartości azotu nieorganicznego w ciągu 10 lat. Zmiany te były odwrotne do zanotowanych trendów zmian depozycji na tym terenie i przypisywane są zwiększeniu szybkości wietrzenia i wzrostowi aktywności biologicznej, związanej z ociepleniem klimatu. Wzrost retencji N w sytuacji utrzymywania się wzrostu temperatur powietrza był przewidywany także dla wysoko położonych zlewni Sierra Nevada [Sickman i inni 2001] oraz dla jezior alpejskich [Rogora 2003]. Prawdopodobnie obserwowane reakcje zlewni tatrzańskich są dowodem na słuszność tych przewidywań.

Podsumowanie

Uzyskane wyniki wykazały, że skład chemiczny wód jezior tatrzańskich uległ od 1992 roku istotnym zmianom. Okazało się, że charakter zmian stężeń poszczególnych, istotnych dla stanu zakwaszenia parametrów nie jest bezpośrednim odbiciem zmian stężeń w opadach, ale jest wypadkową zmian funkcjonowania całej zlewni, w szczególności dotyczy to procesów wymiany jonów w glebie i poboru substancji pokarmowych przez roślinność.

Przedstawione wyniki wskazują na dużą złożoność reakcji zakwaszonych zlewni tatrzańskich na zmiany oddziaływania czynników klimatycznych i składu opadów atmosferycznych. Powoduje to, że bardzo trudne staje się prognozowanie zmian, szczególnie w odniesieniu do przyszłych zmian retencji azotu. Czynnikiem komplikującym jest duża, szczególnie w warunkach wysokogórskich, zmienność czynników klimatycznych. W rezultacie ustalanie strategii ograniczania emisji związków kwaśnych do atmosfery napotyka na trudności związane z dużą niepewnością wyników prac modelowych. Dlatego ważne jest rozwijanie badań ukierunkowanych na określenie zależności między przemianami azotu w zlewni a różnorodnymi i ulegającymi postępującym zmianom czynnikami zewnętrznymi

Reasumując, otrzymane wyniki wskazują na postępujący proces restauracji wód badanych jezior spowodowany zmniejszeniem depozycji związków kwaśnych z atmosfery. Mimo wyraźnej poprawy, proces ten z całą pewnością nie został jeszcze zakończony.

Warunkiem dalszej restauracji jest utrzymanie trendu malejącego stężeń związków siarki w opadach oraz osiągnięcie obniżenia depozycji związków azotu.

Podziękowania

Praca była realizowana na zlecenie Ministerstwa Środowiska i finansowana przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Dziękujemy Państwu Małgorzacie i Markowi Kot z Tatrzańskiego Parku Narodowego za wieloletnią współpracę przy organizacji i prowadzeniu prac terenowych.

Literatura

- Breymeyer A., Uba L. 1988. Badania porównawcze produkcji i rozkładu materii organicznej na pastwiskach górskich w Tatrach. *Czasopismo Geograficzne*. LIX (3): 267–281.
- Drewnik M. 2002. Rozkład materii organicznej a poziomy próchniczne w glebach Tatr, [W:] Kotarba A. (red.). *Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr, Tatrzański Park Narodowy – Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Zakopane*, s. 101–106.
- EMEP. 2005; www.emep.int/index_data.html
- Galloway J.N. 1995. Acid deposition: perspectives in time and space. *Water Air Soil Pollut.* 85: 15–24.
- Gundersen P., Schmidt I.K., Raulund-Rasmussen K. 2006. Leaching of nitrate from temperate forests – effects of air pollution and forest management, *Environ. Rev.* 14: 1–57.
- Gunn J.M. (Ed.) 1995. *Restoration and recovery of an industrial region*. Springer. New York.
- Helsel D.R., Hirsch R.M. 1992. *Statistical Methods in Water Resources*. Studies in Environmental Science 49. Elsevier Science Publishers.
- Lydersen E., Rzychon D., Worsztynowicz A., Torseth K., Hanssen J.E., Mill W.A., Kot M., Henriksen A., Wathne B.M. 1997. Critical loads of acidity to lakes in the Polish Tatra Mountains. Final report. Report 44/1997, NIVA, Oslo, 49 pp.
- Łajczak A. 1988. Opady i odpływ w Tatrach Polskich w świetle pomiarów wieloletnich. *Czasopismo Geograficzne* LIX (2): 137–170.
- Niedźwiedź T. 1996. Wieloletnia zmienność temperatury powietrza i opadów w Tatrach. Materiały I Ogólnopolskiej Konferencji Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek. Stan i perspektywy badań tatrzańskich. Zakopane, 6–9 październik 1995, s. 161–163.
- Niedźwiedź T. 2005. Summer temperature patterns over the Tatra Mountains (Central Europe) from 1550 to 2004. Presentation at The 5th Annual Meeting of the European Meteor Society. 12–16 September 2005, Utrecht, The Netherlands. Available at: www.cosis.net/abstracts/EMS05/00422/EMS05-A-00422.pdf
- Oleksynowa K. 1970. Charakterystyka geochemiczna wód tatrzańskich. *Acta Hydrobiologica* 12(1), ss. 100.
- Otrębska-Starkłowa B., Trepieńska J., Niedźwiedź T., Bednarz Z. 1996. Trendy zmian klimatycznych w Tatrach Polskich. Materiały I Ogólnopolskiej Konferencji Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek. Stan i perspektywy badań tatrzańskich. Zakopane, 6–9 październik 1995, s. 168–171.

- Rogora M., Mosello R., and Arisci S. 2003. The effect of climatic warming on the hydrology of alpine lakes, *Water, Air Soil Pollut.* 148: 347–361.
- Rzychoń D. 1998. Wpływ opadów kwaśnych na zakwaszenie jezior Tatr Wysokich. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego. Katowice.
- Rzychoń D., Worsztynowicz A., Słowikowski D. 2005. Monitoring i ocena zakwaszenia wód wybranych jezior tatrzańskich w wyniku opadów kwaśnych. Sprawozdanie IETU. Katowice.
- Rzychoń D., Worsztynowicz A. 2008. What affects the nitrogen retention in Tatra Mountains lakes' catchments in Poland? *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 12: 415–424.
- Sickman J.O., Leydecker A., Melack J.M. 2001. Nitrogen mass balances and abiotic controls on N retention and yield in high-elevation catchments of the Sierra Nevada, California, United States. *Water Resources Research* 37 (5): 1445–1461.
- Skiba S. 1977. Studia nad glebami wytworzonymi w różnych piętrach klimatyczno-roślinnych krystalicznej części Tatr Polskich. *Roczniki Gleboznawcze T. XXVIII, Nr 1, Warszawa* 1977.
- Skjelkvale B.L., Stoddard J.L., Jeffries D.S., Torseth K., Hogasen T., Bowman J., Mannio J., Monteith D.T., Rogora M., Rzychoń D., Vesely J., Wieting J., Wilander A., Worsztynowicz A. 2005. Regional scale evidence for improvements in surface water chemistry 1990–2001. *Environmental Pollution* 137 (2005): 165–176.
- Sommaruga-Wögrath S., Koinig K., Schmidt A., Sommaruga R., Tessadri R., Psenner R. 1997. Temperature effects on the acidity of remote alpine lakes. *Nature* 387: 64–67.
- Stoddard J.L., Jeffries D.S., Lukewille A., Forsius M., Mannio J., Wilander A. 2000. Environmental chemistry – is acidification still an ecological threat? Reply. *Nature* 407: 857–858.
- Szafer W. (red.). 1962. Tatrzański Park Narodowy. Zakład Ochrony Przyrody PAN. Kraków.
- Trafas K. (red.). 1985. Atlas Tatrzańskiego Parku Narodowego. Wojskowe Zakłady Kartograficzne. Zakopane – Kraków.
- Vesely J., Hruska J., Norton S.A., Johnson C.E. 1998. Trends in the chemistry of acidified Bohemian lakes from 1984 to 1995. I. Major solutes. *Water Air Soil Pollut.* 108 (1–2): 107–127.
- Vesely J., Majer V., Norton S.A. 2002. Heterogeneous response of central European streams to decreased acidic atmospheric deposition. *Environmental Pollution* 120 (2): 275–281.
- Warfvinge P., Morth M., Moldan F. 2000. What processes govern recovery? In: *Recovery from acidification in the natural environment; Present knowledge and future scenarios*, Eds. P. Warfvinge i U. Bertills. Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm, Sweden. 96 pp.
- Wright R.F., Alewell C., Cullen J.M., Evans C.D., Marchetto A., Moldan F., Prechtel A., Rogora M. 2001. Trends in nitrogen deposition and leaching in acid-sensitive stream in Europe. *Hydrology and Earth System Sciences* 5 (3): 299–309.

Struktura starodrzewia świerkowego a dynamika przyrostu drzew na powierzchni badawczej „Skoruśniak” w Tatrzańskim Parku Narodowym

Janusz Szewczyk, Jerzy Szwagrzyk

*Katedra Botaniki Leśnej i Ochrony Przyrody Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,
Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków*

Streszczenie

W latach 2002–2003 pobrano odwierty z ponad 600 świerków i pomierzono ich przyrosty grubości na 20 powierzchniach położonych w rezerwacie Skoruśniak w Tatrzańskim PN. Na podstawie przeanalizowanych 548 odwiertów obliczono dla wszystkich przyrostów względne reakcje przyrostowe w odniesieniu do maksymalnej możliwej reakcji przyrostowej, ustalonej na podstawie lokalnej linii granicznej („boundary line”). Maksymalne względne reakcje przyrostowe (o wielkości powyżej 25%) w danym okresie wzrostu uznano za wyznaczniki lat wystąpienia zaburzeń w pobliżu danego drzewa. Wyraźne uwolnienia wystąpiły w 1140 przypadkach u 406 drzew. Wyraźna jest wysoka częstość występowania zaburzeń w latach 1750–1789 i 1821–1830, jednak wyraźnie widać też że na Skoruśniaku w ciągu ostatnich kilku stuleci przeważały zaburzenia lokalne o niskiej intensywności. Ewentualne zaburzenia wielkopowierzchniowe mogły mieć miejsce w rejonie kilku niżej położonych powierzchni badawczych.

Słowa kluczowe: Dynamika lasu, struktura wieku, lasy naturalne, zaburzenia, świerk pospolity.

Wstęp

Opisowi i analizie struktury wysokogórskich borów świerkowych w Tarach poświęcono już wiele prac [Myczkowski 1964, Korpeł 1995, Holeksa i Zielonka 2005, Holeksa i inni 2005, Karczmarski 2007]. Pomimo to naturalna dynamika tych zbiorowisk nie została poznana w stopniu wystarczającym. Istnieją dwa zasadniczo różne modele dynamiki tych drzewostanów [Korpeł 1995, Holeksa 1998]. Według pierwszego, decydującym elementem dynamiki górnoregłowych świerczyn są rozległe naturalne zaburzenia [Szwagrzyk 2000], w tym przypadku najprawdopodobniej wiatr halny czy masowy pojaw korników. W efekcie dochodzi do rozpadu drzewostanu na znacznych powierzchniach (mierzonych w hektarach), a odnowienie odbywa się na powierzchni z dobrym dostępem do światła. Odnowienia powstają z reguły na rozkładającym się martwym drewnie, przede wszystkim na leżących na ziemi pniach drzew tworzących poprzedni drzewostan [Holeksa 1998]. W efekcie powstają drzewostany o małym zróżnicowaniu wiekowym, charakteryzujące się jednopiętrową budową.

Alternatywny model podkreśla znaczenie niewielkich luk drzewostanowych, powstałych po obumarciu kilku sąsiadujących ze sobą drzew. W efekcie powstają drzewostany o złożonej strukturze wiekowej, wielopiętrowe, a ich odnowienie ma charakter mniej więcej ciągły.

Przeprowadzone na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego wstępne analizy [Szwargryk i inni 1996] wskazują na występowanie w górnym reglu Tatr obu typów naturalnych świerczyn: zarówno drzewostanów jednopiętrowych o małym zróżnicowaniu wiekowym, jak i wielopiętrowych i wielogeneracyjnych borów świerkowych.

Drzewostan na Skoruśniaku, sprawiający wrażenie naturalnego boru świerkowego, już od dawna przyciągał uwagę badaczy. Trzydzieści kilka lat temu założoną tu pierwszą w Tatrach (i jedną z pierwszych w Polsce) sieć stałych kołowych powierzchni badawczych, rozmieszczonych w regularnych odstępach [Jagiello i inni 1978]. Powierzchnie te zostały odnalezione i powtórnie pomierzone po roku 2000 [Holeksa i inni 2005]. Wtedy też pobrane zostały odwierty przyrostowe z kilkuset świerków rosnących na powierzchniach badawczych. Niniejsza praca jest próbą odpowiedzi na pytania: jaki typ dynamiki reprezentuje drzewostan na Skoruśniaku? Jakie czynniki mogły w głównej mierze wpłynąć na ukształtowanie jego obecnej struktury?

Teren badań

Prace terenowe wykonano na obszarze rezerwatu Skoruśniak, zlokalizowanego na stokach Zadniego Uplazu, opadającego spod Żółtej Turni pomiędzy dolinami Suchej Wody i Pańszczy. Teren badań położony był na wysokości od 1300 do 1570 m n.p.m., z czego około 75% znajduje się powyżej 1400 m n.p.m. Nachylenie terenu waha się od 0 do 40°, a jego średnia wartość wynosi około 13°. Rezerwat pokrywa obszar trzech oddziałów leśnych: 136, 137 i 143, o całkowitej powierzchni 163,96 ha [Jagiello i inni 1978].

Obszar badań, wraz ze znajdującą się w pobliżu Halą Gąsienicową, leży w obrębie piętra klimatycznego chłodnego, ze średnimi temperaturami rocznymi od 2 do 4°C.

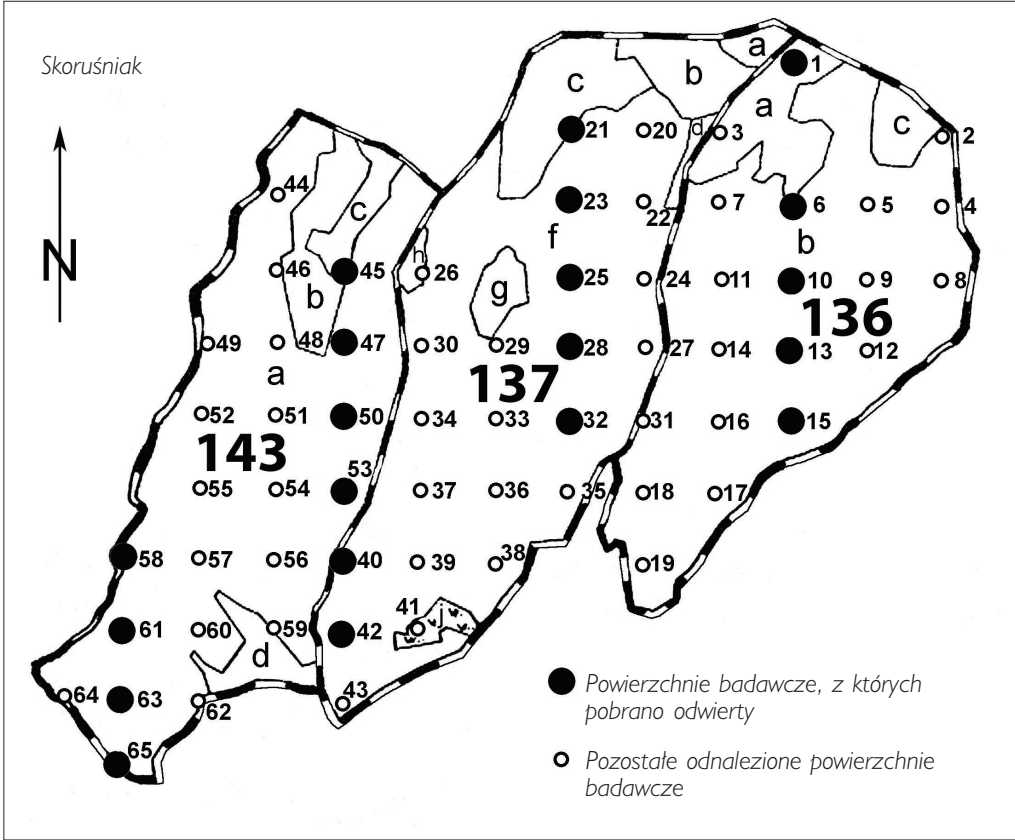
Las w masywie Skoruśniaka jest jednym z dobrze zachowanych w Tatrach fragmentów zespołu *Plagiobetico-Piceetum*. Pod względem typologicznym jest to siedlisko górnoregłowego boru wysokogórskiego [Jagiello i inni 1978].

Metody

W oparciu o sieć regularnie rozmieszczonych 65 stałych kołowych powierzchni badawczych, założonych w roku 1972, w latach 2001 i 2002 pracownicy Instytutu Botaniki PAN powtórzyli pomiar drzewostanu na odnalezionych 61 powierzchniach.

W latach 2002–2003 pobrano odwierty z ponad 600 świerków i pomierzono ich przyrosty grubości na wybranych w sposób systematyczny 20 powierzchniach badawczych (ryc. 1), położonych w czterech równoległych transektach. Odwierty przyrostowe pobrano świdrami Presslera a szerokości słoików przyrostu rocznego pomierzono przy pomocy programu WinDendro. W przypadku części drzew nie udało się pobrać całkowitych odwiertów, ze względu na występującą w pniach zgniliznę wewnętrzną. Odwierty wyraźnie uszkodzone nie były uwzględniane w dalszych analizach, przez co ostatecznie przeanalizowano ich 548.

Weryfikacji poprawności pomiaru dokonano przez porównanie krzywych przyrostowych drzew z latami wskaźnikowymi z bezwzględnie datowanej chronologii przyrostów świerka dla Lasu Gąsienicowego [Feliksik 1972].



Ryc. 2. Rozmieszczenie powierzchni badawczych, z których pobrano odwierty

Nie szacowano wieku rzeczywistego drzew, ponieważ badania przeprowadzone w Tatrach [Zielonka 2003, Zwijacz-Kozica 2003] wykazały bardzo duże zróżnicowanie wieku podrostów osiągających podobne wysokości. W skrajnych przypadkach świerki potrzebowały 60 lat na osiągnięcie wysokości 1,3 m. Poprawki do wieku pierśnicowego świerków, obliczone uprzednio [Szymański, Modrzyński 1973] na 20 do 30 lat, mogły być niewystarczające.

Dla przeanalizowania częstotliwości występowania w drzewostanie zaburzeń użyto metod zaproponowanych przez Lorimera i Frelicha [1989] w zmodyfikowanym ujęciu Nowackiego i Abramsa [1997] i Blacka i Abramsa [2003, 2004]. Metoda ta bazuje na liczbie stwierdzonych przy analizie przyrostów drzew uwolnień, będących reakcjami na występujące w ich pobliżu zdarzenia powodujące pozytywną reakcję przyrostową. O ile spadek szerokości słoików przyrostowych może być wynikiem zadziałania czynników abiotycznych – na przykład klimatycznych – to gwałtowny wzrost szerokości przyrostów jest z reguły wynikiem uwolnienia danego drzewa od nacisku konkurencyjnego drzew sąsiednich. Dlatego też interpretuje się radykalne zwiększenia szerokości przyrostów rocznych jako skutki zaburzeń, występujących w bezpośrednim sąsiedztwie analizowanego drzewa w latach poprzedzających zwiększenie się przyrostów rocznych.

Poszczególne uwolnienia i ich charakter były identyfikowane na podstawie intensywności zmian dziesięcioletnich średnich przyrostów radialnych drzewa %GC, które dla danego roku wyliczano zgodnie ze wzorem:

$$\%GC = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100\%$$

gdzie:

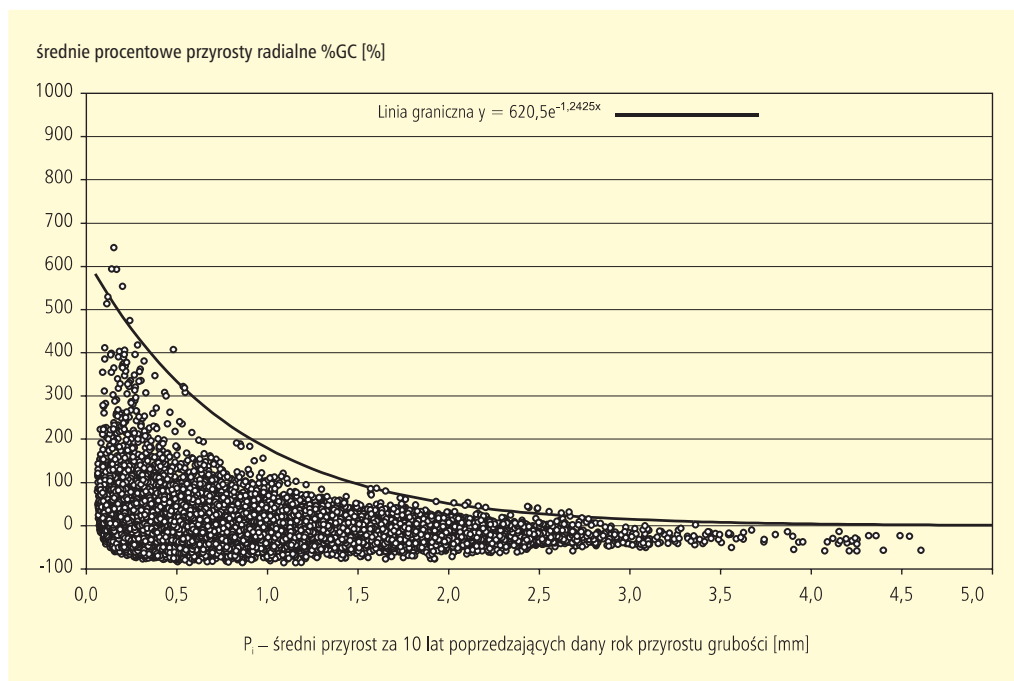
M_1 – przeciętna wartość przyrostu grubości za ostatnich 10 lat (włącznie z rokiem, dla którego prowadzimy obliczenia),

M_2 – przeciętna wartość przyrostu grubości za 10 następnych lat względem roku, dla którego prowadzimy obliczenia.

Wszystkie stwierdzone uwolnienia były następnie skalowane względem lokalnej linii granicznej („*boundary line*”) dla Skoruśniaka, która reprezentuje maksymalną możliwą reakcję wzrostową analizowanych świerków w odniesieniu do poprzedniego przyrostu (P_i – średni przyrost za 10 lat poprzedzających rok, dla którego prowadzone jest wyliczenie). Szczegółowy sposób obliczenia jej parametrów podają Black i Abrams (2004).

Linie graniczną (ryc. 2) wyliczono zgodnie ze wzorem ujemnej funkcji wykładniczej, która najlepiej była dopasowana ($R^2 = 0,99$) do średniej z 10 najwyższych wartości średniego przyrostu radialnego %GC (y) w poszczególnych klasach średniego przyrostu P_i (x):

$$y = 620,5e^{-1,2425x}$$

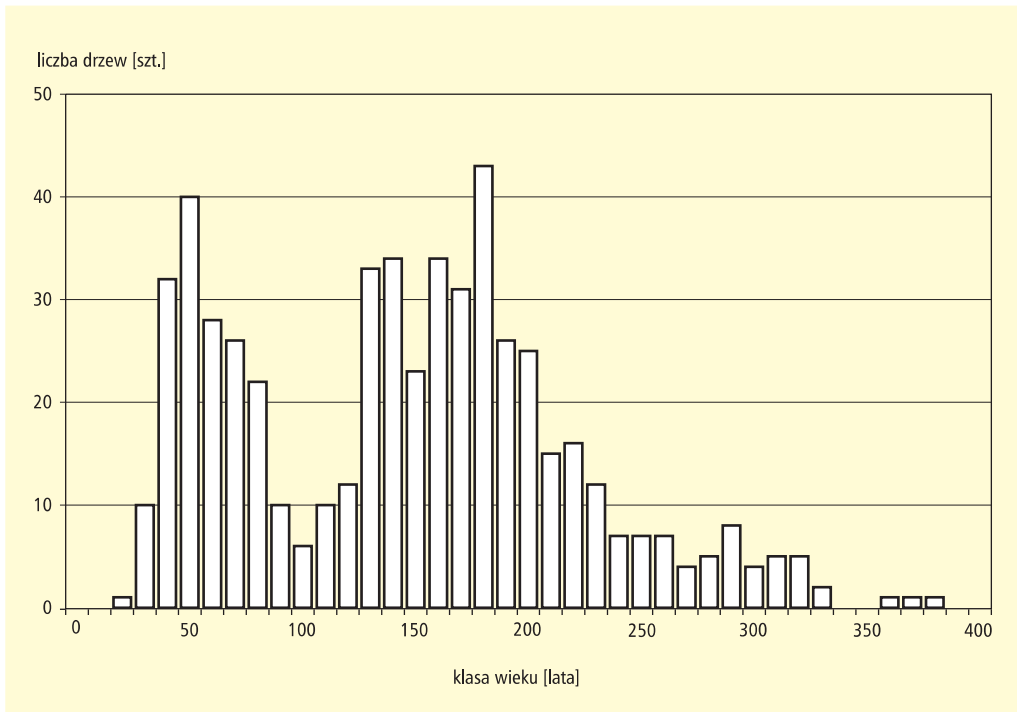


Ryc. 2. Linia graniczna (boundary line) dla przyrostów świerków ze Skoruśniaka

Wyliczone uprzednio dla każdego drzewa średnie procentowe przyrosty radialne %GC dzielono w każdym roku przez wyliczoną z linii granicznej wartość maksymalną, uzyskując w ten sposób w każdym roku względną wartość reakcji przyrostowej, wyrażoną w procentach [Nowacki i Abrams 1997]. Maksymalne wartości względnej reakcji przyrostowej w danym okresie wzrostu były traktowane jako wyznaczniki roczników występowania zaburzeń w drzewostanie w pobliżu danego drzewa. Minimalna wartość względnej i pozytywnej reakcji przyrostowej, która była uznawana za świadcząca o wpływie zaburzenia w drzewostanie na dane drzewo, została przyjęta na 25%. Względna reakcja przyrostowa drzewa, przyjmująca wartości powyżej 25% była traktowana jako słabe uwolnienie (niewielki wpływ danego zaburzenia). Wartości powyżej 50% świadczyły o średnich zaburzeniach reakcji, a powyżej 75% o silnych (silnie wpływających na dane drzewo).

Wyniki

Badany drzewostan charakteryzował się silnym zróżnicowaniem wieku pierścicowego drzew, który wahał się w granicach od 20 do 380 lat. Rozkład wieku jest dwuwierchołkowy (ryc. 3), z wyraźnie zaznaczonymi maksimami, mieszczącymi się w przedziałach od 41 do 60 i od 161 do 180 lat. Średni wiek żywych drzew dla wszystkich powierzchni łącznie wyniósł 141 lat. Struktura wiekowa drzewostanu na powierzchniach

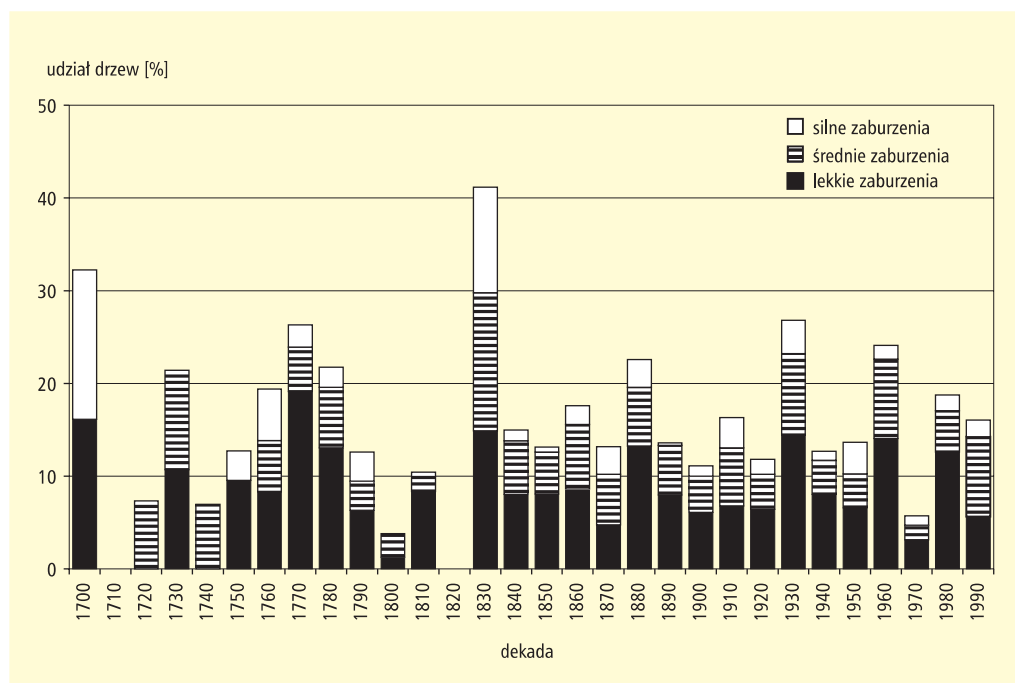


Ryc. 3. Rozkład wieku świerków na powierzchniach badawczych w Skoruśniaku

badawczych była bardzo zróżnicowana, a wyraźnie zaznaczającą się grupą były drzewostany dwugeneracyjne, w których jedną generację stanowiły drzewa liczące 40–70 lat, a drugą różne grupy z zakresu wieku 150–250 lat. W skali całego obiektu drzewostan trzeba uznać za wielogeneracyjny, zwłaszcza jeśli uwzględnić fakt, że rzeczywisty wiek najstarszych drzew może przekraczać 400 lat.

Oszacowane na podstawie analizy zmian dziesięcioletnich średnich przyrostów pierśnicy występowanie zaburzeń w drzewostanie miało zmienną intensywność. Występowanie w przyrostach grubości co najmniej lekkich uwolnień zaobserwowano w 1140 przypadkach u 406 (74,9%) analizowanych drzew. Należy tu zaznaczyć, że u niektórych drzew młody wiek bardzo utrudniał możliwość stwierdzenia tego zjawiska ze względów metodycznych, powodujących konieczność odrzucenia początkowych i końcowych 10 lat ich przyrostów z obliczeń. Maksymalnie u pojedynczych starych świerków wykryto aż pięć ewidentnych reakcji przyrostowych, wskazujących na występowanie zaburzeń w pobliskim drzewostanie. Wśród wszystkich stwierdzonych uwolnień 52,7% stanowiły reakcje słabe, 34,1% średnie a 13,2% silne.

Procentowy udział drzew wykazujących reakcje na zaburzenia w poszczególnych dekadach przedstawia ryc. 4. Ewidentne jest nasilenie się występowania zaburzeń w latach 1750–1780 oraz najwyższa intensywność najwyraźniejszych reakcji przyrostowych (powyżej 100% zmiany średniego procentowego przyrostu pierśnicy) w dekadzie 1761–1770. Najwyższe nasilenie zaburzeń o różnym stopniu nasilenia wystąpiło w latach 1821–1830, kiedy to reakcje przyrostowe na uwolnienie stwierdzono u ponad 40% drzew.



Ryc. 4. Procentowy udział drzew wykazujących oznaki wpływu lekkich, średnich i silnych zaburzeń w poszczególnych dziesięcioleciach

Dyskusja

Struktura wieku drzewostanu na Skoruśniaku, a w szczególności występowanie tam bardzo starych świerków potwierdza opinię [Jagiello i inni 1978], że jest to las o charakterze naturalnym, w którym wpływ człowieka w przeszłości ograniczał się zapewne do wypasu owiec i sporadycznego wycinania pojedynczych drzew. Jest to zatem bardzo dobry obiekt do badania naturalnej dynamiki górnoreglowych świerczyn [Holeksa i inni 2005].

Analiza częstości występowania epizodów „uwolnienia” przyrostów radialnych drzew wskazuje, że na Skoruśniaku w okresie paru ostatnich stuleci przeważały zaburzenia o lokalnym charakterze i niewielkiej intensywności. Było tych zaburzeń stosunkowo dużo, niektóre z nich wpłynęły jedynie na wzrost drzew na pojedynczych powierzchniach, efekty innych dają się zaobserwować na większej liczbie powierzchni. Bardzo niewiele było jednak silnych uwolnień, sugerujących wystąpienie rozległych i intensywnych zaburzeń. Jest to sytuacja krańcowo odmienna od stwierdzonej na południowym przedpołu Tatr, gdzie zaburzeń było mniej, ale były one bardzo silne, rozległe, w dużej mierze dające się zinterpretować jako huraganowe wiatry typu „bora” [Zielonka i inni 2009].

W efekcie przeważających na Skoruśniaku niewielkich i stosunkowo częstych zaburzeń struktura wiekowa i budowa drzewostanu jest złożona w skali całego obiektu, chociaż lokalnie (w skali poszczególnych powierzchni) da się wyróżnić płaty drzewostanu charakteryzujące się prostą budową i małym zróżnicowaniem wiekowym.

Występowanie na niżej położonych powierzchniach wyraźnie oddzielonych generacji drzew może świadczyć o możliwości wystąpienia tam w przeszłości wielkopowierzchniowego rozpadu drzewostanu, ale dla potwierdzenia tej hipotezy niezbędna jest przestrzenna analiza [Splechtna i inni 2005] występowania zaburzeń.

Literatura

- Black B.A., Abrams M.D. 2003. Use of boundary-line growth patterns as a basis for dendroecological release criteria. *Ecological Applications* 13: 1733–1749.
- Black B.A., Abrams M.D. 2004. Development and application of boundary-line release criteria. *Dendrochronologia* 22: 31–42.
- Feliksik E. 1972. Studia dendrochronologiczne nad świerkiem (*Picea excelsa* L.). Część I. Badania nad świerkiem z Lasu Gąsienicowego w Tatrach. *Acta Agraria et Silvestria* Vol. XII: 39–70.
- Holeksa J. 1998. Rozpad drzewostanu i odnowienie świerka a struktura i dynamika karpackiego boru górnoreglowego. *Monographiae Botanicae* 82, ss. 208.
- Holeksa J., Gienza P., Krawczyń B., Łabaj J., Michalska D., Szewczyk J., Wesołowska M., Żywiec M. 2005. Tatrzańska i babiogórska świerczyna górnoreglowa – podobieństwa i różnice. Str. 77–85 [W:] Mirek Z., Godzik B. (red.). *Tatrzański Park Narodowy na tle innych górskich terenów chronionych*. Tom III. Wyd. TPN, Zakopane.
- Holeksa J., Zielonka T. 2005. Different landscape patterns of subalpine spruce forests in the Tatra Mts. and Babia Gora massif (West Carpathians). *Polish Botanical Studies* 19: 167–175.
- Jagiello Z., Poznański R., Raimer J., Rutkowski B. 1978. Zastosowanie wielkoobszarowej metody losowych powierzchni próbnych do inwentaryzacji i kontroli zapasu i przyrostu w projektowanym rezerwacie ścisłym Skoruśniak w Tatrzańskim Parku Narodowym. *Sylwan* 1: 31–41.

- Karczmarski J. 2007. Budowa, struktura i dynamika górnoreglowych borów świerkowych o charakterze pierwotnym w dolinach Pańszczycy i Stawów Gąsienicowych (Tatrzański Park Narodowy) w okresie kontrolnym 1991–2002. *Sylvan* 11: 41–59.
- Korpel Š. 1995. *Die Urwälder der Westkarpaten*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, ss. 310.
- Lorimer C.G., Frelich L.E. 1989. A method for estimating canopy disturbance frequency and intensity in dense temperate forests. *Canadian Journal of Forest Research* 19: 651–663.
- Myczkowski S. 1964. Struktura i ekologia zespołu świerka *Piceetum tatricum* u górnej granicy zasięgu w Tatrzańskim Parku Narodowym w dolinach Stawów Gąsienicowych i Pańszczycy. *Ochrona Przyrody* 30: 51–105.
- Nowacki G.J., Abrams M.D. 1997. Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbance histories from presettlement-origin oaks. *Ecological Monographs* 67: 225–249.
- Szwagrzyk J. 2000. Rozległe naturalne zaburzenia w ekosystemach leśnych: ich zasięg, charakter i znaczenie dla dynamiki lasu. *Wiadomości Ekologiczne* 46: 3–19.
- Szwagrzyk J., Szewczyk J., Hutka D., Zielonka T. 1996. Struktura wiekowa naturalnych drzewostanów świerkowych w Tatrzańskim Parku Narodowym. [W:] Kownacki A. (red.). *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a Człowiek. Tom II Biologia. TPN i PTPNoZ, Kraków–Zakopane*, s. 60–62.
- Szymański S., Modrzyński J. 1973. Określenie wieku potrzebnego do osiągnięcia przez świerk wysokości pierśnicy na różnych wzniesieniach nad poziomem morza. *Sylvan* 1: 11–24.
- Zielonka T. 2003. Tempo rozkładu martwego drzewna a odnowienie świerka *Picea abies* (L.) Karst. na kłodach w karpackim borze górnoreglowym. Praca doktorska wykonana w Zakładzie Ekologii Instytutu Botaniki im. W. Szafera PAN. Kraków.
- Zielonka T., Holeksa J., Malcher P., Dubaj N. 2009. 200 lat historii lasów w Słowackich Tatrach – dendrochronologiczna rekonstrukcja zaburzeń. Materiały z konferencji Długookresowe zmiany w przyrodzie i użytkowaniu obszaru TPN, Zakopane, 21–22 maja 2009.
- Zwijacz-Kozica T. 2003. Różnicowanie się struktury populacji świerka w procesie starzenia tatrzańskich borów górnoreglowych. Praca doktorska wykonana w Katedrze Botaniki Leśnej SGGW. Warszawa.

Zmiany roślinności łąkowej Tatr Zachodnich i ich przedpola w ciągu ostatniego półwiecza

Małgorzata Wesołowska

Instytut Ochrony Środowiska, Podbalańska Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Targu, ul. Kokoszków 71, 34-400 Nowy Targ

Streszczenie

W połowie XX wieku, na polanach Tatr i ich przedpola, przeprowadzono badania fitosocjologiczne, mające na celu uchwycenie bogactwa gatunkowego i zróżnicowania fitosocjologicznego tych siedlisk. W 2007 roku wybrane zdjęcia fitosocjologiczne zostały powtórzone. Uzyskane dane pozwoliły na przeprowadzenie analiz porównawczych ukazujących zmiany w strukturze roślinności, do których doszło w ciągu ostatniego półwiecza. Wyniki wskazują na zmniejszenie się różnorodności oraz struktury gatunkowej współczesnych łąk i pastwisk. Przyczyniły się do tego przede wszystkim zmiany w sposobie ich użytkowania – głównie ich porzucanie, ale także nieregularne koszenie, zbyt mała lub zbyt duża osada owiec, pozostawianie skoszonych biomasy, podsiewanie łąk mieszkankami traw i roślin motylkowych.

Słowa kluczowe: łąki, pastwiska, różnorodność biologiczna, ochrona przyrody, dynamika roślinności, Tatrzański Park Narodowy, regiel dolny

Wstęp

Łąki i pastwiska są zbiorowiskami półnaturalnymi. Swoje powstanie i trwanie zawdzięczają określonemu oddziaływaniu człowieka [Michalik 1985, Kornaś i Dubiel 1990, Barabasz 1997, Kaźmierczakowa i inni 2004, Bator 2005]. Powstały one na miejscu dawnych zbiorowisk leśnych, głównie w wyniku karczunku [Hołub-Pacewiczowa 1931]. Dzięki długotrwałemu zagospodarowaniu wytworzyła się na nich specyficzna roślinność, przystosowana do określonego sposobu użytkowania, posiadająca wysokie walory krajobrazowe. Występujące tu gatunki dość dobrze znoszą takie oddziaływania jak: deptanie, zgryzanie, koszenie czy nawożenie [Kaźmierczakowa i inni 2004]. Zbiorowiska roślinne powstałe w wyniku tego typu oddziaływania człowieka posiadają ustalony skład gatunkowy i strukturę. W znacznej części składają się z gatunków tubylczych, pochodzących z naturalnych, rodzimych zbiorowisk roślinnych zajmujących obecnie tylko niewielkie powierzchnie [Pawłowska 1965].

Przemiany gospodarcze zachodzące w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat na obszarach górskich, spowodowały, że spora część dawniej ekstensywnie użytkowanych łąk

i pastwisk również poza obrębem parków narodowych podlega obecnie odłogowaniu [Barabasz-Krasny 2002]. Konsekwencją tych zmian jest obserwowane w ostatnich latach na terenie parków narodowych i poza nimi zmniejszenie bogactwa gatunkowego zbiorowisk roślinnych, a szczególnie zanikanie gatunków charakterystycznych dla zbiorowisk łąkowych i pastwiskowych. Na powierzchniach odłogowanych obserwuje się różnorodne stadia procesów wtórnej sukcesji w kierunku lasu [Pawłowski i inni 1960, Dzierwowski 1985, Biderman 1990, Kaźmierczakowa 1990, Kornaś 1990, Barabasz 1997, Witkowska-Żuk, Ciużycki 2000].

Dotychczasowe badania prowadzone na terenie Tatrzańkiego Parku Narodowego pozwalają stwierdzić, że w Tatrach powierzchnia obszarów pasterskich zmniejszyła się o około 1/3 [Mirek i inni mskr.]. Na podstawie stosunkowo niewielkiej liczby zdjęć fitosocjologicznych wykonanych pod koniec lat 80-tych stwierdzono zubożenie florystyczne zbiorowisk łąkowych w porównaniu z sytuacją panującą w latach 50-tych. Największemu zubożeniu uległy płaty na siedliskach żyznych, zwłaszcza reprezentujące zespół *Gladiolo-Agrostietum* [Kaźmierczakowa 1990].

W związku z przedstawionymi wyżej problemami związanymi z zanikaniem roślinności łąk i pastwisk za cel badań postawiono sobie:

(1) Określenie zmian roślinności łąk świeżych w ciągu ostatniego półwiecza.

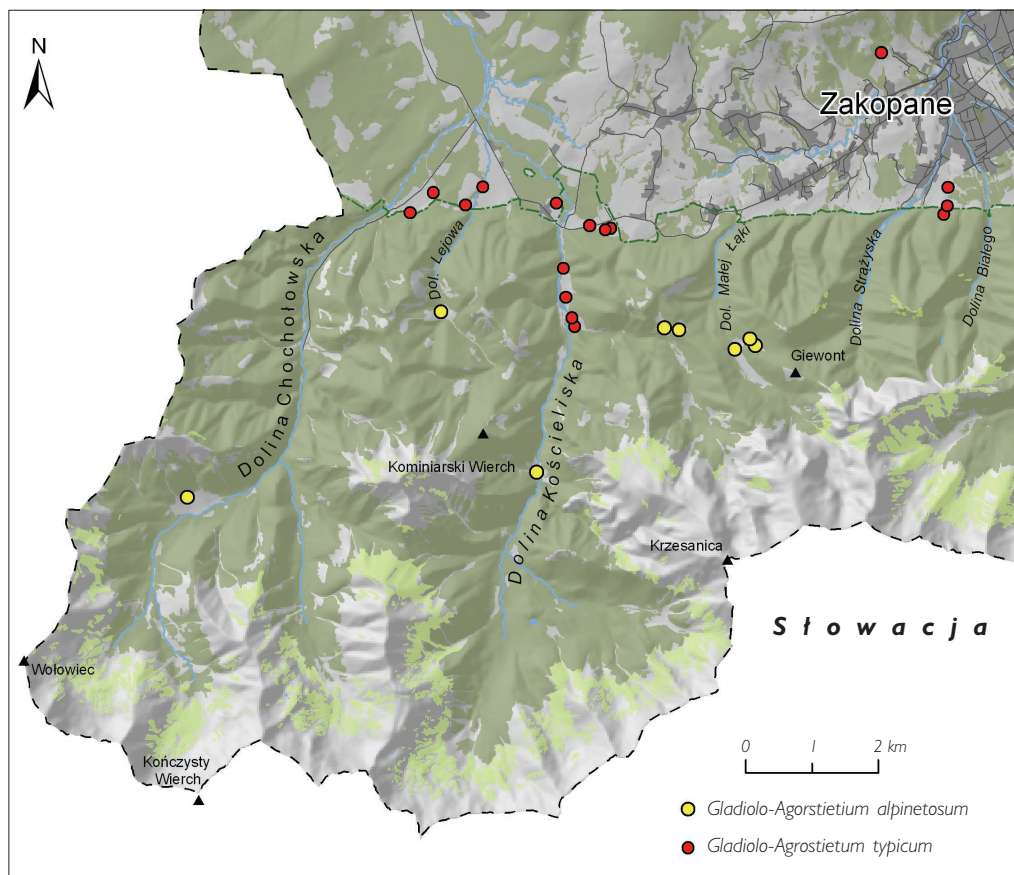
(2) Wskazanie zagrożeń dla roślinności łąk i pastwisk wynikających z zaniechania ich użytkowania.

Materiały i metody

Badania prowadzono na polanach reglowych polskich Tatr Zachodnich oraz na ich przedpolu, w przedziale wysokościowym 839–1471 m n.p.m. Ze względu na zróżnicowanie budowy geologicznej, rzeźby terenu i warunków klimatycznych w obrębie terenu badań wyróżniono pięć rejonów: (1) Regiel Dolny TPN, (2) Regiel Górny TPN, (3) Regle), (4) Magura i (5) Gubałówka.

W celu porównania obecnego stanu roślinności łąkowej i pastwiskowej Tatr Zachodnich i ich przedpola z jej stanem sprzed kilkudziesięciu lat, powtórzono wybrane zdjęcia fitosocjologiczne wykonane w latach 1946–1956 przez Pawłowskiego i innych [1960]. Z puli zdjęć fitosocjologicznych wykonanych w tamtym okresie wybrano te, których lokalizacja pokrywała się z obszarem obecnych badań, a równocześnie były one wykonane w płatach zespołu *Gladiolo-Agrostietum capillaris*, który jest najpospolitszym i najważniejszym gospodarczo zespołem łąk kośnych w reglowych piętrach Karpat Zachodnich [Matuszkiewicz 2001]. Dokładne zlokalizowanie wcześniejszych zdjęć fitosocjologicznych nie było możliwe. Z tego powodu w 2007 roku uwzględniono płaty najlepiej reprezentujące zespół *Gladiolo-Agrostietum capillaris*, które występowały w pobliżu lokalizacji zaznaczonych na mapie załączonej do pracy Pawłowskiego i in. [1960]. W sumie powtórzono 24 zdjęcia fitosocjologiczne (ryc. 1). Współczesne badania prowadzone były w drugiej połowie lipca i pierwszej połowie sierpnia 2007 roku. Każde zdjęcie fitosocjologiczne wykonane w 2007 roku miało taką samą wielkość, jak odpowiadające mu pod względem lokalizacji zdjęcie pochodzące z lat 40. i 50. ubiegłego wieku.

W celu określenia zmian, jakie nastąpiły w składzie gatunkowym roślinności łąkowej od połowy XX wieku do 2007 roku, posłużono się wielocechowymi metodami numerycznymi. Dane jakościowe, uwzględniające brak lub obecność poszczególnych gatunków opracowano wykorzystując metodę PCA (Principal Components Analysis). Metodę tą wy-



Ryc. 1. Rozmieszczenie zdjęć fitosocjologicznych wykonanych w połowie XX wieku [Pawłowski i inni 1960] i powtórzonych w 2007 roku. Na żółto zaznaczone są zdjęcia wykonane w podzespolu *Gladiolo-Agorstietium alpinetosum*, na czerwono – zdjęcia wykonane w podzespolu *Gladiolo-Agorstietium typicum*

brano ze względu na niewielkie zróżnicowanie składu gatunkowego między badanymi fitocenozami. W analizach brano pod uwagę jedynie dwie pierwsze osie. Opracowując dane za pomocą PCA uwzględniono jedynie gatunki, których frekwencja w co najmniej jednym z terminów badań była wyższa od 10%. W analizach PCA zastosowano domyślne parametry programu CANOCO 4.5 [ter Braak i Šmilauer 2002].

Aby stwierdzić, czy różnica w liczbie gatunków w zdjęciach fitosocjologicznych wykonanych w połowie XX wieku i w 2007 roku jest istotna statystycznie, wykonano test T dla prób zależnych. Przy zastosowaniu testu T dla prób zależnych oceniono istotność statystyczną różnicy średniej frekwencji gatunków w zdjęciach z lat 40. i 50. i z 2007. Za pomocą testu McNemary i Fishera określono, czy różnice we frekwencji poszczególnych gatunków były istotne statystycznie.

Wyniki i dyskusja

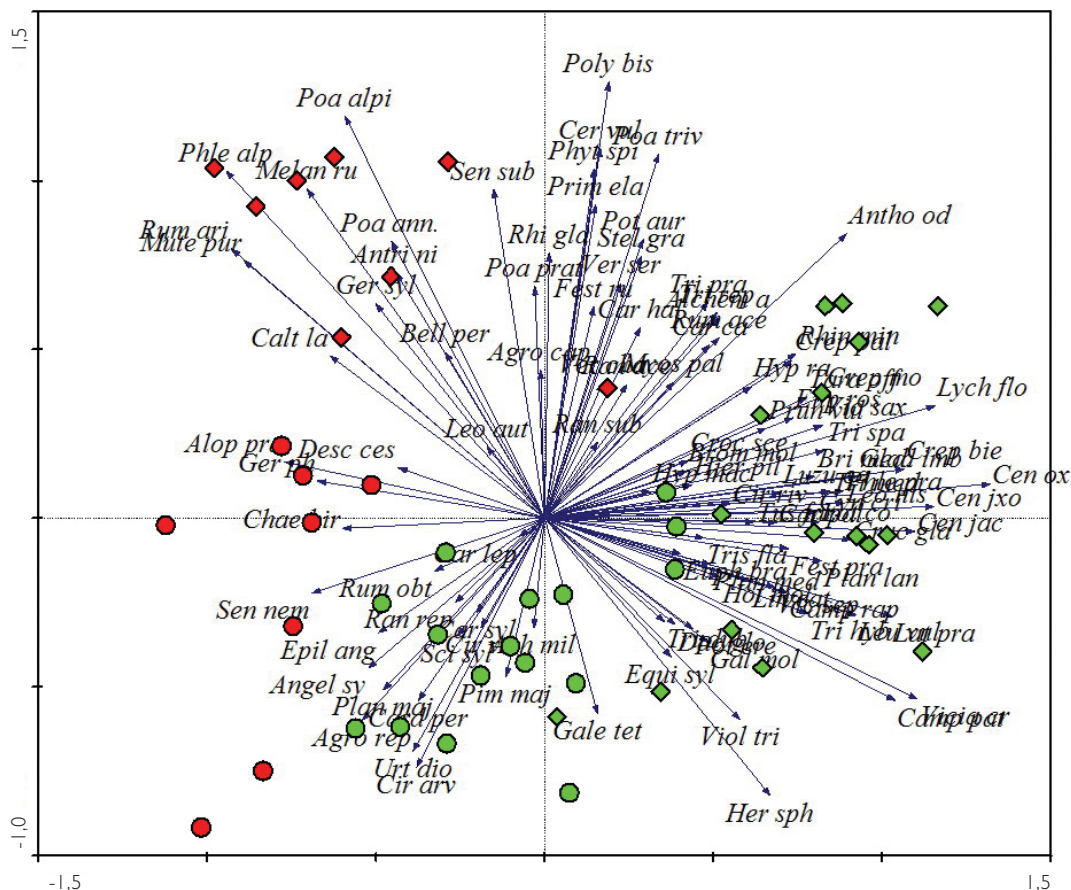
Zespół mieczyka dachówkowatego i mietlicy pospolitej (*Gladiolo-Agrostietum*) należy do gospodarczo najważniejszych i najbardziej rozpowszechnionych zbiorowisk łąk kośnych występujących w piętrach reglowych Karpat Zachodnich. Uznawany jest za zespół endemiczny tego rejonu [Matuszkiewicz 2001]. Powstał i jest utrzymywany dzięki odpowiedniemu oddziaływaniu człowieka. Czynniki warunkujące jego istnienie są prowadzone w odpowiednim czasie i natężeniu: koszenie, wypas oraz nawożenie. Brak tych działań powoduje zmiany warunków siedliskowych, które inicjują procesy sukcesji w kierunku lasu [Pawłowski i inni 1960, Kaźmierczakowa 1990].

Zespół *Gladiolo-Agrostietum* w rejonie Tatr, w związku z różnicami w składzie gatunkowym, został podzielony w połowie XX wieku na dwa podzespoły: *Gladiolo-Agrostietum alpinetosum* i *Gladiolo-Agrostietum typicum*. Pierwszy spotykany jest w wyższych położeniach regla dolnego oraz w reglu górnym. W połowie XX wieku płaty tego podzespołu nawożone były poprzez rozrzucanie obornika oraz koszarowanie [Pawłowski i inni 1960]. Współcześnie, ze względu na to, iż podzespół ten zlokalizowany jest wyłącznie w granicach TPN, część jego płatów nie jest w ogóle nawożonych, a na pozostałych nawożenie jest o wiele słabsze niż dawniej [Kaźmierczakowa 1990], regulowane rozporządzeniem ministra środowiska w sprawie zadań ochronnych dla Tatrzańskiego Parku Narodowego [Krzan i inni 2006].

Drugi z podzespołów – *Gladiolo-Agrostietum typicum*, występuje w niższych położeniach regla dolnego. Na jego strukturę, oprócz czynnika wysokościowego wpływa także sposób nawożenia, który w połowie XX wieku ograniczony był jedynie do rozrzucania obornika [Pawłowski i inni 1960]. Współcześnie na przedpolu Tatr rozrzucanie obornika stało się rzadsze, a część rolników swoje łąki i pastwiska nawozi nawozami mineralnymi. Natomiast, w związku z ograniczonym wypasem owiec na obszarze TPN, na przedpolu Tatr pojawił się wypas połączony z koszarowaniem, stanowiącym kolejną z metod nawożenia. Oprócz zmian dotyczących nawożenia na przedpolu Tatr zmieniło się także użytkowanie łąk i pastwisk wynikające m.in. ze zmian społeczno-ekonomicznych. Wiele łąk trudniej dostępnych, np. z powodu dużego nachylenia stoku, przestało być koszonych. Część z nich przekształcono w pastwiska, a część porzucono [Kaźmierczakowa 1990].

Analiza zróżnicowania składu gatunkowego zdjęć wykonanych w latach 50-tych i będących ich powtórzeniem zdjęć z roku 2007 za pomocą metody PCA, ukazuje podział zdjęć na grupy, obrazujący istnienie wspomnianych powyżej podzespołów (ryc. 2). Wyraźnie zaznaczony podział zdjęć z połowy XX wieku na podzespoły *Gladiolo-Agrostietum typicum* i *alpinetosum* wynika z istotnych różnic w składzie gatunkowym między tymi podzespołami, spowodowanymi w głównej mierze odmiennym sposobem użytkowania. Zróżnicowanie wysokościowe miało mniejszy, niż sposób użytkowania, wpływ na skład gatunkowy tych płatów. Współczesny podział na dwa podzespoły nie jest tak wyraźny, związany jest bowiem nie tyle z różnicami w sposobie użytkowania, co z lokalizacją powierzchni (wysokość nad poziomem morza).

Obecnie w płatach odpowiadających podzespołowi *Gladiolo-Agrostietum alpinetosum* stwierdzono wyraźnie większą, niż w połowie XX wieku, ogólną liczbę gatunków (tab. 1). Przyczyną tego zjawiska są procesy sukcesji zachodzące na polanach nie objętych ochroną czynną. W zależności od sposobu, w jaki polana była użytkowana bezpośrednio przed jej porzuceniem, od jej wielkości, rodzaju podłoża, żyzności, odczynu i wilgotności gleby, nachylenia i ekspozycji stoku (a co za tym idzie nasłonecznienia), od



Ryc. 2. Uporządkowanie zdjęć wykonanych w połowie XX wieku (czworokąty) i w 2007 roku (kółka) i gatunków (strzałki) na diagramie PCA według pierwszej i drugiej osi. Legenda: czerwony kolor – zdjęcia wykonane w podzespole *Gladiolo-Agrostietum alpinetosum*, zielony kolor – zdjęcia wykonane w podzespole *Gladiolo-Agrosteitum typicum*

składu gatunkowego sąsiadujących zbiorowisk roślinnych itp. sukcesja w kierunku lasu zachodzi w różnych tempie [Zarzycki 1999].

Zwiększenie się ogólnej liczby gatunków (tab. 1) spowodowane zostało przede wszystkim pojawieniem się w płatach zubożałego i zmienionego już znacznie podzespołu *Gladiolo-Agrostietum alpinetosum* gatunków, które nie są wyróżniające dla podzespołu i charakterystyczne dla zespołu *Gladiolo-Agrostietum* oraz całej klasy *Molinio-Arrhenatheretea*. Z 92 gatunków stwierdzonych w zdjęciach w 2007 roku, 36 nie było w zdjęciach z połowy XX wieku, wśród nich znajdowało się 8 gatunków charakterystycznych dla zespołu *Gladiolo-Agrostietum*, a pozostałe były gatunkami towarzyszącymi. Większość z nich to gatunki leśne (*Carex sylvatica*, *Picea abies*), ruderalne (*Agropyron repens*, *Cirsium arvense*, *Galeopsis tetrabit*, *Urtica dioica*, *Rumex alpinus*) i ziołoroślowe (*Aconitum firmum*, *Carduus personata*, *Senecio nemorensis*, *Veratrum lobelianum*). Podobny efekt zaobserwowano na porzuconych łąkach w Ojcowskim

Tab. 1. Ogólna i średnia liczba gatunków we wszystkich zdjęciach fitosocjologicznych wykonanych w *Gladiolo-Agrostietum* w połowie XX wieku i w 2007 roku oraz w zdjęciach reprezentujących w połowie XX wieku podzespoły *Gladiolo-Agrostietum typicum* i *Gladiolo-Agrostietum alpinetosum*

	Średnia liczba gatunków	Ogólna liczba gatunków
<i>Gladiolo-Agrostietum</i> – połowa XX wieku	46,5	121
<i>Gladiolo-Agrostietum</i> – 2007 rok	34,6	127
Test t dla prób zależnych; p < 0,001		
<i>Gladiolo-Agrostietum typicum</i> – połowa XX wieku	50,6	101
<i>Gladiolo-Agrostietum typicum</i> – 2007 rok	34,8	102
Test t dla prób zależnych; p < 0,001		
<i>Gladiolo-Agrostietum alpinetosum</i> – połowa XX wieku	38,2	73
<i>Gladiolo-Agrostietum alpinetosum</i> – 2007 rok	32,6	92
Test t dla prób zależnych; p = 0,1		

i Pienińskim Parku Narodowym [Medwecka-Kornaś, Loster 1995, Zarzycki, Kaźmierczakowa 2006].

W zdjęciach fitosocjologicznych wykonanych w *Gladiolo-Agrostietum alpinetosum* w 2007 roku nie stwierdzono obecności 17 gatunków zanotowanych w połowie XX wieku. Trzy z nich (*Primula elatior*, *Plantago lanceolata* i *Poa annua*) występowały w 1/3 zdjęć. Są to gatunki o rozetowym lub kępiastym pokroju, charakterystyczne dla klasy *Molinio-Arrhenatheretea*. Do ich rozwoju niezbędne jest odpowiednie użytkowanie zbiorowisk łąkowych (regularne koszenie lub wypas). W przypadku braku tych czynników z czasem, ze względu na niski wzrost, przegrywają konkurencję o światło z wysokimi bylinami (np. gatunkami ziołoroślowymi).

Inną, istotną zmianą, jaka zaszła w badanych płatach między połową XX wieku a rokiem 2007, był wyraźny wzrost frekwencji *Hypericum maculatum* (tab. 2). Gatunek ten w 2007 pojawił się we wszystkich zdjęciach w podzespole *Gladiolo-Agrostietum alpinetosum*, wyższa była też jego ilościowość. Łany tego gatunku w płatach podzespołu *Gladiolo-Agrostietum alpinetosum* stwierdzono w Tatrach już w latach 80. [Kaźmierczakowa 1990]. Zjawisko to jest efektem zaprzestanie wypasu [Korzeniak 2006] i stanowi jeden z etapów sukcesji łąki świeżej w kierunku zbiorowisk ziołoroślowych, a następnie zaroślowych. Proces ten obserwowano także na polanach babiogórskich [Zarzycki 1999].

W zdjęciach fitosocjologicznych wykonanych w *Gladiolo-Agrostietum typicum* w 2007 roku pojawiła się nieobecna wcześniej *Urtica dioica*, a *Cirsium arvense* zwiększyło zdecydowanie swoją frekwencję (tab. 2). Oba gatunki, są gatunkami nitrofilnymi, wskazującymi na znaczną zasobność gleby w azot. Wzrost zasobności gleb w ten pierwiastek związany jest ze zmianami w sposobie użytkowania ziemi. Zaobserwowano, iż niektórzy rolnicy decydują się na koszenie swoich łąk tylko ze względu na dotacje unijne, wynikające z udziału w programie rolno-środowiskowym. Wielu z nich po skoszeniu łąki nie zbiera biomasy, która zalegając prowadzi do zmian warunków siedliskowych. Zalegają-

Tab. 2. Lista gatunków, dla których różnica we frekwencji między połową XX wieku a rokiem 2007 była istotna statystycznie (test McNemary i Fishera)

	Frekwencja wyższa w połowie XX wieku	Frekwencja wyższa w 2007 roku
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Carduus personata</i>
<i>Bellis perennis</i>	<i>Lychnis flos-cuculi</i>	<i>Chaerophyllum hirsutum</i>
<i>Campanula rapunculoides</i>	<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Cirsium arvense</i>
<i>Cardaminopsis halleri</i>	<i>Poa pratensis</i>	<i>Cynosurus cristatus</i>
<i>Carum carvi</i>	<i>Poa trivialis</i>	<i>Hypericum maculatum</i>
<i>Centaurea jacea</i>	<i>Polygonum bistorta</i>	<i>Plantago major</i>
<i>Centaurea jacea x oxylepis</i>	<i>Rhinanthus minor</i>	<i>Scirpus sylvaticus</i>
<i>Crepis biennis</i>	<i>Rhinanthus glaber</i>	<i>Urtica dioica</i>
<i>Crepis paludosa</i>	<i>Taraxacum officinale</i>	
<i>Euphrasia rostkoviana</i>	<i>Trifolium medium</i>	
<i>Gladiolus imbricatus</i>	<i>Trifolium spadiceum</i>	
<i>Leontodon hispidus</i>	<i>Viola saxatilis var. decorata</i>	
<i>Linum catharticum</i>		

ca, rozkładająca się biomasa ma podobne właściwości jak duża dawka nawozów azotowych. Gleba staje się w wyższych poziomach wyraźnie zasobniejsza w ten pierwiastek, co przekłada się na skład gatunkowy łąki [Kaźmierczakowa, Poznańska 1992, Barabasz 1997]. Badania prowadzone w Ojcowskim Parku Narodowym wykazały, że nawet roczne przerwy w koszeniu i związane z tym gromadzenie się martwej materii roślinnej sprzyja wkraczaniu gatunków nitrofilnych [Kornaś, Dubiel 1990, Michalik 1990]. Podobne obserwacje odnotowano w innych regionach [Prach 1993, Kurowski, Michalska-Hejduk 2006, Zarzycki, Kaźmierczakowa 2006]. Wzrost stężenia azotu w glebie może przyczynić się także do wzrostu ilościowości pospolitych traw [Kornaś 1990, Kornaś, Dubiel 1990, Barabasz 1997] takich jak: *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis* czy *Festuca rubra*, co zaobserwowano we współczesnych zdjęciach fitosocjologicznych. Inną przyczyną tego zjawiska, jak i zwiększenia ilościowości *Trifolium pratense*, może być podsiewanie łąk i pastwisk mieszkankami nasion gatunków podnoszących wartość pastewną zbiorowisk [Zarzycki 1999, Zarzycki, Kaźmierczakowa 2006].

W czasie opadów atmosferycznych woda na takich łąkach z łatwością przenika przez zalegający wojłok martwych szczątków roślinnych, lecz później warstwa ta stanowi dość skuteczną ochronę przed parowaniem wody. W rezultacie gleba staje się bardziej wilgotna [Kaźmierczakowa, Poznańska 1992], co przyczyniło się zapewne do znacznego wzrostu we współczesnych zdjęciach frekwencji gatunków ziołoroślowych takich jak: *Scirpus sylvaticus*, *Chaerophyllum hirsutum* czy *Carduus personata*, a także preferującej wilgotniejsze siedliska trawy – *Cynosurus cristatus* (tab. 2). Gatunki ziołoroślowe zwięks-

szają także swoją ilościowość w płatach nie koszonych, co widoczne jest także na polanach Babiej Góry i Gorców [Kornaś, Medwecka-Kornaś 1967, Zarzycki 1999].

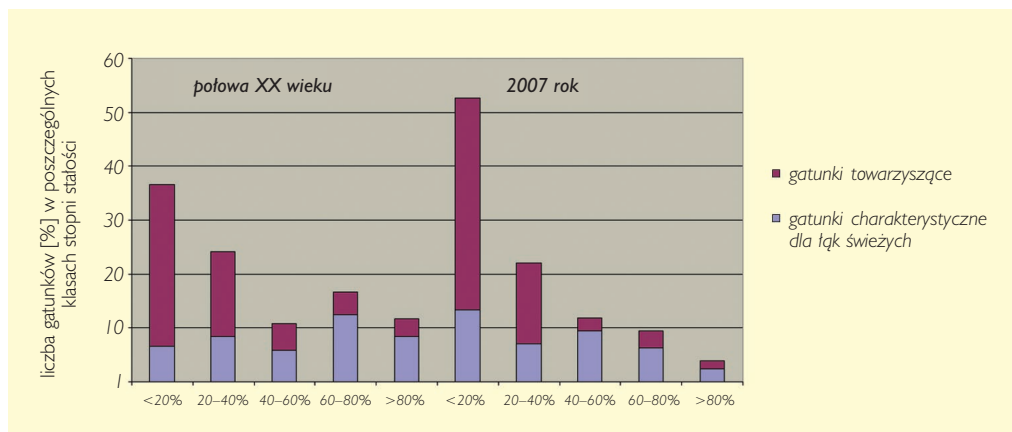
Zalegające martwe szczątki roślinne utrudniają kiełkowanie wielu gatunkom. W takich warunkach preferowane jest rozmnażanie wegetatywnie [Zarzycki 1999], łatwiej utrzymać się zatem gatunkom tworzącym rozłogi i kłącza, takim jak: *Trifolium repens*, *Ranunculus repens*, *Cynosurus cristatus*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra* i stąd wzrost ich ilościowości w zdjęciach z 2007 roku.

Współcześnie, w porównaniu z połową ubiegłego wieku, w płatach reprezentujących dawniej *Gladiolo-Agrostietum typicum* stwierdzono większy współczynnik pokrycia u *Deschampsia caespitosa* i *Hypericum maculatum*. Śmiałek darniowy jest gatunkiem o strukturze kępiastej omijanym przez pasące się zwierzęta. Zwiększenie się powierzchni zajętej przez ten gatunek jest zjawiskiem świadczącym o niewłaściwym użytkowaniu polany. Z jednej strony polega ono na braku koszenia (koszenie ogranicza rozprzestrzenianie się tego gatunku). Z drugiej zaś strony jest ono związane ze zbyt słabym nawożeniem, które jest między innymi skutkiem niskiej liczebności owiec przy tzw. wypasie wolnym, w trakcie którego zwierzęta przemieszczają się swobodnie po całej polanie. Niewystarczające nawożenie utrudnia rozwój wysokiej darni łąkowej ograniczającej rozwój kęp śmiałka darniowego [Celiński, Wojterski 1983, Kochanowska 1985, Michalik 1986, Dubiel 1988, Barabasz 1997, Zarzycki 1999].

Konsekwencją zwiększenia się ilościowości wysokich bylin oraz traw była stwierdzona w zdjęciach z roku 2007 niższa frekwencja, a nawet zanik gatunków światłolubnych o niskim pokroju takich m.in. jak: *Cardaminopsis balleri*, *Carum carvi*, *Leontodon hispidus*, *Bellis perennis*, *Euphrasia rostkoviana*, *Trifolium medium* czy *Trifolium spadiceum*. Podobne obserwacje poczyniono w Babiogórskim [Zarzycki 1999] Ojcowskim [Michalik 1985], Pienińskim [Zarzycki, Korzeniak 1992] i Bieszczadzkiem [Denisiuk, Korzeniak 1999] Parku Narodowym. Inną, choć może nie tak istotną przyczyną tego zjawiska może być zmniejszenie się wysokości koszenia wynikające z zastąpienia współcześnie koszenia ręcznego mechanicznym [Kostuch, Kuc 1973, Zarzycki, Kaźmierczakowa 2006].

Z zdjęciach fitosocjologicznych z 2007 roku, wykonanych w płatach zaliczonych dawniej do *Gladiolo-Agrostietum typicum*, stwierdzono ponadto mniejszą frekwencję gatunków preferujących wyższy odczyn gleby takich jak: *Crepis paludosa*, *Lotus corniculatis*, *Lychnis flos-cuculi*, *Polygonum bistorta*, *Taraxacum officinale* i *Linum catharticum* (tab. 2). Zwiększenie się udziału gatunków o wyższych wymaganiach w stosunku do żyzności i wilgotności, a jednocześnie tolerujących niższe pH gleby zaobserwowano także przy porównywaniu zdjęć fitosocjologicznych ukazujących zmiany roślinności łąk w Pienińskim Parku Narodowym, jakie nastąpiły w okresie ostatnich 35 lat [Zarzycki, Kaźmierczakowa 2006].

We współczesnych zdjęciach zespołu *Gladiolo-Agrostietum*, w porównaniu do zdjęć z połowy XX wieku, zmieniły się wyraźnie proporcje między gatunkami o frekwencji wyższej od 80%, a pozostałymi. Spadła liczba gatunków stałych na rzecz przypadkowych (ryc. 3.). Jest to wynikiem zmian w sposobie użytkowania, które spowodowało, że część gatunków dla których nowe warunki siedliskowe nie są sprzyjające, pozostało w zbiorowiskach, ale ich ilościowość znacznie zmalała. Ponadto pojawiły się, szczególnie w płatach nie użytkowanych, gatunki pochodzące z sąsiednich zbiorowisk będące w tych miejscach pionierami. Efektem tych zmian jest wzrost liczby gatunków o niskiej frekwencji charakteryzujących się niewielką ilościowością, niejednokrotnie nawet reprezentowanych przez pojedyncze osobniki. W zdjęciach z połowy XX wieku obecne były wyraźne dominanty i gatunki o wysokiej frekwencji, co świadczyło o dużej stabilności składu gatunkowego [Wróbel 2006]. Brak takich gatunków w zdjęciach z 2007 roku, a w szczególności



Ryc. 3. Rozkład frekwencji gatunków charakterystycznych dla klasy *Molinio-Arrhenatheretea* i gatunków towarzyszących w zdjęciach z lat 50-tych XX wieku i z roku 2007

zmniejszenie się ilościowości i frekwencji gatunków charakterystycznych dla klasy *Molinio-Arrhenatheretea* może świadczyć o tym, że nie mamy już do czynienia z typową postacią zespołu [Kaźmierczakowa i inni 1990].

W podzespole *Gladiolo-Agrostietum alpinetosum*, jak również w podzespole *Gladiolo-Agrostietum typicum* wyraźnie i istotnie statystycznie zmniejszyła się średnia liczba gatunków w zdjęciach (tab. 1). Współcześnie w pojedynczym zdjęciu fitosocjologicznym odnotowywano od 21 do 48 gatunków. W połowie XX wieku, przy wspólnym traktowaniu gatunków z rodzaju *Alchemilla*, liczba ta mieściła się w granicach od 34 do 63 [Pawłowski i inni 1960], a w obrębie Wzniesienia Gubałowskiego liczba ta wahała się od 42 do 64 [Grodzińska 1961]. Tendencja zmniejszenia się liczby gatunków w zdjęciach w zbiorowiskach nieleśnych została zaobserwowana w tym rejonie już w latach 80. W badaniach prowadzonych na tym obszarze odnotowano wtedy od 17 do 44 gatunków [Kaźmierczakowa 1990, Kaźmierczakowa i inni 2004]. Podobny proces stwierdzono także w Ojcowskim [Kornaś, Dubiel 1990], Pienińskim [Zarzycki, Kaźmierczakowa 2006], Babiogórskim [Zarzycki 1999] i Gorceńskim Parku Narodowym [Michalik 1992]. Przyczyny tego zjawiska wynikają głównie z wyraźnych zmian w sposobie użytkowania zbiorowisk łąkowych polegających albo na zaprzestaniu ich użytkowania (głównie nawożenia), albo na znacznej jego intensyfikacji [Barabasz 1997]. Procesy te prowadzą do zmian siedliskowych i ściśle powiązanych z nimi zmian w składzie gatunkowym wiążących się zazwyczaj ze zmniejszeniem bioróżnorodności.

W Reglu Dolnym TPN od 1981 prowadzony jest tak zwany „kulturowy wypas owiec”, ma on z założenia przeciwdziałać niekorzystnym zjawiskom polegającym na przekształcaniu polan reglowych w las. Przeciwdziałanie zarastaniu polan reglowych przez gatunki zaroślowe i leśne polega ponadto na ich koszeniu, nawożeniu organicznym, a także na usuwaniu nalotu drzew i krzewów [Krzan i inni 2006]. Prowadzona w ten sposób ochrona czynna ma na celu utrzymanie półnaturalnych zbiorowisk roślinnych w ich typowej, najbogatszej florystycznie postaci, dotyczy to także zespołu *Gladiolo-Agorstietum*. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują jednakże na małą odrębność florystyczną łąk rejonu Regla Dolnego TPN, a tym samym na małą skuteczność tych działań.

Stosunkowo dużo gatunków wyróżniała obszary znajdujące się poza TPN, względem Regła Dolnego TPN. Wśród tych gatunków liczne były przede wszystkim gatunki charakterystyczne dla łąk świeżych m.in.: *Trisetum flavescens*, *Campanula patula*, *Centaurea jacea*, *oxylepis*, *Vicia cracca*, *Festuca pratensis*, *Leucanthemum vulgare*. Wchodząca one w skład prawidłowo rozwiniętych płatów łąk świeżych, natomiast w Reglu Dolnym TPN występowały rzadko (tab. 3).

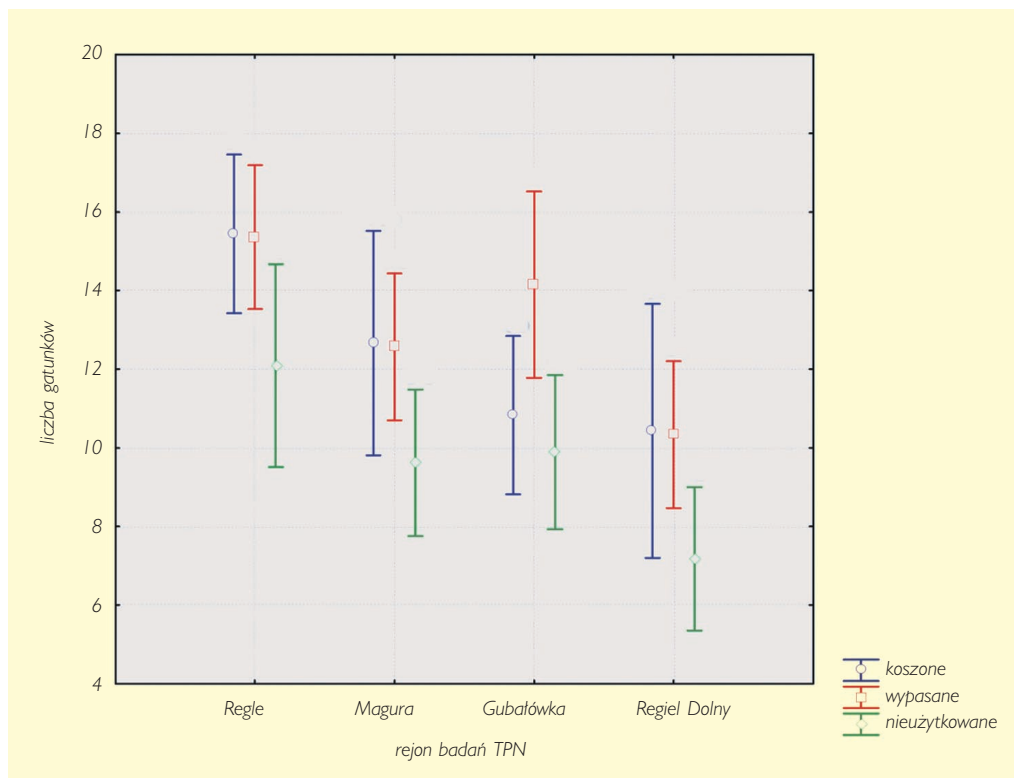
Średnia liczba gatunków charakterystycznych dla łąk świeżych w Reglu Dolnym TPN była mniejsza nie tylko na powierzchniach nieużytkowanych (co jest zrozumiałe i związane z długim brakiem niezbędnych dla łąk i pastwisk oddziaływań), ale także niższa na powierzchniach koszonych i spaszonych. Świadczy to o tym, że mimo, iż z założenia powierzchnie te są chronione, efekt tej ochrony nie jest wystarczający. Na powierzchniach zlokalizowanych poza Tatrzańskim Parkiem Narodowym, które nie są użytkowane z myślą o ochronie bogactwa gatunkowego oraz typowej dla łąk świeżych struktury, zbiorowiska roślinne zachowały się w postaci bardziej zbliżonej do typowych postaci zespołu *Gladiolo-Agrostieum* (ryc. 4.).

Przyczyn takie stanu rzeczy dopatrywać się można albo w nieodpowiednio stosowanej ochronie czynnej (najprawdopodobniej zbyt mało intensywnej), albo w historii polan tatrzańskich. W przeciwieństwie bowiem, do łąk zlokalizowanych na przedpolu Tatr, polany tatrzańskie przez dłuższy czas nie były użytkowane. Być może zmiany jakie zaszły w ich strukturze gatunkowej w tym czasie były tak znaczne, że odbiega ona nadal od stanu typowego mimo stosowanej obecnie ochrony czynnej. Możliwe jest, że musi minąć jeszcze sporo czasu, aby zbiorowiska te uzyskały strukturę zbliżoną do współczesnego stanu płatów zespołu *Gladiolo-Agrostieum* na przedpolu Tatr Zachodnich.

Tab. 3. Gatunki pozytywnie wyróżniające rejony: Regli, Magury i Gubałówki względem Regła Dolnego TPN

Gatunek	Regle	Magura	Gubałówka
<i>Alopecurus pratensis</i>	X		
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	X	X	
<i>Caltha palustris</i>	X		
<i>Campanula patula</i>		X	X
<i>Cardaminopsis halleri</i>	X		
<i>Carex ovalis</i>		X	
<i>Centaurea jacea</i>		X	X
<i>Centaurea oxylepis</i>	X	X	
<i>Cerastium fontanum</i>	X		
<i>Cirsium rivulare</i>	X		
<i>Crepis biennis</i>	X		
<i>Crepis paludosa</i>	X	X	
<i>Cruciata glabra</i>	X		

Gatunek	Regle	Magura	Gubałówka
<i>Cynosurus cristatus</i>	X		
<i>Elymus repens</i>	X		X
<i>Equisetum sylvaticum</i>		X	X
<i>Festuca pratensis</i>	X	X	
<i>Festuca rubra</i>		X	
<i>Heracleum sphondylium</i>	X		X
<i>Holcus lanatus</i>			X
<i>Holcus mollis</i>		X	X
<i>Lathyrus pratensis</i>	X		X
<i>Leontodon autumnalis</i>	X		
<i>Leucanthemum vulgare</i>	X		X
<i>Myosotis palustris</i>	X		
<i>Phleum pratense</i>	X		X
<i>Phyteuma orbiculare</i>		X	X
<i>Plantago lanceolata</i>		X	X
<i>Plantago major</i>	X	X	X
<i>Poa annua</i>	X		
<i>Poa chaixii</i>		X	
<i>Polygala amara</i>		X	X
<i>Ranunculus repens</i>	X		
<i>Rhinanthus minor</i>		X	X
<i>Rumex acetosella</i>		X	
<i>Taraxacum officinale</i>	X		
<i>Trifolium pratense</i>	X		
<i>Trifolium repens</i>	X		
<i>Trisetum flavescens</i>	X	X	X
<i>Veronica chamaedrys</i>	X	X	X
<i>Veronica officinalis</i>		X	
<i>Vicia cracca</i>	X	x	x
<i>Vicia sepium</i>	X		



Ryc. 4. Średnia liczba gatunków charakterystycznych dla klasy *Molinio-Arrhenatheretea* na powierzchniach badawczych w poszczególnych rejonach terenu badań z uwzględnieniem sposobu użytkowania. Pionowe słupki oznaczają 95% przedziały ufności.

Podsumowanie i wnioski

Największe zmiany w składzie gatunkowym zbiorowisk łąkowych i pastwiskowych wynikają z zaniechania tradycyjnego użytkowania, które jest warunkiem ich istnienia i od którego zależy utrzymanie się dużej różnorodności gatunkowej.

W porównaniu do łąk i pastwisk z połowy XX wieku, współczesne fitocenozy charakteryzują się mniejszym udziałem gatunków o niskim pokroju, światłolubnych, charakterystycznych dla łąk świeżych przy większym udziale gatunków nitrofilnych i zioło-roślowych.

Mała odrębność florystyczna rejonu Regla Dolnego TPN świadczy o tym, iż prowadzona współcześnie ochrona czynna polan reglowych nie zapewnia optymalnych warunków gwarantujących utrzymanie się typowej postaci zespołu *Gladiolo-Agrostietum*. Skuteczność prowadzonych w tym rejonie zabiegów jest znacznie mniejsza od użytkowania pasterskiego i kośnego w pozostałych dolnoreglowych rejonach badań: Regli, Magury i Gubałówki.

Do zmniejszenia się różnorodności oraz struktury gatunkowej współczesnych łąk i pastwisk przyczyniły się zmiany w sposobie ich użytkowania – głównie ich porzucenie,

ale także nieregularne koszenie, zbyt mała lub zbyt duża obsada owiec, pozostawianie skoszonej biomasy, podsiewanie łąk mieszankami traw i roślin motylkowych.

Literatura

- Bator I. 2005. Stan obecny i przemiany zbiorowisk łąkowych okolic Mogilan (Pogórze Wielickie) w okresie 40 lat. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica Supplementum* 7, ss. 97.
- Barabasz B. 1997. Zmiany roślinności w północnej części Puszczy Niepołomickiej w ciągu 20 lat. *Studia Naturae* 43: 99.
- Barabasz-Krasny B. 2002. Sukcesja roślinności na łąkach, pastwiskach i nieużytkach polnych Pogórza Przemyskiego. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica Supplementum* 4, ss. 81.
- Biderman A.W. 1990. Zabiegi ochrony czynnej biocenoz nieleśnych stosowane w Ojcowskim Parku Narodowym. *Prądnik Prace Muz. Szafera*. 2: 53–57.
- ter Braak C.J.F. & Smilauer P., 2002. CANOCO Reference Manual and Users Guide to Canoco for Windows. Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Centre for Biometry, Wageningen and Česke Budejovice, ss. 499.
- Celiński F., Wojterski T. 1983. Szata roślinna Babiej Góry. [W:] Zabierowski K. (red.). Park Narodowy na Babiej Górze. *Studia Naturae ser. B*, 29: 121–171.
- Denisiuk Z., Korzeniak J. 1999. Zbiorowiska nieleśne krainy dolin Bieszczadzkiego Parku Narodowego. *Monografie Bieszczadzkie*. 5: 3–162.
- Dubiel E. 1988. Dolina Wierzbanówki: 15. Wpływ wypasu bydła i owiec na zbiorowiska roślinne odłogów i łąk. *Zesz. Nauk. UJ, Prace Bot.* 17: 65–77.
- Dziewolski J. 1985. Zagadnienia wtórnej sukcesji lasu na polanach Tatrzańskiego Parku Narodowego. *Chrońmy Przyr. Ojcz.* 41 (3): 5–10.
- Grodzińska K. 1961. Zespoły łąkowe i polne Wzniesienia Gubałowskiego. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*. VII. 2: 357–407.
- Hołub-Pacewiczowa Z. 1931. Osadnictwo pasterskie i wędrowniki w Tatrach i na Podtatrzu. *Polska Akademia Umiejętności. Prace Komisji Geograficznej nr 1*. Kraków, s. 1–13.
- Kaźmierczakowa R. 1990. Wpływ wypasu na biocenozy polan reglowych w Tatrach (podsumowanie). [W:] Kaźmierczakowa R. (red.). Wypas owiec a zachowanie biocenoz polan reglowych w Tatrach. *Studia Naturae – Seria A*. 34: 163–173.
- Kaźmierczakowa R., Poznańska Z. 1992. Jak utrzymać krokusy na polanach tatrzańskich? *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 2: 59–69.
- Kaźmierczakowa R., Zarzycki J., Wróbel I., Vončina G. 2004. Łąki, pastwiska i zbiorowiska siedlisk wilgotnych Pienińskiego Parku Narodowego. [W:] Kaźmierczakowa R. (red.). Charakterystyka i mapa zbiorowisk roślinnych Pienińskiego Parku narodowego. *Studia Naturae*. 49: 195–251.
- Kochanowska R. 1985. W obronie łąk. *Chrońmy Przyr. Ojcz.* 41 (3): 11–20.
- Kornaś J., Medwecka-Kornaś A. 1967. Zespoły roślinne Gorców. I. Naturalne i półnaturalne zespoły nieleśne. *Fragm. flor. et geobot.* 13 (2): 167–318.
- Kornaś J. 1990. Jak i dlaczego giną nasze zespoły roślinne. *Wiad. Bot.* 34 (2): 7–16.
- Kornaś J., Dubiel E. 1990. Przemiany zbiorowisk łąkowych Ojcowskiego Parku Narodowego w ostatnim trzydziestoleciu. *Prądnik, Prace Muz. Szafera*. 2: 97–106.
- Korzeniak J. 2006. Zbiornicze sprawozdanie z obserwacji monitoringowych dla siedliska 6230 Bogate florystycznie górskie i niżowe murawy bliźniczkowe (Nardion – płaty

- bogate florystycznie) w roku 2006. Monitoring gatunków i siedlisk przyrodniczych ze szczególnym uwzględnieniem specjalnych obszarów ochrony siedlisk Natura 2000. http://www.iop.krakow.pl/gios/monitoring/pdf/sprawozdanie_zbiorcze_6230.pdf
- Kostuch R., Kuc I. 1973. Wpływ wysokości koszenia na plon i skład botaniczny górskich użytków zielonych. *Wiadomości Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych*. 11 (2): 103–121.
- Krzan Z., Mączka T., Pęksa M., Zięba F. 2006. Alternatywna ochrona ekosystemów, siedlisk i gatunków w Tatrzańskim Parku Narodowym. [W:] Krzan Z. (red.). *Tatrzański Park Narodowy na tle innych górskich terenów chronionych*, tom III. Zakopane, s. 41–45.
- Kurowski J.K., Michalska-Hejduk D. 2006. Tendencje dynamiczne zbiorowisk nieleśnych Kampinoskiego Parku Narodowego. *Studia Naturae*. 54. cz. I: 145–157.
- Matuszkiewicz W. 2001. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa, ss. 537.
- Medwecka-Kornaś A., Loster S. 1995. Ojcowski Park Narodowy. [W:] Mirek Z., Wójcicki J.J. (red.). *Szata Roślinna Parków Narodowych i Rezerwatów Polski Południowej*. Przewodnik Sesji Terenowych 50 Zjazdu PTB. *Polish Bot. Stud. Guidebook Series* 12: 7–32.
- Michalik S. 1985. Ekologiczna ochrona czynna biocenoz i krajobrazu w Ojcowskim Parku Narodowym. *Parki Nar. Rez. Przy.* 6: 43–56.
- Michalik S. 1986. Problemy ochrony biocenoz polan regłowych w parkach narodowych polskich Karpat. *Chrońmy Prz. Ojcz.* 42 (5): 16–27.
- Michalik S. 1990. Przemiany roślinności łąkowej w toku sukcesji wtórnej na stałej powierzchni badawczej w Ojcowskim Parku Narodowym. *Prądnik, Prace Muz. Szafera* 2: 149–159.
- Michalik S. 1992. Zagrożenie i problemy aktywnej ochrony biocenoz polan regłowych Gorczańskiego Parku Narodowego. *Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody*. 11 (4): 25–37.
- Mirek Z., Holeksa J., Miechówka A. (mskr.). *Zróżnicowanie roślinności i gleb polan regłowych w Tatrzańskim Parku Narodowym*. (Opracowanie zawiera mapy roślinności i gleb przeszło 100 polan).
- Pawłowska S. 1965. Pochodzenie flory łąk północnej części Tatr i Podtatrza. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*. XI (1): 3–50.
- Pawłowski B., Pawłowska S., Zarzycki K. 1960. Zespoły roślinne kośnych łąk północnej części Tatr i Podtatrza. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*. VI (2), ss. 222.
- Prach B. 1993. Vegetational changes in a wet meadow complex, South Bohemia. Czech Republic. *Folia Geobot. Phytotax.* 28: 1–13.
- Witkowska-Żuk L., Ciurzycki W. 2000. Sukcesja roślinności na terenach wyłączonych w z wypasu owiec w Tatrzańskim Parku Narodowym w latach 1965–1994. *Ochrona Przyrody* 57: 19–40.
- Wróbel I. 2006. Dynamika roślinności łąkowej w warunkach stosowania ciągłych zabiegów ochronnych w Pienińskim Parku Narodowym. *Studia Naturae* 54. cz. I: 241–264.
- Zarzycki K., Korzeniak U. 1992. Roślinność łąkowa Pienin i jej przemiany w ostatnim sześćdziesięcioleciu. *Pieniny – Przyroda i Człowiek* 2: 5–12.
- Zarzycki J. 1999. Ekologiczne podstawy kształtowania ekosystemów łąkowych Babio-górskiego Parku Narodowego. *Studia Naturae* 45, ss. 97.
- Zarzycki J., Kaźmierczakowa R. 2006. Przemiany łąk świeżych i pastwisk w Pienińskim Parku Narodowym w ciągu ostatnich 35 lat XX wieku. *Studia Naturae*. 54, cz. I: 275–304.

