

## Dynamika zarastania polan tatrzańskich

Marcin Bukowski

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

### Streszczenie

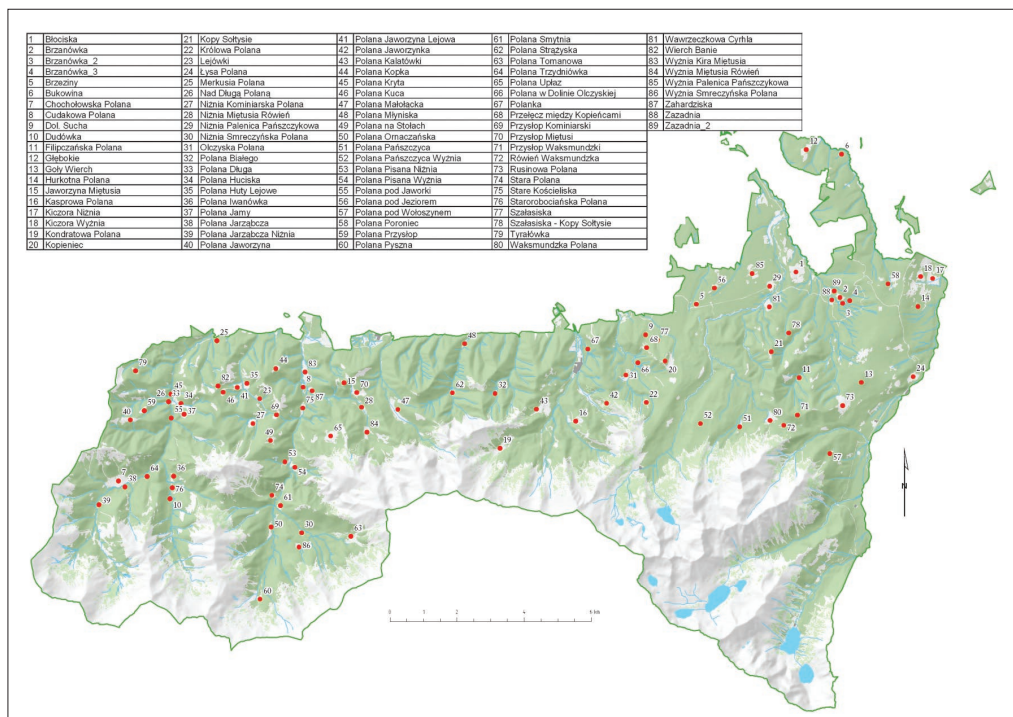
Dynamikę zarastania polan tatrzańskich opracowano na podstawie ortofotomap lotniczych i satelitarnych z lat 1955–1977–2004. Analizę przeprowadzono, opierając się na obserwacji 89 polan położonych w granicach Tatrzańskiego Parku Narodowego. Zauważono, że powierzchnia początkowa polan zmniejszyła się o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

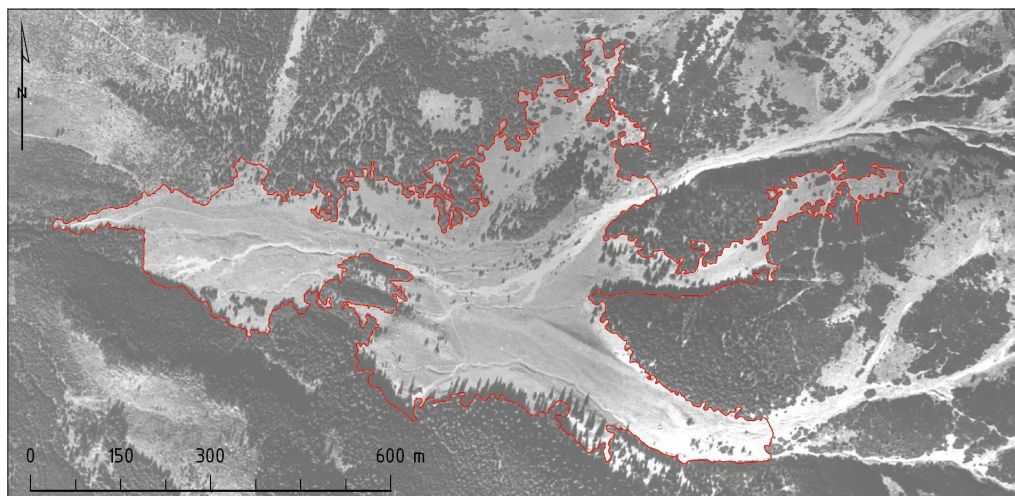
Zdjęcia lotnicze oraz zobrazowania satelitarne są nośnikiem wielu informacji o strukturze pokrycia terenu. Informacje te można podzielić na dwa główne rodzaje: radiometryczną i geometryczną. Do pozyskania informacji radiometrycznej wykorzystuje się techniki teledetekcyjne, a jeśli chodzi o informacje 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 rozbiściu 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 zinventaryzowanych 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   | [%]<br>[ha] | 53,73%<br>383,289 | 6,17%<br>44,046  | 34,15%<br>243,582 | 1,86%<br>13,293 | 1,92%<br>13,662 | 1,41%<br>10,029             | 0,69%<br>4,935      | 0,01%<br>0,061 | 0,06%<br>0,407 |
| Pojedyncze drzewa i grupy drzew na polanie w roku 1955 | [%]<br>[ha] | 9,07%<br>2,095    | 6,54%<br>1,51    | 52,42%<br>12,109  | 31,16%<br>7,199 | 0,23%<br>0,053  | 0,58%<br>0,135              | –<br>–              | –<br>–         | –<br>–         |
| Odnowienie luźne                                       | [%]<br>[ha] | 8,29%<br>0,314    | 16,36%<br>0,619  | 61,68%<br>2,336   | –<br>–          | 2,58%<br>0,098  | 11,07%<br>0,419             | 0,01%<br>0,001      | –<br>–         | –<br>–         |
| Starsze drzewa   | [%]<br>[ha] | 91,49%<br>3,322   | 3,04%<br>0,11    | 4,16%<br>0,151    | 1,31%<br>0,048  | –<br>–          | –<br>–                      | –<br>–              | –<br>–         | –<br>–         |
| Kosodrzewina   | [%]<br>[ha] | 4,37%<br>0,106    | 4,27%<br>0,103   | 10,31%<br>0,249   | 0,06%<br>0,001  | 49,55%<br>1,198 | 30,86%<br>0,746             | 0,59%<br>0,014      | –<br>–         | –<br>–         |
| Droga  | [%]<br>[ha] | 93,07%<br>0,056   | 6,93%<br>0,004   | –<br>–            | –<br>–          | –<br>–          | –<br>–                      | –<br>–              | –<br>–         | –<br>–         |

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

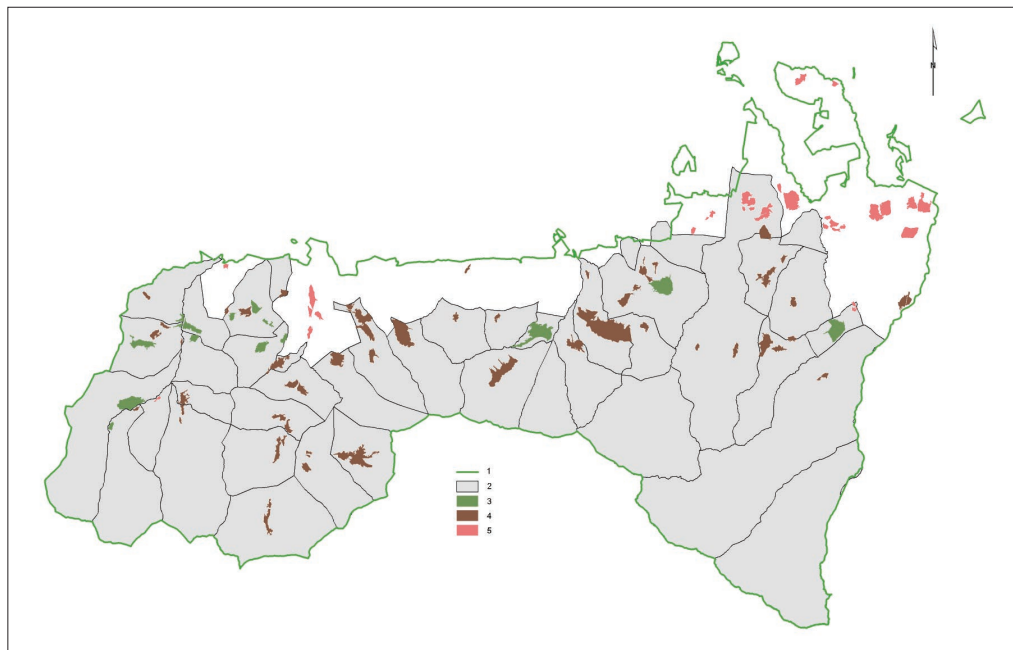
Tab. 4. Podział polan na kategorie

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

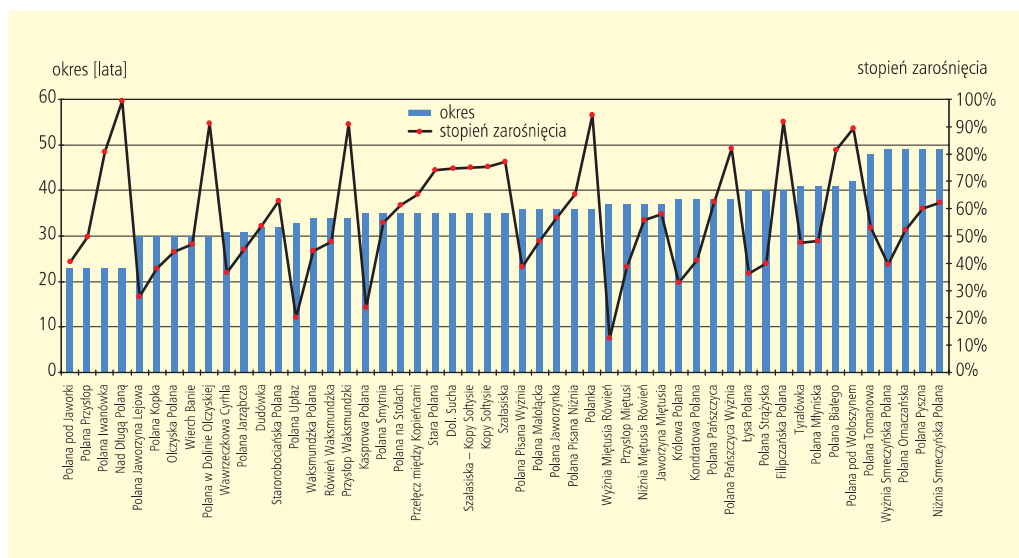
|   |    |   |
|---|----|---|
| I | 41 | Polana Białego<br>Polana Młyniska<br>Tyratówka  |
|   | 42 | Polana pod Wołoszynem   |
|   | 48 | Polana Tomanowa   |
|   | 49 | Niżnia Smreczyńska Polana<br>Polana Ornaczańska<br>Polana Pyszna<br>Wyżnia Smreczyńska Polana |

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



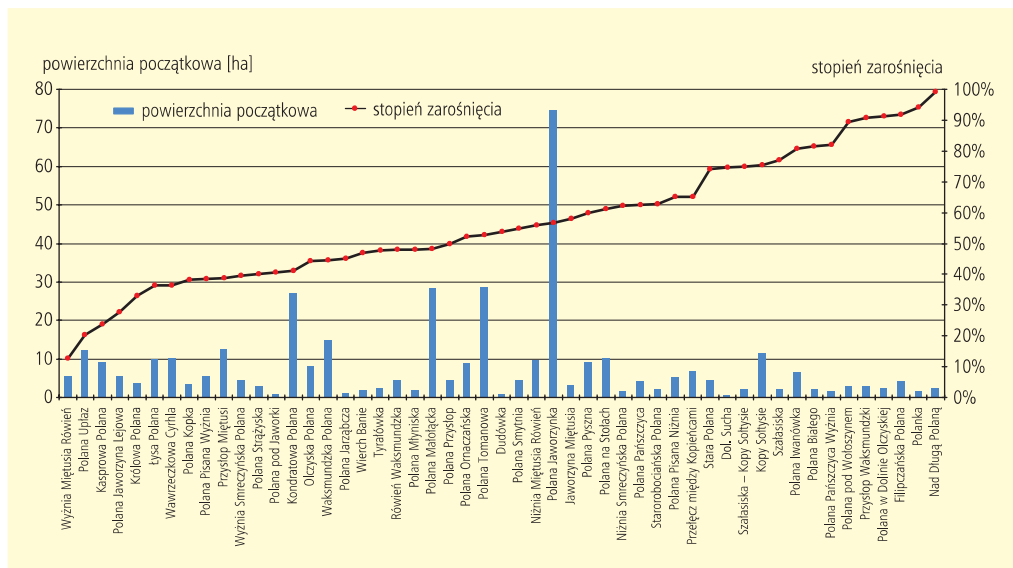


Ryc. 3. Podział Tatr na hale wg W. H. Paryskiego. 1 – granica TPN, 2 – podział na hale wg WHP, 3 – polany, na których prowadzi się wypas kulturowy od 1982 roku (WK), 4 – polany, dla których ustalono termin wyłączenia z użytkowania, 5 – polany, dla których ustalenie terminu wyłączenia z użytkowania nie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



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

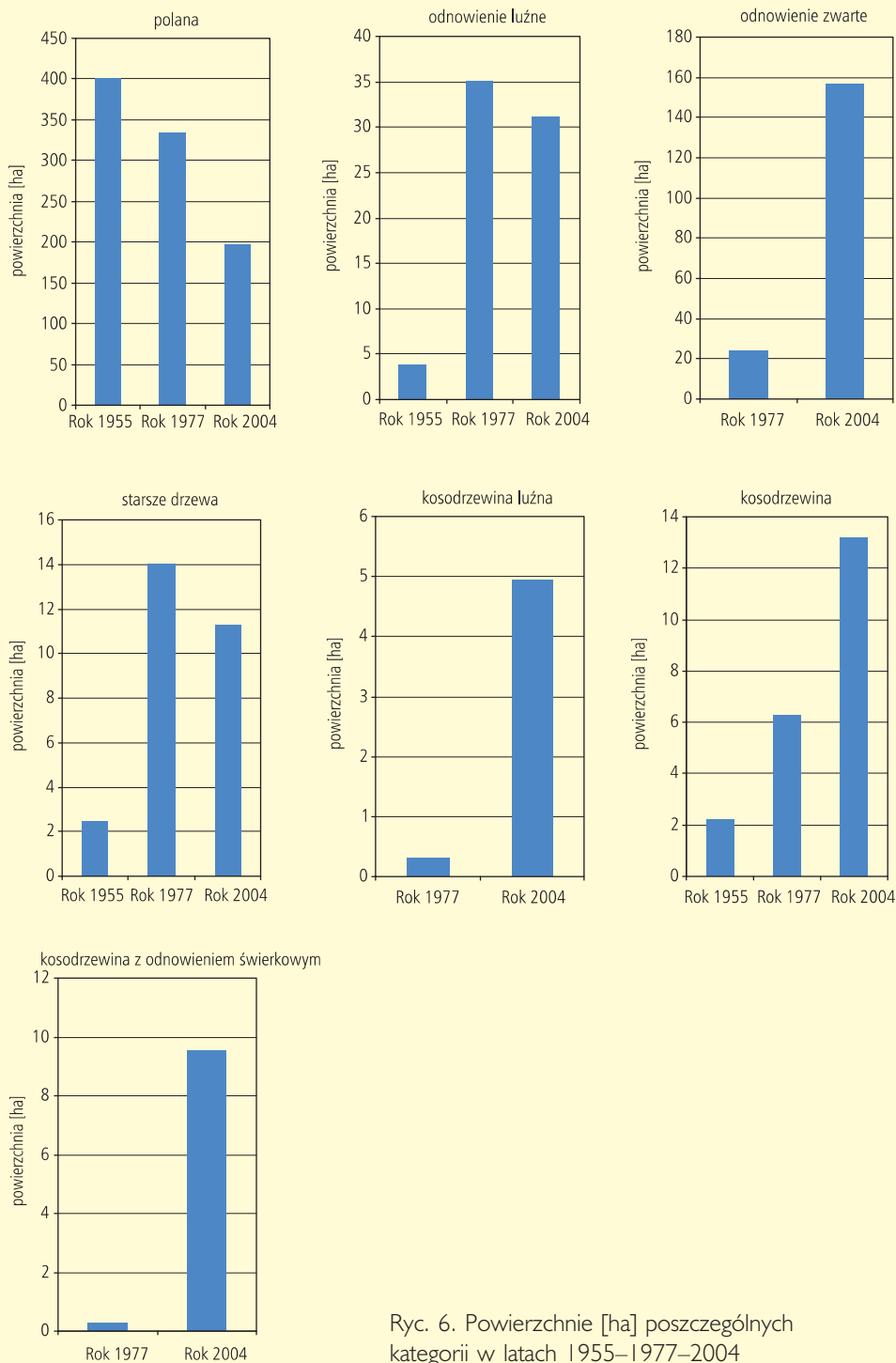
zarastania polan, bowiem odnajdziemy polany małe, które praktycznie zarosły zupełnie, jak np. Polanka (stopień zarośnięcia 94,20%) czy polana na Przysłopie Waksmundzkim (stopień zarośnięcia 90,89%), i takie, które nie zarosły praktycznie wcale, a ich powierzchnia początkowa nie była wiele większa od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

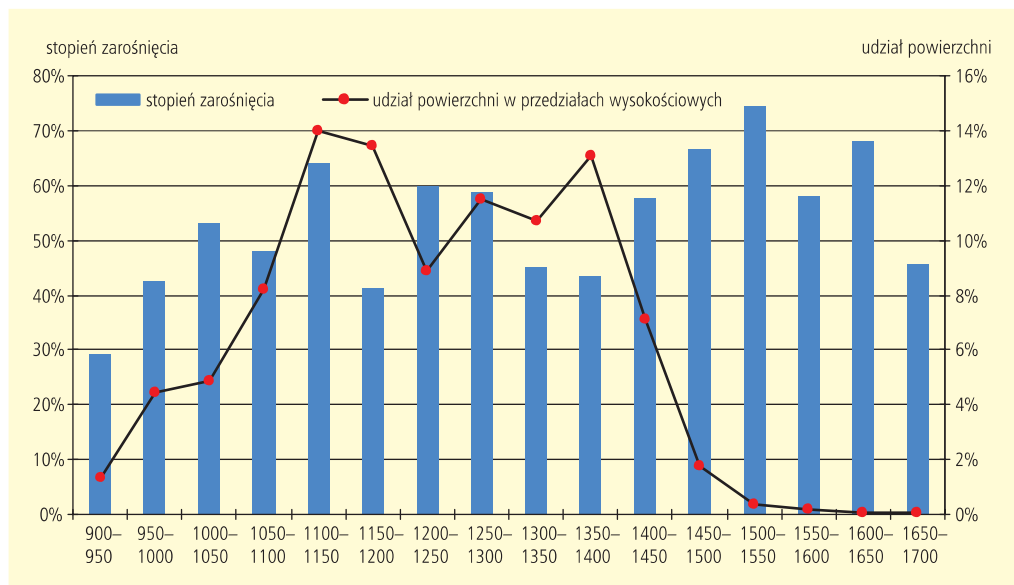


Ryc. 6. Powierzchnie [ha] poszczególnych kategorii w latach 1955–1977–2004

## 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].



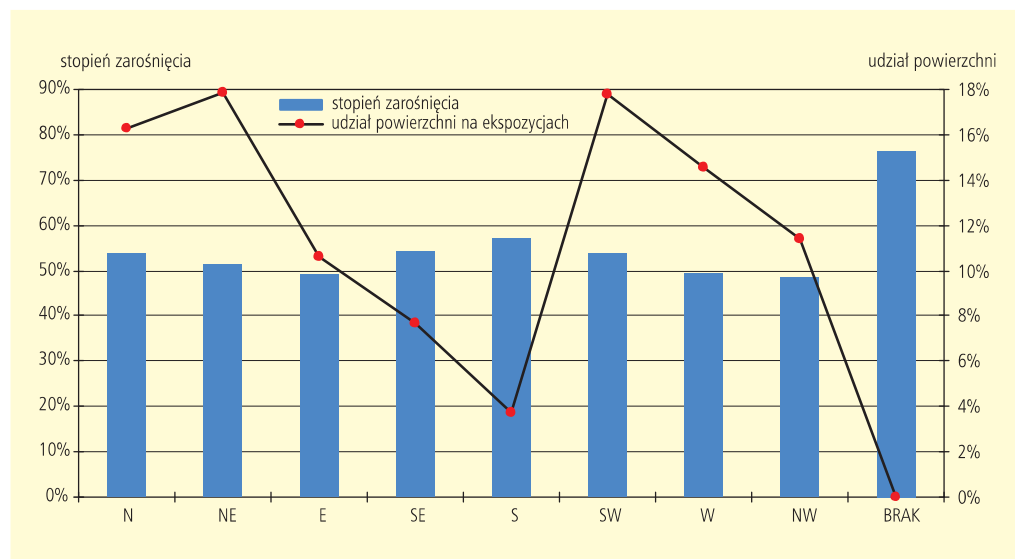
Ryc. 7. Stopień zarośnięcia polan w zależności od wysokości n.p.m. w okresie 1955–2004

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

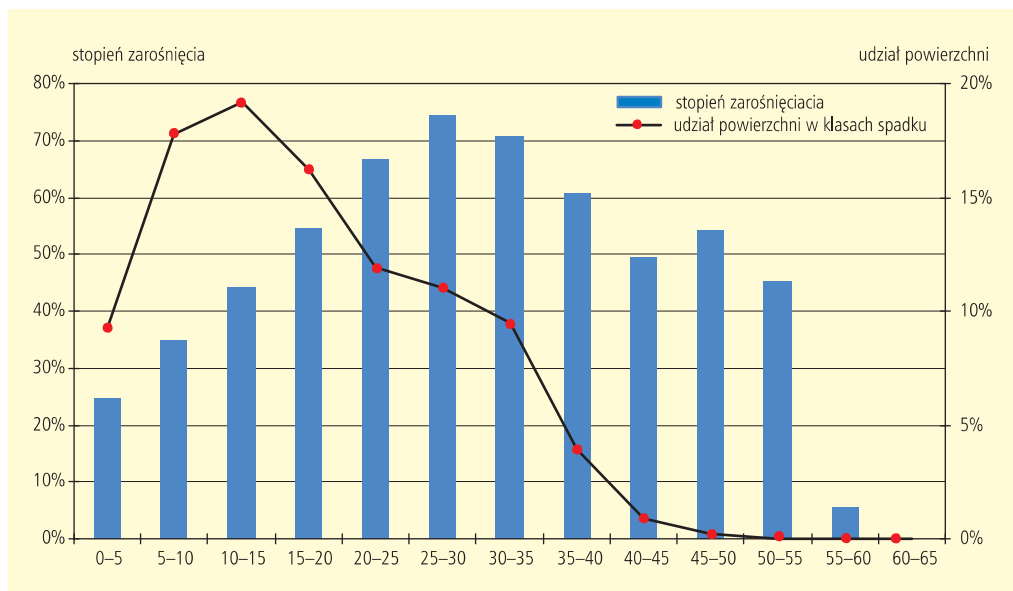
Na podstawie NMT dla potrzeb analizy wygenerowano mapy ekspozycji i przeprowadzono analizy tempa zarastania w zależności od wystawy. Uzyskano stopnie zarośnięcia powierzchni polan na danych ekspozycjach w okresie 1955–2004 (ryc. 8).

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<br>luźne | odnowienie-<br>zwarte | starsze<br>drzewa | koso-<br>drze-<br>wina | koso-<br>drze-<br>wina<br>z odno-<br>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<br>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<br>drzewa | pow. [%]             | 94,32%    | 5,68%  | –                   | –                     | 0,00%             | –                      | –  | –     |       |
|                   | pow. [ha]            | 0,154     | 0,009  | –                   | –                     | –                 | –                      | –  | –     |       |
| kosodrze-<br>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<br>drzewa | pow. [%]  | 14,70% | 6,03%               | 42,20%                | 37,07%            | –                      | –  | –     | –     |
|                   |                      | pow. [ha] | 0,514  | 0,211               | 1,477                 | 1,297             | –                      | –  | –     | –     |
|                   | odnowienie<br>luźne  | pow. [%]  | –      | –                   | 100,00%               | –                 | –                      | –  | –     | –     |
| pow. [ha]         |                      | –         | –      | 0,063               | –                     | –                 | –                      | –  | –     |       |
| starsze<br>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.

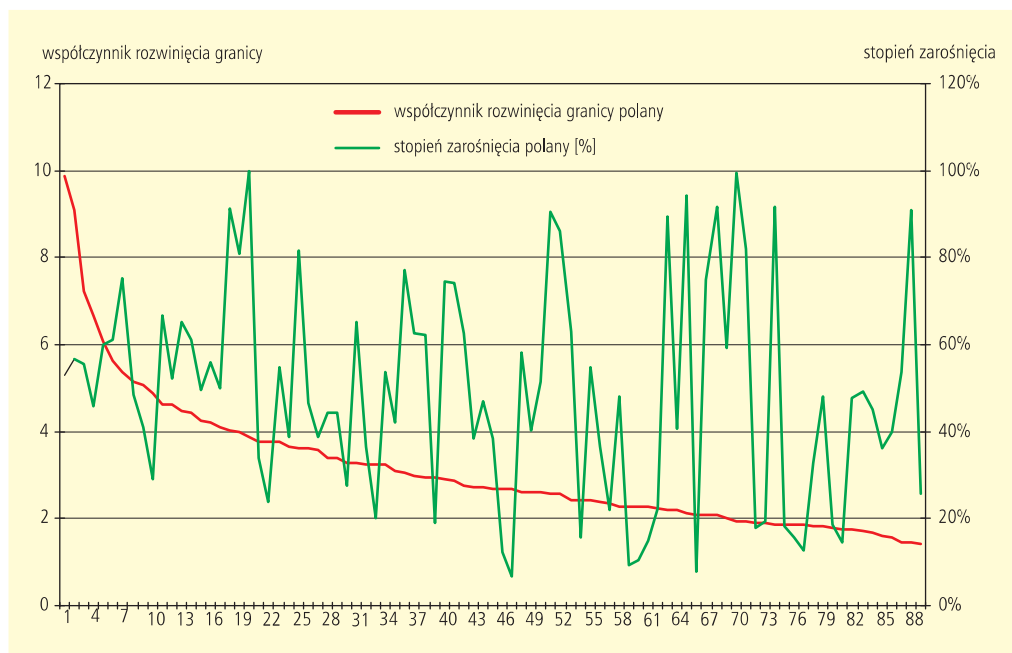
Tab. 6. Stopień zarośnięcia i powierzchnia początkowa polan (BD) z roku 1955

|                              | 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., Strzebiński 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.