

FORECOM

PODRĘCZNIK UŻYTKOWNIKA

pod redakcją

Jacka Kozaka i Dominika Kaima

FORECOM

PODRĘCZNIK UŻYTKOWNIKA

pod redakcją **Jacka Kozaka i Dominika Kaima**



Uniwersytet Jagielloński w Krakowie
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
Kraków 2016



FORECOM PODRĘCZNIK UŻYTKOWNIKA

Redakcja: Jacek Kozak, Dominik Kaim

Autorzy: Monika Dobosz, Dominik Kaim, Natalia Kolecka, Jacek Kozak,
Krzysztof Ostafin, Katarzyna Ostapowicz, Marcin Szwagrzyk,
Zbigniew Ustrnul, Agnieszka Wypych

Redakcja kartograficzna: Ewa Grabska

Zdjęcia na okładce: Dominik Kaim

Kontakt:

Dr Dominik Kaim

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej

Uniwersytetu Jagiellońskiego

30-387 Kraków, Gronostajowa 7

tel. 12 664 5323

e-mail: dkaim@gis.geo.uj.edu.pl

<http://www.gis.geo.uj.edu.pl/FORECOM/>



Publikacja współfinansowana przez Szwajcarię w ramach szwajcarskiego programu współpracy z nowymi krajami członkowskimi Unii Europejskiej

Skład i opracowanie graficzne: Pracownia Register

© Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ

Wydanie I, Kraków 2016

ISBN 978-83-64089-27-5

Wydawca:

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ

ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków, Polska

tel. +48 12 664 52 50, faks +48 12 664 53 85

<http://www.geo.uj.edu.pl>

Druk: Know-How, Kraków

Spis treści

7 Podziękowania

9 Wstęp

Jacek Kozak

13 Mapy lasów Karpat Polskich od 1860 do 2013 r.

Krzysztof Ostafin, Monika Dobosz

21 Zmiany i zmienność warunków klimatycznych w Karpatach Polskich w latach 1851–2010 oraz potencjalne scenariusze zmian 2021–2060

Agnieszka Wypych, Zbigniew Ustrnul

29 Analiza i modelowanie przestrzenne zmian powierzchni lasów w Karpatach Polskich w latach 1860–2013

Katarzyna Ostapowicz

39 Współczesne porzucanie ziemi

Natalia Kolecka

45 Przyszłość użytkowania ziemi w Karpatach Polskich do 2060 r.

Dominik Kaim, Marcin Szwagrzyk

51 Więcej na temat wyników badań zmian powierzchni lasów w Karpatach Polskich w ramach projektu FORECOM

53 Produkty

Podziękowania

Chcemy podziękować naszym partnerom ze *Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL* (grupa badawcza *Landscape Dynamics*, www.wsl.ch) za wieloletnią i owocną współpracę naukową w ramach projektu FORECOM. W szczególności dziękujemy dr. Ursowi Gimmi, który kierował pracami badawczymi zespołu szwajcarskiego. Podziękowania kierujemy również do prof. Niklausa Zimmermana, dr. Janine Bolliger, dr. Matthiasa Buergi, Christiana Ginzlera, dr. Roberta Pazura, dr. Bronwyn Price, dr. Achilleasa Psomasa i dr. Dirka Schmatza.

Jesteśmy wdzięczni uznanym światowym ekspertom badań obszarów górskich oraz przemian środo-

wiska: prof. Martinowi Price z University of the Highlands and Islands, Wielka Brytania, prof. Patrickowi Hostertowi oraz prof. Tobiasowi Kuemmerle z Uniwersytetu Humboldta w Berlinie za wspieranie naszych badań swoją wiedzą i doświadczeniem.

Dziękujemy pracownikom Ośrodka Przetwarzania Informacji – Państwowego Instytutu Badawczego, instytucji nadzorującej Polsko-Szwajcarski Program Badawczy, w szczególności Panu Marcinowi Landze, za pomoc w realizacji projektu. Dziękujemy także władzom oraz pracownikom administracji Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi oraz Uniwersytetu Jagiellońskiego za stworzenie warunków do realizacji projektu.



Zdjęcie: Bartosz Załuski

Wstęp



Jacek Kozak

Krajobraz wokół nas ulega ciągłym zmianom. Dzieje się tak przede wszystkim na skutek świadomych, przemyślanych działań ludzi: budowy domów i dróg, uprawy ziemi, sadzenia lasów. Krajobraz zmienia się jednak także poprzez interakcje wielu różnych procesów przyrodniczych, których człowiek czasem nawet nie zauważa w swojej codziennej aktywności. W Polsce ważne miejsce w tej grupie zajmuje wtórna sukcesja roślinności na obszarach niegdyś użytkowanych rolniczo, a obecnie leżących odłogiem lub całkowicie porzuconych. Jednym z regionów naszego kraju, gdzie proces ten ma ogromne znaczenie dla długofalowych zmian krajobrazu, są Karpaty. Konsekwencją wtórnej sukcesji roślinności jest tu powolny przyrost powierzchni lasów i zanik charakterystycznej mozaiki rolno-leśnej: krajobrazu kulturowego o wysokich walorach estetycznych (fot. 1). Właśnie tego typu zmiany i ich konsekwencje były kluczowym problemem badawczym projektu FORECOM (*Zmiany powierzchni lasów w regionach górskich – przyczyny, trajektorie oraz skutki*), realizowanego przez zespół naukowców Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie oraz *Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL* (grupa badawcza *Landscape Dynamics*). Badania w ramach projektu prowadzone były w Alpach Szwajcarskich oraz

w Karpatach Polskich i uwzględniały zmiany, jakie następowały w krajobrazie gór od połowy XIX wieku po dzień dzisiejszy¹.

Niniejsze opracowanie przedstawia wybrane wyniki działań naukowych realizowanych w ramach projektu FORECOM na obszarze Karpat Polskich (ryc. 1), które mogą mieć istotne znaczenie dla osób zajmujących się na co dzień, praktycznie, zagadnieniami kształtowania i ochrony krajobrazu karpackiego, a także problemami środowiskowymi i społecznymi, na które oddziałują zmiany krajobrazu. Pomysł tego opracowania wynika z naszych doświadczeń i kontaktów z praktykami. Często zwracają oni uwagę, że wyniki badań naukowych, publikowane w międzynarodowych czasopiśmie, nie są dla nich użyteczne i nie mają szerszego zastosowania w ich codziennej pracy.

¹ Projekt współfinansowany przez Szwajcarię w ramach szwajcarskiego programu współpracy z nowymi krajami członkowskimi Unii Europejskiej.

Niniejsza publikacja prezentuje wyniki badań prowadzonych w Karpatach. Osoby zainteresowane badaniami prowadzonymi w Alpach Szwajcarskich powinny kontaktować się z prof. Niklausem Zimmermannem (niklaus.zimmermann@wsl.ch) oraz dr. Matthiasem Buergi (matthias.buergi@wsl.ch) z grupy badawczej Landscape Dynamics, WSL.

→ **Fot. 1.** Mozaika pól, ciągle jeszcze użytkowanych rolniczo, u stóp Trzech Koron w Pieninach (zdjęcie: Jacek Kozak)

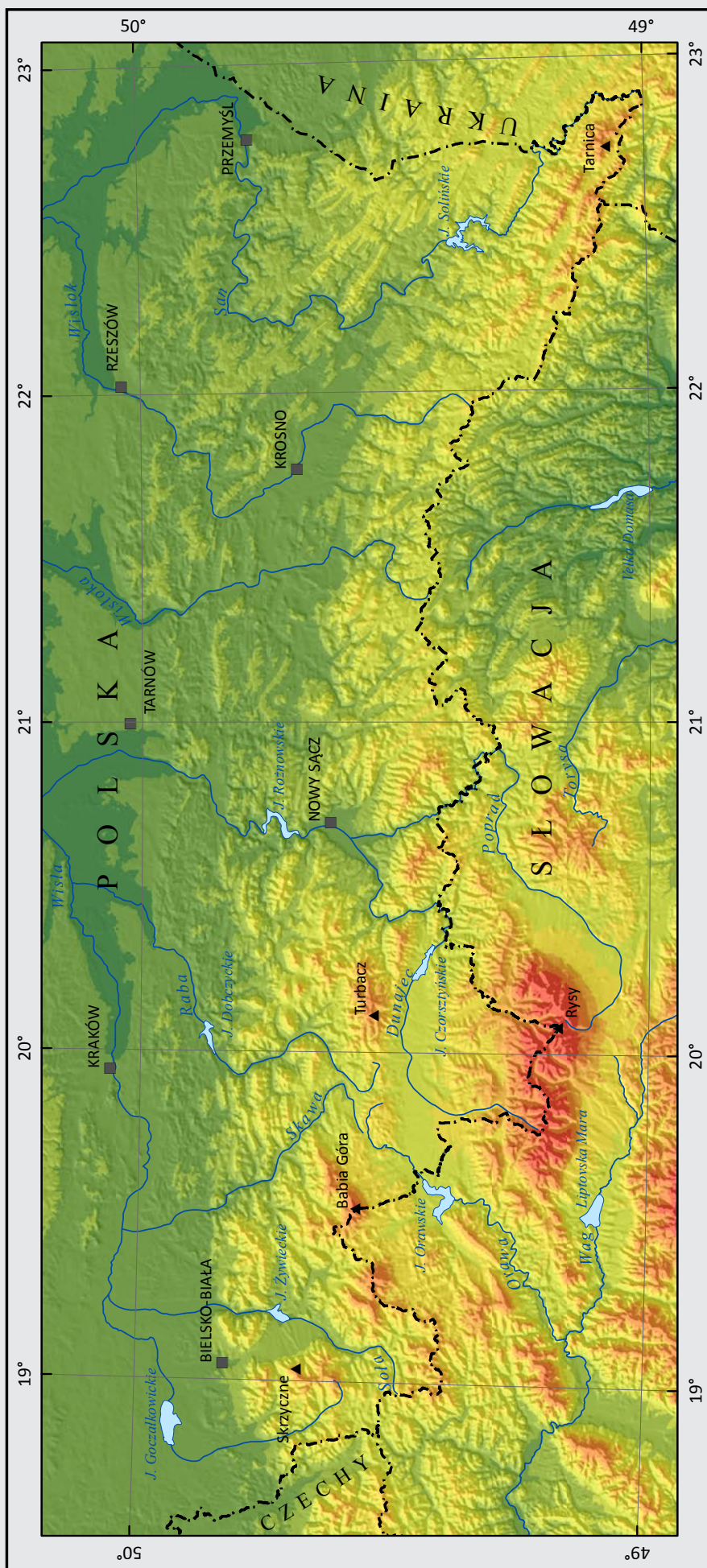


Przyczyny mogą być wielorakie: publikowanie w języku angielskim, brak dostępu do zawartości czasopism, wreszcie hermetyczny język, powszechnie używany na współczesnym rynku czasopism naukowych. Z kolei media, przekazując informacje o wynikach badań naukowych, często splotają różne zagadnienia wskutek konieczności skondensowania przekazu, co nie pozwala na rzetelną ocenę przydatności prowadzonych prac naukowych dla potrzeb praktyki.

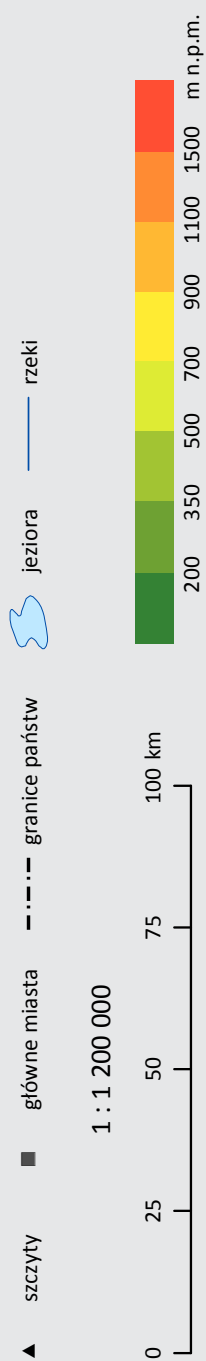
W tej publikacji próbujemy zniwelować te bariery. Opisujemy metody i wyniki badań w sposób przystępny, ilustrując je wykresami, mapami i zdjęciami. Równocześnie dokładnie informujemy, jakie dane zostały wytworzone w ramach naszych prac. Mamy w związku z tym nadzieję, że publikacja ta przyczyni się do lepszego wykorzystania wyników badań projektu FORECOM w wszelkich działaniach prowadzonych na rzecz karpackiego krajobrazu (stąd też wziął się tytuł publikacji: *FORECOM: podręcznik użytkownika*), a równocześnie wyznaczy pewien standard komunikowania wyników badań naukowych dla potrzeb praktyki.

W podręczniku przedstawiamy najpierw materiały kartograficzne oraz metody wykonania map obrazu-

jących przeszłe rozmieszczenie lasów w Karpatach Polskich. Z uwagi na potencjalną wagę przeszłych i przyszłych zmian klimatu dla lasów karpackich, w kolejnej części opracowania omawiamy metody, które posłużyły do rekonstrukcji temperatury i opadów w okresie po 1850 r. oraz prognozy zmian do 2060 r. W rozdziale trzecim przedstawiamy sposoby i wyniki ilościowej analizy przeszłych zmian powierzchni lasów oraz modelowania objaśniającego ich przyczyny. Ostatnie dwa rozdziały pracy wybiegają w przyszłość. Najpierw, w części czwartej, przedstawiamy metody określania współczesnej wtórnej sukcesji roślinności na porzuconych użytkach rolnych i jej przyrodnicze oraz społeczno-ekonomiczne uwarunkowania. W ostatnim rozdziale podręcznika dokonujemy w pewnym sensie syntezy części poprzednich, omawiając sposoby modelowania przyszłych zmian krajobrazu, ich wyniki oraz konsekwencje. Na końcu zamieściliśmy wykazy najważniejszych publikacji naukowych, dotyczących omawianej tematyki oraz opracowanych w projekcie zestawów danych przestrzennych, które mogą być bezpłatnie udostępnione zainteresowanym osobom lub instytucjom do celów niekomercyjnych.



← Rycina 1. Mapa Karpāt Polskich





Zdjęcie: Dominik Kaim

Mapy lasów Karpat Polskich od 1860 do 2013 r.

 Krzysztof Ostafin, Monika Dobosz

Określenie zmian rozmieszczenia lasów od połowy XIX w. było najważniejszym działaniem w realizowanym projekcie. Do utworzenia map lasów Karpat Polskich i rekonstrukcji ich rozmieszczenia w przeszłości wykorzystaliśmy różnorodne materiały kartograficzne publikowane od XIX w. do 2013 r.

MATERIAŁY

Najstarsze wykorzystane mapy to tzw. **drugie austriackie wojskowe zdjęcie topograficzne** w skali 1:28800. Mapy zostały pozyskane z Archiwum Wojennego w Wiedniu (*Kriegsarchiv*), poza arkuszami obejmującymi Spisz i Orawę, które uzyskaliśmy od węgierskiego wydawnictwa *Arcanum Adatbazis* (<http://arcanum.hu/en/>). Mapy drugiego zdjęcia zostały utworzone na podstawie szczegółowych map katastralnych w skali 1:2880, poprzez dziesięciokrotne zmniejszenie elementów sytuacyjnych, a następnie ich uaktualnienie w terenie. Dodatkowo na mapach wyrysowano rzeźbę terenu stosując metodę kreskową (ryc. 2). Jeden arkusz drugiego zdjęcia pokrywa obszar o wymiarach 15 × 15 km. Karpaty Polskie obejmują trzy zestawy map drugiego zdję-

cia o różnej dacie wykonania, przy czym im nowsze mapy, tym lepszy był ich stan oraz jakość wykonania. Najstarszy zestaw (10 arkuszy) został opublikowany dla Spisza i Orawy w latach 1822–1824. Drugi zestaw map pokrywał terytorium Śląska Cieszyńskiego (8 arkuszy) i został opublikowany w latach 1839–1840. Trzeci zestaw (112 arkuszy) obejmował największą część Karpat Polskich, należącą do dawnej Galicji. Wykonano go na początku lat 60. XIX w. i jego jakość jest zdecydowanie najlepsza. Za wyjątkiem najstarszego zestawu, do sporządzenia map drugiego zdjęcia wykorzystywano dokładnie pomierzoną sieć triangulacyjną, co zwiększa ich dokładność geometryczną i wiarygodność. Mapy te zostały przez nas dokładnie zrektyfikowane, poprzez dowiązanie do polskich map topograficznych utworzonych w końcu lat 70. i na początku lat 80. XX w. oraz czeskich, słowackich i ukraińskich map z lat 30. XX w. Las na mapach drugiego zdjęcia jest przedstawiony za pomocą sygnatur powierzchniowych, z szarym wypełnieniem i czarnym, pogrubionym obwodem. Interpretacja zasięgu lasu może sprawiać problemy z powodu kreskowej metody przedstawiania rzeźby terenu, zwłaszcza na arkuszach o gorszej jakości, spowodowanej nieodpowiednim przechowywaniem papierowych oryginałów.



Dla lat 30. XX w. wykorzystaliśmy 34 arkusze **Mapy Taktycznej Wojskowego Instytutu Geograficznego (WIG)** w skali 1:100000. Mapy te, podobnie jak poprzednie, zostały wykonane w celach wojskowych, stąd ich jakość jest bardzo wysoka, a przedstawienie lasów bardzo szczegółowe. Las jest oznaczony jasnym zielonym kolorem, z czarnymi kropkami dookoła każdego kompleksu leśnego. Dość rzadko występują sygnatury oznaczające typ lasu (iglasty, liściasty lub mieszany). Mapy WIG pozyskano ze Zbiorów Kartograficznych Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz z portalu internetowego poświęconego mapom topograficznym Polski (www.mapywig.org). Mapy WIG miały określony układ współrzędnych, jednakże ich dokładność geometryczna nie była wysoka. Z tego względu zostały one ponownie zrektyfikowane z wykorzystaniem dodatkowych punktów kontrolnych.

Dla okresu powojennego wykorzystana została **polska mapa topograficzna** utworzona w końcu lat 70. i na początku lat 80. XX w. w skali 1:25000. Arkusze tej mapy zostały pozyskane z Wojewódzkich Ośrodków Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej jako pliki rastrowe z poprawnie nadanym układem współrzędnych. Nie wymagały one korekty geometrycznej. Las na tych mapach jest oznaczony zielonym kolorem i czarną, kropkowaną granicą.

PRZETWARZANIE MAP TOPOGRAFICZNYCH

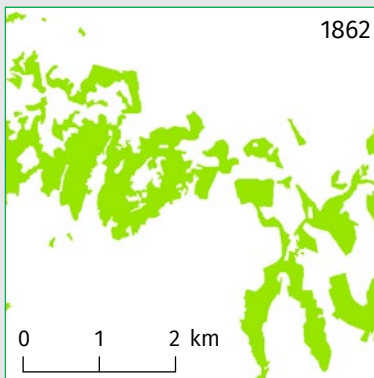
Granice kompleksów leśnych przedstawione na mapach drugiego zdjęcia topograficznego i na mapach WIG zwektoryzowaliśmy manualnie. Wektoryzacja objęła 130 arkuszy drugiego zdjęcia topograficznego i została przeprowadzona w skalach wyświetlania od 1:2000 do 1:4000. Główne problemy, na jakie natknęliśmy się w czasie pracy dotyczyły interpretacji najstarszych wydań map drugiego zdjęcia oraz styków arkuszy, na których, wskutek błędów geometrycznych map, występowały luki lub nakładanie map. Pewne nieścisłości pojawiły się także na granicach obszarów wektoryzowanych przez różne osoby, dlatego po zakończeniu prac uzgodniliśmy wszystkie obszary styków i jeszcze raz zweryfikowaliśmy otrzymaną mapę lasów (ryc. 3) z mapą topograficzną. W przypadku map WIG interpretowaliśmy 34 arkusze, digitalizując je w skali wyświetlania od 1:5000 do 1:10000. Wektoryzacja przebiegała w zasadzie bezproblemowo. Otrzymana finalna mapa lasów była bardziej zgeneralizowana niż w przypadku innych materiałów, co związane jest ze skalą map WIG (ryc. 3). Mapy lasów dla lat 70. i 80. XX w. pozyskaliśmy automatycznie, analizując i klasyfikując kolory występujące na mapie i wyodrębniając obszary oznaczone kolorem zielonym (czyli przede



← **Rycina 2.** Porównanie trzech zestawów map drugiego austriackiego wojskowego zdjęcia topograficznego, edycje od lewej: 1822–24, 1839–40, 1861–62

wszystkim lasy). Następnie zastosowaliśmy operacje morfologicznej analizy obrazów, które pozwoliły na usunięcie większości błędnie zaklasyfikowanych obszarów mapy, po czym zweryfikowaliśmy poprawność uzyskanej końcowej mapy lasów (ryc. 3).

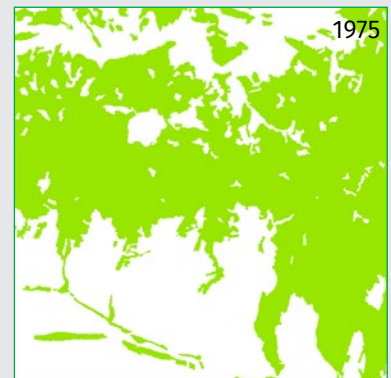
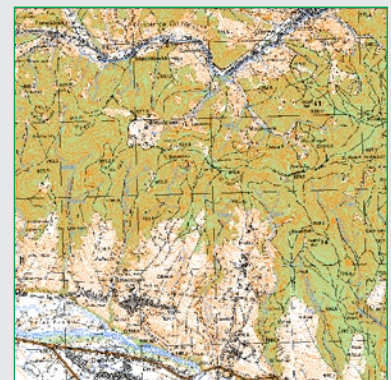
↓ **Rycina 3.** Przykłady wykorzystanych map archiwalnych wraz z uzyskanymi mapami lasów (kolor zielony), dla południowej części Gorców



1862



1934



1975

WSPÓŁCZESNA MAPA LASÓW

Z uwagi na brak kompletnych i rzetelnych współczesnych danych o rozmieszczeniu lasów dla całego analizowanego obszaru, aktualną mapę lasów, porównywalną z wcześniejszymi opracowaniami kartograficznymi, utworzyliśmy poprzez kompilację informacji z różnych współcześnie opracowywanych baz danych przestrzennych. Wykorzystaliśmy informacje o lasach z następujących zbiorów danych:

- ◆ Baza Danych Obiektów Topograficznych w skali 1:10000 (BDOT10k), pozyskana z Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej,
- ◆ Leśna Mapa Numeryczna (LMN) wraz z wybranymi danymi atrybutowymi Systemu Informatycznego Lasów Państwowych (SILP), przekazana przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych, obecnie dostępna na stronie Banku Danych o Lasach (BDoL, www.bdl.lasy.gov.pl),
- ◆ mapy topograficzne w skali 1:25000 opracowane w latach 70. i 80. XX w.,
- ◆ wydzielenia leśne poza Państwowym Gospodarstwem Leśnym Lasy Państwowe (PGL LP), według Planu Urządzania Lasu (PUL) z Banku Danych o Lasach,
- ◆ zdjęcia lotnicze i satelitarne z lat 2009–2015, dostępne dzięki usłudze przeglądania WMS na Geoportalu (www.geoportal.gov.pl).

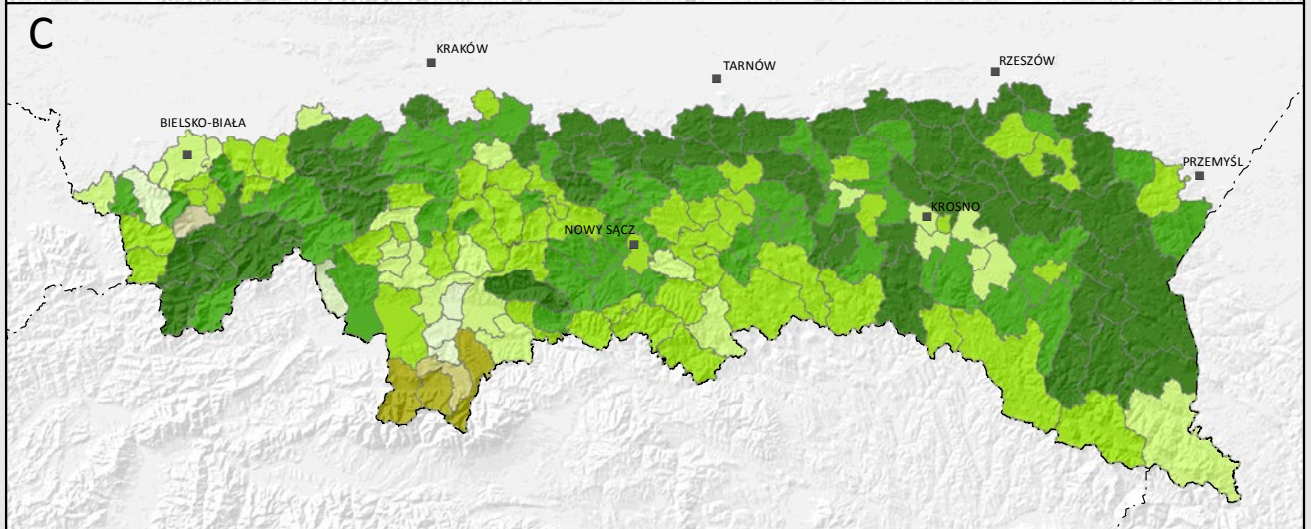
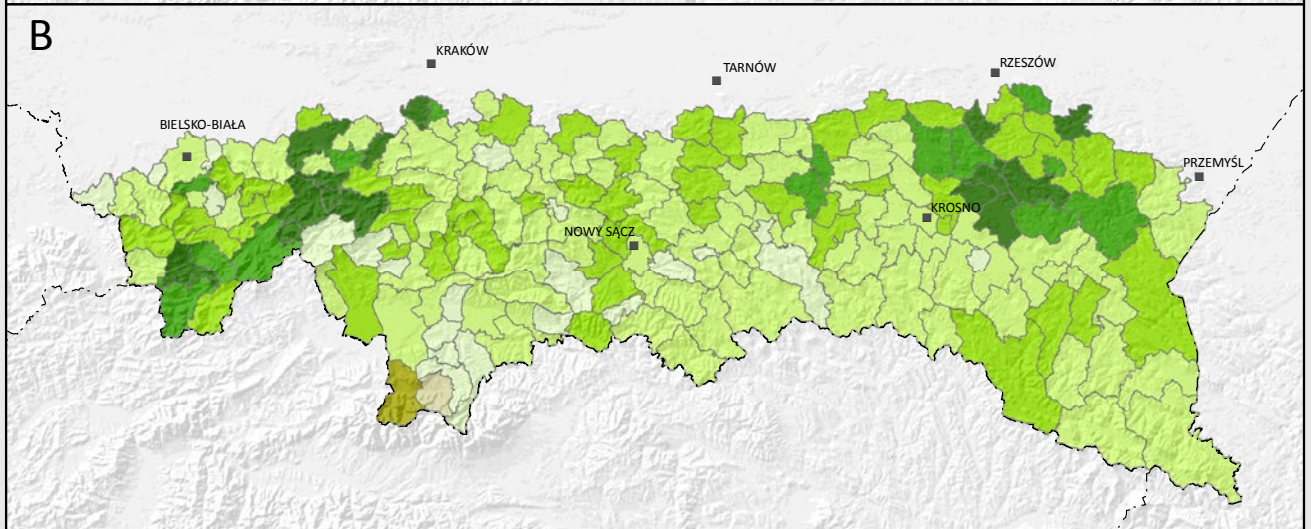
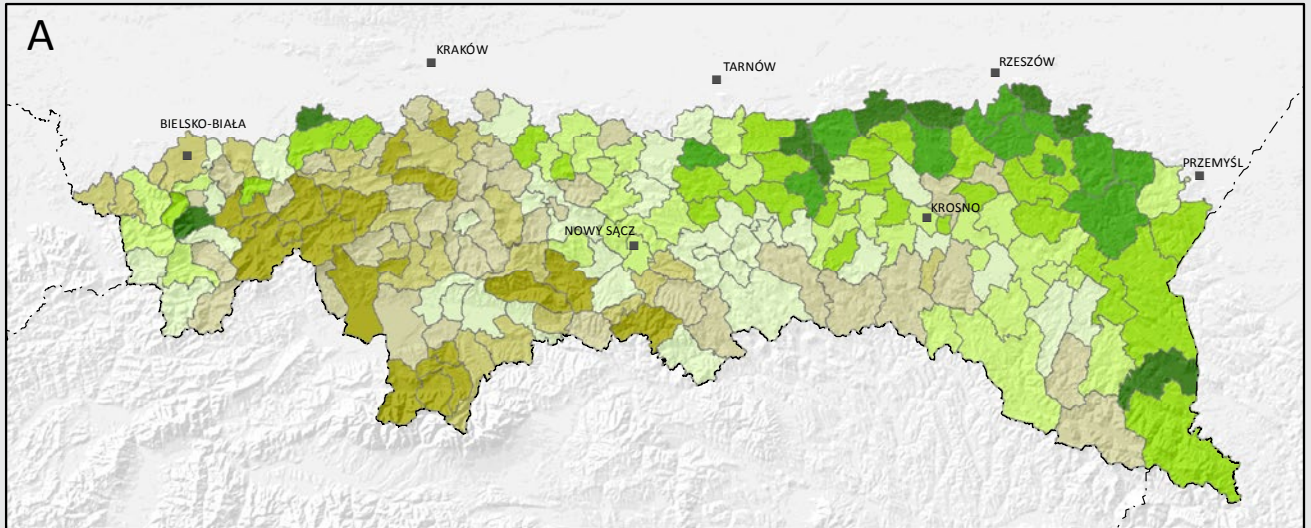
Pomocniczo do weryfikacji uzyskanej mapy lasów zastosowaliśmy:

- ◆ obrazy satelitarne Landsat 5, dostępne online w archiwum amerykańskiej agencji United States Geological Survey (USGS),
- ◆ dane opisowe z Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) publikowane na stronie Banku Danych Lokalnych (<https://bdl.stat.gov.pl/BDL/start>),
- ◆ dane Systemu Identyfikacji Działek Rolnych (SIDR) z Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR).

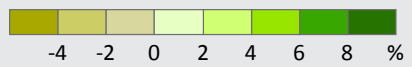
Problemy w określeniu rozmieszczenia lasów na podstawie danych współczesnych wynikały m.in. ze zróżnicowanej skali opracowań, dostępności i zasięgu materiałów, celu utworzenia danych

oraz, przede wszystkim, zastosowanych w różnych opracowaniach nieporównywalnych definicji lasu. Rozmieszczenie lasów określiliśmy dzięki integracji różnych baz danych z wykorzystaniem zaproponowanej przez nas półautomatycznej metody kompilacji danych o pokryciu terenu oraz o użytkowaniu ziemi. Wstępne rozmieszczenie przestrzenne lasów uzyskaliśmy z bazy BDOT10k, dokonując weryfikacji obszarów określonych jako *zadrzewienia*. Następnie dane uzyskane z BDOT10k zostały odniesione do map topograficznych z lat 70. i 80. XX w. Przenalizowane zostały przede wszystkim obszary, na których nastąpił spadek powierzchni lasów. Są to w większości obszary zdegradowanych lasów, które w sensie formalno-prawnym powinny być traktowane jako lasy, natomiast w BDOT10k są często klasyfikowane w inny sposób (np. jako obszary trawiaste). Dzięki danym LMN i SILP, danym o kompleksach użytkowania terenu BDOT10k, ortofotomapom oraz danym BDoL zweryfikowaliśmy stan faktyczny tych obszarów, część z nich zaliczając do końcowej mapy lasów. Mapę tą porównaliśmy z klasyfikacją obrazów Landsat 5, danymi ARiMR oraz GUS (ryc. 4). Zwraca uwagę to, że lesistości gmin wyliczone według naszej mapy są wyższe niż podaje to na przykład statystyka państwowa.

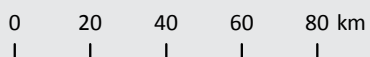
→ **Rycina 4.** Różnice pomiędzy lesistością w gminach wyliczoną według opracowanej przez nas mapy a lesistością uzyskaną z danych satelitarnych Landsat (A), danych ARiMR (B) oraz danych GUS (C)

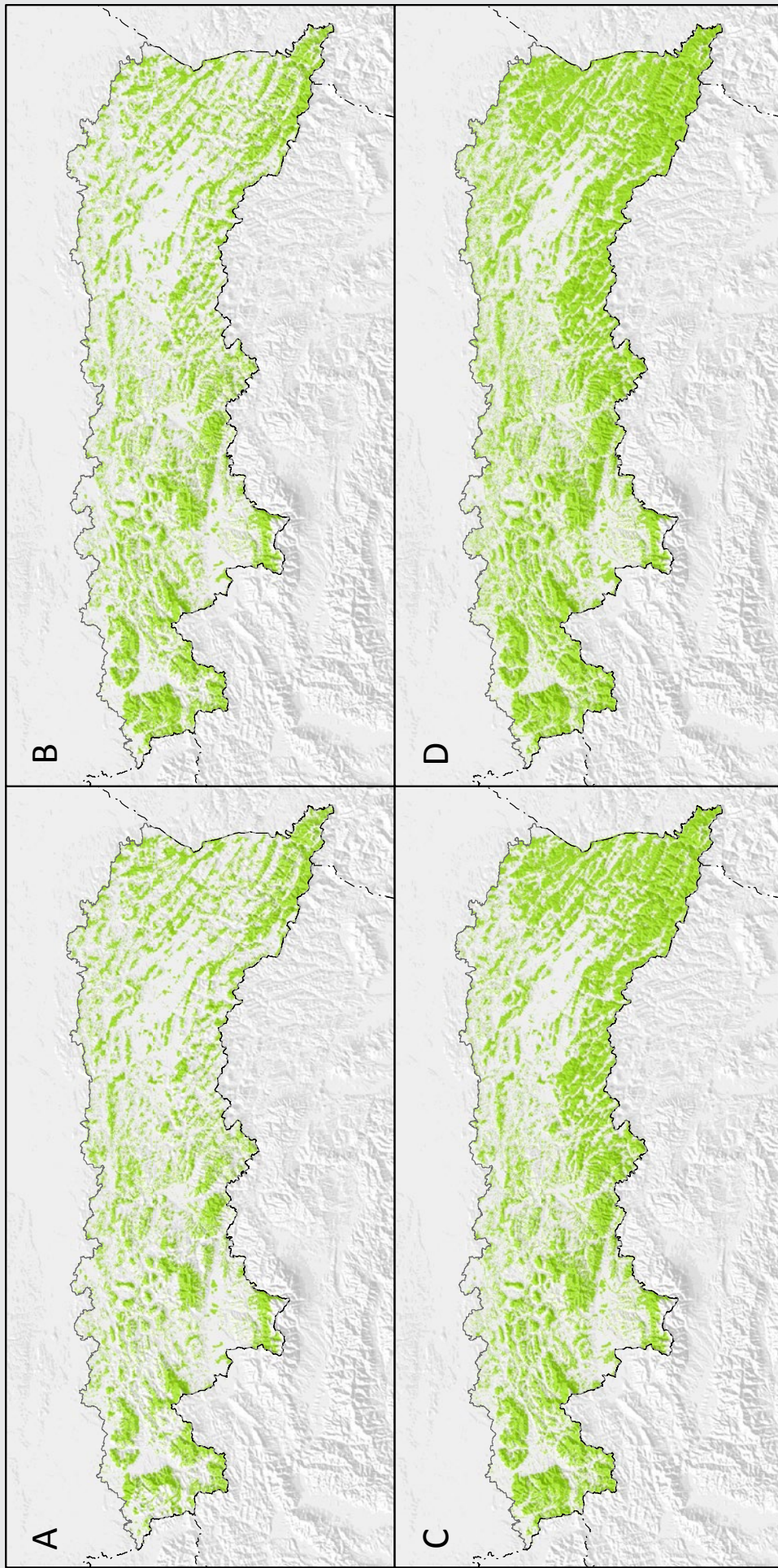


■ główne miasta - - - - granice państw □ gminy karpackie



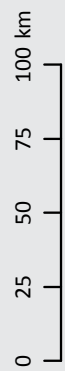
1 : 1 800 000





--- granice państw obszar badań lasy

1 : 2 300 000



Otrzymane mapy lasów (ryc. 5) wykorzystano do rekonstrukcji historycznych zmian lesistości na obszarze Karpat Polskich, opisaną szczegółowo w rozdziale *Analiza i modelowanie przestrzenne zmian powierzchni lasu w Karpatach Polskich w latach 1860–2013*.

← **Rycina 5.** Mapy lasów Karpat Polskich.

A – połowa XIX w., B – lata 30. XX w.,

C – lata 70. XX w., D – stan współczesny



Zdjęcie: Dominik Kaim



Zdjęcie: Natalia Kolecka

Zmiany i zmienność warunków klimatycznych w Karpatach Polskich w latach 1851–2010 oraz potencjalne scenariusze zmian 2021–2060

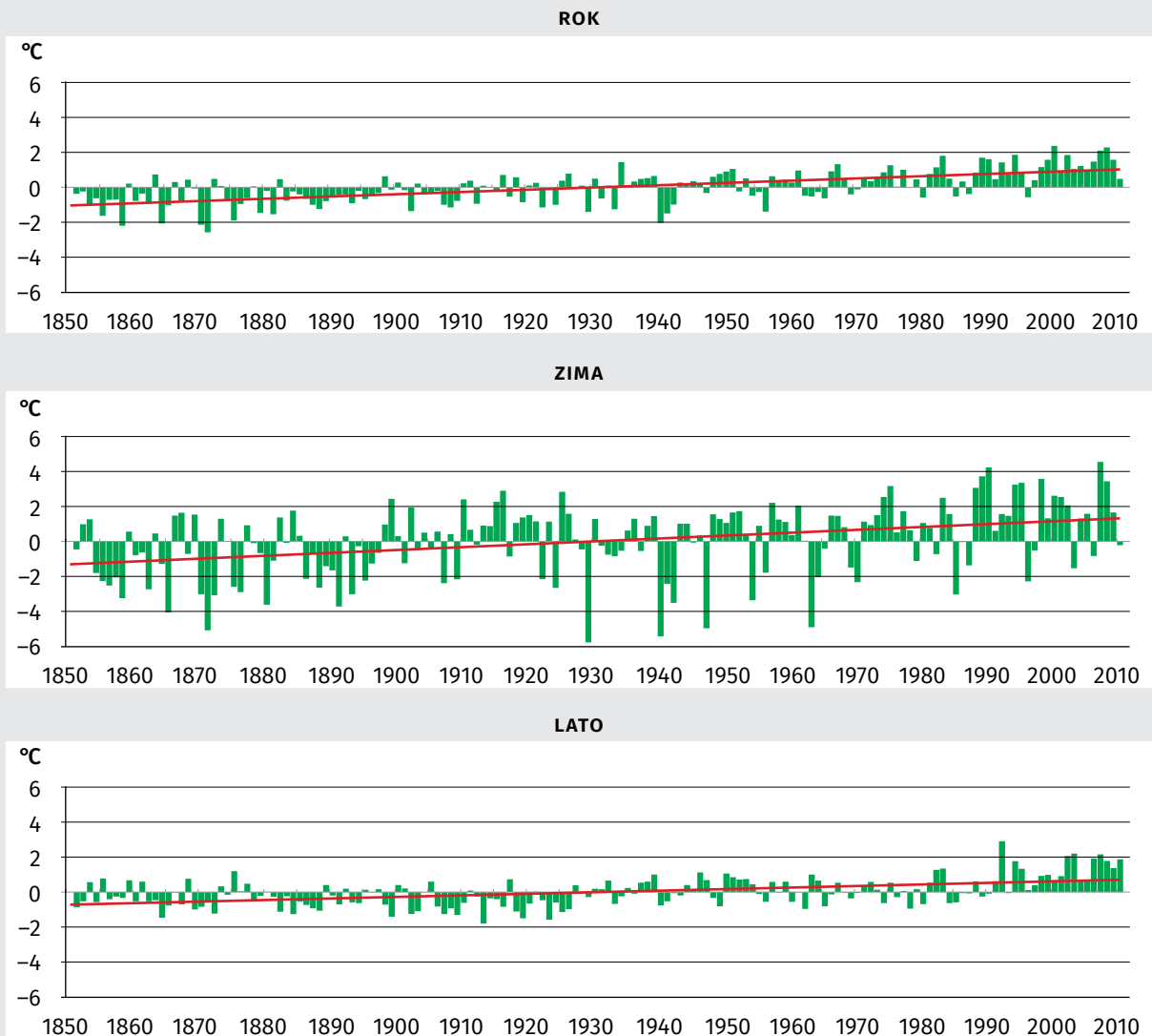
 Agnieszka Wypych, Zbigniew Ustrnul

Klimat jest podstawowym czynnikiem wpływającym na procesy biologiczne, fizyczne i chemiczne zachodzące w środowisku, determinując miejsce ich występowania oraz tempo przebiegu. Wyjątkowo wrażliwe na zmiany klimatyczne są obszary górskie, gdzie zróżnicowanie warunków klimatycznych zależy jest od czynników lokalnych (na przykład wysokość n.p.m., ukształtowanie terenu, ekspozycja stoków), jak również zależnościami pomiędzy poszczególnymi elementami klimatu. Istniejące sprzężenia zwrotne znajdują odzwierciedlenie na przykład w przebiegu procesów hydrologicznych: wzrost temperatury powietrza pociąga za sobą między innymi zmiany w ilości opadów atmosferycznych, zwłaszcza w postaci śniegu, skrócenie okresu zalegania pokrywy śnieżnej i zmniejszenie jej miąższości, zmiany w retencji wody w glebie oraz intensywności parowania.

Zmienność warunków klimatycznych wpływa także na roślinność, dlatego też, by wskazać czynniki wpływające na zmiany powierzchni leśnej w Karpatach Polskich, dokonano rekonstrukcji przeszłych zmian temperatury powietrza i opadów atmosferycznych oraz opracowano scenariusze zmian przyszłych.

TEMPERATURA POWIETRZA I OPADY ATMOSFERYCZNE W KARPATACH POLSKICH W LATACH 1851–2010

Ocena zmienności warunków termiczno-opadowych na obszarze Karpat w minionych 160 latach była możliwa dzięki integracji trzech różnych zbiorów danych, ponieważ pomiary meteorologiczne sięgają jedynie początków XX w. i prowadzone były wyłącznie w kilku punktach na terenie objętym badaniami. Wykorzystano opracowaną w ostatnich latach i udostępnioną publicznie europejską bazę danych meteorologicznych *Carpatclim* (<http://www.carpatclim-eu.org>), historyczną bazę termiczną i opadową, sporządzoną dla obszaru Europy na podstawie danych pomiarowych i rekonstrukcji klimatycznych, obejmującą okres od 1500 r. do końca XX w. oraz dane pomiarowe z historycznej stacji klimatologicznej Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, działającej w Krakowie od 1792 r. Powiązanie tych trzech zbiorów danych i dalsze ich przetworzenie pozwoliło na uzyskanie informacji o zróżnicowaniu czasowym i przestrzennym temperatury powietrza i opadów atmosferycznych na obszarze Karpat Polskich (ryc. 6).



↑ **Rycina 6.** Odchylenia rocznych i sezonowych wartości temperatury powietrza w Karpatach Polskich od średniej dla okresu 1851–2010 (średnia obszarowa dla terenów położonych <1000 m n.p.m.). Czerwone linie przedstawiają trendy liniowe zmian

Zgodnie z tendencjami notowanymi w Europie w Karpatach obserwowany jest wzrost temperatury powietrza, który wyraźnie nasilił się w ostatnich dekadach XX w. Roczna temperatura powietrza, będąca podstawą do wydzielenia pięter klimatyczno-roślinnych w górach, wzrosła średnio o około 2°C, przy czym warto zwrócić uwagę na fakt, że lata 1851–1910 były zdecydowanie chłodniejsze od uśrednionej wartości dla całego wielolecia (ryc. 6).

W przypadku sezonu letniego okres chłodniejszy sięgał 1930 r., lata te – jako jedyne w analizowanym okresie – odznaczały się ujemnym trendem temperatury (tab. 1).

Zmiany warunków termicznych w Karpatach Polskich zachodziły w różnym tempie. W najwyższych partiach gór wyraźnemu ociepleniu ulegał sezon letni (czerwiec–sierpień), wzrost temperatury widoczny był także w skali całego roku. Zimą (grudzień–luty) to

Tabela 1. Tendencje zmian temperatury powietrza (°C/10 lat) w piętrach wysokościowych Karpat Polskich w wybranych okresach wielolecia 1851–2010

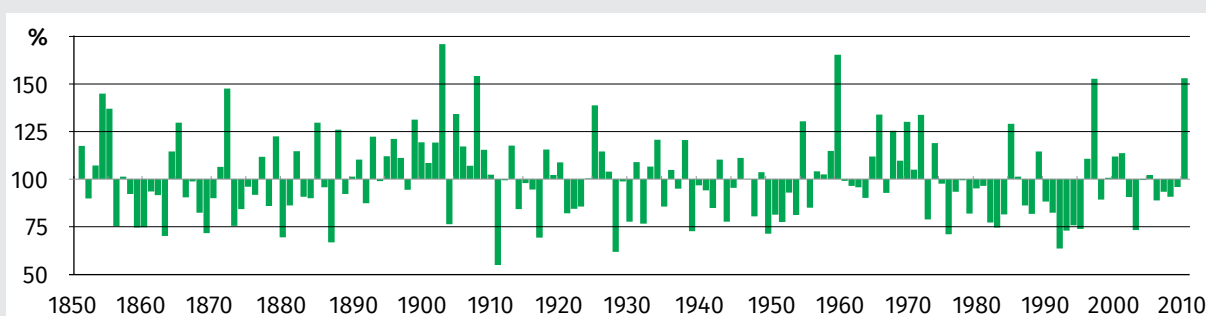
Wysokość bezwzględna m n.p.m.	ROK			LATO			ZIMA		
	1891–1930	1931–1970	1971–2010	1891–1930	1931–1970	1971–2010	1891–1930	1931–1970	1971–2010
<500	0,11	0,10	0,40	-0,04	-0,04	0,49	0,30	0,07	0,16
500–1000	0,13	0,12	0,46	-0,04	-0,04	0,50	0,26	0,07	0,14
1000–1500	0,16	0,14	0,55	-0,04	-0,04	0,53	0,21	0,06	0,12
1500–2000	0,19	0,17	0,67	-0,05	-0,04	0,55	0,14	0,04	0,10
>2000	0,21	0,19	0,74	-0,05	-0,04	0,57	0,10	0,03	0,08

obszar Pogórza odznaczał się bardziej intensywnym ociepleniem (tab. 1, ryc. 6). Z punktu widzenia środowiska przyrodniczego duże znaczenie mają także przejściowe pory roku, tj. wiosna i jesień, gdyż ich wyższa temperatura powoduje wydłużenie okresu wegetacyjnego. Badania potwierdziły istotny wzrost temperatury wiosną, jesienią natomiast zmiany termiczne nie były wyraźnie widoczne.

Opady atmosferyczne odznaczają się w Karpatach dużą zmiennością z roku na rok, jednakże bez istot-

nej tendencji zmian (ryc. 7). Potwierdza to wyniki uzyskane dla innych obszarów w Europie. W prowadzonych badaniach szczególną uwagę zwrócono na opady półrocza ciepłego (maj–październik), które wpływają na odnowienie zasobów wodnych oraz prawidłowy przebieg procesów hydrologicznych. Zakres zmian waha się od niespełna 55% sumy opadów średnich wielolecia w latach najbardziej suchych (np. 1911) do ponad 150% w tych o najbardziej intensywnych opadach atmosferycznych (1903, 1960, 1997).

↓ **Rycina 7.** Odchylenia sezonowych (maj–październik) sum opadów atmosferycznych od średniej dla okresu 1851–2010 (średnia obszarowa dla terenów położonych w Karpatach Polskich <1000 m n.p.m.)



SCENARIUSZE ZMIAN WARUNKÓW TERMICZNO-OPADOWYCH W KARPATACH POLSKICH DO 2060 R.

W celu uzyskania informacji na temat przyszłych zmian temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Karpatach Polskich uwzględniliśmy scenariusze zmian koncentracji dwutlenku węgla w atmosferze i powodowanych tym zmian bilansu promieniowania (*Representative Concentration Pathways – RCP*), zamieszczonych w ostatnim raporcie Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*)². Wykorzystane zostały scenariusze RCP 4.5 oraz RCP 8.5, które zakładają wzrost energii w systemie klimatycznym o odpowiednio 4,5 Wm⁻² oraz 8,5 Wm⁻². Pierwszy z nich przewiduje stabilizację zmian klimatycznych przed 2100 r. dzięki wprowadzeniu w skali globalnej zasad zrównoważonego rozwoju. Drugi natomiast przyjmuje stały wzrost koncentracji gazów cieplarnianych, w związku z ciągłym wykorzystywaniem paliw kopalnych.

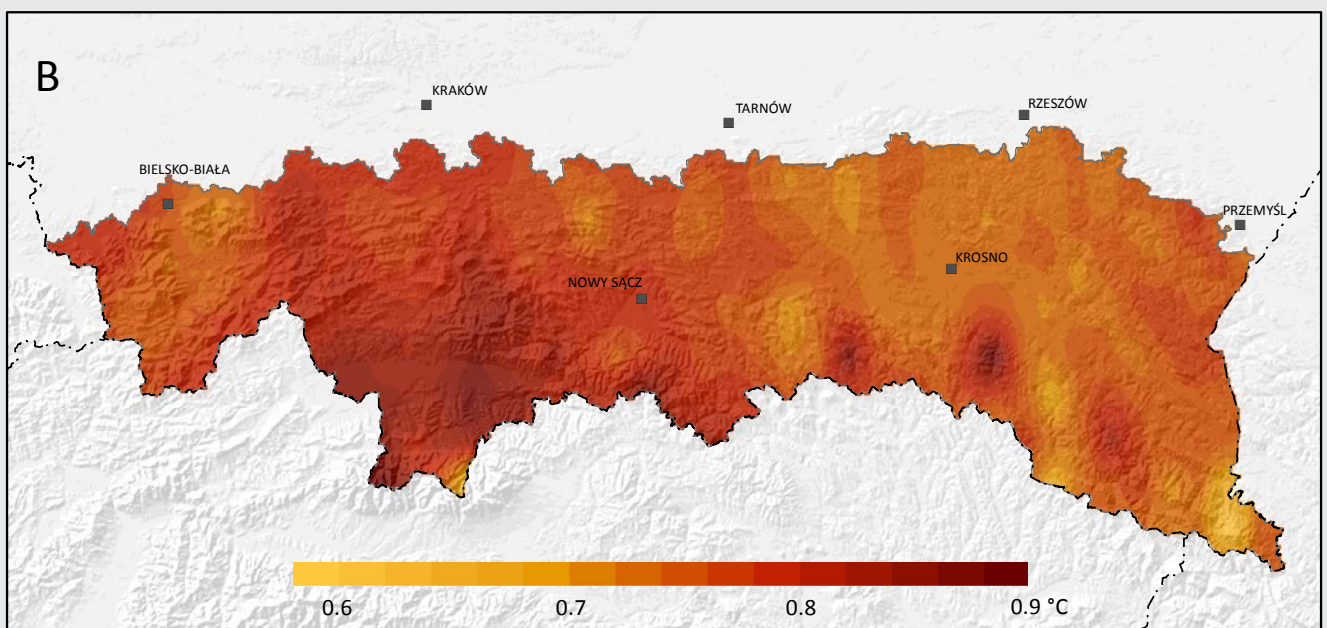
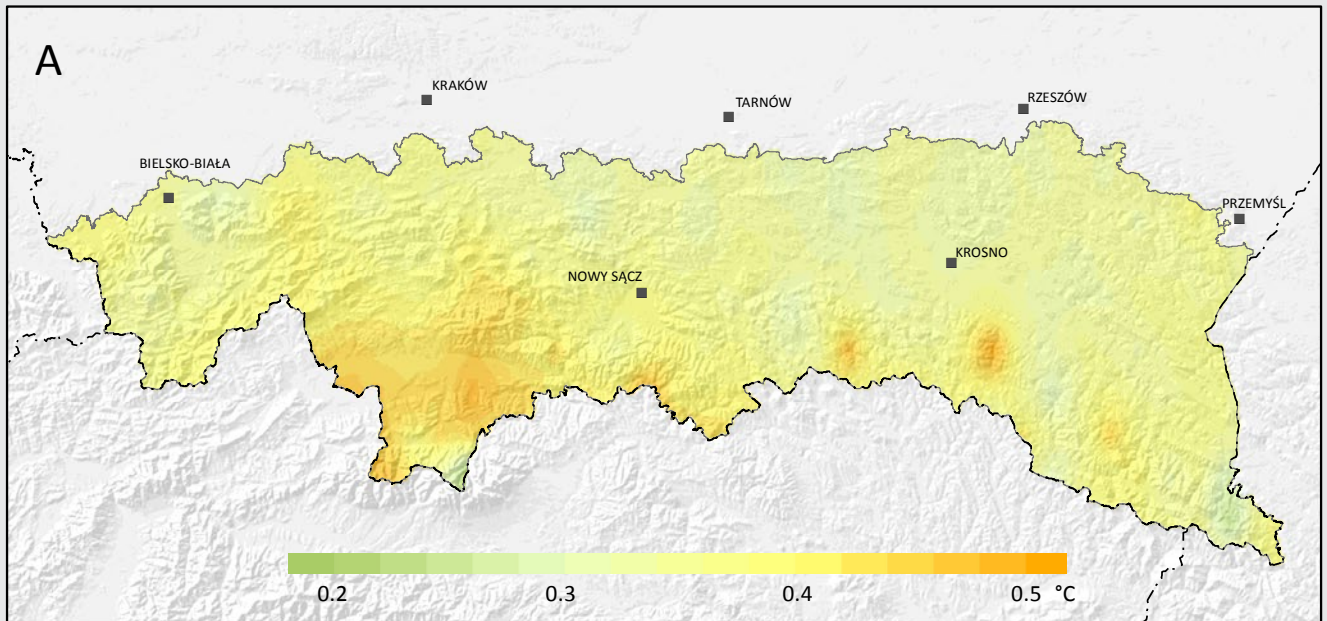
Zmiany warunków klimatycznych w Karpatach Polskich, uwzględniające opisane scenariusze zmian bilansu promieniowania, cechuje dalszy wzrost temperatury powietrza na całym obszarze, przy czym różnice pomiędzy wartościami prognozowanymi przez scenariusze sięgają 0,5°C. Według scenariusza RCP 8.5 średnia temperatura powietrza w latach 2021–2060 będzie o około 0,9°C wyższa od notowanej w latach 1971–2010 (zdecydowanie najcieplejszych w minionym 160-leciu). Przy założeniu scenariusza zrównoważonego rozwoju RCP 4.5 wartość ta wyniesie około 0,5°C (ryc. 8).

Prognozy zmian warunków opadowych, z uwagi na ich duże zróżnicowanie i opisany wcześniej brak wyraźnych tendencji, są mniej jednoznaczne. Na większości obszaru, niezależnie od scenariusza, zakładany jest wzrost sum opadów atmosferycznych (maksymalnie do 12% w porównaniu z okresem 1971–2010). Spadek prognozowany jest wyłącznie w najwyższych partiach Beskidów we wschodniej części obszaru, przy czym scenariusz RCP 8.5 wydaje się być nieco bardziej „wilgotny”, gdyż obszar dotknięty ubytkiem opadów ogranicza się wyłącznie do Beskidu Sądeckiego i Pienin (ryc. 9).

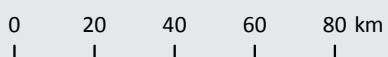
Brak wyraźnych zmian wysokości opadów atmosferycznych, przy równoczesnym istotnym wzroście temperatury powietrza prowadzić może do wzmożonego parowania i zmian w cyklu hydrologicznym, a w dalszej konsekwencji do zmian w szacie roślinnej. Klimat jest zatem – jak już wspomniano – niewątpliwie jednym z ważniejszych naturalnych czynników warunkujących występowanie i zasobność obszarów leśnych, jednakże należy pamiętać, że w dobie silnej antropopresji jego wpływ jest modyfikowany w istotny sposób przez działania człowieka.

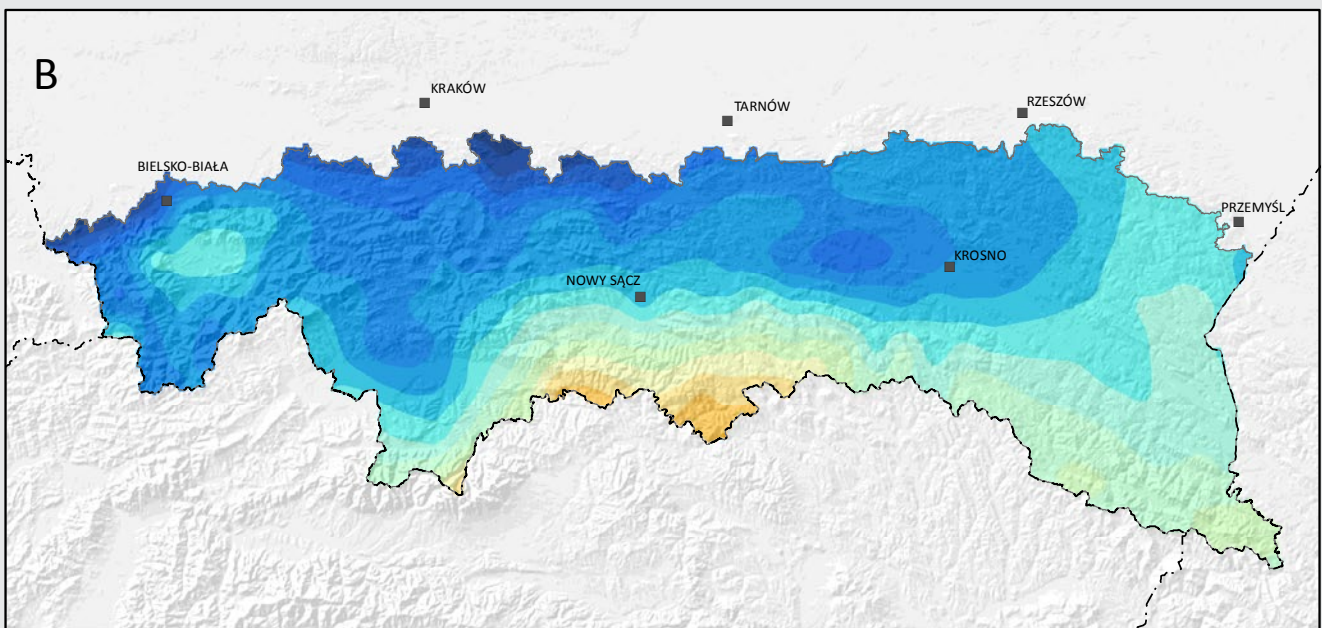
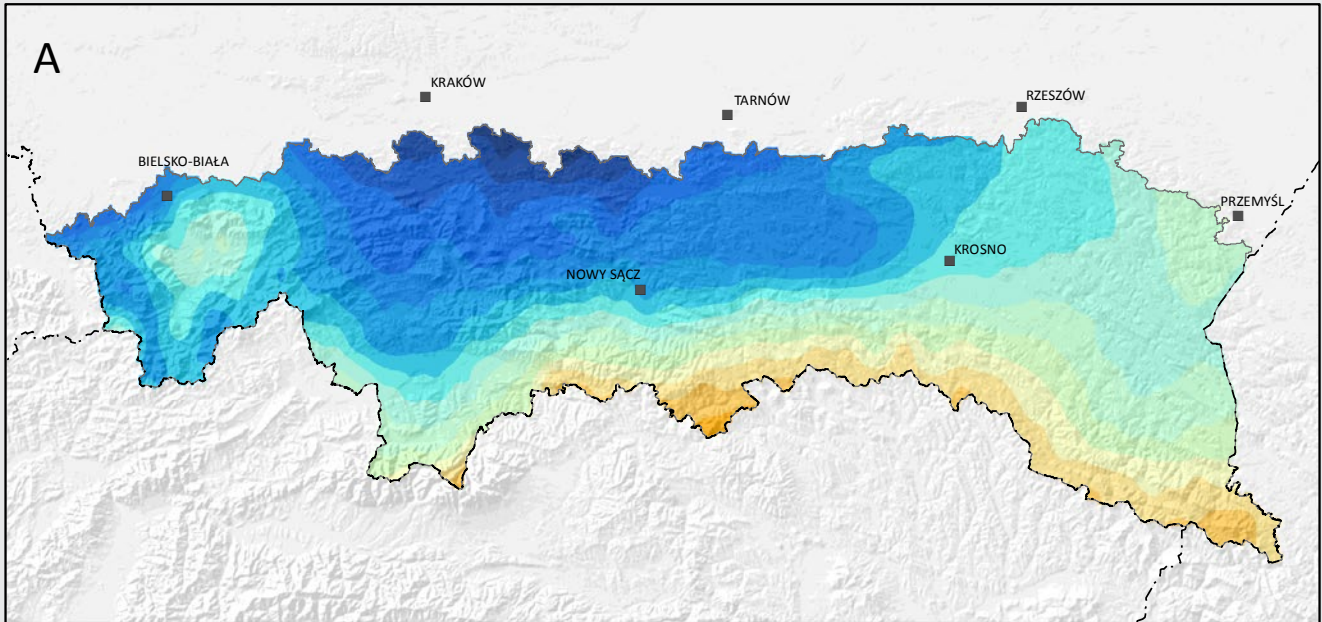
2 IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324; <http://www.ipcc.ch/report/ar5/>

→ **Rycina 8.** Odchylenia prognozowanych na okres 2021–2060 sezonowych wartości temperatury powietrza (maj–październik) od średniej z lat 1971–2010 według scenariuszy RCP 4.5 (A) oraz RCP 8.5 (B)



1:1 700 000

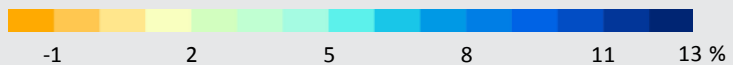




■ główne miasta - - - - granice państw □ obszar badań

1:1 700 000

0 20 40 60 80 km



← **Rycina 9.** Odchylenia prognozowanych na okres 2021–2060 sezonowych (maj–październik) sum opadów atmosferycznych od średniej z lat 1971–2010 według scenariuszy RCP 4.5 (A) oraz RCP 8.5 (B)




Zdjęcie: Joanna Kozak



Zdjęcie: Dominik Kaim

Analiza i modelowanie przestrzenne zmian powierzchni lasów w Karpatach Polskich w latach 1860–2013

 Katarzyna Ostapowicz

Analizując zmiany zachodzące w środowisku chcemy przede wszystkim odpowiedzieć na trzy podstawowe pytania: gdzie, kiedy i dlaczego nastąpiły badane przez nas zmiany. Chcemy więc zlokalizować zmiany w przestrzeni i w czasie oraz zidentyfikować czynniki, które je wywołały. Zmiany możemy zlokalizować w przestrzeni i w czasie dzięki informacji pochodzącej z danych przestrzennych, np. archiwalnych map lub współczesnych obrazów lotniczych i satelitarnych. Po ich odpowiednim przetworzeniu i analizie możemy następnie utworzyć mapy zmian i odpowiedzieć na pytania gdzie i kiedy one nastąpiły. W kolejnych krokach wykorzystując różnego rodzaju dane o środowisku przyrodniczym i działalności człowieka oraz metody statystyczne i matematyczne możemy utworzyć modele zmian i odpowiedzieć na pytanie, dlaczego te zmiany nastąpiły.

Jednymi z najczęściej badanych zmian zachodzących w środowisku w przeszłości i obecnie są zmiany powierzchni lasów (fot. 2). Szerokie zainteresowanie lasami wynika z ich niezwykle istotnego oddziaływania na równowagę środowiska przyrodniczego, w tym na obieg wody i węgla, zachowanie bioróżnorodności lub otaczającego nas krajobrazu kulturowego. Kierunki zmian powierzchni lasów są zróżnicowane przestrzennie, a same zmiany bardzo rzadko zachodzą jednostajnie i liniowo. Wynika

to ze splotu oddziałujących na nie, pośrednio lub bezpośrednio, wielu czynników przyrodniczych, społeczno-ekonomicznych, politycznych, instytucjonalnych oraz kulturowych.

W naszych badaniach staraliśmy się odpowiedzieć na pytanie gdzie, kiedy i dlaczego zmieniała się powierzchnia lasów w Karpatach Polskich przez około 150 ostatnich lat. Lokalizując zmiany w przestrzeni i w czasie oraz poznając ich przyczyny w przeszłości możemy w kolejnych krokach konstruować scenariusze przyszłych zmian i wyznaczać obszary, które w określonym czasie będą na te zmiany narażone ze względu na oddziaływanie różnych czynników (rozdział *Przyszłość użytkowania ziemi w Karpatach Polskich do 2060 r.*).

GDZIE I KIEDY?

W badaniach wykorzystaliśmy mapy lasów opracowane na podstawie map topograficznych z połowy XIX w., lat 30. i 70. XX w. oraz z początku drugiej dekady XXI w. (rozdział *Mapy lasów Karpat Polskich od 1860 do 2013 r.*). Z uwagi na czasowe niejednorodności danych topograficznych, nieco umownie cały badany okres podzieliliśmy na następujące przedziały: 1860–1930, 1930–1970, 1970–2013.



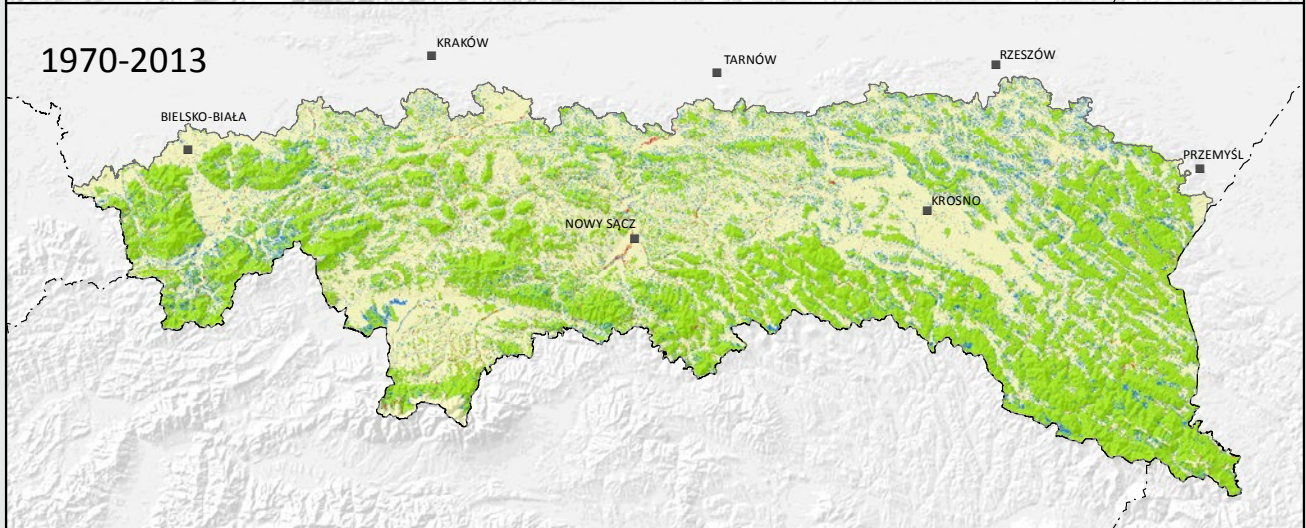
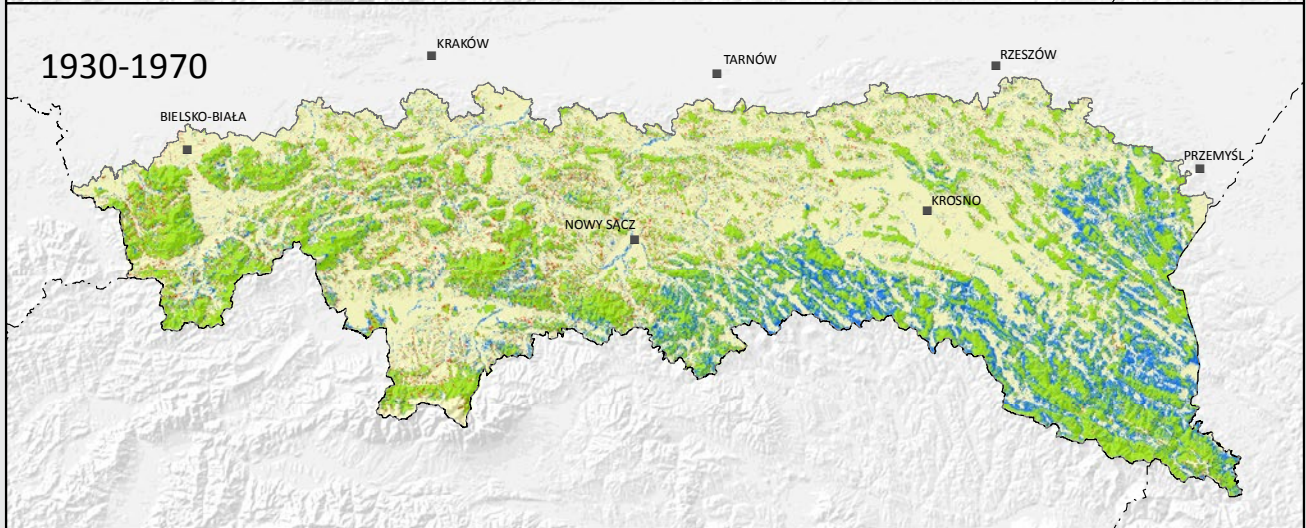
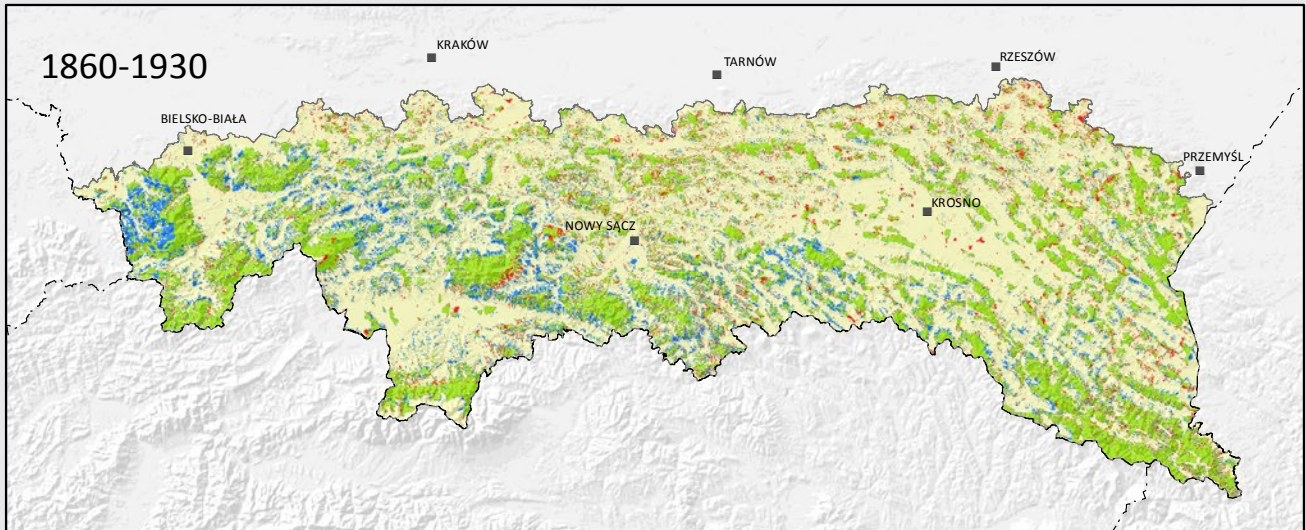
Fot. 2. A – sukcesja wtórna na użytkach rolnych, gmina Ochotnica (zdjęcie: Dominik Kaim); B – uprawy leśne na wylesionych stokach Skrzycznego (zdjęcie: Katarzyna Ostapowicz)



Mapy zmian dla przedziałów czasowych oraz mapę trajektorii zmian dla całego analizowanego okresu (1860–2013) utworzyliśmy wykorzystując metodę nakładania map, jedną z najpowszechniej stosowanych w geografii metod badania zmian zachodzących w środowisku. Nasze badania jednoznacznie wskazują na znaczący wzrost udziału powierzchniowego lasów w Karpatach Polskich, z 27% w 1860 r. do 47% współcześnie (ryc. 10). We wszystkich trzech badanych przedziałach czasowych wzrost powierzchni lasów dominował nad spadkiem. Zwraca jednak uwagę przestrzenne zróżnicowanie trajektorii zmian (ryc. 11). W pierwszym przedziale czasowym (1860–1930) obserwujemy wyraźne różnice pomiędzy północną (Pogórze Kar-

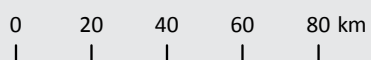
packie) a południową częścią Karpat Polskich: na południu obserwujemy wzrost netto powierzchni lasu, natomiast na północy spadek powierzchni lasów przeważa nad jej wzrostem. W drugim przedziale czasowym (1930–1970) na zróżnicowanie zmian w kierunku północ-południe nakłada się wyraźne

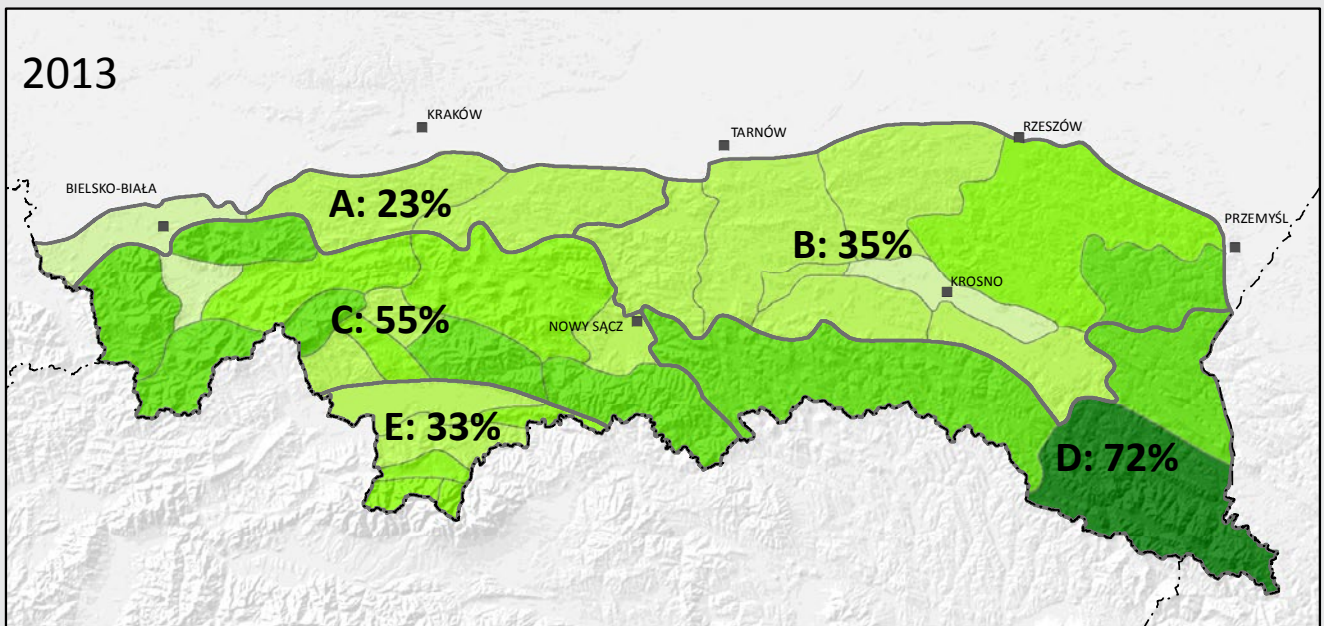
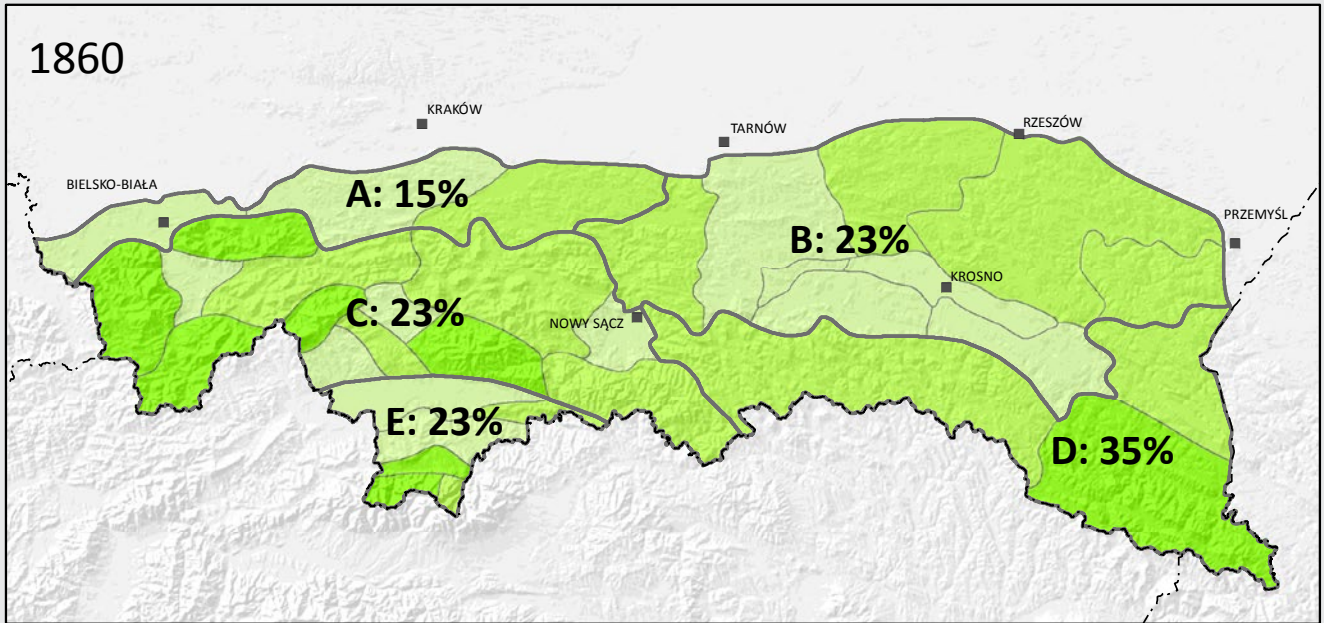
→ **Rycina 10.** Zmiany powierzchni lasów w Karpatach Polskich w latach 1860–2013. 1 – lasy, bez zmian w badanych przedziałach czasowych; 2 – obszary zalesione; 3 – obszary wylesione; 4 – obszary nieleśne, bez zmian w badanych przedziałach czasowych



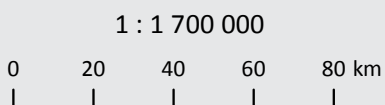
■ główne miasta - - - - granice państw □ obszar badań ■ 1 ■ 2 ■ 3 ■ 4

1 : 1 800 000



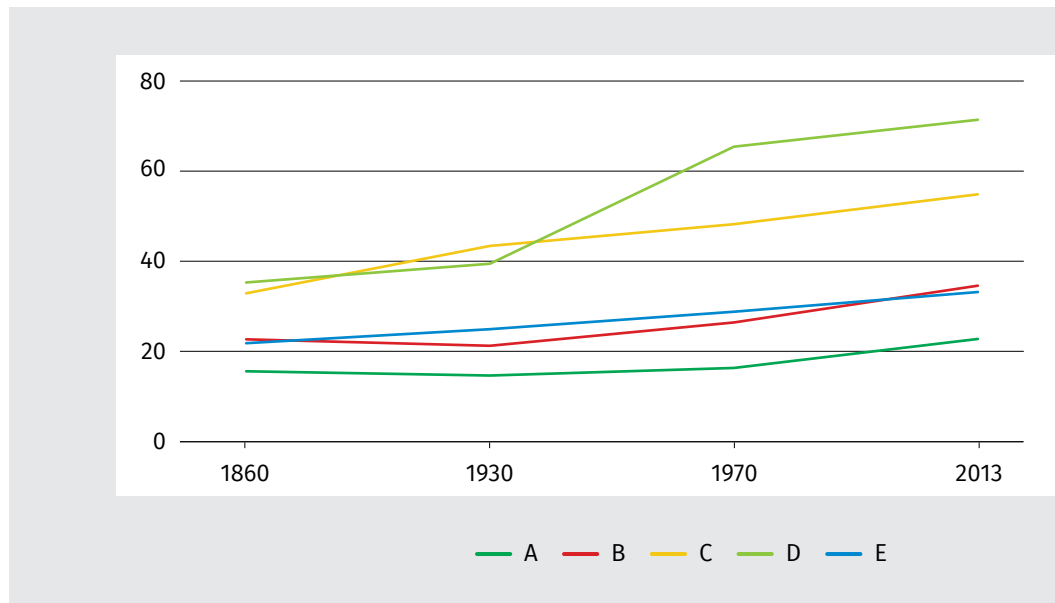


■ miasta - - - granice państw □ regiony 1 2 3 4 5



← ↓ **Rycina 11.** Lesistość w Karpatach Polskich w 1860 i 2013 r. w ujęciu regionalnym (podział regionalny według J. Kondrackiego, *Geografia regionalna Polski*, 2002).

A – Pogórze Karpackie, część zachodnia; B – Pogórze Karpackie, część wschodnia; C – Beskidy, część zachodnia; D – Beskidy, część wschodnia i Bieszczady; E – Tatry i Podhale. Lesistość: 1 – 0–20%, 2 – 20–40%, 3 – 40–60%, 4 – 0–80%, 5 – 80–100%



zróznicowanie wschód-zachód. Wzrost powierzchni lasów obserwujemy w całym Karpatach Polskich, jednak w Beskidzie Niskim i w Bieszczadach był on największy. W trzecim z analizowanych przedziałów czasowych (1970–2013) wzrost powierzchni lasów był wszędzie równomierny, jednak powierzchniowo największy w północno-wschodniej części obszaru badań. Ogólnie, w całym analizowanym przedziale czasowym (1860–2013) powierzchnia lasów zwiększyła się w największym stopniu w południowo-wschodniej części Karpat Polskich (z 35% do 72%), a w najmniejszym w zachodniej części Pogórza Karpackiego (z 15% do 23%). Ubytki powierzchni lasów we wszystkich trzech przedziałach były niewielkie i rozproszone po całym obszarze badań. Warto zaznaczyć, że w naszych badaniach nie uwzględniliśmy wylesień związanych z zamieraniem drzewostanów świerkowych, obserwowanych obecnie głównie w zachodniej części Karpat Polskich (Beskid Śląski, Beskid Żywiecki, fot. 2B).

DLACZEGO?

W badaniu przyczyn zmian powierzchni lasów zostały wykorzystane różnorodne dane uwzględniające uwarunkowania środowiskowe (np. rzeźba terenu, zmienne klimatyczne) oraz społeczno-ekonomiczne (np. dostępność, demografia). Uwzględniona została również przestrzenna struktura rozmieszczenia kompleksów leśnych (odległość od granicy lasu). Niektóre zmienne miały charakter dynamiczny, na przykład zmienne klimatyczne (rozdział *Zmiany i zmienność warunków klimatycznych w Karpatach Polskich w latach 1851–2010 oraz potencjalne scenariusze zmian 2021–2060*), dostępność oraz demografia (tab. 2). Wykorzystanie dynamicznych zmiennych społeczno-ekonomicznych dla całego analizowanego okresu (1860–2013) było jednak niezwykle trudne i czasochłonne ze względu na ograniczoną dostępność szczegółowych danych statystycznych na poziomie gmin lub miejscowości oraz częste

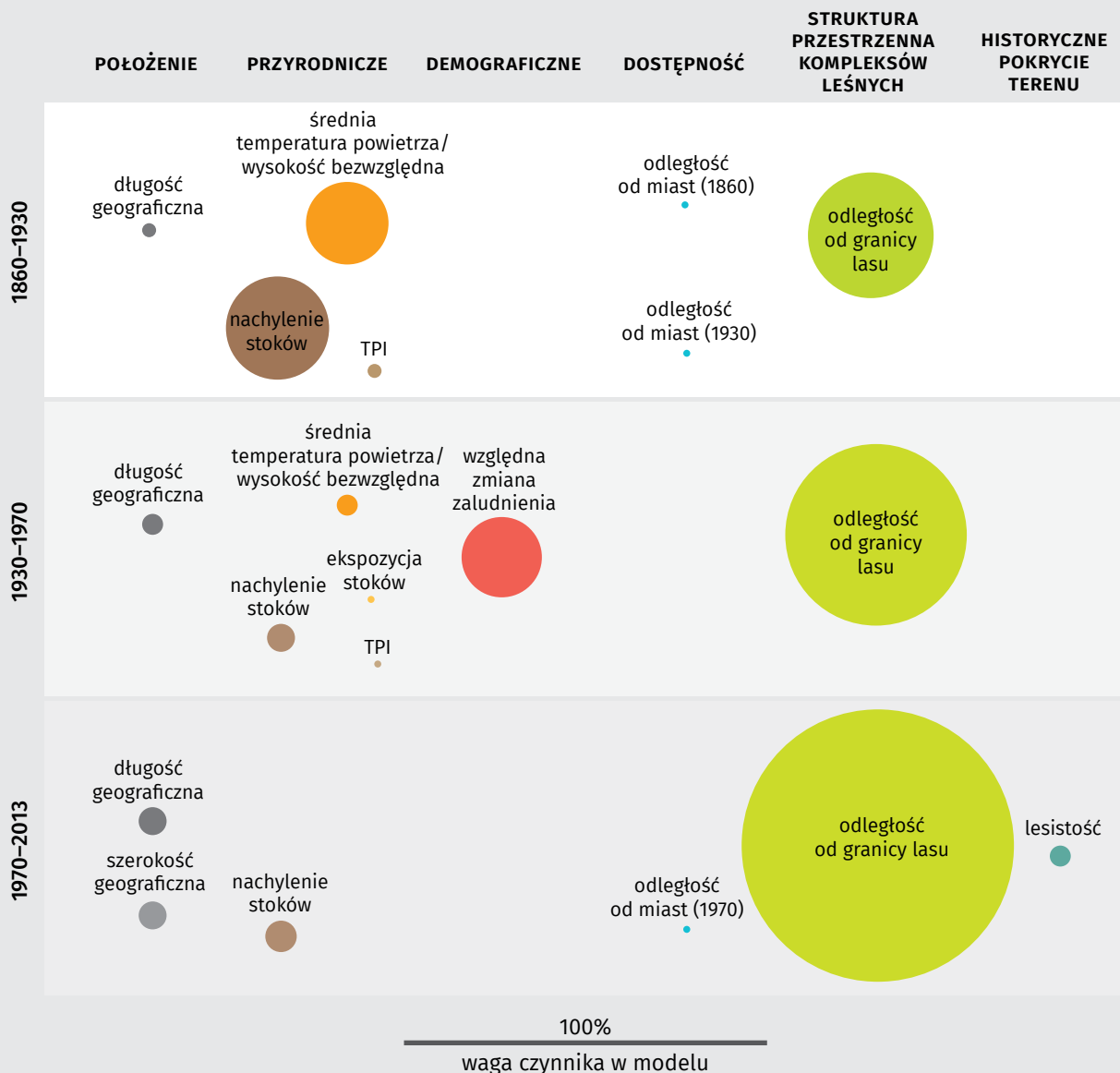
Tabela 2. Zmienne objaśniające uwzględnione w modelowaniu przeszłych zmian powierzchni lasów w Karpatach

GRUPY ZMIENNYCH OBJAŚNIAJĄCYCH	ZMIENNE OBJAŚNIAJĄCE	ŹRÓDŁO	TYP DANYCH / ROZDZIELCZOŚĆ PRZESTRZENNA
Położenie	Długość i szerokość geograficzna	Układ współrzędnych UTM 34N	-
Przyrodnicze	Wysokość bezwzględna i jej pochodne: nachylenie stoków, ekspozycja stoków i TPI (<i>Topographic Position Index</i>)	EU-DEM; model wysokości pozyskany ze strony Europejskiej Agencji Środowiska (Digital Elevation Model over Europe, http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eu-dem) Pochodne obliczone odpowiednio z wykorzystaniem programów ArcGIS oraz RSAGA	Raster / 30 m
	Średnia temperatura powietrza i opad atmosferyczny oraz ich zmienność (lato, zima) w latach 1860–1930, 1930–1970, 1970–2013	Opis w rozdziale <i>Zmiany i zmienność warunków klimatycznych w Karpatach Polskich w latach 1851–2010 oraz potencjalne scenariusze zmian 2021–2060</i>	Raster / 100 m
Demograficzne	Liczba ludności i jej względna zmiana w latach 1860–1930, 1930–1970, 1970–2013	Na poziomie miejscowości: spis ludności z 1869 r. (dla Austrii, Galicji i Węgier); spis ludności z 1931 r., spis ludności z 1970 r. Na poziomie gmin: dane z GUS dla 2013 r. (Bank Danych Lokalnych: https://bdl.stat.gov.pl/BDL/start) Dane zagregowano do poziomu współczesnych gmin według granic z Państwowego Rejestru Granic i Powierzchni Jednostek Podziałów Terytorialnych Kraju (http://www.codgik.gov.pl/index.php/darmowe-dane/prg.html)	Wektor
	Gęstość zaludnienia i jej względna zmiana w latach 1860–1930, 1930–1970, 1970–2013	Obliczona na poziomie współczesnych gmin z wykorzystaniem algebry map	Wektor
Dostępność	Odległość od miejscowości w latach 1860, 1930, 1970, 2013	Odległość euklidesowa obliczona z wykorzystaniem programu ArcGIS na podstawie punktowej warstwy miejscowości, których położenie wyznaczono automatycznie i zweryfikowano korzystając z materiałów historycznych (mapy topograficzne) i aplikacji GoogleEarth	Raster / 50 m
	Odległość od miast w latach 1860, 1930, 1970, 2013 z uwzględnieniem miast w sąsiedztwie obszaru badań	Odległość euklidesowa obliczona z wykorzystaniem programu ArcGIS na podstawie punktowej warstwy miejscowości, których położenie wyznaczono automatycznie i zweryfikowano korzystając z materiałów historycznych (mapy topograficzne) i aplikacji GoogleEarth. Dla lat 1860 i 1930 uwzględniono również Lwów	Raster / 50 m
	Odległość od głównych szlaków komunikacyjnych	Odległość euklidesowa obliczona z wykorzystaniem programu ArcGIS na podstawie warstwy wektorowej dróg i linii kolejowych pozyskanych z Bazy Danych Obiektów Topograficznych w skali 1:10000, zweryfikowana z wykorzystaniem historycznych map topograficznych i aplikacji GoogleEarth	Raster / 50 m
Struktura przestrzenna kompleksów leśnych	Odległość od granicy lasu w latach 1860, 1930, 1970	Odległość euklidesowa obliczona z wykorzystaniem programu ArcGIS na podstawie map lasów dla lat 1860, 1930, 1970	Raster / 50 m
Historyczne pokrycie terenu	Lesistość w latach 1860, 1930, 1970	Udział powierzchniowy lasów w gminach według współczesnych granic	Wektor

zmiany przebiegu granic jednostek administracyjnych. Ostatecznie z długiej listy zmiennych potencjalnie powiązanych ze zmianami powierzchni lasów uwzględniono tylko ich część, dostępną w spisach statystycznych z ostatnich 150 lat (tab. 2) dla czterech analizowanych momentów czasowych (1860, 1930, 1970, 2013). Opracowano również metodę integracji danych ze spisów statystycznych z poziomu miejscowości (dane dla lat 1860, 1930, 1970) do poziomu współczesnego zasięgu gmin (dane dla 2013 r.), która pozwoliła na utworzenie spójnej przestrzennej i czasowo bazy danych zawierającej informacje o zmianach demograficznych w Karpatach Polskich w ostatnich 150 latach.

Do ilościowego opisu oddziaływania wymienionych czynników na zmiany powierzchni lasów wykorzystane zostały metody statystyki wielowymiarowej, w tym analiza dyskryminacji i analiza regresji. Pozwoliły one na zbudowanie modeli opisujących zmiany powierzchni lasu (uproszczone wyniki modelowania przedstawiono na rycinie 12).

↓ **Rycina 12.** Zmienne objaśniające i ich waga w modelach opisujących wzrost powierzchni lasu w Karpatach Polskich w latach 1860–2013 (zmiennych o wadze poniżej 1% nie uwzględniono)



W 1860 r. lasy zajmowały tylko 27% obszaru Karpat Polskich i dominowały na terenach mniej sprzyjających działalności człowieka, przede wszystkim trudniej dostępnych (np. obszary wyżej położone, strome stoki, duża odległość od miejscowości). Druga połowa XIX w. to okres przemian społeczno-ekonomicznych, kulturowych i instytucjonalnych (m.in. uwłaszczenie chłopów w 1848 r., rozwój przemysłu oraz budowa linii kolejowych). Zmiany te skutkowały wzrostem mobilności ludności wiejskiej i migracją mieszkańców gór w poszukiwaniu pracy. Znaczenia nabrały wtedy uwarunkowania ekonomiczne, głównie bilans zyskowności produkcji rolniczej i leśnej. W konsekwencji zmniejszało się zapotrzebowanie na ziemię użytkowaną rolniczo. Biorąc pod uwagę przyrost powierzchni lasów po 1860 r., można sądzić, że wylesianie na cele rolnicze lub inne zostało zatrzymane w Karpatach Polskich w połowie XIX w. w południowej części badanego obszaru, a nieco później, zapewne w okresie międzywojennym, w części północnej charakteryzującej się dużo lepszymi warunkami przyrodniczymi dla działalności rolniczej. Po 1860 r. las wracał przede wszystkim na tereny marginalne, położone w wyższych partiach gór lub na stromo nachylonych stokach, przy granicy lub w niewielkiej odległości od granicy lasu (ryc. 12, 13). W okresie 1930–1970 nastąpił w Karpatach raptowny wzrost powierzchni lasów. Był on związany przede wszystkim z porzuceniem obszarów użytkowanych rolniczo po wysiedleniach ludności w ramach akcji „Wisła” w latach 40. XX w. we wschodniej części Polskich Karpat (Bieszczady, Beskid Niski) oraz z zalesieniami gruntów pozyskanych przez Lasy Państwowe w wyniku przekształceń własnościowych po II wojnie światowej.

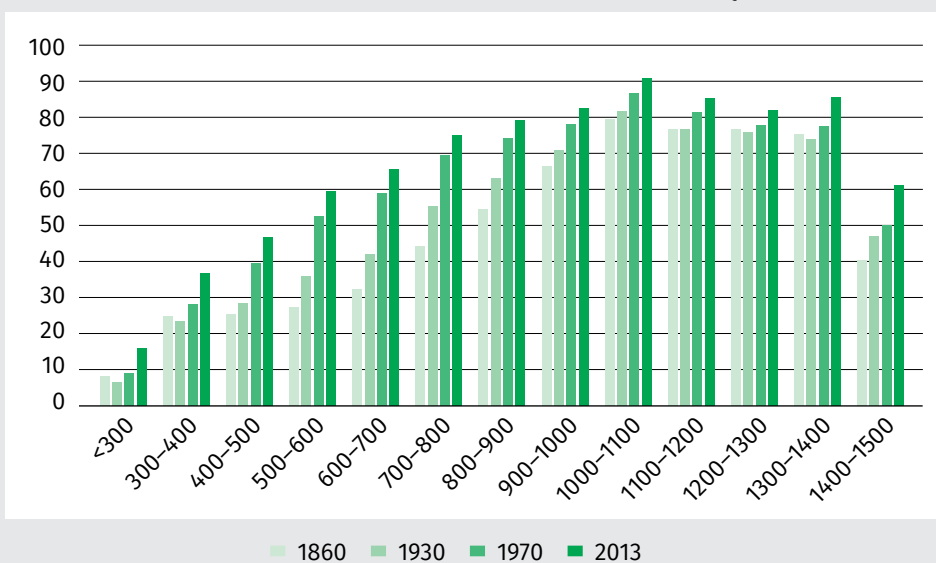
Od 1970 r. udział powierzchniowy lasów w Karpatach Polskich stale rośnie i obecnie wynosi 47%. Szczególnie szybki przyrost następuje w wyższych partiach gór lub na stromo nachylonych stokach. W dalszym ciągu najwięcej zmian obserwujemy w pobliżu granicy lasu – pociągając one za sobą obniżanie się granicy rolno-leśnej (ryc. 13).

W następstwie szybkich przemian politycznych, ekonomicznych, społecznych i kulturowych (m.in.

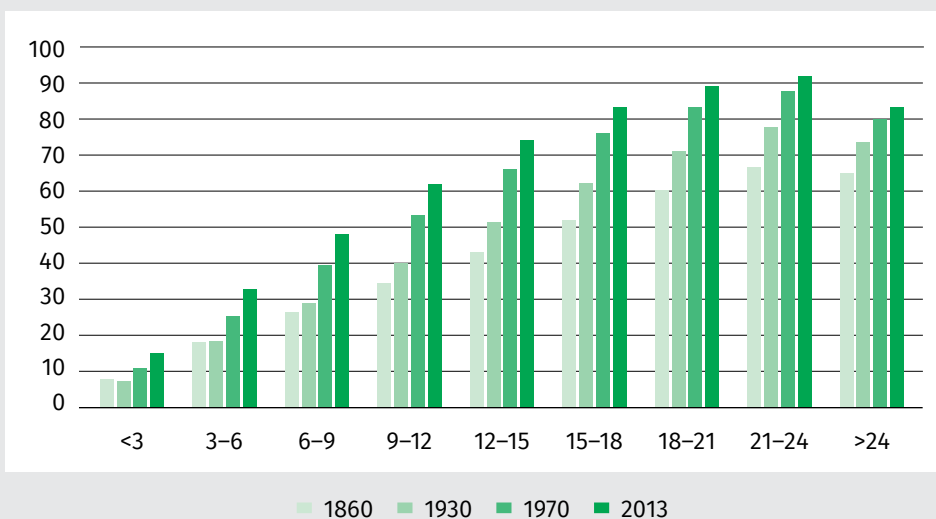
przejście w 1989 r. do gospodarki wolnorynkowej oraz przystąpienie do Unii Europejskiej w 2004 r.), a przede wszystkim rosnącej mobilności ludności, zmiany użytkowania ziemi w Karpatach Polskich są bardziej dynamiczne niż w przeszłości. Ponieważ znaczna część mieszkańców decyduje się na dojazdy do pracy do ośrodków miejskich położonych często poza górami (np. Kraków, Katowice, Tarnów, Rzeszów), czasową, zarobkową emigracją za granicę lub też podejmuje pracę w usługach i lokalnie rozwijającym się przemyśle, rolnictwo przestaje być podstawowym źródłem utrzymania. Człowiek coraz częściej rezygnuje z rolniczego użytkowania ziemi, dlatego na dawne użytki rolne coraz intensywniej wkracza las. Karpaty Polskie stoją więc przed istotnym dylematem związanym z aktualnymi kierunkami zmian użytkowania ziemi: czy za kilkadziesiąt lat przeważać w nich będą obszary silnie zalesione i pozbawione charakterystycznego krajobrazu z mozaiką rolno-leśną, czy też zachowana zostanie cenna spuścizna kulturowa setek lat działalności rolniczej na tym obszarze.

→ **Rycina 13.** Zmiany lesistości w Karpatach Polskich w okresie 1860–2013 w odniesieniu do wybranych zmiennych objaśniających w modelach zmian powierzchni lasu

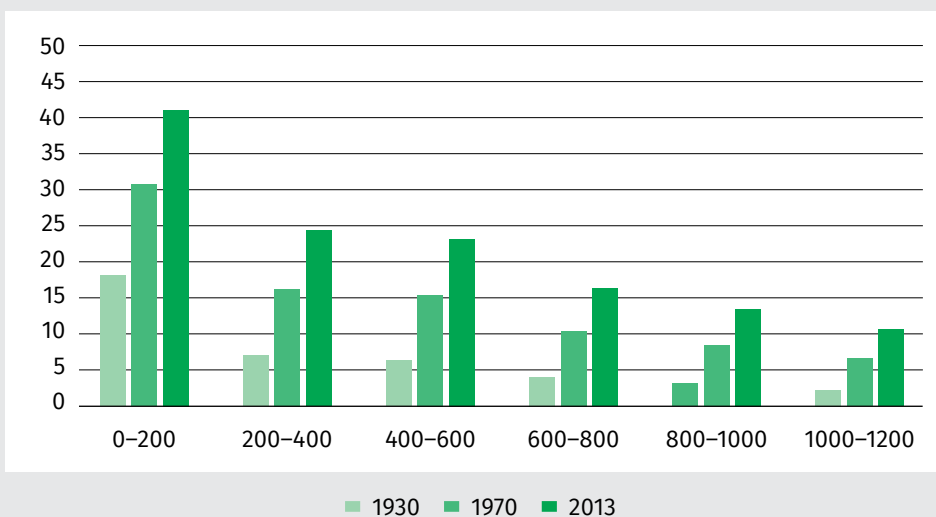
LESISTOŚĆ [%] W KLASACH WYSOKOŚCI BEZWZGLĘDNEJ



LESISTOŚĆ [%] W KLASACH NACHYLENIA STOKÓW



LESISTOŚĆ [%] W KLASACH ODLEGŁOŚCI OD GRANICY LASU W 1860 R.





Zdjęcie: Natalia Kolecka

Współczesne porzucanie ziemi

 Natalia Kolecka

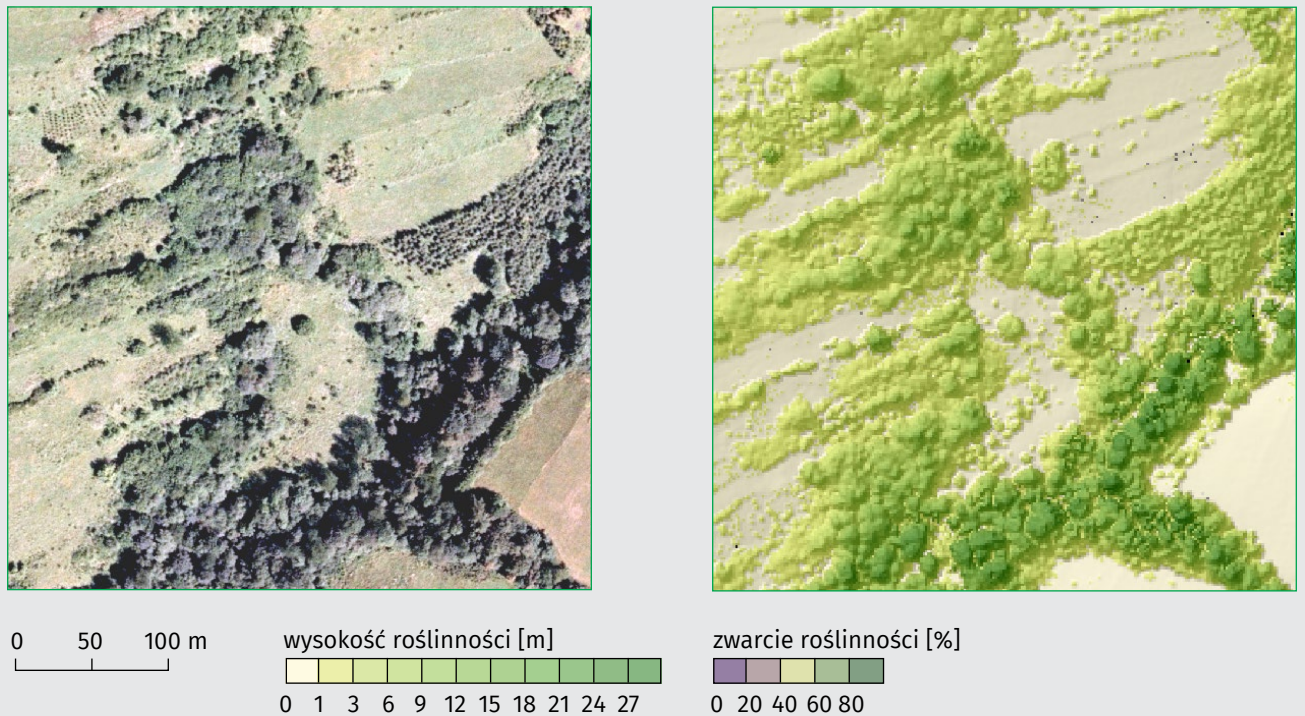
Porzucanie ziemi rolnej obserwuje się w całej Europie, szczególnie na obszarach o niekorzystnych warunkach gospodarowania, na przykład w górach. Jako główną przyczynę tego zjawiska wskazuje się niską opłacalność produkcji rolnej ze względu na rozdrobnienie ziemi, niekorzystne położenie, warunki naturalne i klimatyczne oraz starzejącą się ludność. Sprzyja mu także dostępność alternatywnych źródeł dochodu i zatrudnienia poza rolnictwem, szczególnie w pobliżu większych ośrodków miejskich. W polskiej części Karpat porzucanie ziemi rolnej nasiliło się po rozpadzie bloku socjalistycznego w 1989 r. i wprowadzeniu otwartej gospodarki rynkowej. Jego skala nie jest jednak dokładnie znana, ponieważ wielu właścicieli gruntów nie potrafi określić, jaka część posiadanych przez nich gruntów zarosła drzewami i krzewami, a oficjalne wykazy (np. Ewidencja Gruntów i Budynków, dane z Powszechnego Spisu Rolnego) są albo niedostępne na najbardziej szczegółowym poziomie, albo też nie w pełni aktualne.

Porzucanie ziemi często jest pierwszym etapem na drodze do zapoczątkowania wtórnej sukcesji lasu i samorzutnego zalesienia użytków rolnych. W badaniach określiliśmy jaka jest powierzchnia gruntów ornych i użytków zielonych, które porośły drzewami i krzewami i nie są obecnie wykonywane rolniczo, a także jakie czynniki środo-

wiskowe i społeczno-ekonomiczne miały wpływ na przestrzenne zróżnicowanie porzucania ziemi.

Porzucone użytki rolne objęte wtórną sukcesją lasu (w skrócie: obszary porzucone) wyznaczyliśmy za pomocą danych z lotniczego skaningu laserowego (*Airborne Laser Scanning*, ALS) oraz danych o użytkowaniu i pokryciu terenu znajdujących się w zasobie Bazy Danych Obiektów Topograficznych w skali 1:10000 (BDOT10k). W ramach badań opracowano najpierw metodę automatycznego kartowania obszarów porzuconych, sprawdzoną pod kątem dokładności w gminie Szczawnica. Do wyznaczania obszarów porzuconych wykorzystano dwa wskaźniki: wysokość i zwarcie roślinności (ryc. 14). Obszary porośnięte drzewami i krzewami, czyli te, na których występowała roślinność o dowolnym zwarciu o wysokości powyżej 1 m i które były sklasyfikowane w BDOT10k jako użytki rolne, były uznawane za obszary porzucone, z zaznaczoną wtórną sukcesją lasu (ryc. 15).

Ze względu na olbrzymią objętość danych ze skaningu laserowego, analiza za pomocą opracowanej metody nie była możliwa dla całego obszaru Karpat Polskich. Wobec tego do oceny porzucania ziemi na badanym obszarze wylosowano dla każdej jednostki administracyjnej (gminy lub jej części wiejskiej i miejskiej) jedno pole o wymiarach około 2 km × 2 km. Z losowania wykluczono parki

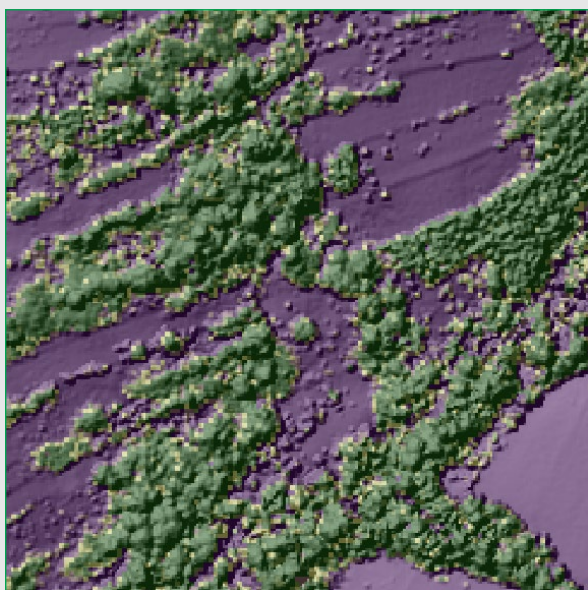


narodowe, zwarte kompleksy leśne i obszary zurbanizowane. Dla każdego z 230 wylosowanych pól zastosowano opracowaną wcześniej metodę wyznaczania obszarów porzuconych, a następnie wyliczono stosunek powierzchni obszarów porzuconych do całkowitej powierzchni użytków rolnych. Pozwoliło to na uzyskanie obrazu przestrzennego zróżnicowania porzucania ziemi w Karpatach Polskich (ryc. 16).

Obszary porzucone stanowią średnio 14% użytków rolnych w Karpatach, jednakże wartości wyliczone dla poszczególnych pól wahały się od 2% do 39%. Oznacza to, że w ciągu 20–30 lat porzucone użytki rolne mogą zamienić się w lasy na powierzchni około 1000 km², jeśli nie zostaną podjęte działania zapobiegające wtórnej sukcesji lasu. Lesistość w Karpatach Polskich zwiększyłaby się w tej sytuacji z 47% obecnie do 52% w czwartej dekadzie XXI w., w tempie znacznie szybszym niż miało to miejsce w minionych stuleciach. Porzucanie ziemi dotyczy przede wszystkim użytków zielonych (78%), a w mniejszym stopniu gruntów ornych (22%). Dominacja roślinności o wysokości od 1 do 2 m wskazuje na to, że obserwowana

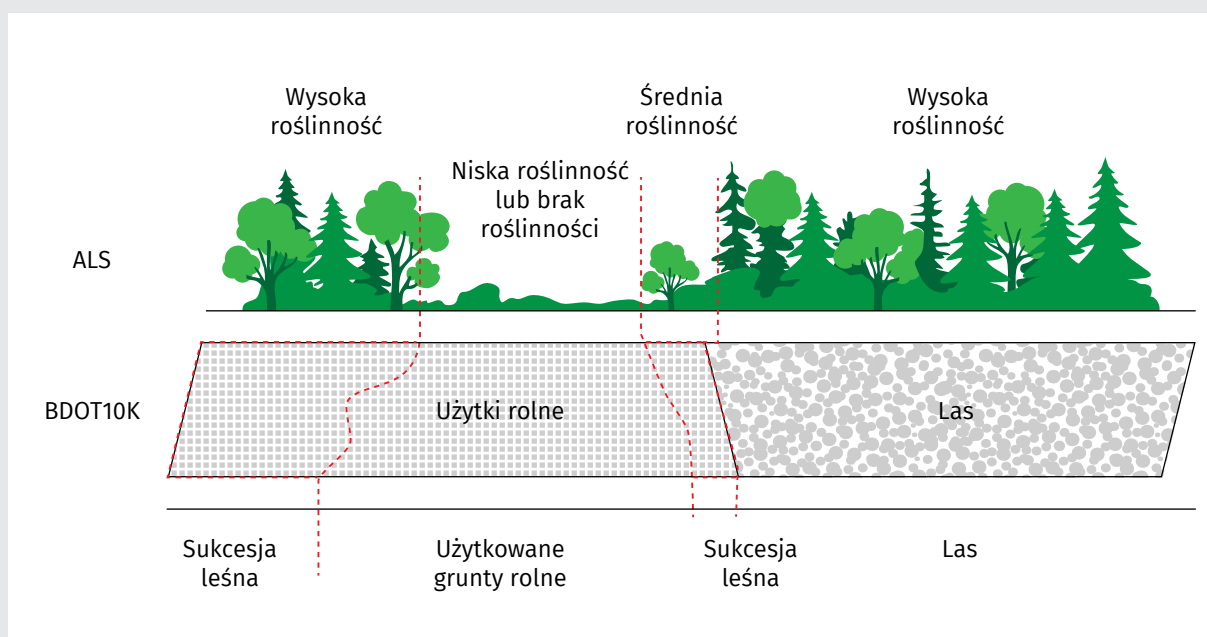
obecnie wtórna sukcesja lasu odzwierciedla stosunkowo niedawne zmiany, wynikające z zamierania tradycyjnego rolnictwa prowadzonego na niewielką skalę i porzucania ziemi rolniczej po transformacji w latach 90. ubiegłego wieku.

W przeprowadzonych badaniach próbowaliśmy też określić czynniki, które decydują o przestrzennym zróżnicowaniu porzucania ziemi. Uwzględniliśmy czynniki środowiskowe (np. nachylenie, wysokość bezwzględna, lesistość) i społeczno-ekonomiczne (np. odległość od dużych miast, liczba ludności, gęstość zaludnienia, średni dochód na mieszkańca, poziom bezrobocia, liczba gospodarstw rolnych), odnoszące się bezpośrednio do badanych pól lub do gmin, w których pola te były zlokalizowane. Opracowane przez nas modele, wykorzystujące statystyczne metody regresji wielokrotnej wykazały, że najczęściej porzucane były użytki rolne na stromych stokach, bezpośrednio poniżej granicy rolno-leśnej, na wysokościach między 300–500 m n.p.m. Strome stoki są często użytkowane jako łąki lub pastwiska, ponieważ jednak w ostatnich 15 latach w Karpatach



← **Rycina 14.** Ortofotomapa lotnicza oraz wskaźniki wykorzystywane do wyznaczania porzucanych użytków rolnych objętych wtórną sukcesją lasu (wysokość i zwarcie roślinności)

↓ **Rycina 15.** Wyjaśnienie sposobu wyznaczania porzucanych użytków rolnych objętych wtórną sukcesją lasu



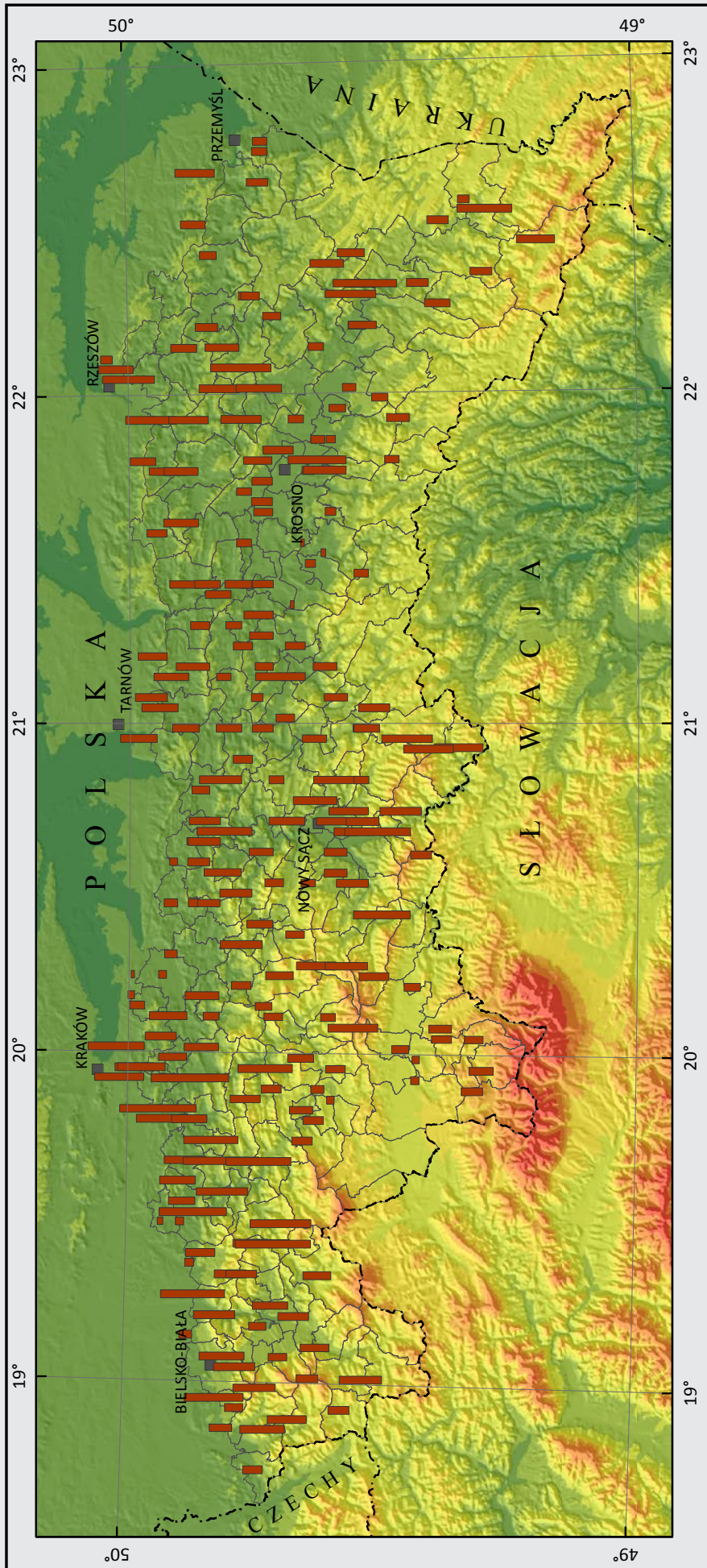
połowie bydła i owiec znacznie zmalało, zmniejszyło się też zapotrzebowanie na obszary dostarczające im pożywienia i wiele łąk i pastwisk na silnie nachylonych stokach zostało porzuconych. Rezygnuje się także z wykorzystania obszarów o mniejszym nachyleniu, które są niedostępne ze względu na topografię otoczenia i brak możliwości dojazdu dla sprzętu rolniczego.

Typowy krajobraz Karpat stanowi mozaika lasów i niewielkich, rozdrobnionych pól, których uprawa jest mało wydajna i przynosi niewielkie zyski. To rozdrobnienie sprzyja porzucaniu, a bliskość lasu

przyspiesza ekspansję pionierskich gatunków drzew i krzewów. Nasze badania wykazały również, że użytki rolne są porzucane częściej w gminach położonych bliżej dużych miast (np. Bielsko-Biała, Kraków, Nowy Sącz i Krosno). Wiąże się to z większymi możliwościami zatrudnienia i czerpania dochodu poza rolnictwem. Mieszkańcy gmin sąsiadujących z dużym ośrodkiem miejskim częściej niż mieszkańcy z odległych gmin znajdują w nim pracę i do niej dojeżdżają. Na takie rozwiązanie decydują się raczej ludzie młodzi, niechętni do podejmowania wymagającej i ciężkiej pracy na roli, z której rezygnują zupełnie lub częściowo.



Zdjęcie: Jacek Kozak

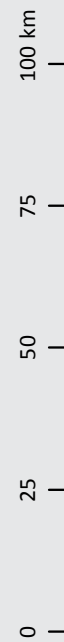


wskaźnik porzucenia ziemi [%]



- główne miasta
- · - · granice państw
- gminy karpackie


1 : 1 200 000





Zdjęcie: Jacek Kozak

Przyszłość użytkowania ziemi w Karpatach Polskich do 2060 r.

 Dominik Kaim, Marcin Szważyk

Karpaty Polskie to obszar dynamicznych, a zarazem zróżnicowanych przestrzennie przekształceń społeczno-gospodarczych. Mimo iż znaczną część gór stanowią użytki rolne, rolnictwo staje się coraz mniej istotną gałęzią lokalnej gospodarki. Wielu mieszkańców regionu podejmuje pracę w usługach czy też lokalnie rozwijającym się przemyśle, decydując się też na dojazdy do pracy do ośrodków miejskich położonych poza Karpatami (np. Kraków, Tarnów) lub na emigrację. W prowadzonych badaniach interesowało nas, jak przyszłe zmiany społeczno-gospodarcze wpłyną będą na przyszłe użytkowanie ziemi w Karpatach, w szczególności na zmiany powierzchni lasów.

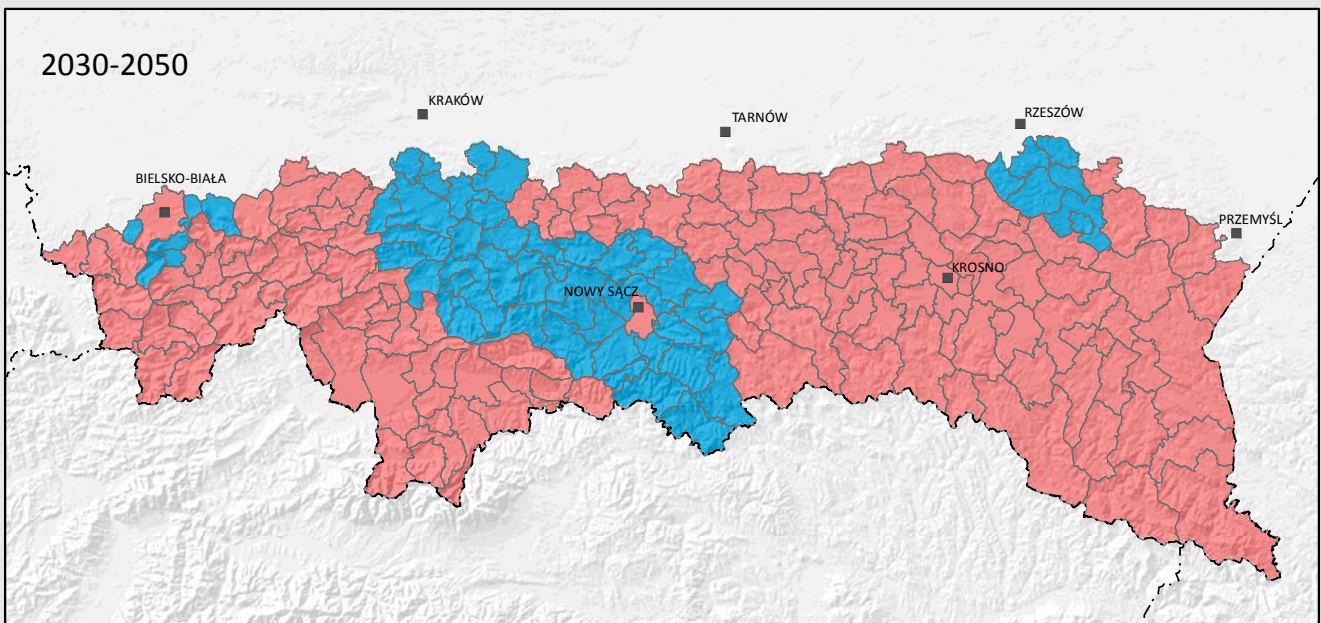
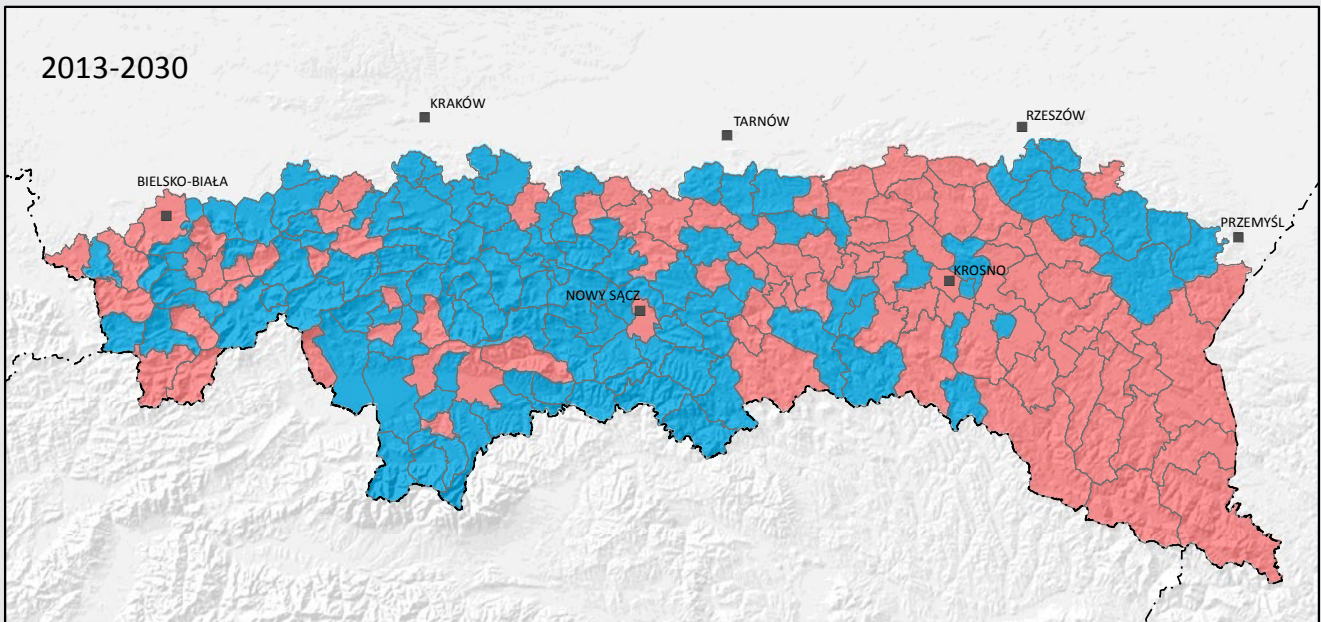
W ramach badań wykorzystaliśmy różnorodne dane uwzględniające uwarunkowania środowiskowe (np. nachylenie) oraz społeczno-ekonomiczne (np. średnia wielkość gospodarstw rolnych, rozwój funkcji turystycznej), które pozwalały określić optymalne warunki dla różnych klas użytkowania ziemi. Ważnym elementem w analizie było wykorzystanie danych dynamicznych – takich, które opisują zmiany ważnych czynników w całym rozpatrywanym okresie. W naszych badaniach były to warianty prognoz zmian klimatycznych opracowane przez IPCC (rozdział *Zmiany i zmienność warunków klimatycznych w Karpatach Polskich w latach 1851–2010 oraz po-*

tencjalne scenariusze zmian 2021–2060) oraz prognozy demograficzne GUS (ryc. 17). Zebrane dane pomogły nam wskazać, gdzie w Karpatach zmiany użytkowania są najbardziej prawdopodobne i jakie będą ich kierunki.

Użytkowanie ziemi w Karpatach w 2060 r. określiliśmy, biorąc pod uwagę trzy scenariusze zmian społeczno-gospodarczych. Uwzględniają one zmiany, które zachodziły na obszarze Karpat w przeszłości, jednocześnie zakładając różne możliwe kierunki przyszłego rozwoju:

1. scenariusz trendu – zakładający kontynuację dynamiki zmian powierzchni lasów i użytkowania ziemi z okresu 1970–2013,
2. scenariusz liberalny – zakładający, że o kierunkach przyszłych zmian użytkowania ziemi decydują przede wszystkim mechanizmy rynkowe,
3. scenariusz środowiskowy – zakładający, że ważną rolę w zmianach użytkowania ziemi odgrywają polityki i interwencje mające na celu ochronę środowiska, krajobrazu i bioróżnorodności.

Każdy z powyższych scenariuszy przełożyliśmy na zakładaną przyszłą dynamikę zmian konkretnych klas użytkowania ziemi (lasy, grunty orne, użytki zielone, obszary osadnicze oraz porzucone użytki rolne), tworząc modele zmian użytkowania ziemi w Karpatach do 2060 r.



■ główne miasta - - - - granice państw □ gminy karpackie ■ spadek zaludnienia ■ wzrost zaludnienia

1 : 1 700 000

0 20 40 60 80 km

Wszystkie scenariusze zakładają wzrost powierzchni lasów kosztem użytków rolnych. O ile przy scenariuszu trendu udział lasów w ogólnej powierzchni Karpat może wzrosnąć do 58%, to scenariusz liberalny zakłada wzrost nawet do 61%. W scenariuszu środowiskowym udział powierzchni lasów w 2060 r. osiągnie około 53% (ryc. 18, ryc. 19). Rozkład przestrzenny prognozowanych zmian wskazuje, że powierzchnia lasów wzrastać będzie głównie w środkowej i zachodniej części Karpat. Tam w dalszym ciągu koncentrują się obszary wykorzystywane rolniczo położone na terenach nie sprzyjających efektywnemu ekonomicznie rolnictwu.

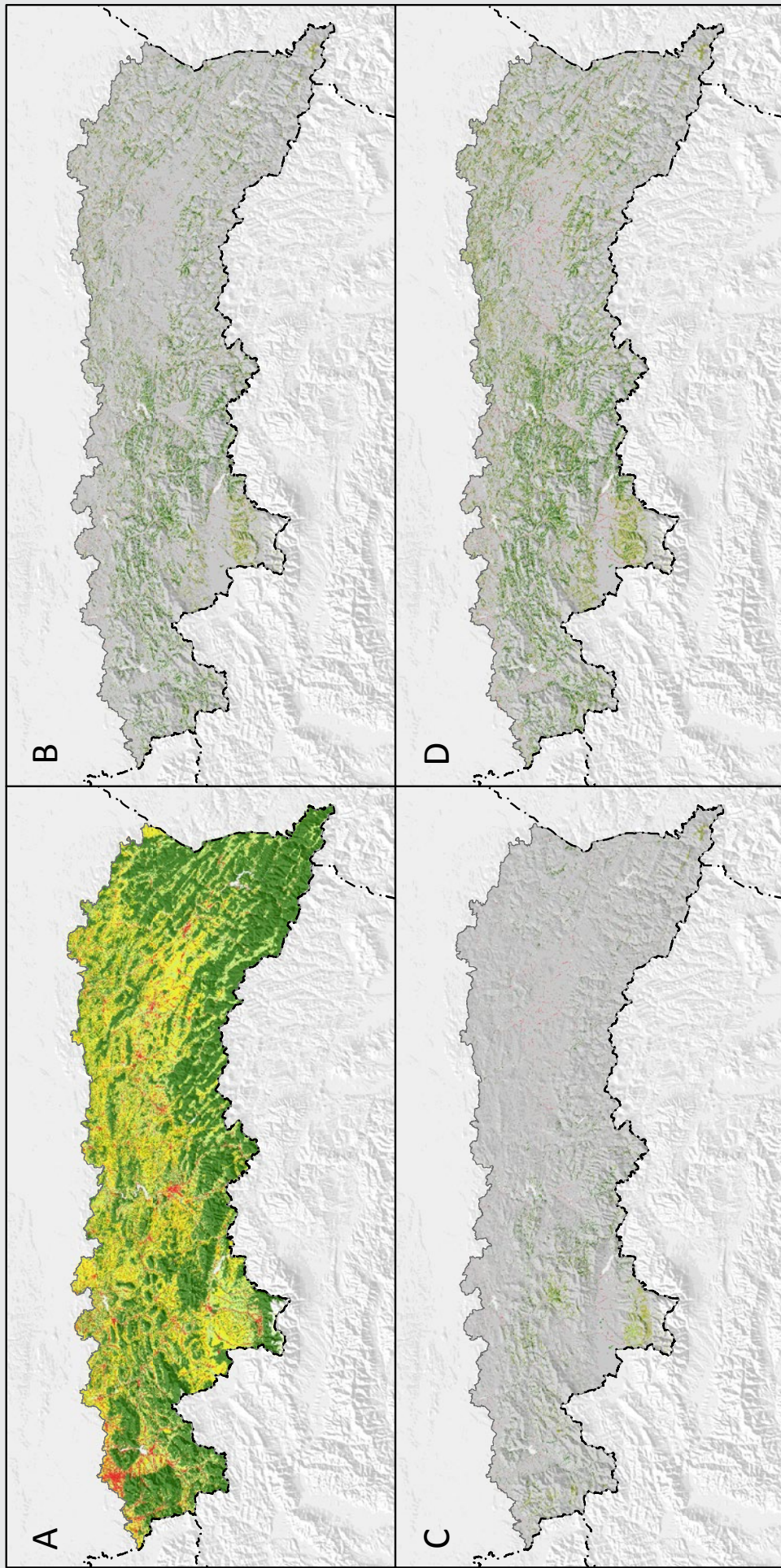
Rezygnacja z rolniczego wykorzystania ziemi stanie się główną przyczyną prognozowanego wzrostu powierzchni lasów. Rola rolnictwa na terenie całych Karpat będzie więc malała. O ile wyniki modelowania w scenariuszu trendu i w scenariuszu liberalnym pokazują, że rolnictwo koncentrować się będzie tam, gdzie warunki pozwalają na prowadzenie gospodarki na działkach o dużej powierzchni, o tyle w scenariuszu środowiskowym grunty orne oraz łąki i pastwiska występujące na niewielkich powierzchniach wciąż mogą być widoczne w krajobrazie Karpat. Każdy ze scenariuszy wskazuje, że porzucanie ziemi prowadzące do zarastania pól może wystąpić w dużej mierze na Podhalu – na terenach stosunkowo wysoko położonych, a jednocześnie wciąż w dużej mierze wykorzystywanych rolniczo. Co istotne, skala tego zjawiska nie różni się znacząco w żadnym ze scenariuszy – w tym także w scenariuszu środowiskowym.

W każdym z modeli przyszłych zmian krajobrazu widoczny jest rozwój obszarów osadniczych, dość

zbliżony we wszystkich scenariuszach. Udział obszarów osadniczych rośnie z 6,2% współcześnie do 6,8% w scenariuszu trendu, do 7,1% w scenariuszu liberalnym i do 6,6% w scenariuszu środowiskowym. W scenariuszu liberalnym nowe tereny osadnicze mogą cechować się jednak większym rozproszeniem niż współcześnie. Scenariusz środowiskowy wymusza z kolei skupienie nowego osadnictwa jak najbliżej istniejącej już zabudowy, głównie na skutek bardziej restrykcyjnych polityk planistycznych.

Każdy z opracowanych scenariuszy przyszłych zmian użytkowania ziemi zakłada, że zmiany te w Karpatach Polskich mogą różnić się co do tempa i rozmieszczenia, ale będą zgodne co do tego, że powierzchnia lasów wciąż będzie wzrastać. Jednocześnie, ze względu na znaczące różnice w założeniach początkowych, trudno prognozować, który ze scenariuszy jest najbardziej prawdopodobny. Warto podkreślić, że celem modelowania przyszłych zmian użytkowania ziemi za pomocą scenariuszy jest nie tyle dokładne przewidywanie charakteru, czasu i miejsca wystąpienia zmian, ale pokazanie, jak procesy społeczno-gospodarcze o różnej dynamice mogą przekładać się na wygląd krajobrazu Karpat w przyszłości. Mając świadomość potencjalnych konsekwencji możemy aktywnie wpływać na wdrażanie różnego rodzaju polityk, które mogą przyspieszać pożądane lub spowalniać negatywne procesy wpływające na zmiany użytkowania ziemi. Opracowane modele przyszłych zmian użytkowania ziemi powinny być więc traktowane jako narzędzia służące racjonalnej gospodarce, szanującej specyfikę i bogactwo przyrody Karpat, co stanowić będzie najlepszy dowód ich użyteczności.

← **Rycina 17.** Zmiany zaludnienia w gminach Karpat Polskich prognozowane dla okresu 2013–2050. Źródło: GUS (2014) *Prognoza ludności na lata 2014–2050*. Warszawa, zmodyfikowane (wartości przeliczone z poziomu powiatów do poziomu gmin)



← **Rycina 18.** Prognoza zmian użytkowania ziemi w Karpatach Polskich dla okresu 2013–2060



↑ **Rycina 19.** Prognoza zmian użytkowania ziemi oraz lesistości Karpatach Polskich do 2060 r. według przyjętych scenariuszy



Zdjęcie: Natalia Kolecka

Więcej na temat wyników badań zmian powierzchni lasów w Karpatach Polskich w ramach projektu FORECOM

Strona projektu: www.gis.geo.uj.edu.pl/FORECOM

1. Bednarczyk B., Kaim D., Ostafin K., 2016, *Forest cover change or misinterpretation? On dependent and independent vectorisation approaches*. Przyjęte do druku w czasopiśmie *Prace Geograficzne*
2. Kaim D., Kozak J., Gimmi U., Ostafin K., Dobosz M., Ostapowicz K., Kolecka N., 2014, *Uncertainty in historical land-use reconstructions with topographic maps*. *Quaestiones Geographicae* 33 (3), 55–63
3. Kaim D., Kozak J., Kolecka N., Ziótkowska E., Ostafin K., Ostapowicz K., Gimmi U., Munteanu C., Radeloff V.C., 2016, *Broad scale forest cover reconstruction from historical topographic maps*. *Applied Geography* 67, 39–48
4. Kolecka N., Dobosz M., Ostafin K., 2016, *Forest cover change and secondary forest succession since 1977 in Budzów commune, the Polish Carpathians*. Przyjęte do druku w czasopiśmie *Prace Geograficzne*
5. Kolecka N., Kozak J., Kaim D., Dobosz M., Ginzler C., Psomas A., 2015, *Mapping Secondary Forest Succession on Abandoned Agricultural Land with LiDAR Point Clouds and Terrestrial Photography*. *Remote Sensing* 7, 8300–8322
6. Kolecka N., Kozak J., Kaim D., Dobosz M., Ginzler C., Psomas A., 2016, *Mapping Secondary Forest Succession on Abandoned Agricultural Land in the Polish Carpathians*. *ISPRS – Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, XLI-B8, 931–935
7. Kolecka N., Kozak J., Kaim D., Dobosz M., Ostafin K., Ostapowicz K., Wężyk P., Price B., *Understanding secondary forest succession on abandoned agricultural land in the Polish Carpathians*. Złożone do czasopisma *Applied Geography*.
8. Kozak J., Szwagrzyk M., 2016, *Have there been forest transitions? Forest transition theory revisited in the context of the Modifiable Areal Unit Problem*. *Area* doi: 10.1111/area.12267
9. Ostafin K., Iwanowski M., Kozak J., Cacko A., Gimmi U., Kaim D., Psomas A., Ginzler C., Ostapowicz K., *Forest cover mask from historical topographic maps based on image processing*. W recenzji w czasopiśmie *Geoscience Data Journal*
10. Price B., Kaim D., Szwagrzyk M., Ostapowicz K., Kolecka N., Schmatz D., Wypych A., Kozak J., *Legacies, socio-economic and biophysical processes and drivers: the case of future forest cover expansion in the Polish Carpathians and Swiss Alps*. W recenzji w czasopiśmie *Regional Environmental Change*
11. Troll M., Ostafin K., 2016, *Use of late 18th and early 19th century cadastral data to estimate past forest cover change – a case study of Zawoja village*. Przyjęte do druku w czasopiśmie *Prace Geograficzne*



Zdjęcie: Jacek Kozak

Produkty

KARPATY POLSKIE, CAŁOŚĆ¹

Strona geoportalu projektu:

<http://portal.gis.geo.uj.edu.pl>

1. Mapa rozmieszczenia lasów w Karpatach Polskich, aktualność 1820–1860, format wektorowy shapefile, skala wyjściowa 1:28800, układ PL-1992, objętość 51 MB
2. Mapa rozmieszczenia lasów w Karpatach Polskich, aktualność 1930–1938, format wektorowy shapefile, skala wyjściowa 1:100000, układ PL-1992, objętość 15 MB
3. Mapa rozmieszczenia lasów w Karpatach Polskich, aktualność 1970–1980, format rastrowy GeoTIFF, rozdzielczość 1,25 m, układ PL-1992, objętość 200 MB
4. Mapa rozmieszczenia lasów w Karpatach Polskich, aktualność 2010–2015, format wektorowy shapefile, skala wyjściowa 1:10000, układ PL-1992, objętość 200 MB
5. Mapa wysokości roślinności w Karpatach Polskich, aktualność 2011–14, format rastrowy GeoTIFF, rozdzielczość 1 m, układ PL-1992, objętość 45 GB
6. Mapa rozkładu średniej wieloletniej sezonowej (lato, zima) i rocznej temperatury powietrza, okresy: 1851–2010, 1851–1890, 1891–1930, 1931–1970, 1971–2010, format rastrowy GeoTIFF, rozdzielczość 100 m, układ PL-1992, objętość 19 MB (każda mapa), łącznie 15 map
7. Mapa rozkładu prognozowanej średniej wieloletniej sezonowej (lato, zima) i rocznej temperatury powietrza według scenariuszy RCP 4.5 oraz RCP 8.5, okres 2021–2060, format rastrowy GeoTIFF, rozdzielczość 100 m, układ PL-1992, objętość 19 MB (każda mapa), łącznie 6 map
8. Mapa rozkładu średniej wieloletniej sezonowej (lato, zima) i rocznej sumy opadów atmosferycznych, okresy: 1851–2010, 1851–1890, 1891–1930, 1931–1970, 1971–2010, format rastrowy GeoTIFF, rozdzielczość 100 m, układ PL-1992, objętość 19 MB (każda mapa), łącznie 15 map
9. Mapa rozkładu prognozowanej średniej wieloletniej sezonowej (lato) sumy opadów atmosferycznych według scenariuszy RCP 4.5 oraz RCP 8.5, okres: 2021–2060, format rastrowy GeoTIFF, rozdzielczość 100 m, układ PL-1992, objętość 19 MB (każda mapa) łącznie 2 mapy
10. Mapa zmian rozmieszczenia lasów w Karpatach Polskich dla trzech przedziałów czasowych: 1860–1930; 1930–1970; 1970–2013; format wektorowy shapefile i format rastrowy GeoTIFF,

¹ Każdy produkt opracowany dla całych Karpat Polskich może być udostępniony także dla dowolnej jednostki administracyjnej położonej na badanym obszarze.

rozdzielczość przestrzenna: 10, 25, 50 m, układ UTM34, objętość 1,5–5 MB

11. Mapy użytkowania ziemi w Karpatach Polskich w 2060 r., dla trzech różnych scenariuszy zmian, format rastrowy GeoTIFF, rozdzielczość 50 m, układ PL-1992, objętość jednej mapy 20 MB
12. Baza danych przyrodniczych (lista zmiennych w tabeli 2), format rastrowy GeoTIFF, rozdzielczość przestrzenna: 10, 25, 50 m, układ UTM34, objętość 5–10 GB
13. Baza danych społeczno-ekonomicznych (lista zmiennych w tabeli 2), format rastrowy GeoTIFF i wektorowy shapefile, rozdzielczość przestrzenna: 10, 25, 50 m, układ UTM34, objętość 40–100 GB, dane zagregowane do poziomu gmin według granic z Państwowego Rejestru Granic i Powierzchni Jednostek Podziałów Terytorialnych Kraju (<http://www.codgik.gov.pl/index.php/darmowe-dane/prg.html>)

WYBRANE OBSZARY BADAŃ SZCZEGÓŁOWYCH

1. Mapa wysokości roślinności w gminie Szczawnica, aktualność 2013 r., format rastrowy GeoTIFF, rozdzielczość 1 m, układ PL-1992, objętość: 600 MB
2. Mapa zwarcia roślinności w gminie Szczawnica, aktualność 2013 r., format rastrowy GeoTIFF, rozdzielczość 1 m, układ PL-1992, objętość: 150 MB
3. Mapa rozmieszczenie lasów w latach 1977, 1997 i 2009 oraz sukcesji wtórnej w gminie Budzów w okresach 1977–1997 i 1997–2009, format wektorowy shapefile, skala wyjściowa 1:1500, układ PL-1992, objętość 40 MB
4. Mapa rozmieszczenie lasów w latach 1977, 1997 i 2009 w gminie Zawoja, format wektorowy shapefile, skala wyjściowa 1:1500, układ PL-1992, objętość 40 MB



ISBN 978-83-64089-27-5