



# PIENINY

przyroda i człowiek

pod redakcją naukową  
Jana Bodziarczyka



Kraków 2021

Fotografie na okładce / Cover photos

Strona I. Sosna reliktowa na szczycie Sokolicy przed uszkodzeniem (fot. Marek Majerczak)  
Page I. Relic pine in the Sokolica peak before damaging (photo by Marek Majerczak)

Strona IV. Sosna reliktowa na szczycie Sokolicy po złamaniu głównego pędu (fot. Marek Majerczak)  
Page IV. Relic pine in the Sokolica peak after breaking of the main shoot (photo by Marek Majerczak)

# PIENINY

## przyroda i człowiek

---

pod redakcją naukową  
Jana Bodziarczyka



Redaktor Naczelny Wydawnictwa  
Prof. dr hab. inż. Józef BIENIEK

Redaktor Naukowy Wydziału Leśnego  
Dr hab. inż. Jan BODZIARCZYK, prof. URK

Rada naukowa serii  
„Pieniny – Przyroda i Człowiek. Monografie”

Paweł ADAMSKI, Blažena BENČAĽOVÁ, Jan BODZIARCZYK, Urszula FORCZEK-BRATANIEC,  
Wojciech GRODZKI, Michał KROBICKI, Gabriel LUKÁČ, Elżbieta PANCER-KOTEJA,  
Eubomír PANIGAJ, Ryszard M. REMISZEWSKI, Mariusz RYBACKI, Andrzej SIWEK, Roman SOJA,  
Zbigniew SZELĄG, Paweł VALDE-NOWAK, Barbara WĘGLARZ, Tomasz ZALESKI, Jan ZARZYCKI

Recenzent tomu  
Prof. dr hab. Józef MITKA

Sekretarz redakcji  
Krzysztof KARWOWSKI

Weryfikacja i tłumaczenie tekstów angielskich  
Jolyon DODGSON, Ewelina ZAJĄC

Skład komputerowy  
Marian WYSOCKI

Wydano za zgodą Rektora Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie

Copyright © Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2021  
Copyright © Pieniński Park Narodowy, Krościenko nad Dunajcem 2021

**ISBN 978-83-66602-26-7**

DOI: <http://dx.doi.org/10.15576/978-83-66602-26-7>

Publikacja finansowana ze środków Pienińskiego Parku Narodowego  
i Wydziału Leśnego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie

Redakcja  
Pieniński Park Narodowy, ul. Jagiellońska 107b, 34-450 Krościenko nad Dunajcem  
tel. (18) 262 56 01, 262 56 02, faks 262 56 03  
[www.pieninypl.pl](http://www.pieninypl.pl), e-mail: [kkarwowski@pieninypl.pl](mailto:kkarwowski@pieninypl.pl)

Wydanie, sprzedaż i dystrybucja  
Wydawnictwo UR w Krakowie, 31-425 Kraków, al. 29 Listopada 46  
tel. (12) 662 51 57, 662 51 51, e-mail: [wydawnictwo@ur.krakow.pl](mailto:wydawnictwo@ur.krakow.pl)  
Księgarnia internetowa: <https://wydawnictwo.ur.krakow.pl>  
<https://www.pieninypl.pl/pl/867/0/wydawnictwa.html>

Ark. wyd. 15. Ark. druk. 14,5. Nakład 300 egz.

Druk i oprawa: Wydawnictwo-Drukarnia „Ekodruk” s.c., Kraków



## Spis treści – Contents

BODZIARCZYK J. Wprowadzenie .....	5
[Introduction] .....	8
BODZIARCZYK J. Sosna zwyczajna <i>Pinus sylvestris</i> L. w Pienińskim Parku Narodowym – warunki występowania i jej znaczenie w zbiorowiskach roślinnych [ <i>Pinus sylvestris</i> L. in the Pieniny National Park – distribution and its importance in forest communities] .....	11
ZALESKI T., WANIC T., GĄSIOREK M., JÓZEFOWSKA A., ZADROŻNY P. Gleby naturalnych i wtórnych zbiorowisk z udziałem sosny zwyczajnej <i>Pinus sylvestris</i> L. w Pienińskim Parku Narodowym [Soil of natural and secondary communities with <i>Pinus sylvestris</i> L. in the Pieniny National Park] .....	35
BARTNIK C., LEDWICH D. Grzyby zasiedlające drewno reliktywnej sosny zwyczajnej z Sokolicy z objawami zgnilizny oraz ich interakcje biotyczne [Fungi inhabiting wood of Sokolica relict with rot symptoms and their biotic interactions]	53
KOŚCIELNIAK R., KOZIK J. Porosty stwierdzone na złamanym konarze reliktywnej sosny zwyczajnej z Sokolicy na tle lichenobioty sosny [Lichens recorded on the broken limb of relict <i>Pinus sylvestris</i> tree from Mount Sokolica in comparison with lichen biota of pines] .....	73
BORATYŃSKA K. Morfologia i anatomia igieł sosny zwyczajnej z Sokolicy [Morphological and anatomical characteristics of needles of <i>Pinus sylvestris</i> from Sokolica] .....	95
MUTER E. Analiza dendrochronologiczna złamanego pędu reliktywnej sosny zwyczajnej <i>Pinus sylvestris</i> L. z Sokolicy [Dendrochronological analysis of broken limb of relict <i>Pinus sylvestris</i> L. from Sokolica]	109
MIODEK A., GIZIŃSKA A., KOJS P. Analiza anatomiczna drewna reliktywnej sosny zwyczajnej z Sokolicy [Wood anatomical analysis of relict <i>Pinus sylvestris</i> from Sokolica] .....	147
WĄSIK R., MICHAŁEK K. Wybrane cechy drewna sosny zwyczajnej z Sokolicy [Selected properties of wood of <i>Pinus sylvestris</i> from Sokolica] .....	173
ŻMIDZIŃSKI J. Sosna zwyczajna na Sokolicy w Pieninach – konteksty estetyczne, symboliczne i kulturowe [ <i>Pinus sylvestris</i> at Sokolica in Pieniny – aesthetic, symbolic and cultural contexts] ...	191
KARWOWSKI K., BODZIARCZYK J. Sosna zwyczajna <i>Pinus sylvestris</i> L. w działaniach ochronnych Pienińskiego Parku Narodowego – rys historyczny [ <i>Pinus sylvestris</i> L. included in protective measures conducted by Pieniny National Park – historical background] .....	211
Recenzenci rozdziałów .....	229



## Wprowadzenie

Każdy park narodowy ma swój symbol, z którym jest kojarzony. Pieniński Park Narodowy takich symboli, chociaż nieformalnych, ma kilka. Przeciętny turysta odwiedzający Pieniny nie zawsze orientuje się, czy jest to niepyłak apollo? Trzy Korony? Przełom Dunajca? A może jeszcze coś innego?

Dla wielu miłośników Pienin takim symbolem jest samotnie rosnąca sosna na szczycie Sokolicy. Jej charakterystyczny pokrój, niezmienny przez dziesięciolecia, ta sama wysokość, ta sama grubość, te same blizny na pniu, niezmienna archi-



tektura korony – przyzwyczała nas do swojej nieśmiertelności. Niczym posąg wpisała się na trwałe w krajobraz przełomu Dunajca. To dla niej wielu turystów i miłośników przyrody pienińskiej, bez względu na kondycję i wiek, panującą pogodę i porę roku, wspinało się na szczyt Sokolicy, aby spojrzeć z bliska i sfotografować ją na tle Trzech Koron. Chyba tylko nieliczni zastanawiali się nad jej wiekiem i warunkami w jakich rośnie. Sosna jak sosna, jedna z wielu rosnących w Pieninach – krzywa, powykrczana, jakaś nijaka, a jednak niezwykła. Wielu przekonało się o tym i zainteresowało się nią szczególnie po tragicznym zdarzeniu, które miało miejsce 6 września

2018 roku, kiedy w trakcie prowadzenia akcji ratowniczej przy użyciu śmigłowca główny pęd korony sosny został złamany na skutek silnego podmuchu powietrza. Wiadomość ta dla wielu była niczym piorun z jasnego nieba.

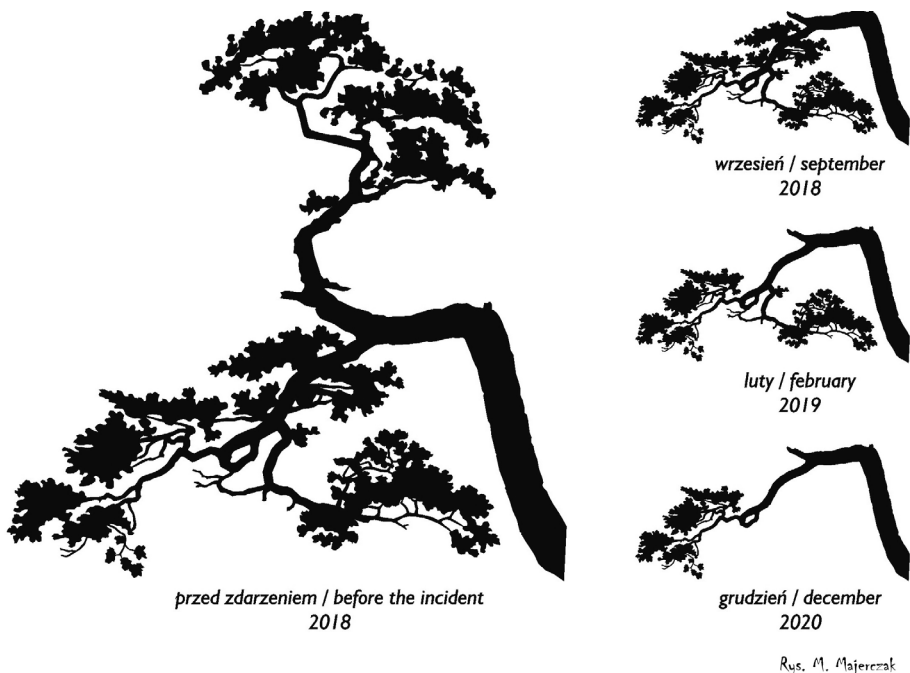
Naturalne procesy zachodzące w przyrodzie, zwłaszcza na obszarach chronionych jak parki narodowe czy rezerваты przyrody, są czymś normalnym, jeśli dzieją się spontanicznie, bez ingerencji człowieka. Wtedy nie wzbudzają emocji i są na ogół przyjmowane przez społeczeństwo ze zrozumieniem. W tym przypadku było jednak inaczej – zawiął bezpośrednio człowiek, a zdarzenie to wywołało sporo emocji w szerokich kręgach społecznych, zwłaszcza wśród miłośników Pienin. Sosną zainteresowali się dziennikarze i lokalne rozgłośnie radiowe, pojawiły się wywiady, nawet w ogólnopolskich mediach, a w Internecie liczne komentarze.

Tuż po incydencie, w kręgu arborystów, zrodziły się pomysły i propozycje na rekonstrukcję złamanej gałęzi, a nawet całego drzewa. Nie zabrakło również innych ochotników zgłaszających pomoc w ratowaniu sosny. Po konsultacjach ze specjalistami od chirurgii drzew, dyrekcja Pienińskiego Parku Narodowego podjęła decyzję o odcięciu zwisającej gałęzi i zabezpieczeniu jej dla celów muzealno-edukacyjnych. W międzyczasie spontanicznie zrodził się pomysł szczegółowego zbadania złamanego pędu sosny pod kątem naukowym. Jak dotąd sosna z Sokolicy nigdy nie była poddana żadnym badaniom, nigdy nie ingerowano w jej organizm ze względu na jej wyjątkowość i obawy przed potencjalnym zagrożeniem infekcją lub fizycznym uszkodzeniem. W tej niezwykłej sytuacji, dysponując fragmentem słynnej sosny z Sokolicy, postanowiono zbadać jej najważniejsze cechy, początkowo pod kątem organizmów ją zasiedlających, głównie porostów, grzybów i mszaków. Później zdecydowano się zbadać także cechy morfologiczne igieł, właściwości anatomiczne i fizyczne drewna, a także wykonać analizę dendrochronologiczną, ale przede wszystkim określić wiek złamanej gałęzi. Stworzony przeze mnie i zaakceptowany przez dyrekcję Parku zespół liczył początkowo 10 osób, a z czasem powiększył się do 20, głównie o współautorów przygotowujących rozdziałów, reprezentując specjalistów z różnych dziedzin nauk przyrodniczych<sup>1</sup>. Wszyscy członkowie zespołu, bez wyjątku, wyrazili gotowość współpracy i wszyscy pracowali jako wolontariusze.

Dyrekcja Parku podjęła również dwie ważne decyzje. Pierwsza o zabezpieczeniu rany powstałej na pniu rosnącej sosny preparatem grzybobójczym. Być może decyzja ta w opinii społecznej była kontrowersyjna, ale niezbędna z punktu widzenia ochrony rosnącej sosny; skoro człowiek zawinił – człowiek powinien naprawić, teraz można było już tylko pomóc. I druga, równie ważna decyzja, wiązała się z zabezpieczeniem złamanej gałęzi przed grzybami i owadami oraz trwałym zakonserwowaniem jej dla celów edukacyjnych i ekspozycyjnych. Zabezpieczenie takie wykonano zaraz po pobraniu prób do badań naukowych.

<sup>1</sup> Skład zespołu/The team of experts: dr hab. inż. Czesław Bartnik – Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie; dr hab. inż. Jan Bodziarczyk, prof. URK – Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie (koordynator zespołu); prof. dr hab. Krystyna Boratyńska – Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku; dr hab. inż. Michał Gąsiorek, prof. URK – Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie; dr inż. Aldona Gizińska – PAN Śląski Ogród Botaniczny w Mikołowie; dr hab. inż. Agnieszka Józefowska, prof. URK – Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie; mgr inż. Krzysztof Karwowski – Pieniński Park Narodowy; dr inż. Paweł Kojis – PAN Śląski Ogród Botaniczny w Mikołowie; dr hab. inż. Robert Kościelniak, prof. UP – Instytut Biologii, Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie; mgr Joanna Kozik – Pieniński Park Narodowy; mgr inż. Dominika Ledwich – Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie; dr inż. Krzysztof Michalec – Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie; dr inż. Adam Miodek – PAN Śląski Ogród Botaniczny w Mikołowie; dr inż. Elżbieta Muter – Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie; dr inż. Radosław Wąsik – Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, dr inż. Grzegorz Vončina – Pieniński Park Narodowy; dr inż. Tomasz Wanic – Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie; dr inż. Paweł Zadrożny, prof. URK – Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie; dr hab. inż. Tomasz Zaleski, prof. URK – Wydział Rolno-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie; dr hab. Jakub Żmizdiński, prof. UAP – Uniwersytet Artystyczny im. Magdaleny Abakanowicz w Poznaniu.

Od tamtej chwili minęło ponad dwa i pół roku. Stan zdrowotny sosny na Sokolicy zdecydowanie się pogorszył, o czym świadczą kolejne ubytki pozostałych fragmentów żywej korony oraz progresja chorobowa, tj. niekorzystne przebarwienie igieł i redukcja aparatu asymilacyjnego. Pierwsze obserwacje destrukcji korony miały miejsce już kilka miesięcy po złamaniu głównego pędu. W lutym 2019 roku, po intensywnych opadach śniegu a potem po dużych wahaniami temperatury i oblodzeniu, złamaniu uległa boczna gałąź od strony wschodniej. Niecałe dwa lata później, w grudniu minionego roku, odpadła kolejna boczna gałąź (ryciny poniżej).



Kolejne etapy redukcji korony reliktovej sosny na Sokolicy w ciągu ostatnich 2 lat  
Loss of crown in relic pine from Sokolica over last two years

Trudno przewidzieć, jak długo jeszcze symboliczna sosna na Sokolicy zdoła przetrwać. Analizując blizny na pniu i pozostałych gałęziach, ślady i uszkodzenia po różnych złamaniach, wielkość i kształt poskręcanych fragmentów głównego pnia, można być pewnym jednego, że historia życia sosny na Sokolicy nie była łatwa. Rosnąca nad przepaścią, w szczelinach skalnych, dla wielu była i pozostanie ikoną Pienin bez względu na jej dalszy los, kondycję i wygląd.

Prezentowana *Monografia* jest symbolicznym hołdem złożonym sośnie z Sokolicy przez zespół autorów przygotowanych rozdziałów oraz wielu osób współpracujących, w tym również pracowników Pienińskiego Parku Narodowego.

Redaktor  
Jan Bodziarczyk

## Introduction

Every national park has its own symbol associated with it that is easily recognized. The Pieniny National Park has several, although they are regarded as informal. The average tourist visiting Pieniny does not always understand which is the main one. Is it the Apollo butterfly? Three Crowns? The Dunajec Gorge? Or maybe something different? For many people who love the Pieniny Mts., the most important symbol is a lonely pine tree growing at the top of Sokolica. Its characteristic silhouette, unchanged for decades, with its constant height and thickness, characterised by the same scars on the trunk and umbrella-like crown – is thought to be indestructible and everlasting. The tree, like a statue, has been permanently immersed in the landscape of the Dunajec Gorge.

Many tourists and enthusiasts of the Pieniny National Park, regardless of health and age, weather conditions or season, climb to the top of Sokolica to admire the tree and take a photograph of it with the Three Crowns in the background. In all probability, only a few have wondered about its age and the severe conditions that it has adapted to. The pine is like many other growing in the Pieniny – crooked, twisted, somehow vague and yet unusual. A lot of people have come to realise that the pine is truly remarkable and have become particularly interested in it, especially after the tragic event on September 6, 2018 when the main limb was broken off by turbulence created by a helicopter conducting a rescue mission at the top of Sokolica. This message came for many like lightning from the bright sky.

Natural processes that occur in nature, especially in protected areas such as national parks and nature reserves, typically happen spontaneously, without human intervention. They do not elicit emotional responses and are universally accepted by society. However, this time a human's error generated an emotional public response, especially among those who love the Pieniny. Journalists and local radio stations became alive to the fact that the pine was damaged. It resulted in a great number of interviews, also in the national media, as well as comments on the Internet.

Immediately after the incident, some arborists developed ideas and proposals for reconstruction of the broken limb or even a whole tree. Volunteers also offered to help save the pine. After consultation with specialists in tree surgery, the administration of the Pieniny National Park decided to cut off the hanging limb and secure it for museum and educational purposes. Simultaneously, scientists proposed to research the broken fragment in detail. The pine tree from Sokolica has never been investigated so far due to its uniqueness and the risk of infection or physical damage. This unusual situation allowed scientists to use the fragment of the famous pine to survey its most important properties, starting with inhabiting organisms, primarily lichens, fungi and bryophytes. Later it was also decided to examine the morphological characteristics of the needles,

anatomical and physical properties of the wood, as well as to perform dendrochronological analysis. However, the most important aim was to determine the age of the broken limb. The team<sup>1</sup> of experts, that I created, was accepted by the administration of the Pieniny National Park. Originally, the group comprised 10 people but over time it grew to 20 specialists representing various fields of natural sciences. All the members of the team, without exception, expressed their willingness to cooperate and, it is worth emphasizing, all worked as volunteers.

The administration of the Park was faced with two important decisions. The first issue was to protect and treat the wound with a fungicide application. Despite being perhaps controversial it was, however, essential for the protection of the remaining parts of the growing pine. As the damage happened through human error it should be human efforts that must help repair the damage. The second urgent decision was to protect the broken limb from colonisation by fungi and insects so it could be used for education and exhibitions. Preventative measures were applied as soon as all necessary samples of material were taken from the limb and had been secured for scientific research.

More than two and a half years have passed since the famous pine tree was damaged. Unfortunately, the condition of the tree has deteriorated as evidenced by further losses in the remaining fragments of the living crown as well as by disease progression – needle discoloration and alterations in the photosynthetic apparatus. The first observations of the crown destruction occurred just a few months after the main limb had been broken off. In February 2019 after heavy snowfall, followed by large fluctuations in temperature and icing, this caused serious threats to the weakened tree that resulted in further loss – a branch growing on the eastern side of the tree was broken. A little less than two years later, in December 2020, another side branch broke off (see figure above).

It is almost impossible to anticipate how long the symbolic pine will remain part of the Sokolica landscape. The scars on the trunk and branches, the traces left after various damages, the size and shape of the twisted fragments of the main trunk: all prove that the history of the pine was not easy to remedy. Growing on a seemingly inhospitable cliff, in rock crevices, the tree was and will remain the icon of Pieniny, regardless of its future, condition and appearance.

The present *Monograph* is an expression of tribute to the relic pine by the authors of particular chapters as well as by a great number of people working in cooperation with the experts including employees of the Pieniny National Park.

Editor  
Jan Bodziarczyk





## Sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L. w Pienińskim Parku Narodowym – warunki występowania i jej znaczenie w zbiorowiskach roślinnych

*Pinus sylvestris* L. in the Pieniny National Park – distribution and its importance in forest communities

JAN BODZIARCZYK

*Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie,  
Wydział Leśny, Katedra Bioróżnorodności Leśnej,  
al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków, e-mail: rlbodzia@cyf-kr.edu.pl*

**Abstract.** This paper presents the conditions of occurrence and importance of Scotch pine in plant associations of the Pieniny National Park. The greatest attention was given to the relic pine trees representing one of the two rock communities: *Pinus sylvestris-Calamagrostis varia* and *Pinus sylvestris-Carex alba*. These groups are classified as the *Erico-Pinion* association, according to phytosociologic criteria. They create natural and permanent systems in which trees may even reach the age of over 570 years. The associations are distinguished by their specific physiognomy, which is characterized by small pines of specific shapes with stunted trunks, low and bent limbs and umbrella-like crowns as well as by the loose spatial pattern of the trees. Under the canopy of this community lies a relatively small area of undergrowth consisting of mainly xerothermic and rocky grassland species. The phytocenosis of these associations overgrows the tops of south-facing limestone slopes and cliffs. In the Pieniny, the relic pine woods are characterized by poor floristic composition when compared with typical phytocenosis found in the Dynarskie Mountains and the Alps. The Pieniny small pine woods reach the northern border of the European range and occupy a total area of approximately five hectares of the National Park.

**Keywords:** *Erico-Pinion*, relic communities, phytosociology, Pieniny Mountains, Western Carpathians

### WSTĘP

Na bogactwo szaty roślinnej Pienin największy wpływ wywarły: zróżnicowane podłoże geologiczne z pokrywą glebową (Birkenmajer 1958, 1982, 2017; Adamczyk i in. 1980, 1982; Niemyska i in. 2004; Wanic i in. 2017) oraz warunki mikroklimatyczne

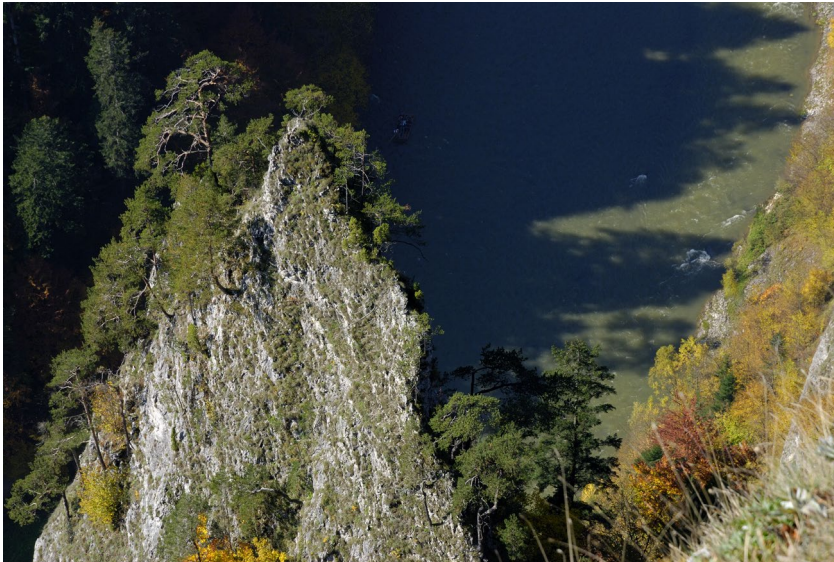
(Kostrakiewicz 1982, Perzanowska 2004). Czynniki te miały istotne znaczenie w kształtowaniu różnorodnych siedlisk. Nie bez znaczenia była także działalność człowieka, dzięki któremu powstały zbiorowiska synantropijne i półnaturalne (Guzikowa 1982). Ważnym etapem w historii rozwoju szaty roślinnej Pienin był fakt, że w plejstocenie nie uległy one zlodowaceniowi ani przez lokalne lodowce górskie ani przez lądolód skandynawski (Klimaszewski 1948; Klimaszewski, Starkel 1972), stąd też przyjmuje się, że współczesna rzeźba Pienin ukształtowana w młodszym trzeciorzędzie przetrwała do czasów współczesnych. Pieniny pozostały jedynie w zasięgu klimatu peryglacialnego (Środoń 1952, 1982), co niewątpliwie miało wpływ na bogactwo szaty roślinnej i przetrwanie niektórych gatunków roślin i zwierząt do czasów obecnych, określanymi gatunkami reliktowymi (Zarzycki 1976).

We współczesnym krajobrazie Pienin, a zwłaszcza Pienińskiego Parku Narodowego, dominują lasy mieszane w mozaice ze zbiorowiskami łąkowymi i naskalnymi (Grodzińska i in. 1982, Pancer-Koteja i in. 2004). Najważniejszym gatunkiem tworzącym pienińskie drzewostany jest jodła pospolita (Dziewolski 1980; Bodziarczyk i in. 2016), której udział wynosi prawie 64%. Gatunek ten dość równomiernie pokrywa cały obszar Parku Narodowego, tworząc lite drzewostany lub mieszane z bukiem lub świerkiem. W lasach, poza jodłą, tylko udział buka jest znaczący (16%) (Murzynowski, Szmigiel 2010). Pozostałe gatunki, mimo iż zaledwie zaznaczają swoją obecność, to jednak również odgrywają ważną rolę w różnorodności biologicznej obszaru. Jednym z takich gatunków jest sosna zwyczajna, której udział w ekosystemach leśnych jest niewielki, bo wynosi zaledwie około 2%, ale nie do przecenienia jest jej rola, jaką odegrała w historii roślinności Pienin.

Drzewostany ze znaczącym udziałem sosny zwyczajnej są rzadkością w Pienińskim Parku Narodowym, na ogół mają one sztuczne pochodzenie jako skutek zalesiania zrębów na siedliskach bukowo-jodłowych (Zarzycki 1981) i nie są zbyt eksponowane w krajobrazie. Zwracają natomiast uwagę szczyty i granie skał wapiennych z luźno porastającymi reliktowymi sosnami (Fot. 1), będącymi pozostałością dawnych rozległych drzewostanów sosnowych z wczesnych okresów holocenu (Grodzińska 1975; Pancer-Kotejowa, Zarzycki 1976; Pancer-Kotejowa i in. 1982; Środoń 1982).

Te bardzo specyficzne pod względem fizjonomii ale i składu gatunkowego fitocenozy nawiązują do alpejsko-dynarskich zbiorowisk ze związku *Erico-Pinion* (Braun-Blanquet i in. 1939; Horvat 1959 za Pancer-Koteja 1973; Willner, Grabherr 2007; Zupančič 2007). Poza Pieninami, w dużym rozproszeniu i rzadko, występują także w Tatrach (Zajączkowski 1936a, b, 1949; Łysek 1974; Myczkowski, Lesiński 1974; Mirek, Piękoś-Mirkowa 1995; Piękoś-Mirkowa, Mirek 1996; Zwijacz-Kozica 1998) oraz na jedynym stanowisku w paśmie Radziejowej w rezerwacie przyrody „Pusta Wielka”, chociaż stanowisko to nieco odbiega pod względem składu gatunkowego i fizjonomii od stanowisk pienińskich czy tatrzańskich (Aleksandrowicz 1989, Skrzyszewski 2007).

Reliktowe lasy sosnowe znane są także z pobliskich Karpat słowackich, między innymi z Wielkiej Fatry, Tatr, Pienin i Gór Strażawskich (Holub i in. 1969, Fajmonová 1971, Michalko 1987, Vološčuk I. 1992, Uhliřová J. 2002).



**Fot. 1.** Reliktowe laski sosnowe na pionowej ścianie skalnej – Głowa Cukru pod Sokolicą (fot. M. Szajowski)

**Photo 1.** Relic pine woods on steep cliff of Głowa Cukru in Sokolica massif (photo by M. Szajowski)

W polskiej części Pienin zbiorowisko to osiąga północną granicę europejskiego zasięgu. Mimo, iż fizjonomicznie i siedliskowo przypomina zbiorowiska ze związku *Erico-Pinion*, które swoje optimum ekologiczne osiągają w Górach Dynarskich i Alpach, to jednak w znacznym stopniu różni się od nich zubożałym składem florystycznym, który wynika z geograficznego zastępowania się gatunków typowych dla różnych regionów. Zbiorowiska te, pomimo iż zajmują stanowiska brzeżne i wykształcone są fragmentarycznie, zasługują na szczególną uwagę.

Reliktową sosną pienińską interesowało się wielu naukowców. Publikowane prace dotyczyły różnych aspektów w zależności od indywidualnych zainteresowań badaczy. Poza wspomnianymi wcześniej pracami fitosocjologicznymi Kulczyńskiego (1928) i Pancer-Kotejowej (1973), kompleksowe badania nad strukturą lasów reliktowych w Pieninach i Tatrach prowadził Zajączkowski (1949). Aktywnością mikrobiologiczną gleb zajmował się Dominik (1961) i Miłkowska (1978). W okresie ostatnich kilkunastu lat pojawiło się kilka prac poświęconych poznaniu cech fenotypowych i genetycznych (Urbaniak i in. 2006; Urbaniak, Vončina 2008; Łabiszak i in. 2017); niektóre z nich mają charakter porównawczy w odniesieniu do stanowisk tatrzańskich (Muche-wicz 2003, Urbaniak i in. 2018). Badano również budowę makroskopową drewna oraz określono wiek reliktowych sosen (Niedzielska, Całka 1998; Niedzielska i in. 2001), natomiast badania dendrochronologiczne były prowadzone w szerszym kontekście (Feliksik, Wilczyński 2001; Wilczyński 2003; Wilczyński, Skrzyszewski 2003), podobnie jak badania nad cechami morfologiczno-przyrostowymi Skrzyszewskiego (2001a, b; 2004), który porównał populacje sosny zwyczajnej w Karpatach i Sudetach.



**Fot. 2.** Murawa naskalna z reliktowymi sosnami na grani tuż pod szczytem Sokolicy. Te niepozorne drzewa o wysokości około 5 m i grubości 30 cm są najstarszymi sosnami w Polsce – wiek najstarszej z nich przekracza 575 lat (fot. J. Bodziarczyk)

**Photo 2.** Rock grassland overgrown with small pines at Sokolica ridge. These small inconspicuous-looking trees of approximately 5 m height and 30 cm thickness are the oldest pines in Poland – oldest tree is more than 575 years-old (photo by J. Bodziarczyk)

Celem pracy jest charakterystyka sosny zwyczajnej w zbiorowiskach leśnych Pienińskiego Parku Narodowego, a zwłaszcza przybliżenie wyjątkowo rzadkich w Polsce zbiorowisk z udziałem reliktywnej sosny, której pojedyncze osobniki należą do najstarszych w Polsce (Fot. 2), osiągając wiek ponad 575 lat (Niedzielska 2001).

Reliktowe laski sosnowe porastające niedostępne grzbiety skalne, mimo niewielkiej powierzchni jaką zajmują, są osobliwym elementem szaty roślinnej i krajobrazu Pienin, nadając im specyficzny rys.

#### MATERIAŁ I METODY

W pierwszej części opracowania przedstawiono rozmieszczenie sosny, warunki występowania oraz jej udział w drzewostanach i zbiorowiskach roślinnych Pienińskiego



Parku Narodowego. Natomiast w drugiej części skoncentrowano się na reliktowych laskach sosnowych, którym poświęcono znaczną część pracy.

W celu przedstawienia roli sosny zwyczajnej w środowisku przyrodniczym Pienin, sięgnięto do bazy pomiarów drzewostanowych (Archiwum PPN) oraz bazy zdjęć fitosocjologicznych wykonanych w 2012 roku na sieci stałych powierzchni badawczych (Bodziarczyk i in. 2016). Zarówno szczegółowe pomiary drzewostanowe, jak i zdjęcia fitosocjologiczne, wykonane zostały na tej samej sieci stałych powierzchni badawczych rozmieszczonych systematycznie w więźbie 220 × 220 m. Drzewostan został pomierzony na powierzchniach 5-arowych, natomiast zdjęcia fitosocjologiczne wykonano według klasycznej metody Braun-Blanqueta (Braun-Blanquet 1964) na powierzchniach 1-arowych.

Z całego zbioru danych, obejmującego 373 zdjęć fitosocjologicznych, do analiz wybrano 24 zdjęcia z sieci, w których zanotowano obecność sosny zwyczajnej. Do zbioru włączono także 2 zdjęcia fitosocjologiczne, które wykonano poza siecią stałych powierzchni badawczych w płatach znanych od kilkudziesięciu lat (Pancer-Kotejowa 1973; Bodziarczyk, Pancer-Koteja 2004). Zdjęcia fitosocjologiczne sklasyfikowano metodami numerycznymi, opartymi na analizie skupień (cluster analysis) z wykorzystaniem metod SAHN (Sneath, Sokal 1973). Współczynniki podobieństwa policzono wzorem Jaccarda dla danych binarnych oraz według zmodyfikowanej formuły Marczewskiego i Steinhausa dla danych ilościowych. Grupowanie zdjęć przeprowadzono metodą średniej nieważonej pary – grupy (Dzwonko 1977). Więcej szczegółów metodycznych zawiera odrębne opracowanie autorstwa Różańskiego i Pancer-Kotejowej (2004) poświęcone różnicowaniu roślinności PPN.

## WYNIKI

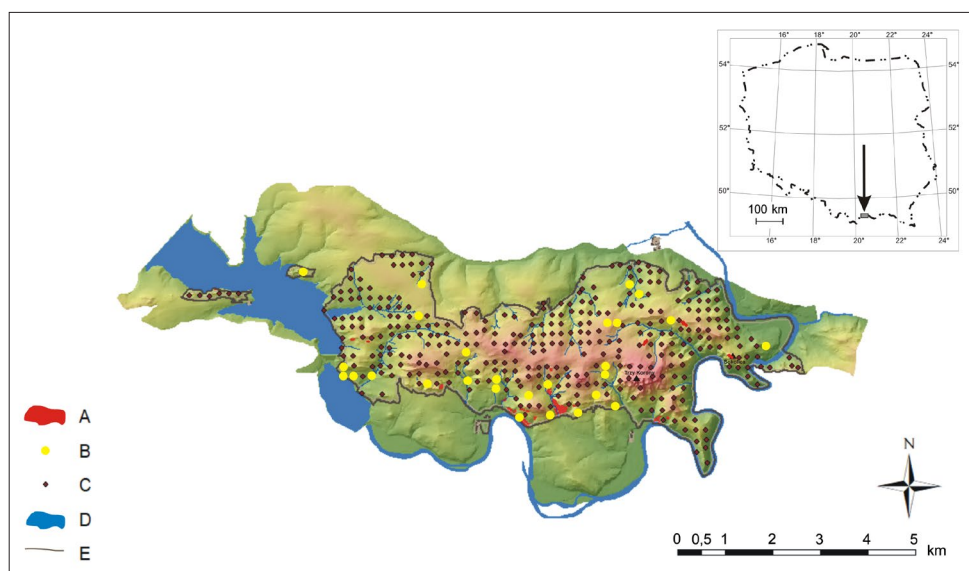
### *Rozmieszczenie sosny zwyczajnej w Pienińskim Parku Narodowym oraz jej udział w drzewostanach*

Opierając się na danych fitosocjologicznych, zebranych z sieci regularnie rozmieszczonych stałych powierzchni badawczych oraz własnych obserwacji, określono zasięg występowania sosny zwyczajnej w Pienińskim Parku Narodowym. Z analizy wynika, że gatunek ten występuje na obszarze całego Parku ale nierównomiernie. Zajmuje na ogół niższe położone stanowiska w strefie wysokości od 500 do 740 m n.p.m., poza siecią stałych powierzchni sięga od 430 do 945 m n.p.m. Zbocza porastające przez sosnę eksponowane są głównie na południe (Ryc. 1), o zróżnicowanym nachyleniu od 5 do 40° (średnia 21°).

Drzewostany z większym niż 25% zwarciem sosny zwyczajnej na obszarze Parku są rzadkie. Spośród 373 stałych powierzchni badawczych obecność sosny zwyczajnej stwierdzono tylko na 26 (frekwencja wyniosła zatem zaledwie 7%), ale tylko na 15 powierzchniach jej pokrycie wyniosło co najmniej 2 stopień ilościowości w skali Braun-Blanqueta. Sosna w większych skupiskach koncentruje się w Pieninach Zachodnich, głównie na zboczach Podskalniej Góry, Gołej Góry i Macelowej po Rabsztyn,

w rejonie Flaków i na Upszarze. W Pieninach Centralnych sosna zwyczajna notowana była na sieci stałych powierzchni tylko na Długim Groniku nad Krasem, na południowych zboczach Pienińskiego Potoku oraz na stokach Łonnego Potoku i Bańkowego Gronika (Ryc. 1).

Drzewostany pienińskie z udziałem sosny zwyczajnej są na ogół dwuwarstwowe, słabo zwarte, ze średnią wartością nie przekraczającą  $60\% \pm 17,90$  (min. 30, max. 90). Sosna zajmuje w drzewostanie wyłącznie najwyższą warstwę. Tylko na dwóch powierzchniach osiąga zwarcie powyżej 50% (w skali Braun-Blanqueta stopień ilościowości 4), ale na ogół nie przekracza 25%. Na sieci stałych powierzchni badawczych pokrywających cały Park, nie stwierdzono sosny zwyczajnej w warstwie podrostu i podszytu, a odnowienie zidentyfikowano tylko na jednej powierzchni w liczbie kilku osobników. Sosna w drzewostanach pienińskich współwystępuje z 16 gatunkami drzew i 19 gatunkami krzewów. W warstwie drzew z sosną współdominuje świerk pospolity (65% frekwencja) i jodła (62%), rzadziej buk (31%) i jawor (23%). W płatach zbiorowisk z udziałem sosny zwyczajnej wykazano ponadto 134 gatunki roślin naczyniowych, które reprezentują prawie wszystkie jednostki syntaksonomiczne zbiorowisk



**Ryc. 1.** Rozmieszczenie sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* na obszarze Pienińskiego Parku Narodowego.

Objaśnienia: A – płaty relikwicznych lasów sosnowych; B – powierzchnie badawcze, na których stwierdzono obecność sosny zwyczajnej; C – pozostałe powierzchnie badawcze bez udziału sosny zwyczajnej; D – rzeki, potoki i zalewy; E – granica Parku

**Fig. 1.** Distribution of *Pinus sylvestris* in Pieniny National Park.

Description: A – patches of relic pine woods; B – monitoring areas where *Pinus sylvestris* were observed; C – other monitoring areas without *Pinus sylvestris*; D – rivers, streams and reservoirs; E – border of Pieniny NP





**Fot. 3.** Strome ściany skalne eksponowane na południe stwarzają korzystne warunki dla rozwoju reliktowych lasków sosnowych z udziałem gatunków typowych dla murawy naskalnej (fot. M. Majerczak)

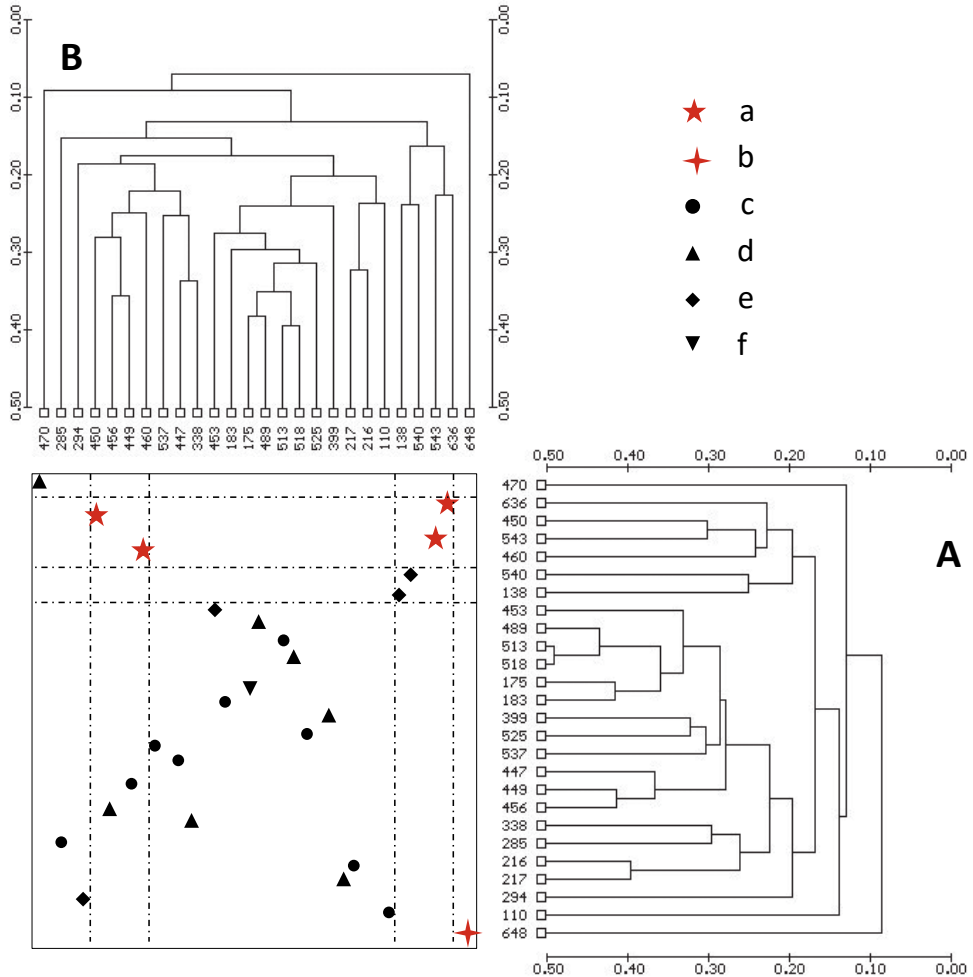
**Photo 3.** Steep and dry south-facing slopes are suitable habitats for small pine woods with undergrowth consisting of species characteristic for xerothermic rocky grassland (photo by M. Majerczak)

leśnych Pienin, od typowych siedlisk eutroficznych, mezotroficznych i oligotroficznych, po ciepłolubne. Wiele z tych gatunków to gatunki typowe dla zbiorowisk zaroślowych i ziołoroślowych, a nawet zbiorowisk muraw naskalnych. Te ostatnie wyróżniają fitocenozy przywiązane do specyficznych układów topograficznych – grani i grzbietów skalnych – uprzywilejowanych pod względem termicznym, określane jako reliktowe laski sosnowe (Fot. 3).

#### *Sosna zwyczajna w zbiorowiskach leśnych Pienińskiego Parku Narodowego*

W oparciu o analizę jakościową i ilościową 26 zdjęć fitosocjologicznych z udziałem sosny zwyczajnej, wyodrębniono kilka grup, chociaż niezbyt wyraźnych (Ryc. 2). Najbardziej zwartą grupę, odstającą od innych, tworzą 4 zdjęcia (nr 450, 460, 543 i 636) z wyłączną dominacją sosny zwyczajnej, udziałem gatunków ciepłolubnych oraz typowych gatunków muraw naskalnych. Grupa ta została zaliczona do reliktowych lasków sosnowych, związku *Erico-Pinion* i reprezentuje zbiorowisko *Pinus sylvestris-Carex alba*. Największe podobieństwo tych fitocenoz zaznacza się według cech jakościowych (0,1), natomiast wyraźnie odstaje od nich zdjęcie nr 648 reprezentujące zbiorowisko *Pinus sylvestris-Calamagrostis varia* (Ryc. 2). Zbiorowiskom tym poświęcono znacznie więcej uwagi w dalszej części pracy.

Najbliższe tej grupie pod względem cech jakościowych dwa zdjęcia (nr 138 i 540) reprezentują ciepłolubne buczyny ze związku *Cephalanthero-Fagenion sylvaticae*.



**Ryc. 2.** Klasyfikacja i diagram rozproszenia zdjęć fitosocjologicznych wykonanych w zbiorowiskach leśnych Pienińskiego Parku Narodowego z udziałem sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris*. Dendrogramy skonstruowano na podstawie danych: A – jakościowych (0,1); B – ilościowych (stopnie ilościowości Braun-Blanqueta: r/+, 1, 2, 3, 4, 5 przeliczono odpowiednio na: 1, 2, 3, 5, 7, 9).

Objaśniona: a – zbiorowisko *Pinus sylvestris-Carex alba*, b – zbiorowisko *Pinus sylvestris-Calamagrostis varia*, c – zbiorowiska ze związku *Fagion sylvaticae*, d – zbiorowiska z rzędu *Fagetalia sylvaticae*, e – zbiorowiska ze związku *Cephalanthero-Fagenion*, f – zespół *Dryopterido dilatatae-Abietum*

**Fig. 2.** Classification and dispersion diagram of phytosociological relevés in forest communities with *Pinus sylvestris* of Pieniny National Park. Dendrograms were based on: A – qualitative data (0,1); B – quantitative data (Braun-Blanquet's degrees of abundance: r/+, 1, 2, 3, 4, 5 recalculated as: 1, 2, 3, 5, 7, 9, respectively).

Description: a – community *Pinus sylvestris-Carex alba*, b – community *Pinus sylvestris-Calamagrostis varia*, c – communities from alliance *Fagion sylvaticae*, d – communities from order *Fagetalia sylvaticae*, e – communities from alliance *Cephalanthero-Fagenion*, f – *Dryopterido dilatatae-Abietum* association

Fitocenozy te nie budzą wątpliwości co do ich przynależności syntaksonomicznej, ale wykazują silne zniekształcenie. Cechują się słabym zwarcie drzewostanów (średnia 46%), natomiast warstwa krzewów reprezentuje typowe elementy ciepłolubne i jest bujna (średnie zwarcie 44%), a runo dość ubogie i słabo pokrywa dno lasu (56%).

Najliczniejszą i najbardziej zróżnicowaną pod względem podobieństwa grupę tworzy 19 zdjęć rozproszonych, które ze względu na brak gatunków charakterystycznych i wyróżniających zaliczono do wyższych jednostek syntaksonomicznych, związku *Fagion sylvaticae* i *Cephalanthero-Fagenion* lub rzędu *Fagetalia sylvaticae*. W grupie tej oprócz sosny zwyczajnej, we wszystkich warstwach drzew pojawia się jodła pospolita i świerk pospolity, a w runie jeżyna gruczołowata i malina właściwa. O ile udział jodły w Pieninach jest wskaźnikiem naturalności zbiorowisk, to obecność sosny i świerka świadczy o ich wtórnym charakterze lub silnym zniekształceniu w przeszłości, podobnie jak obecność jeżyny gruczołowatej i maliny właściwej. W zbiorze tym znalazło się także jedno zdjęcie reprezentujące rzadkie w Pieninach zbiorowiska acydofilne, z podzwiązku *Galio-Abietenion*. Fitocenoza ta (nr 175) charakteryzuje się dwuwarstwową budową, w którym zdecydowanie dominuje jodła pospolita we wszystkich warstwach. W ubogim runie zaznaczają swoją obecność gatunki borowe, jak borówka czernica *Vaccinium myrtillus*, przetacznik leśny *Veronica officinalis*, nerecznica szerokolistna *Dryopteris dilatata* i nerecznica krótkoostna *Dryopteris carthusiana*, jarząb pospolity *Sorbus aucuparia* i konwalijka dwulistna *Convallaria majalis*. Zbiorowisko to zidentyfikowano jako zespół *Dryopterido dilatatae-Abietetum*. Syntakson ten po raz pierwszy opisany został z Pienin przez Różańskiego i Holeksę (2004).

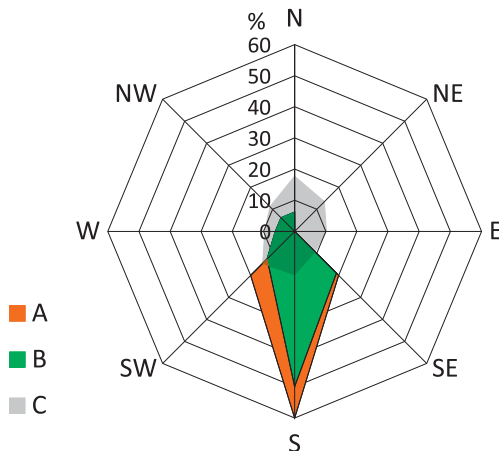
Analizując skład gatunkowy zbiorowisk leśnych z udziałem sosny zwyczajnej w Pienińskim Parku Narodowym tylko reliktowe laski sosnowe wykazują dużą jednorodność gatunkową, chociaż i one są wewnętrznie zróżnicowane. Pozostałe zbiorowiska mają charakter fragmentaryczny lub przejściowy.

### *Reliktowe laski sosnowe jako główny obiekt badań*

#### Warunki występowania

Reliktowe laski sosnowe tworzą najczęściej niewielkie izolowane skupiska sosen, przywiązane do szczytów lub grani wapiennych skał. Często zajmują strome urwiste, niedostępne ściany skalne, wyłącznie eksponowane na południe, podczas gdy inne zbiorowiska z udziałem sosny zwyczajnej wykazują szersze spektrum, spotykane są również na innych ekspozycjach (Ryc. 3). Bezpośrednie promieniowanie słoneczne w reliktowych laskach sosnowych jest zdecydowanie wyższe niż w innych zbiorowiskach z udziałem sosny. Wartość średnia wynosi 131,1% (min. 128,7%, maks. 134,5%), podczas gdy w innych zbiorowiskach z udziałem sosny, średnia wartość wynosi 115,6% (min. 99,8%, maks. 131,8%). Reliktowe laski sosnowe często zajmują także trudno dostępne półki skalne. Tworzą jakby archipeląg rozproszonych wysp siedliskowych na tle szaty roślinnej Pienin.

Siedliska te wyróżniają się wyjątkowo ciepłym i suchym mikroklimatem. Pojedynczo rosnące sosny tworzą luźną ażurową strukturę koron, których zwarcie wynosi



**Ryc. 3.** Zależność występowania reliktowych lasów sosnowych (B) i innych zbiorowisk leśnych z udziałem sosny zwyczajnej (A) od ekspozycji, w odniesieniu do wszystkich pozostałych ekspozycji w Pienińskim Parku Narodowym (C)

**Fig. 3.** Relationship between presence of relic pine woods (B) and other forest associations in which *Pinus sylvestris* is present (A) and orientation of slope, compared to other exposures in Pieniny National Park (C)

średnio 50% (min. 40, maks. 70); podrost i podszyt jest również słabo zwarty, osiągając średnio 52%. Do najniższej warstwy dociera sporo słońca, a ściany wapienne mocno nagrzewają się, stwarzając uprzywilejowane warunki dla roślin wybitnie ciepłolubnych.

Gleby, na których rozwijają się reliktowe sośniny w Pieniach są płytkie, szkieletowe z warstwą słabo rozkładającej się próchnicy i cechują się stosunkowo niską aktywnością biologiczną (Fot. 4). Zaznacza się pewne zróżnicowanie edaficzne w fitocenozach z udziałem trzcinnika pstrego *Calamagrostis varia* i turzycy białej *Carex alba*.

Pierwsze zbiorowisko rozwija się głównie na rędzinie brunatnej z próchnicą typu *mor* i na utworach gliniasto-kamienistych, gdzie podłożem jest skała wapienna. Natomiast płaty z dominacją turzycy białej rozwijają się głównie na pararendzinach z próchnicą *mor/moder* na glinach ciężkich, ilastych, gdzie podłoże stanowią łupki ilasto-margliste. Odczyn gleby w górnych warstwach jest obojętny, a już kilka cm poniżej zasadowy i waha się w płatach z trzcinnikiem pstrym od 6,6 w poziomie  $A_h$  do 7,1 w poziomie  $A_1$  i 7,7 na głębokości 20–30 cm. Z kolei w fitocenozach z turzycą białą odczyn waha się od pH 6,3 w poziomie  $A_1$  przy czym osiąga 7,6 na głębokości 20–30 cm (Pancer-Kotejowa 1973). Generalnie gleby te, zwłaszcza w górnych warstwach, wyróżniają się słabą aktywnością mikrobiologiczną ze względu na zalegającą warstwę butwiny. Szerszą charakterystykę i więcej szczegółów cech fizyczno-chemicznych gleb reliktowych lasów sosnowych zawarli w swoim rozdziale Zaleski i in. (2021).

#### Charakterystyka fitosocjologiczna i florystyczna

Pienińskie reliktowe lasy sosnowe, mimo iż zajmują niewielkie powierzchniowo płaty, często zaledwie o powierzchni kilkuset merów kwadratowych, dobrze wyróżniają się



fizjonomicznie spośród innych zbiorowisk roślinnych, w tym także od innych zbiorowisk z udziałem sosny zwyczajnej. Florystycznie jest to zbiorowisko bogate gatunkowo. Na 100 m<sup>2</sup> średnio występuje 37,6 gatunków (maks. 45, min. 24), podczas gdy w innych zbiorowiskach z udziałem sosny zwyczajnej, średnia liczba gatunków wynosi 31 (maks. 44, min. 21). Zasadnicza różnica polega jednak na znacznym udziale w reliktowych laskach gatunków typowych dla ciepłolubnych buczyn *Carici-Fagetum* i typowych dla murawy naskalnej z klasy *Festuco-Brometea* i *Seslerietea varia* (Ryc. 4).

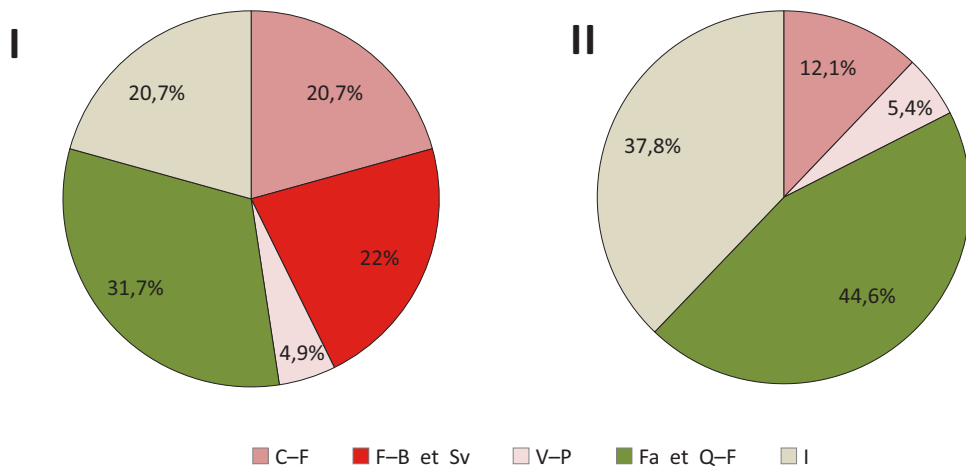
Gatunki ciepłolubnych buczyn są częste w laskach reliktowych i wykazują prawie dwukrotnie wyższy udział niż w pozostałych zbiorowiskach z udziałem sosny zwyczajnej, natomiast gatunki typowe dla murawy naskalnej osiągają aż 22% udziału i występują w zbiorowiskach leśnych tylko w laskach reliktowych. Z kolei gatunki typowe dla zbiorowisk eutroficznych i mezotroficznych, które przenikają z otoczenia do lasków reliktowych są zdecydowanie mniej liczne, a udział ich jest znacznie mniejszy niż w innych zbiorowiskach z udziałem sosny zwyczajnej.

Reliktowe laski sosnowe w Pieninach wykazują wewnętrzne zróżnicowanie florystyczne. Jako pierwsza zwróciła na to uwagę Pancer-Kotejowa (1973), wyróżniając w ich obrębie dwa zbiorowiska: naskalne laski sosnowe *Pinus sylvestris-Calamagrostis varia* i kserotermiczne laski sosnowe *Pinus sylvestris-Carex alba*. Podział ten, opisany sprzed ponad 50 laty, pomimo znacznego rozszerzenia i uzupełnienia badań nad szatą roślinną Pienin w okresie późniejszym, wciąż pozostaje aktualny (Bodziarczyk, Pancer-Koteja 2004).



**Fot. 4.** Ekstremalne warunki wzrostu na płytkiej i silnie szkieletowej glebie są bezpośrednią przyczyną bardzo wolnego wzrostu sosny reliktovej (fot. M. Majerczak)

**Photo 4.** Severe conditions of bare rocks, very weakly developed soils characterized by shallow unconsolidated parent material are direct cause of very slow growth of relic pines (photo by M. Majerczak)



**Ryc. 4.** Udział gatunków charakterystycznych i wyróżniających różne jednostki syntaksonomiczne w fitocenozach reliktowych lasów sosnowych (I) oraz w pozostałych fitocenozach z udziałem sosny zwyczajnej (II) w Pienińskim Parku Narodowym. Uwzględniono tylko gatunki runa leśnego.

Objaśnienia: C-F – ciepłolubne buczyny ze związku *Cephalanthero-Fagenion*, F-B et Sv – ciepłolubne nawapienne murawy z klasy *Festuco-Brometea* i *Seslerietea varia*, Fa et Q-F – mezo- i eutroficzne lasy liściaste z rzędu *Fagetalia sylvaticae* i klasy *Quercu-Fagetea*, I – inne (gatunki o nieokreślonej pozycji syntaksonomicznej)

**Fig. 4.** Share of species characteristic for various syntaxonomic units in relic pine woods (I) and in other phytocenosis with *Pinus sylvestris* (II) in Pieniny National Park. Only undergrowth species are included.

Description: C-F – thermophilous fir-beech forests of *Cephalanthero-Fagenion* associations, F-B et Sv – thermophilous rock grasslands from class *Festuco-Brometea* and *Seslerietea varia*, Fa et Q-F – meso- and eutrophic deciduous forests from the order *Fagetalia sylvaticae* and class *Quercu-Fagetea*, I – other (species with unspecified syntacsonomic position)

Zbiorowisko: naskalne laski sosnowe *Pinus sylvestris-Calamagrostis varia*  
PANC.-KOT. 1973

Zbiorowisko rozwija się na półkach i ścianach skalnych, na płytkiej glebie i podłożu bogatym w węglan wapnia. Najlepiej zachowane płaty występują w Pieninach Centralnych – na Czerwonych Skałkach oraz na Czerteziku i na Sokolicy (Fot. 5). Niewielkie płaty zajmują też grań Zamkowej Góry oraz Białych Skał. Są to małe powierzchnie od kilkudziesięciu do kilkuset metrów kwadratowych. Luźny drzewostan tworzy wyłącznie sosna zwyczajna o specyficznym karłowatym pokroju – powykręcany pniu, nisko osadzonej koronie i nieregularnej architekturze. Drzewa osiągają wysokość zaledwie kilku metrów i pierśnicę od kilkunastu do kilkudziesięciu centymetrów. Zbiorowisko to wyróżnia przede wszystkim duży udział w runie gatunków typowych dla muraw naskalnych, takich jak sesleria skalna *Sesleria varia*, aster alpejski *Aster alpinus*, smagliczka skalna *Alyssum saxatile*, oset siny *Carduus glaucus*, brodawnik szary *Leontodon incanus*, oleśnik górski *Libanotis pyrenaica*,



**Fot. 5.** Jeden z najlepiej zachowanych płatów zbiorowiska *Pinus sylvestris-Calamagrostis varia* na Czerwonych Skałach pod Czertezikiem (fot. J. Bodziarczyk)

**Photo 5.** One of best preserved patches of *Pinus sylvestris-Calamagrostis varia* in Czerwone Skały at bottom of Czertezik (photo by J. Bodziarczyk)

ożanka górską *Teucrium montanum*, skalnica gronkowa *Saxifraga paniculata*, krzyżownica gorzka górską *Polygala amara* subsp. *brachyptera*, kostrzewa błada *Festuca pallens* czy rojownik włochaty *Jovibarba hirta*. Gatunki te występują z wysoką frekwencją i wyłącznie w lasach sosnowych, wyróżniających się udziałem trzcinnika pstrego *Calamagrostis varia*.

Sporą grupę stanowią też gatunki typowo leśne, związane z ciepłolubnymi buczynami ze związku *Cephalanthero-Fagenion*, które przenikają z bezpośredniego otoczenia. Spośród nich na uwagę zasługują obficie występujące: okryzn szerokolistny *Laserpitium latifolium* i ciemiężyk biało kwiatowy *Vincetoxicum hirundinaria*, oraz mniej obficie ale z większym stopniem stałości: przewiercień sierpowaty *Bupleurum falcatum*, cieciora pstra *Coronilla varia*, czyścica storzyszek *Clinopodium vulgare*, kokoryczka wonna *Polygonatum odoratum* i buławnik mieczolistny *Cephalanthera longifolia*. Zbiorowisko to jest bogate florystycznie, w płacie na Czerwonych Skałkach w sumie zanotowano 43 gatunki roślin naczyniowych.

Zbiorowisko: kserotermiczne lasy sosnowe *Pinus sylvestris-Carex alba*  
PANC.-KOT. 1973

Fizjonomia tego zbiorowiska przypomina typowe zbiorowisko leśne z udziałem sosny. Główny gatunek – sosna zwyczajna, wykształca bardziej zwarty drzewostan, a pojedyncze drzewa przybierają kształt smukły z typową architekturą korony dla tego gatunku. Warstwa krzewów jest obfita a jej zwarcie przekracza 60%. Zbiorowisko to występuje przede wszystkim na podłożu marglistym i spotykane jest w Pieninach





**Fot. 6.** Duże płyty reliktowych lasków sosnowych określanych jako zbiorowisko *Pinus sylvestris-Carex alba* zachowały się na grani Macelowej Góry (fot. J. Bodziarczyk)

**Photo 6.** Large patches of relic pine woods described as *Pinus sylvestris-Carex alba* association preserved at Macelowa Góra ridge (photo by J. Bodziarczyk)

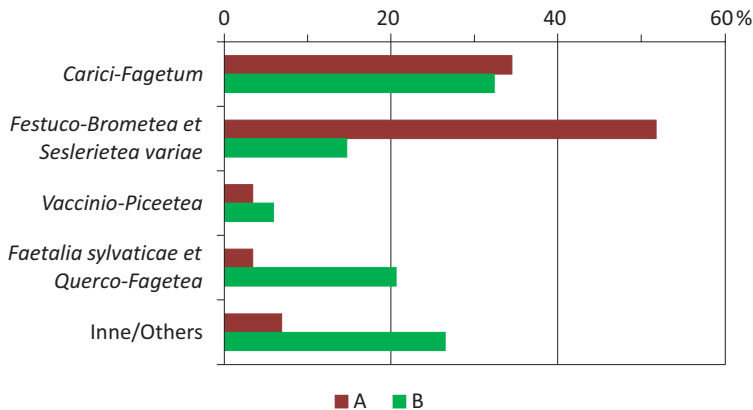
Zachodnich, głównie na grani skalnej Macelowej Góry, Gołej Góry i na Upszarze (Fot. 6).

W porównaniu z naskalnymi laskami sosnowymi, zbiorowisko to wyróżnia przede wszystkim duży udział gatunków leśnych i zdecydowanie mniejszy (aż trzykrotnie) udział gatunków naskalnych z klasy *Festuco-Brometea* oraz z klasy *Seslerieta variaae*. Z grupy tej obficie występuje kłosownica pierzasta *Brachypodium pinnatum*, której w naskalnych laskach sosnowych w ogóle nie stwierdzono. Pomimo iż udział gatunków typowych dla ciepłolubnych buczyn *Cephalthero-Fagion* jest zbliżony w obu zbiorowiskach, co wynika z bezpośredniego ich sąsiedztwa, to w fitocenozach kserotermicznych lasków bardzo wyraźnie zaznacza swój udział grupa gatunków charakterystycznych dla zbiorowisk eutroficznych i mezotroficznych z *Fagetalia sylvaticae* i *Quercu-Fagetea*. Szczegóły przedstawiono na rycinie 5.

## DYSKUSJA

Zbiorowiska reliktowych lasków sosnowych jako pierwszy w Polsce opisał Kulczyński (1928), kartując szatę roślinną Pienin (Fot. 7). Nieco później Zajączkowski (1936a, b), powołując się na pracę Kulczyńskiego (1928), zwrócił uwagę na sosny rosnące na niedostępnych szczytach skał wapiennych w Tatrach, natomiast Walas (1936), badając roślinność Skalic Nowotarskich apelował o ich ochronę w przełomie Białki (Fot. 8).

Kulczyński, pomimo iż zbiorowisko to nazwał wówczas *Varietum pinetosum*, to nie ulega wątpliwości, że chodzi o tę samą kombinację gatunków z dominującą



**Ryc. 5.** Wewnętrzne zróżnicowanie reliktowych lasków sosnowych w Pienińskim Parku Narodowym określone na podstawie udziału gatunków reprezentujących różne grupy syntaksonomiczne.

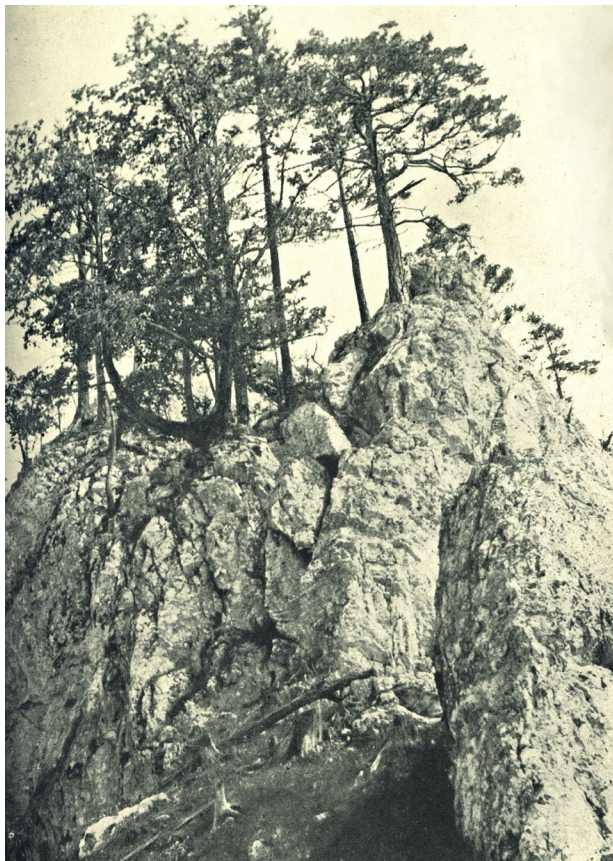
Objaśnienia: A – naskalne laski sosnowe *Pinus sylvestris-Calamagrostis varia*, B – kserotermiczne laski sosnowe *Pinus sylvestris-Carex alba*

**Fig. 5.** Diversity among relic pine woods in Pieniny National Park determined on basis of participation of species representing various syntaxonomic groups.

Description: A – rock pine woods *Pinus sylvestris-Calamagrostis varia*, B – xerothermic pine woods *Pinus sylvestris-Carex alba*

sosną zwyczajną w warstwie drzew oraz seslerią skalną *Sesleria varia* i trzcinnikiem pstrym *Calamagrostis varia* w runie, które 45 lat później szczegółowo opisała Pancer-Kotejowa (1973). Kulczyński (1928) wyróżnił wówczas trzy odmiany zespołu, ściśle związane z różnymi regionami Pienin: *Varietum pinetosum coronense* z Okrąglicy w Masywie Trzech Koron, *Varietum pinetosum pieninicum*, występująca na Czerwonych Skakach, Czerteziku, Czertezie, Sokolicy, Hukowej Skale oraz Zamkowej Górze, a także *Varietum pinetosum czorsztyńskie* na graniach wychodni skalnych między Czorsztynem a Niedzicą. Kulczyński (1928) zaliczył je wówczas do zbiorowisk naskalnych, co wydaje się uzasadnione szczególnie w odniesieniu do pierwszej z wymienionych odmian, ponieważ udział sosny zwyczajnej był w niej znikomy. Natomiast fitocenozы zaliczone do trzeciej odmiany uznał za wykształcone fragmentarycznie.

Z kolei Pancer-Kotejowa (1973) jako pierwsza, charakteryzując zbiorowiska leśne Pienińskiego Parku Narodowego, to rzadkie zbiorowisko z udziałem sosny porównała z analogicznymi zbiorowiskami z gór Europy południowej – głównie Alp, ale także z Jury Szwabskiej i Jury Frankońskiej, Wyżyny Bawarskiej oraz Karpat słowackich. Według Pancer-Kotejowej (1973) pienińskie reliktowe laski sosnowe nawiązują w fizjonomii do lasków alpejsko-dynarskich i ich podobieństwo ekologiczne nie budzi wątpliwości, chociaż florystycznie zaznacza się wyraźne ubóstwo gatunkowe w laskach pienińskich. Nie bez powodu nazwano je jako skrajnie zubożałe postacie kresowe, oderwane od zasięgu ciągłego (Matuszkiewicz 2013). Brak gatunków acydofilnych i znaczny udział gatunków typowych dla ciepłolubnych buczyn był jednym z powodów budzących wątpliwości co do ich pozycji syntaksonomicznej i ich przynależności



**Fot. 7.** Reliktowe sosny porastające szczyty skał wapiennych w Pieninach, repr. fot. K. Domin, lata 30. XX w.

**Photo 7.** Relic pine woods at limestone cliffs in Pieniny, reproduction of photograph taken by K. Domin, in 30s of 20<sup>th</sup> century

do związku *Erico-Pinion*. Kwestia ta wciąż jest problematyczna i nadal pozostaje przedmiotem szerszej dyskusji (Zupančič 2007). Pienińskie reliktywne lasy sosnowe w odniesieniu do płatów występujących w Alpach i Górach Dynarskich, czy nawet w Karpatach słowackich, wyróżniają się przede wszystkim zdecydowanie mniejszą liczbą gatunków charakterystycznych i wyróżniających (Ryc. 6).

Pieniny stanowią najbardziej na północ wysunięte stanowiska tego typu zbiorowisk, więc fragmentarycznie ukształtowany skład gatunkowy ich fitocenoz na stanowiskach brzeżnych nie powinien być zaskoczeniem. Potwierdza natomiast biogeograficzną regułę Browna (Brown i in.1995) o zróżnicowaniu i niejednorodności obfitości gatunków w skali przestrzennej.

Porównując skład gatunkowy fitocenoz sosnowych lasów pienińskich w okresie ostatnich 80 lat, zaznacza się wyraźna regresja bogactwa gatunkowego. Od badań Kulczyńskiego do czasów obecnych nastąpił wyraźny spadek liczby gatunków. Płaty

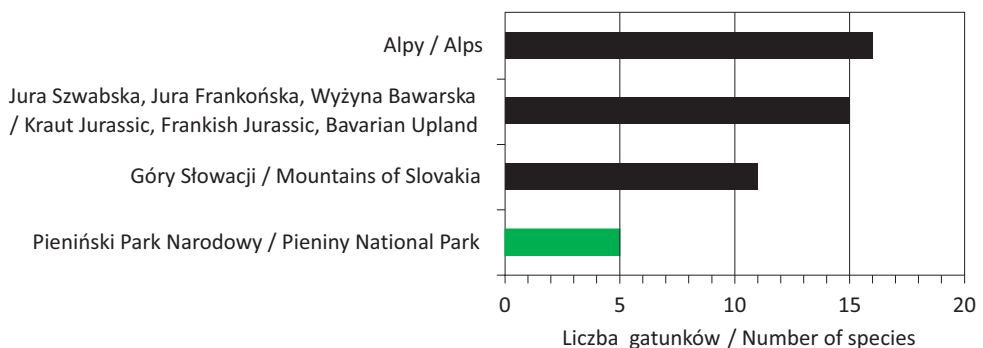




**Fot. 8.** Poza Pienińskim Parkiem Narodowym dobrze zachowane płaty reliktowych lasków sosnowych zachowały się w Przełomie Białki (fot. M. Szajowski)

**Photo 8.** Well-preserved patches of relic small pine woods are also maintained outside area of Pieniny National Park, in gorge of Białka River (photo by M. Szajowski)

typowe w Pieninach, najlepiej wykształcone w Pieninkach – na grani Czertezika, na półce skalnej Czerwonych Skał i na szczycie Sokolicy – opisywane przez Kulczyńskiego (1928), tworzyły kombinację 93 gatunków roślin naczyniowych, podczas gdy prawie 50 lat później, te same płaty opisane przez Panczer-Kotejową, liczyły średnio 45 gatunków (min. 32, maks. 58), natomiast w okresie kolejnych 30 lat średnia liczba gatunków w płatach spadła do 35 (min. 24, maks. 45). Poza spadkiem liczby



**Ryc. 6.** Porównanie liczby gatunków charakterystycznych i wyróżniających reliktowe laski sosnowe ze związku *Erico-Pinion* w różnych regionach geograficznych Europy (za: Panczer-Kotejowa 1973, zmodyfikowane)

**Fig. 6.** Comparison of number of species characteristic for relic pine woods from *Erico-Pinion* association in various geographical regions of Europe (as cited in Panczer-Kotejowa 1973, modified)

gatunków zaznaczył się również spadek ich obfitości, zwłaszcza gatunków diagnostycznych, między innymi turzycy białej i trzcinnika pstrego (Bodziarczyk, Pancer-Kotejowa 2004).

Skutkiem zachodzących zmian w Pieninach, od utworzenia Parku Narodowego, jest niezaprzeczalny wzrost zwarcia drzewostanów fitocenozy leśnych, a tym samym zacielenia dna lasu, zwłaszcza poprzez wzrost udziału buka (Dziwowski 1988; Różański, Bodziarczyk 1995; Wróbel, Zarzycki 2010; Pancer-Koteja 2012). Reliktowe laski sosnowe mimo swojej niedostępności, zajmują niewielkie powierzchnie na wychodniach lub ścianach skalnych w bezpośrednim otoczeniu buczyn, są więc narażone na konkurencję ze strony otaczających drzewostanów poprzez ich boczne ocienienie. Procesy te mogą zachodzić znacznie wolniej niż w przypadku innych zbiorowisk roślinnych, zwłaszcza nieleśnych, które poddane są naturalnym procesom wtórnej sukcesji (m.in. Bodziarczyk i in. 1999; Bodziarczyk, Drajewicz 2007; Zarzycki, Wróbel 2012).

Przyszłość pienińskich reliktowych lasków sosnowych, mimo iż zajmują zaledwie 0,2% powierzchni Parku, nie wydaje się być bezpośrednio zagrożona, ale ich los jest niepewny, na co zwrócił uwagę przed pół wieku Zarzycki (1976). Porównując stanowiska opisane przez Kulczyńskiego (1928) z opisami późniejszymi (Pancer-Kotejowa 1973; Bodziarczyk, Pancer-Koteja 2004), część stanowisk została bezpowrotnie utracona lub zmniejszyła swoją powierzchnię na skutek zmian zarówno antropogenicznych jak i naturalnych, ale zauważone zostały też stanowiska nowe, na przykład na Macełowej Górze, o których Kulczyński (1928) w ogóle nie wspomina.

Zważywszy na fakt, że w trakcie niezbyt odległych badań fitosocjologicznych (Pancer-Koteja i in. 2004) wyodrębniono tylko 16 rozproszonych płatów o łącznej powierzchni 5,16 ha (Chečko 2004), przy średniej powierzchni płatu 0,32 ha i najmniejszej 0,06 ha, to los tych ostatnich – najmniejszych płatów – jest nieprzewidywalny, zwłaszcza, że o charakterze zbiorowiska decyduje w tym przypadku nawet obecność pojedynczych osobników sosny. Poważny problem stanowi natomiast brak odnawiania się sosny w reliktowych laskach. O ile w okresie badań przed prawie 50 laty Pancer-Kotejowa (1973) wykazywała obecność sosny w warstwie nalotu i podrostu, to obecnie nie wykazano odnowienia sosny ani w jednym przypadku (Bodziarczyk, Pancer-Koteja 2004). Dotyczy to także stałych powierzchni badawczych z udziałem sosny zwyczajnej (Bodziarczyk i in. 2016), która najczęściej tworzy domieszkę w ciepłolubnych buczynach lub reprezentuje wtórne sośniny, które powstały w okresie po II wojnie światowej jako efekt zalesiania lub odnawiania zrębów na siedliskach lasów bukowo-jodłowych (Zarzycki 1981). Opinie te potwierdza także przeprowadzona analiza numeryczna, według której sosna zwyczajna w Pieninach, poza reliktowymi laskami, nie wykazuje ścisłego przywiązania do zespołów, a tylko do układów przejściowych, reprezentujących wyższe jednostki syntaksonomiczne.

Można przypuszczać, że w przyszłości udział sosny w zbiorowiskach leśnych Pienin będzie systematycznie spadał, jako skutek wypierania jej przez silnie konkurencyjne gatunki liściaste, szczególnie buka pospolitego. Szanse przetrwania sosny pozostaną jedynie na pierwotnych stanowiskach – ścianach i półkach skalnych, na których sosna zdecydowanie wygrywa konkurencję z innymi gatunkami drzew.

## PIŚMIENNICTWO

- Adamczyk B., Greszta J., Olszowski J. 1980. Mapa typów gleb Pienińskiego Parku Narodowego. Skala 1:10 000, [załącznik do:] K. Zarzycki (red.), Przyroda Pienin w obliczu zmian. Studia Naturae, [seria:] Wydawnictwa popularno-naukowe, nr 30, Warszawa–Kraków.
- Adamczyk B., Greszta J., Olszowski J. 1982. Gleby Pienińskiego Parku Narodowego. Ochrona Przyrody, **44**: 317–340.
- Aleksandrowicz Z. (red.) 1989. Ochrona przyrody i krajobrazu Karpat polskich. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa–Kraków, 241 s.
- Birkenmajer K. 1958. Przewodnik geologiczny po pienińskim pasie skałkowym. Cz. I–IV. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa, 350 s.
- Birkenmajer K. 1982. Geologia, [w:] K. Zarzycki (red.), Przyroda Pienin w obliczu zmian. Studia Naturae, [seria:] Wydawnictwa popularno-naukowe, **30**: 32–52.
- Birkenmajer K. (red.) 2017. Geologia Pienin, Monografie Pienińskie, t. 3. Pieniński Park Narodowy, Krościenko n.D., s. 5–66.
- Bodziarczyk J., Drajewicz R. 2007. Dynamika roślinności na opuszczonych polanach Pienińskiego Parku Narodowego. Studia Naturae, **54**, cz. I: 13–46.
- Bodziarczyk J., Pancer-Koteja E. 2004. Naturalne i wtórne sośniny w Pienińskim Parku Narodowym. Studia Naturae, **49**: 123–130.
- Bodziarczyk J., Michalcewicz J., Szwagrzyk J. 1999. Secondary forest succession in abandoned meadows of the Pieniny National Park. Ekologia Polska, **4**(2): 209–223.
- Bodziarczyk J., Pancer-Koteja E., Różański W. 2016. Charakterystyka leśnej szaty roślinnej Pienińskiego Parku Narodowego na podstawie systematyczno-losowej próby danych. Pieniny – Przyroda i Człowiek, **14**: 17–50.
- Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3. Aufl. Springer Verl., Wien, XIV + 865 s.
- Brown J.H., Mehlman D.W., Stevens G.C. 1995. Spatial variation in abundance. Ecology, **76**: 2028–2043.
- Chećko E. 2004. Mapa roślinności Pienińskiego Parku Narodowego w liczbach. Studia Naturae, **49**: 327–348.
- Dominik T. 1961. Badania mikotrofizmu zespołów roślinnych w Parku Narodowym w Pieninach i na Skałce nad Łysą Polaną w Tatrach ze szczególnym uwzględnieniem mikotrofizmu sosny reliktowej. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, **208**: 31–58.
- Dziewolski J. 1980. Statystyczno-matematyczna metoda inwentaryzacji drzewostanów na przykładzie rezerwatu ścisłego w Masywie Trzech Koron w Pieninach w latach 1972 i 1974. Ochrona Przyrody, **43**: 157–187.
- Dziewolski J. 1988. Naturalny rozwój drzewostanów Pienińskiego Parku Narodowego w czasie 51 lat (1938–1987). Ochrona Przyrody, **49**: 111–128.
- Dzwonko Z. 1977. The use of numerical classification in phytosociology – Zastosowanie klasyfikacji numerycznej w fitosocjologii. Fragmenta Floristica et Geobotanica, **23** (3–4): 327–343.
- Fajmonová E. 1971. Príspevok k fytoocenológii vápencových bučín Stredného Považia. Biologia, [seria:] A, **26**(7): 517–523.
- Feliksik E., Wileczyński S. 2001. Charakterystyka dendroklimatologiczna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z terenu Pienin. Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich, **47**: 93–104.



- Grodzińska K. 1975. Flora i roślinność Skalic Nowotarskich i Spiskich (Pieniński Pas Skałkowy). *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, **21**(2): 149–246.
- Grodzińska K., Jasiewicz A., Pancer-Koteja E., Zarzycki K. 1982. Mapa zbiorowisk roślinnych Pienińskiego Parku Narodowego. Skala 1:10 000, [załącznik do:] K. Zarzycki (red.), *Przyroda Pienin w obliczu zmian*. *Studia Naturae*, [seria:] Wydawnictwa popularno-naukowe, nr 30.
- Guzikowa M. 1982. Rośliny synantropijne, [w:] K. Zarzycki (red.), *Przyroda Pienin w obliczu zmian*. *Studia Naturae*, [seria:] Wydawnictwa popularno-naukowe, **30**: 143–149.
- Holub J., Hejny S., Moravec J. 1967. Übersicht der höheren Vegetationseinheiten der Tschechoslowakei. *Register. Rozprawy Ceskoslovenske Akademie Ved*, **77**(3): 1–75.
- Klimaszewski M. 1948. Polskie Karpaty Zachodnie w okresie dyluwialnym. *Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego*, [seria:] B. **7**: 1–234.
- Klimaszewski M., Starkel L. 1972. Karpaty Polskie, [w:] M. Klimaszewski (red.), *Geomorfologia Polski*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Kostrakiewicz L. 1982. Klimat, [w:] K. Zarzycki (red.), *Przyroda Pienin w obliczu zmian*. *Studia Naturae*, [seria:] Wydawnictwa popularno-naukowe, **30**: 53–69.
- Kulczyński S. 1928. Die Pflanzenassoziationen der Pienninen. *Bulletin de L'Academie Polonaise des Sciences*, [seria:] B, **2**[1927]: 57–203.
- Łabiszak B., Lewandowska-Wosik A., Pawlaczyk E.M., Urbaniak L. 2017. Variability of morphological traits of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) among populations from mountain and lowland regions of Poland. *Folia Forestalia Polonica* [seria:] Forestry, **59**(2): 134–145.
- Łysak S. 1974. Sosna, [w:] S. Myczkowski (red.), *Rodzime drzewa Tatr. Część pierwsza*. *Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej*, **3**: 87–101.
- Matuszkiewicz W. 2013. *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 537 s.
- Miłkowska A. 1978. Sezonowe zmiany aktywności mikrobiologicznej gleb ważniejszych zbiorowisk roślinnych Pienińskiego Parku Narodowego. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, **24**(2): 309–316.
- Michalko J. 1987. *Geobotanical Map of C.S.S.R.* Veda Publishing House of the Slovak Academy of Sciences. Bratislava, 168 s. + 12 map.
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H. 1995. Szata roślinna Tatr Polskich, [w:] Z. Mirek, J. Wójcicki (red.), *Szata roślinna parków narodowych i rezerwatów Polski południowej*. *Przewodnik sesji terenowych 50 Zjazdu Polskiego Towarzystwa Botanicznego*. *Polish Botanical Studies* [seria:] Guidebook, **12**: 73–150.
- Muchewicz E.A. 2003. Zmienność genetyczna populacji sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. z Tatr i Pienin na tle populacji podgórskich i niżowych. Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, manuskrypt, 81 s.
- Murzynowski K., Szmigiel D. 2010. *Operat ekosystemów leśnych Pienińskiego Parku Narodowego*, [w:] *Dokumentacja do planu ochrony Pienińskiego Parku Narodowego na lata 2011–2030*, manuskrypt, 148 s.
- Myczkowski S., Lesiński J. 1974. Rozsiedlenie rodzimych gatunków drzew tatrzańskich, [w:] S. Myczkowski (red.), *Rodzime drzewa Tatr. Część pierwsza*. *Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej*, **3**: 13–70.
- Niedzielska B. 2001. Wiek sosen reliktowych na Sokolicy w Pienińskim Parku Narodowym. *Sylvan*, **145**: 57–62.

- Niedzielska B., Całka M. 1998. Wybrane cechy budowy makroskopowej oraz gęstość drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) pochodzącej z reliktowych stanowisk w Polsce południowej. *Acta Agraria et Silvestria*, **36**: 77–92.
- Niedzielska B., Skrzyszewski J., Biel T. 2001. Podstawowe cechy drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w drzewostanach lokalnego pochodzenia na obszarze Karpat i Sudetów. *Acta Agraria et Silvestria*, **39**: 161–182.
- Niemyska-Lukaszuk J., Zaleski T., Miechówka A. 2004. Charakterystyka pokrywy glebowej Pienińskiego Parku Narodowego. *Studia Naturae*, **49**: 33–41.
- Pancer-Kotejowa E. 1973. Zbiorowiska leśne Pienińskiego Parku Narodowego. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, **19**(2): 197–258.
- Pancer-Koteja E. 2012. Zmiany roślinności w Pienińskim Parku Narodowym w świetle badań w latach 1965–2001 oraz próba prognozy wpływu zaporowych zbiorników wodnych na dynamikę zbiorowisk. *Pieniny – Przyroda i Człowiek*, **12**: 57–69.
- Pancer-Kotejowa E., Bazyluk W., Liana A. 1982. Biocenozy leśne, [w:] K. Zarzycki (red.), *Przyroda Pienin w obliczu zmian*. *Studia Naturae*, [seria:] Wydawnictwa popularno-naukowe, **30**: 315–328.
- Pancer-Koteja E., Bodziarczyk J., HOLEKSA J., PIĄTEK G., RÓŻAŃSKI W., SZWAGRZYK J., KAŻMIERCZAKOWA R., DUBIEL E., PERZANOWSKA J., WRÓBEL I., VONČINA G., ZARZYCKI J. 2004. Mapa zbiorowisk roślinnych Pienińskiego Parku Narodowego. 1998–2001. Skala 1:10 000, Oficyna Wydawnicza TEXT, Kraków.
- Pancer-Kotejowa E., Zarzycki K. 1976. Zarys fizjografii i stosunków geobotanicznych Pienin oraz charakterystyka wybranych biotopów. *Fragmenta Faunistica*, **21**(2): 21–49.
- Perzanowska J. 2004. Klimat Pienin. *Studia Naturae*, **49**: 21–32.
- Piękoś-Mirkowa H., Mirek Z. 1996. Zbiorowiska roślinne, [w:] Z. Mirek, Z. Głowaciński, K. Klimek, H. Piękoś-Mirkowa, *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego*. Tatrzański Park Narodowy, Zakopane–Kraków, s. 237–274.
- Różański W., Bodziarczyk J. 1995. Zróżnicowanie zbiorowisk leśnych Pienin Centralnych na podstawie systematycznego zbioru danych. *Pieniny – Przyroda i Człowiek*, **4**: 105–118.
- Różański W., HOLEKSA J. 2004. Acydofilne lasy Pienińskiego Parku Narodowego. *Studia Naturae*, **49**: 131–152.
- Różański W., Pancer-Koteja E. 2004. Metodyka badań zbiorowisk roślinnych Pienińskiego Parku Narodowego. *Studia Naturae*, **49**: 13–19.
- Skrzyszewski J. 2001a. Zmienność cech morfologicznych szyszek w drzewostanach sosnowych Karpat i Sudetów. *Acta Agraria et Silvestria*, **39**: 97–122.
- Skrzyszewski J. 2001b. Zróżnicowanie cech morfologicznych i przyrostowych sosny zwyczajnej w Karpatach i Sudetach. *Acta Agraria et Silvestria*, **39**: 123–160.
- Skrzyszewski J. 2004. Charakterystyka morfologiczno-przyrostowa sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w polskiej części Karpat i Sudetów. *Zeszyty Naukowe AR nr 411*, [seria:] *Rozprawy*, **300**: 1–156.
- Skrzyszewski J. 2007. Sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L. w rezerwacie Pusta Wielka. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, **63**(6): 75–81.
- Sneth P.H.A., Sokal R.R. 1973. *Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification*. Freeman a. Comp., San Francisco, 573 s.
- Środoń A. 1952. Ostatni glaciał i postglaciał w Karpatach. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, **67**: 27–75.

- Śródoń A. 1982. Pieniny w historii szaty roślinnej Podhala, [w:] K. Zarzycki (red.), Przyroda Pienin w obliczu zmian. Studia Naturae, [seria:] Wydawnictwa popularno-naukowe, **30**: 115–126.
- Uhliřová J. 2002. Reliktne vápnomilne borovicové a smrekovcové lesy, [w:] M. Valachovič, T. Dražil, V. Stanová, Š., Maglocký (red.), Biotypy Slovenska zaradené do Smernice o biotopach č. 92/43/EHS. Interpretacný manuál, DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie a Botanický ústav SAV, Bratislava, 145 s.
- Urbaniak L., Vončina G. 2008. Charakterystyka sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. z Sokolicy, Kazalnicy i Czertezika w cechach morfologicznych igieł. Pieniny – Przyroda i Człowiek, **10**: 19–26.
- Urbaniak L., Androsiuk P., Ślósarz M., Vončina G. 2006. Zróżnicowanie populacji sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Pieninach Właściwych na podstawie cech morfologicznych igieł. Pieniny – Przyroda i Człowiek, **9**: 71–78.
- Urbaniak L., Lesiczka P., Gąsiorowska E., Pawlaczyk E.M., Androsiuk P., Lewandowska-Wosik A., Vončina G. 2018. Genetic and phenotypic relationships among *Pinus sylvestris* populations in the Pieniny National Park. Archives of Biological Sciences, **70**(2): 289–297.
- Vološčuk I. 1992. Pieninský národný park. Akcent, Banská Bystrica, 382 s.
- Walas J. 1936. Roślinność Skalic Nowotarskich i konieczność ich ochrony. Ochrona Przyrody, **16**: 43–56.
- Wanic T., Bodziarczyk J., Gąsiorek M., Hawryło P., Józefowska A., Kajdas B., Mazurek R., Szostak M., Usień M., Wężyk P., Zadrożny P., Zięba-Kulawik K., Zaleski T. 2017. Trophic conditions of forest soils of the Pieniny National Park, southern Poland. Soil Science Annual, **68**(4): 205–211, doi: 10.1515/ssa-2017-0026.
- Wilczyński S. 2003. Modele „klimat – przyrost radialny” sosen z Tatr, Pienin i Ojcowa. Sylwan, **12**: 27–35.
- Wilczyński S., Skrzyszewski J. 2003. Dendrochronology of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the mountains of Poland. Journal of Forest Science, **49**(3): 95–103.
- Willner W., Grabherr G. 2007. Die Wälder und Gebüsch Österreichs. Spektrum Akademischer Verlag, 302 s.
- Wróbel I., Zarzycki K. 2010. Oddziaływanie zespołu zbiorników wodnych Czorsztyn-Niedzica i Sromowce Wyżne na florę i roślinność Pienin, [w:] R. Soja, S. Knutelski, J. Bodziarczyk, Pieniny – Zapora – Zmiany. Monografie Pienińskie, Pieniński Park Narodowy, Krościenko n.D., s. 131–152.
- Zajączkowski M. 1936a. O południowej granicy zasięgu sosny pospolitej w Polsce i o występowaniu reliktovej sosny w Karpatach Polskich. Prace Rolno-Leśne PAU, **20**: 1–51.
- Zajączkowski M. 1936b. Die Reliktforme in den polnischen Karpaten. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, **13**: 1–22.
- Zajączkowski M. 1949. Studia nad sosną zwyczajną w Tatrach i Pieninach. Prace Rolniczo-Leśne PAU, **45**: 1–97.
- Zarzycki K. 1976. Małe populacje pienińskich roślin reliktowych i endemicznych, ich zagrożenie i problemy ochrony. Ochrona Przyrody, **41**: 7–75.
- Zarzycki K. 1981. Rośliny naczyniowe Pienin. Rozmieszczenie i warunki występowania. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa–Kraków. 257 s.
- Zarzycki K., Wróbel I. 2012. Przemiany pienińskiej flory roślin naczyniowych w XX wieku. Pieniny – Przyroda i Człowiek, **12**: 43–56.

- Zupančič M. 2007. Syntaxonomic problems of the classes *Vaccinio-Piceetea* and *Erico-Pinetea* in Slovenia. *Fitosociologia*, **44**(2): 3–13.
- Zwijacz-Kozica T. 1998. Występowanie sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. w Tatrzańskim Parku Narodowym. *Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody*, **17**(2): 55–68.
- Zaleski T., Wanic T., Gąsiorek M., Józefowska A., Zadrożny P. 2021. Gleby naturalnych i wtórnych zbiorowisk z udziałem sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. w Pienińskim Parku Narodowym, [w:] J. Bodziarczyk (red.), *Pieniny – Przyroda i Człowiek*. Monografie, Tom XVII. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków, s. 35–52.

## SUMMARY

*Pinus sylvestris* is found throughout the Pieniny National Park, but unevenly and with large dispersion (Fig. 1). It generally occupies lower positions in the zone that extends from 500 to 800 m asl. In Pieniny, *Pinus sylvestris* is generally characteristic for southern exposures or similar (Fig. 3) and for gentle slopes (average 18.6°). Tree stands with more than 25% pine cover are rare and are the result of pine introduction into former woodcuts on fertile habitats of beech-fir forests. The *Pinus sylvestris* is most commonly found in fertile and xerothermic fir and beech stands *Fagion sylvaticae* and *Cephalanthero-Fagenion*.

One of the most striking features of the Pieniny landscape are associations with pine trees that have adapted to the conditions of bare rocks, characterized by specific shapes and loose tree structure. The *Pinus sylvestris* trees perch behind the rock walls creating a relic association (Photos 1–3). They usually create small, isolated and dispersed patches that differ physiognomically from other forest groups. Warm and dry south-facing slopes are suitable habitats for these woods. They occur on soils that are very weakly developed, characterized by shallow unconsolidated parent material and with relatively low biological activity (Photo 4).

A total of 16 patches of small pine woods were distinguished in the area of the Pieniny National Park. They cover a total area of 5.16 hectares, which constitutes only 0.2% of the Park. The average patch size is only 0.32 ha (min. 0.06 ha, max. 2.43 ha). Floristically it is rich in species communities. The average number of species found in 100 square metres is 37.6, while in other pine associations it is 31. However, the main feature is a significant number of species characteristic for xerothermic beech forest *Carici-Fagetum* and for thermophilous rock grasslands from the class *Festuco-Brometea* and *Seslerietea varia* (Fig. 4).

Two types of small pine wood associations were described in the Pieniny by Panczer-Kotejowa (1973):

*Pinus sylvestris-Calamagrostis varia* Panc.-Kot 1973 and *Pinus sylvestris-Carex alba* Panc.-Kot 1973. *Pinus sylvestris-Calamagrostis varia* develops on cliffs and rock shelves, on weakly developed soil rich in calcium carbonate. The best preserved stands are found in inhospitable cliffs of the Central Pieniny (Photo 5). They grow in small patches of a size from several dozen to several hundred square metres. The stands are characterized by loose crown cover and built mainly by *Pinus sylvestris* of a specific

shape with stunted trunks, low and bent limbs and an umbrella-like crown. The trees reach a height of only a few meters and the diameter at breast height is from a dozen to tens of centimeters. Under the canopy of this community lies undergrowth consisting of species characteristic for rocky grassland, such as: *Sesleria varia*, *Aster alpinus*, *Alyssum saxatilis*, *Carduus glaucus*, *Leontodon incanus*, *Libanotis pyrenaica*, *Teucrium montanum*, *Saxifraga paniculata*, *Polygala amara* subsp. *brachyptera*, *Festuca pallens* or *Jovibarba hirta*. These species are quite numerous and occur in patches with distinctive *Calamagrostis varia*. This also creates large groups of forest species associated with xerothermic fir and beech stands of *Cephalanthero-Fagenion* associations, which spread from the immediate surroundings.

*Pinus sylvestris-Carex alba* Panc.-Kot 1973 association resembles a typical forest community with *Pinus sylvestris* which create more compact stand structures and are of more slender shapes. This community is found predominantly on a marly substratum and develops in the Western Pieniny (Photo 6). When compared to the *Pinus sylvestris-Calamagrostis varia*, this association is distinguished primarily by a large share of the forest species typical for *Fagetalia sylvaticae* and *Qureco-Fagetea* and by a much smaller – three times – share of species characteristic for thermophilous rock grasslands from the class *Festuco-Brometea* and *Seslerietea varia* (Fig. 5). Dominant here is *Brachypodium pinnatum*, which is not found in the *Pinus sylvestris-Calamagrostis* association.

It seems that the Pieniny relic small pine woods are not directly threatened, however, their future is uncertain. Unfortunately, some patches have been irretrievably lost or have reduced their area over the last 100 years as a result of both anthropogenic and natural changes. Nevertheless, new small pine wood stands have also been described. It is believed that the share of *Pinus sylvestris* in forest associations of the Pieniny will gradually decrease, pushed by highly competitive deciduous species, especially beech. The pines will survive only at inhospitable cliffs, where it is difficult for other species of trees to resist the severe conditions.



## Gleby naturalnych i wtórnych zbiorowisk z udziałem sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. w Pienińskim Parku Narodowym

Soils of the natural and secondary communities  
with *Pinus sylvestris* L. in the Pieniny National Park

TOMASZ ZALESKI<sup>1</sup>, TOMASZ WANIC<sup>2</sup>, MICHAŁ GAŚSIOREK<sup>1</sup>,  
AGNIESZKA JÓZEFOWSKA<sup>1</sup>, PAWEŁ ZADROŻNY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny,  
Katedra Gleboznawstwa i Agrofizyki, al. Mickiewicza 21, 11-120 Kraków

<sup>2</sup>Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Wydział Leśny, Katedra Ekologii  
i Hodowli Lasu, al. 29 Listopada 46, 11-425 Kraków  
e-mail: tomasz.zaleski@urk.edu.pl, rlwanic@cyf-kr.edu.pl

**Abstract.** One of the significant and distinctive tree species of the Pieniny National Park (PNP) is *Pinus sylvestris* L., which is considered dominant for relict pine forests. The aim of the research was to characterize the soil properties in natural and secondary communities with a large share of *Pinus sylvestris* in the PNP. Field studies were carried out on selected forest monitoring areas located within plant communities with pine trees present. It was found that natural or secondary communities with *Pinus sylvestris* favoured shallow raw rocky rendzinas, typical proper rendzinas or typical brown rendzinas (Lithic Rendzic Leptosols, Rendzic Leptosols, Rendzic Cambic Leptosols). They rarely develop on deep dystrophic or eutrophic brown soils (Skeletal Eutric Cambisols, Skeletal Dystric Cambisol).

**Keywords:** mountain soil, rendzinas, relict forest, Pieniny Mts.

### WSTĘP

Pokrywa glebowa Pienińskiego Parku Narodowego (PPN) charakteryzuje się zmiennością, wynikającą przede wszystkim ze zróżnicowania podłoża geologicznego, rzeźby terenu, warunków hydrologicznych i współcześnie zachodzących procesów morfogenetycznych oraz pedogenetycznych (Skiba i in. 2002; Niemyska-Łukaszuk i in. 2004). Są to również główne czynniki decydujące o zróżnicowaniu trofizmu siedlisk leśnych i łąkowych na obszarze Parku. Siedliska te wyróżnia naturalne bogactwo gatunkowe

oraz mnogość zbiorowisk roślinnych, spowodowane między innymi naturalną zmiennością pokrywy glebowej pod względem głębokości profilu glebowego, zawartości frakcji szkieletowych, ilości materii organicznej, ekspozycją stoku. Kształtuje także warunków wilgotności, co ma decydujący wpływ na kształtowanie warunków edaficznych (Niemyska-Łukaszyk i in. 2002; Zaleski i in. 2006; Zaleski i in. 2016; Bodziarczyk i in. 2016; Wanic i in. 2017; Sokołowska i in. 2019).

Jednym z ważnych i charakterystycznych gatunków drzew Pienińskiego Parku Narodowego jest sosna zwyczajna *Pinus sylvestris*, którą – jak podają Bodziarczyk i Pancer-Koteja (2004) – można uznać za gatunek lokalnie charakterystyczny dla tzw. reliktowych lasków sosnowych, spotykanych również w Tatrach. Najlepiej wykształcone naturalne laski sosnowe występują w Pieninach Właściwych na Czerwonych Skałkach pod Czertezikiem, na Sokolicy, Czerteziku i Macelowej Górze oraz na niewielkich, wyspowych stanowiskach w Pieninach Spiskich (Zielone Skałki), w paśmie Skalic Nowotarskich na szczycie Czerwonej Skały koło Dursztyna i na Kramnicy. Na obszarze Pienińskiego Parku Narodowego gatunek ten występuje w dużym rozproszeniu i głównie na zboczach południowych, a zwarte drzewostany ze znaczącym udziałem sosny są rzadkością (Bodziarczyk 2021). Reliktowe laski sosnowe zajmują zwykle podszczytowe fragmenty skał i urwistych zboczy wapiennych na płytkich silnie szkieletowych rędzinach, na ogół o południowej wystawie zboczy (Perzanowska 2010). Do rzadkości należą stanowiska z sosną wykształcone na głębokich glebach brunatnych.

W Pienińskim Parku Narodowym zdecydowanie przeważają żyzne gleby eutroficzne, wyróżniające się większą żyznością niż gleby leśne innych górskich regionów Polski Beskidów, Tatr czy Sudetów (Wanic i in. 2017). Ich wysoka troficzność wynika z zawartości materii organicznej, pojemności sorpcyjnej i obojętnego odczynu. Na niżej siedliska borowe z dużym udziałem sosny występują głównie na ubogich dystroficznych glebach bielcowych lub rdzawych (Matuszkiewicz 2001, Brożek i in. 2019). Występowanie sosny na bardzo żyznych i eutroficznych glebach ma pochodzenie antropogeniczne, jako efekt zalesiania danych zrębów na siedliskach lasowych (Bodziarczyk 2021). Natomiast naturalne zbiorowiska z udziałem sosny, tzw. reliktowe laski sosnowe, stanowią osobliwość Pienin i są dodatkowo chronione jako siedliska Natura 2000 (91Q0). W opisach tego siedliska znajdują się bardzo lakoniczne informacje o warunkach glebowych (Perzanowska 2010).

Celem badań była zatem charakterystyka warunków glebowych naturalnych czyli reliktowych lasków sosnowych oraz wtórnych zbiorowisk z udziałem sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. w Pienińskim Parku Narodowym.

## MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Zakres badań obejmował prace terenowe w obrębie wybranych leśnych powierzchni monitoringowych PPN, znajdujących się w zasięgu płatów zbiorowisk roślinnych z udziałem sosny zwyczajnej, wyznaczonych na podstawie „Mapy zbiorowisk roślinnych Pienińskiego Parku Narodowego” (Pancer-Kotejowa, Kaźmierczakowa 2004) oraz publikacji Bodziarczyka i współautorów (2016).

Próbki gleb pobrano z 15 profili, z wybranych małopowierzchniowych płatów, oraz dodatkowo z bezpośredniego sąsiedztwa sosny rosnącej na szczycie Sokolicy. Do analiz pobrano próbki gleb z poziomów genetycznych. Określono typ i podtyp gleby według VI wydania Systematyki gleb Polski (2019).

W warunkach polowych określono cechy morfologiczne: miąższość poziomów genetycznych, zawartość frakcji szkieletowych, strukturę gleby i barwę poziomów genetycznych.

W glebach z poziomów genetycznych oznaczono: skład granulometryczny według PN-R-04032, wartość pH (w 1 mol·dm<sup>-3</sup> KCl), całkowitą zawartość węgla (TC) metodą Tiurina w modyfikacji Oleksynowej, zawartość azotu ogólnego (TN) metodą Kjeldahla, zawartości kationów zasadowych (Ca, Mg, K, Na) po ekstrakcji w 1 mol·dm<sup>-3</sup> CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> o pH 7,0, kwasowość hydrolytyczną po ekstrakcji w 0,5 mol·dm<sup>-3</sup> (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Ca metodą Kappena oraz zawartość CaCO<sub>3</sub> metodą Scheiblera.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Gleby, na których występują naturalne lub wtórne zbiorowiska z udziałem sosny zwyczajnej, zaliczono do czterech podtypów: rędziny inicjalne skaliste, rędziny właściwe typowe, rędziny brunatne typowe i gleba brunatna kwaśna, niecałkowita (Ryc. 1, Tab. I).



**Ryc. 1.** Wybrane profile gleb reliktowych lasów sosnowych: A – rędzina inicjalna skalista (profil 1) – gleba spod sosny reliktovej. Wybrane profile gleb wtórnych zbiorowisk z udziałem sosny: B – rędzina właściwa typowa (profil 6) – gleba spod sosny reliktovej; C – rędzina brunatna typowa (profil 12); D – gleba brunatna kwaśna, niecałkowita (profil 15)

**Fig. 1.** Selected soil profiles of relict pine forest: A – raw rocky rendzinas (profile 1). Selected soil profiles of secondary communities with share of pine tree; B – typical proper rendzinas (profile 6) – soil from relict pine; C – typical brown rendzinas (profile 12); D – typical dystrophic brown soils (profile 15)

Występują na stokach o nachyleniu od około 15° do nawet 40°, a w niektórych przypadkach – jak szczytowa część Sokolicy – na prawie pionowych urwistych stokach, w większości o ekspozycji południowej lub południowo-zachodniej. Wydzielone typy gleb reprezentują główne typy i potypy gleb Pienińskiego Parku Narodowego, w którym zajmują odpowiednio: rędziny inicjalne skaliste – 1,7%, rędziny właściwe typowe – 12,1%, rędziny brunatne typowe – 10,2%, a gleby brunatne kwaśne – 3,2% powierzchni ekosystemów leśnych (Zaleski i in. 2016).

Gleby pod zbiorowiskami z udziałem sosny zwyczajnej różnią się przede wszystkim stopniem rozwoju, w tym miąższością poziomów akumulacyjnych (próchnicznych lub organicznych) oraz występowaniem lub brakiem poziomów wzbogacenia (brunatnienia). W przypadku rędzin poziomy próchniczne stanowią główną część solum, aż do litego podłoża skalnego. Gleby te wytworzyły się głównie na podłożu węglanowych formacji wapiennych i margli (wapienie bulaste, wapienie krynoidowe, wapienie rogowcowe) oraz piaskowców i łupków z okresu jury i kredy, które dzięki licznym sfałdowaniom odsłaniają się powierzchniowo tworząc skałę macierzystą dla gleb (Birkenmajer 2017). W większości są to gleby płytkie o miąższości profilu od 0 do 60 cm (głównie rędziny) silnie i bardzo silnie szkieletowe o zawartości frakcji kamieni odpowiednio 35–60% i 60–90% (Tab. I). Na takich rędzinach przeważają reliktowe laski sosnowe. Gleby brunatne wytworzone na miąższych pokrywach stokowych są głębsze od rędzin i mniej szkieletowe do głębokości około 50 cm. Są to gleby wtórnych zbiorowisk z udziałem sosny zwyczajnej.

Wszystkie poziomy akumulacyjne (Ah lub Oh) miały dobrze wykształconą trwałą strukturę agregatową – gruzelkową (s3gr – najczęściej o średniej wielkości agregatów), a zalegające pod nimi poziomy wzbogacenia i materiału macierzystego – struktury angularne (d-s2oa) lub subangularne (d-s3os, o średnich lub drobnych agregatach) (Tab. I). W glebach leśnych PPN o uziarnieniu glin lub pyłów na obszarach górskich występuje powszechnie trwała struktura agregatowa (Niemyska-Łukaszuk i in. 2006, Skiba i in. 2006, Zaleski i in. 2016).

Rędziny i gleby brunatne, pod drzewostanami z udziałem sosny, mają uziarnienie tzw. „ciężkie” – glin lub pyłów, rzadko ilów, o dużym zróżnicowaniu zawartości części ziemistych: frakcji piaskowej (8–66%), pyłowej (25–77%) i ilowej (6–48%) (Tab. I, Ryc. 2).

Na uwagę zasługuje fakt, że gleby wokół sosny z Sokolicy (profil 3 i profil 4) miały największy udział frakcji piaskowej (64–66%) i niewielką ilością frakcji szkieletowych (Tab. I). Ta nietypowa jak dla rędzin zawartość frakcji piaskowej może być wynikiem prowadzenia prac remontowych przy budowie barier na szczycie Sokolicy, czyli wprowadzenia i erozji zaprawy murarskiej (źródło: informacja ustna pracownika PPN). Ponadto duży udział frakcji pyłowej w wielu glebach jest wynikiem eolicznej domieszki allochtonicznego lessu, tej samej genezy co występujący w sąsiadującej z Pieninami Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej (Zaleski 2012, Kowalska i in. 2020). Należy zwrócić uwagę, że w większości gleb frakcja piaskowa ma w swoim składzie mineralnym duży udział cząstek węglanowych (węglanów litologicznych) (Kowalska i in. 2020, Kowalska i in. 2021).





Tabela I. Kontynuacja / Table I. Continued

Number	Depth	Poziom	Struktura	Struktura	Barwa	Zawartość frakcji o średnicy w mm Content of fraction in diameter [mm]	Właściwości sorpcyjne Sorptions properties																
							CaCO <sub>3</sub>	TC	TN	pH	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Kh	PWK	V						
Number	Miąższosć	Typ gleby / Nr powierzchni	Horizon	Struktura	Barwa	> 2,0	2,0–0,05	< 0,002	mmol+/kg	mmol+/kg	mmol+/kg	mmol+/kg	mmol+/kg	mmol+/kg	mmol+/kg	mmol+/kg	mmol+/kg						
5	15<	Rea	Lita skała macierzysta (wapień) / Lithic parent material (limestone)																				
		Typ gleby / Nr powierzchni: Rędzina właściwa typowa / 138	Soil type / No area: Typical proper rendzinas / 138																				
	1–0	Ol	Epihumusowy poziom ściółki leśnej / Epihumus horizon of non-decomposed leaf litter																				
	0–18	Ah	g3gr	10YR	4/3	30	38	42	20	11,24	3,05	0,302	5,04	0,464	2,60	188,32	11,88	63,28	266,55	76,26			
	18–30	ACca	s3oa	10YR	5/6	70	28	40	32	14,67	1,29	0,092	5,84	0,509	1,55	214,12	5,60	25,19	246,98	89,80			
	30<	Rea	Lita skała macierzysta (wapień) / Lithic parent material (limestone)																				
6	Typ gleby / Nr powierzchni: Rędzina właściwa typowa / 526	Soil type / No area: Typical proper rendzinas / 526																					
	4–3	Ol	Epihumusowy poziom ściółki leśnej / Epihumus horizon of non-decomposed leaf litter																				
	3–0	Ofh	Słabo lub średnio rozłożony poziom ściółki leśnej / Epihumus horizon of low decomposed leaf litter																				
	0–12	Ah	d2gr	10YR	5/1	30	22	60	18	12,35	4,63	0,456	6,07	0,223	3,70	277,89	8,13	20,47	310,42	93,40			
	12–40	ACca	d1os	10YR	4/2	75	28	51	21	14,31	2,37	0,214	6,59	0,254	3,87	325,37	7,15	14,57	350,97	95,92			
	40<	Rea	d10s	10YR	4/3	85	27	49	24														
7	Typ gleby / Nr powierzchni: Rędzina właściwa typowa / 537	Soil type / No area: Typical proper rendzinas / 537																					
	2–0	Ol	Epihumusowy poziom ściółki leśnej / Epihumus horizon of non-decomposed leaf litter																				
	0–9	Ah	s3gr	10YR	3/3	40	28	59	13	8,51	5,07	0,391	5,39	0,360	2,60	178,19	20,72	18,56	220,08	91,73			
	9–30	ACca	d3os	10YR	4/3	80	38	47	15	26,43	1,35	0,145	6,24	0,457	1,26	201,66	18,35	19,05	240,32	92,26			
	30<	Rea																					
8	Typ gleby / Nr powierzchni: Rędzina brunatna typowa / 46	Soil type / No area: Typical brown rendzinas / 46																					
	1–0	Ol	Epihumusowy poziom ściółki leśnej / Epihumus horizon of non-decomposed leaf litter																				
	0–11	AhCca1	s3gr	7.5YR	3/2	50	33	51	18	2,63	10,87	0,584	5,86	0,521	3,25	421,35	10,25	25,48	460,86	94,47			

11-32	AhCca2	g3gr	7.5YR	4/2	60	22	52	26	11,23	6,61	0,497	6,43	0,713	4,17	500,90	11,45	16,47	533,71	96,91	
32-60	BwCca	s3os	10YR	5/6	80	25	40	35	15,67	1,72	0,186	6,16	0,842	6,33	412,95	12,54	20,25	452,91	95,53	
60<	Rca																			
9	Typ gleby / Nr powierzchni: Rędzina brunatna typowa / 110      Soil type / No area: Typical brown rendzinas / 110																			
	6-3	Ol	Epihumusowy poziom ściółki leśnej / Epihumus horizon of non-decomposed leaf litter																	
	3-0	Ofh	Słabo lub średnio rozłożony poziom ściółki leśnej / Epihumus horizon of low decomposed leaf litter																	
	0-14	Ah	s3gr	5YR	4/3	20	13	46	41	0,32	3,76	0,241	5,38	0,696	1,56	245,11	7,88	36,86	292,11	87,38
	14-32	BCa	d3os	2.5Y	4/4	20	22	37	41	0,16	1,35	0,119	5,81	0,705	1,57	267,96	5,04	26,56	301,84	91,20
	32-54	BCca	d2os	2.5Y	4/4	70	17	39	44	21,07			6,66	0,595	1,59	454,04	2,53	13,84	472,59	97,07
	54-79	Cca	d2oa	2.5Y	5/4	50	16	41	43	37,62			6,84	0,443	0,90	379,44	1,68	12,03	394,50	96,95
	79<	2Cca	d2oa	5YR	6/2	80	19	33	48	38,86			6,94	0,427	0,85	368,36	1,68	11,15	382,47	97,09
10	Typ gleby / Nr powierzchni: Rędzina brunatna typowa / 447      Soil type / No area: Typical brown rendzinas / 447																			
	4-0	Ofh	Słabo lub średnio rozłożony poziom ściółki leśnej / Epihumus horizon of low decomposed leaf litter																	
	0-13	A	s3gr	7.5YR	3/2	20	26	55	19	2,31	0,136	3,83	0,121	2,79	79,19	7,68	87,47	177,25	50,65	
	13-39	BwCca	d3os	7.5YR	4/2	45	27	51	22	1,87	0,124	5,41	0,325	2,36	186,27	6,58	54,22	249,76	78,29	
	39-59	Cca	d3os	10YR	5/6	60	27	49	24	15,34	1,65	0,051	6,99	0,527	1,97	188,42	5,73	7,75	204,40	96,21
11	Typ gleby / Nr powierzchni: Rędzina brunatna typowa / 513      Soil type / No area: Typical brown rendzinas / 513																			
	4-3	Ol	Epihumusowy poziom ściółki leśnej / Epihumus horizon of non-decomposed leaf litter																	
	3-0	Ofh	Słabo lub średnio rozłożony poziom ściółki leśnej / Epihumus horizon of low decomposed leaf litter																	
	0-5	ACca	s3gr	10YR	3/1	40	24	46	30	9,31	2,52	0,213	6,03	0,218	2,24	199,30	3,22	5,81	210,79	97,24
	5-30	ABca	s3gr	5YR	4/3	50	22	48	30	11,35	0,87	0,108	7,23	0,336	1,50	184,53	2,53	6,78	195,68	96,53
	30-50	Bwca	d3oa	5YR	5/2	80	28	47	25	15,64			7,45	0,219	0,96	184,68	1,63	3,88	191,37	97,97
	50-70	BCca	d3oa	7.5YR	5/3	80	29	49	22	16,47			7,37	0,194	1,56	188,82	2,69	6,78	200,05	96,61
	70-95	Cca1	d3oa	5YR	5/3	80	26	48	26	18,25			7,51	0,285	1,36	192,12	3,31	3,88	200,95	98,07
	95-130	Cca2	d3oa	5YR	5/3	80	29	44	27	21,35			7,38	0,305	1,58	190,07	4,60	5,81	202,38	97,13
12	Typ gleby / Nr powierzchni: Rędzina brunatna typowa / 543      Soil type / No area: Typical brown rendzinas / 543																			
	1-0	Ol	Epihumusowy poziom ściółki leśnej / Epihumus horizon of non-decomposed leaf litter																	
	0-26	Ah	g3gr	10YR	3/3	10	12	60	28	2,35	3,94	0,427	5,20	0,354	5,08	228,49	14,28	7,75	255,95	96,97

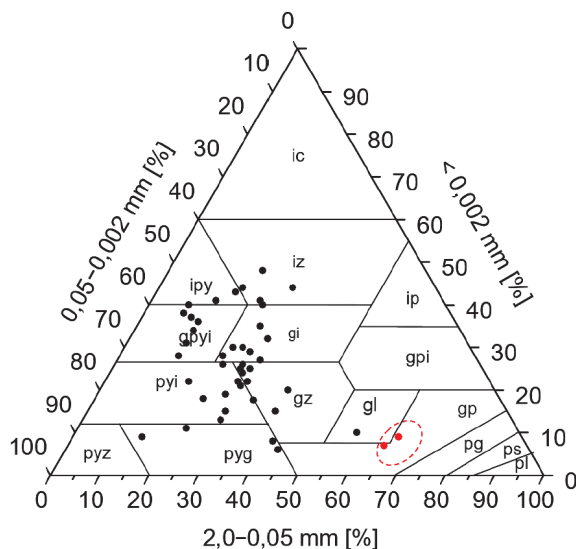
Tabela I. Kontynuacja / Table I. Continued

Number	Miąższość	Depth	Poziom	Struktura	Struktura	Barwa	Colour	Zawartość frakcji o średnicy w mm			Właściwości sorpcyjne							
								Content of fraction in diameter [mm]			Sorption properties							
Number	Miąższość	Depth	Poziom	Struktura	Struktura	Barwa	Colour	CaCO <sub>3</sub>			pH							
								> 2,0	2,0–0,05	< 0,002	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Kh	PWK	V	
		cm						%			mmol+/kg							
26–41	ABwca	s2os	5/3	50	10	53	37	8,68	1,67	0,237	7,28	0,268	3,76	215,72	13,05	4,85	237,64	97,96
41–65	Cca	s2os	5/4	70	8	54	38	12,65	0,84	0,141	7,28	0,291	2,86	198,65	11,38	3,88	217,06	98,21
65<	Rca																	
13	Typ gleby / Nr powierzchni: Gleba brunatna kwaśna, niecałkowita / 217																	
2–0	Olf	Słabo lub średnio rozłożony poziom ściółki leśnej / Epilumus horizon of low decomposed leaf litter																
0–6	Ah1	s3gr	10YR 2/2	5	14	77	9	6,23	0,498	3,88	0,362	2,80	63,49	8,44	116,05	191,15	39,29	
6–18	Ah2	s3gr	10YR 4/6	30	21	51	28	1,93	0,169	3,72	0,299	1,51	16,09	2,46	131,18	151,54	13,44	
18–39	Bw	s1os	2.5Y 6/6	40	26	49	25			3,70	0,317	1,29	9,04	1,52	121,54	133,70	9,10	
39–61	BC	s1oa	2.5Y 5/6	60	26	45	29			3,89	0,344	2,36	53,96	8,59	115,17	180,42	36,17	
61–83	2Ckg	s1oa	2.5Y 5/4	80	27	29	44	1,66		6,70	0,372	2,62	228,74	9,07	13,40	254,20	94,73	
14	Typ gleby / Nr powierzchni: Gleba brunatna właściwa / 285																	
3–0	Ofh	Słabo lub średnio rozłożony poziom ściółki leśnej / Epilumus horizon of low decomposed leaf litter																
0–16	Ah	s3gr	2.5Y 3/3	41	51	8	5,63	0,315	5,63	0,258	1,59	228,09	16,34	48,39	294,68	83,58		
16–49	Bw	d3os	2.5Y 3/3	43	51	6	1,56	0,107	5,59	0,366	1,63	131,89	13,60	24,19	171,68	85,91		
49–84	Bwg	d3os	2.5Y 3/3	22	67	11	0,74	0,043	5,59	0,357	1,75	110,13	12,89	20,47	145,60	85,94		
84–120	2Cg	m	2.5Y 3/3	23	37	40	0,79	0,032	6,70	0,482	2,59	203,34	18,10	9,31	233,83	96,02		

15		Typ gleby / Nr powierzchni: Gleba brunatna wylugowana, niccałkowita / 456		Soil type / No area: Typical eutrophic brown soils / 456												
0-25	A	s3gr	10YR 5/4	17	61	22	1,76	0,141	3,67	0,246	1,22	39,84	6,70	117,18	165,19	29,06
25-45	Bw1	d3os	7.5YR 4/3	12	54	34	0,78	0,041	6,74	0,322	1,38	111,05	8,28	16,23	137,26	88,18
45-75	Bw2	m	2.5Y 4/6	8	52	40	0,96	0,031	7,20	0,416	2,38	229,34	9,89	7,21	249,23	97,11
75-90	2Bwkca	m	2.5Y 6/4	15	52	36	14,78		7,10	0,563	2,34	283,89	14,36	3,61	304,76	98,82
90-130	2Cca	m	2.5Y 6/5	30	12	57	16,67		6,77	0,206	0,84	219,47	7,56	3,61	231,68	98,44

Powszechność występowania okruszków skał wapiennych prawie we wszystkich profilach glebowych w pokrywie glebowej PPN ma swoje odzwierciedlenie w zawartości węglanów pierwotnych (geogenicznych) i wtórnych (pedogenicznych). We wszystkich rędzinach zawartość węglanów była dużo większa (0,16–38,86%) niż w glebach brunatnych (1,66–16,67%). Średnia zawartość węglanów była największa w rędzinach brunatnych (Ryc. 3). W większości gleb wzrastała wraz z głębokością (Tab. I). Wśród gleb występowały również takie, w których brak było węglanów pedogenicznych w powierzchniowych poziomach. Są to poziomy o uziarnieniu pyłowym, z dużą domieszką bezwęglanowego lessu (Kowalska i in. 2020). Duża zawartość pierwotnych i wtórnych węglanów w glebach przekłada się na ich odczyn. Badane gleby, w poziomach powierzchniowych do głębokości około 30 cm, miały odczyn bardzo kwaśny lub kwaśny, natomiast głębiej odczyn był od słabo kwaśnego do zasadowego. Wyjątkowo w glebie brunatnej kwaśnej, prawie w całym profilu odczyn był bardzo kwaśny aż do głębokości występowania nieciągłości litologicznej (poziom zwietrzelinowy), na której występowały węglany (Tab. I).

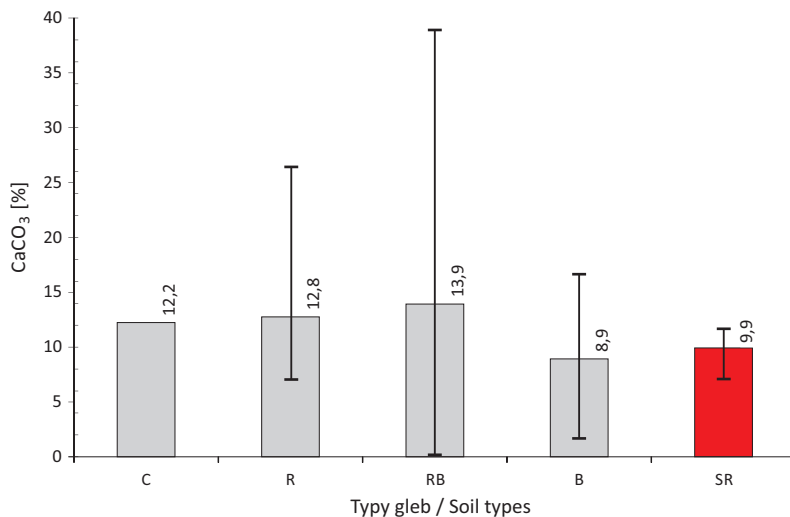
Pod względem wartości pH wszystkie rędziny wyróżniają się większą średnią wartością (6,44–6,45) od gleb brunatnych (5,49) (Ryc. 4). Takie zróżnicowanie wartości pH jest charakterystyczne dla różnych typów gleb Pienińskiego Parku Narodowego (Zaleski i in. 2016).



**Ryc. 2.** Rozkład uziarnienia gleb w grupach utworów glebowych: pyz – pył zwykły, pyg – pył gliniasty, pyi – pył ilasty, gp – glina piaszczysta, gl – glina lekka, gz – glina zwykła, gpyi – glina pylasto-ilasta, gi – glina ilasta, ipy – ił pylasty, iz – ił zwykły. Nazwy według PTG 2008 przetłumaczone na nazwy według podziału USDA. Okręgiem zaznaczono wartości dla gleb spod sosny reliktovej

**Fig. 2.** Soil grain size distribution in groups of soil texture: pyg – silt loam, pyi – silt loam, gp i gl – sandy loam, gpyi – silty clay loam, gi – clay loam, ipy – silty loam, iz – clay. Names according to PTG 2008 translated to USDA groups. Circles show values obtained for soils under relict pine





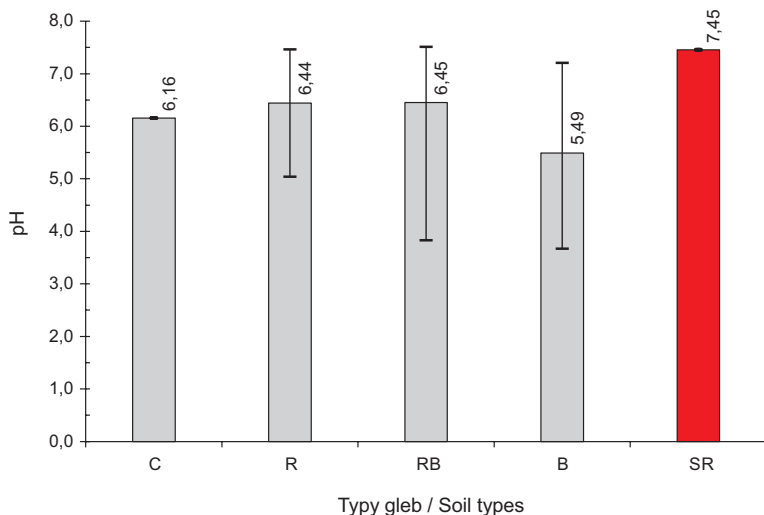
**Ryc. 3.** Średnia zawartość węglanu wapnia w poziomach genetycznych gleb: C – wszystkie typy gleb, R – rędziny właściwe typowe, RB – rędziny brunatne typowe, B – gleby brunatne właściwe, SR – gleby spod reliktywnej sosny. Słupki przedstawiają zakres wartości od maksymalnej do minimalnej

**Fig. 3.** Average content of calcium carbonates in genetic soil horizons: C – all soil types, R – typical proper rendzinas, RB – typical brown rendzinas, B – typical brown soils, SR – soils under relict pine. Bars represent value range from maximum to minimum

Zawartość materii organicznej wyraźnie różnicuje rędziny, rędziny brunatne i gleby brunatne. Ze względu na pedogenezę, w rędzinach występują płytkie ale zasobne w materię organiczną poziomy próchniczne, a nawet organiczne, jak w przypadku profilów 3 i 4 znajdujących się w bliskim sąsiedztwie reliktywnej sosny na szczycie Sokolicy (Tab. I). W glebach tych występowały również płytkie poziomy ektohumusowe (Ol, Olf lub Of) ze słabo rozłożoną materią organiczną. Natomiast poziomy próchniczne charakteryzowały się dobrze zhumifikowaną materią organiczną typu mull – typową dla żyznych siedlisk lasowych Pienin (Zaleski i in. 2016, Zaleski i in. 2018, Wanic i in. 2017, Sokołowska i in. 2019), która nadaje rędzinom charakterystyczną czarną lub czarnobrunatną barwę (Tab. I). Należy zauważyć, że w rędzinach właściwych typowych zawartość węgla organicznego (1,29–13,59%) była dużo większa niż w rędzinach brunatnych (0,84–10,87%) i w glebach brunatnych (0,74–6,23%) (Tab. I, Ryc. 5). Tak duża zawartość materii organicznej ma istotny wpływ na żyzność siedlisk leśnych, na którą ma również wpływ stosunkowo duża zawartość azotu ogólnego w poziomach akumulacyjnych: w rędzinach właściwych (0,09–1,48%), rędzinach brunatnych (0,14–0,58%) i glebach brunatnych (0,14–0,49%) (Tab. I). Zakres stosunku węgla organicznego do azotu ogólnego w poziomach próchnicznych mieści się w szerokim zakresie od 9 do 18. Reliktowe laski sosnowe występują na glebach zasobniejszych w materię organiczną (rędzinach inicjalnych i rędzinach właściwych) niż wtórne zbiorowiska z udziałem sosny (rędziny brunatne i gleby brunatne) (Tab. I).

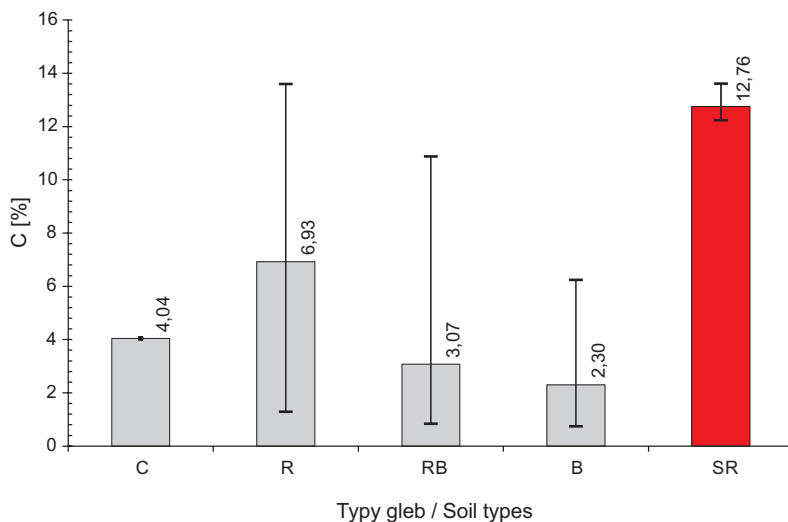
Należy zwrócić uwagę, że w rędzinach materia organiczna występuje w całym profilu, we wszystkich poziomach genetycznych, wypełniając również liczne szczeliny i spękania w skale macierzystej. W trakcie badań gleboznawczych nie jest możliwe ocenienie głębokości takich spękań. Mają one jednak fundamentalne znaczenie dla rozwoju systemu korzeniowego drzew i możliwości czerpania biogenów z materii organicznej w nich zakumulowanej. Wydaje się, że na powierzchniach płytkich gleb pod murawami ciepłolubnymi, właśnie szczeliny i spękania zabezpieczają zapasy wody dostępnej, niezbędnej dla procesów fizjologicznych. Dlatego gatunek, jako drzewo o niewielkich wymaganiach wodnych, może przetrwać w Pieninach na płytkich ale próchnicznych glebach – rędzinach. Są one zasilane wyłącznie wodą opadową a ze względu na szybkie nagrzewanie (czarna barwa, transpiracja) są podatne na wysychanie. Biorąc pod uwagę wymagania głównych gatunków drzew w PPN, to sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* wyróżnia się mniejszymi potrzebami wodnymi, w porównaniu do jodły pospolitej *Abies alba*, jawora *Acer pseudoplatanus* czy buka pospolitego *Fagus sylvatica* (Jaworski 2019).

Charakterystyczną cechą wspólną badanych gleb jest duże wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi (V%), z wyjątkiem gleby brunatnej kwaśnej. Mieści się ono w szerokim zakresie w rędzinach inicjalnych i właściwych (76,2–97,01%), w rędzinach brunatnych (50,65–98,21%) i we wszystkich podtypach gleb brunatnych (9,10–98,82%) (Tab. I). Jest to wynik dużej pojemności sorpcyjnej (PWK), dużego udziału kationów zasadowych w kompleksie sorpcyjnym oraz małej



**Ryc. 4.** Średnia wartość pH gleb: C – wszystkie typy gleb, R – rędziny właściwe typowe, RB – rędziny brunatne typowe, B – gleby brunatne właściwe, SR – gleby spod sosny reliktovej. Słupki przedstawiają zakres wartości od maksymalnej do minimalnej

**Fig. 4.** Average value of soil pH: C – all soil types, R – typical proper rendzinas, RB – typical brown rendzinas, B – typical brown soils, SR – soils under relict pine. Bars represent value range from maximum to minimum



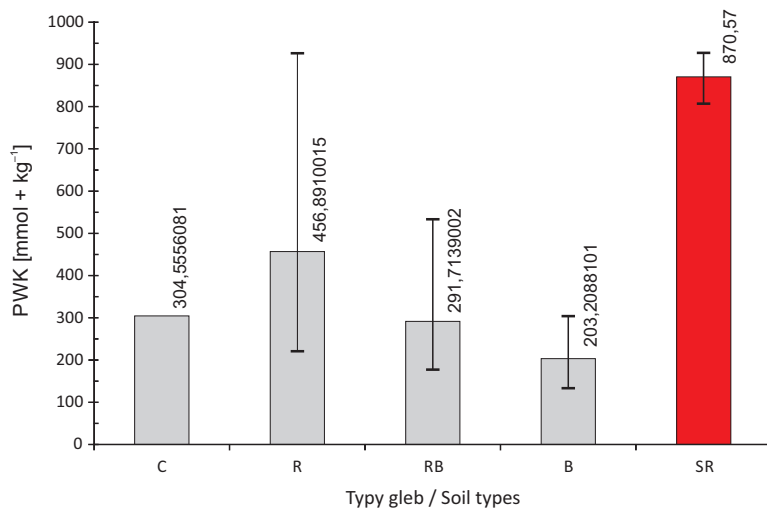
**Ryc. 5.** Średnia zawartość węgla organicznego w poziomach genetycznych gleb: C – wszystkie typy gleb, R – rędziny właściwe typowe, RB – rędziny brunatne typowe, B – gleby brunatne właściwe, SR – gleby spod sosny reliktovej. Słupki przedstawiają zakres wartości od maksymalnej do minimalnej

**Fig. 5.** Average content of organic carbon in genetic soil horizons: C – all soil types, R – typical proper rendzinas, RB – typical brown rendzinas, B – typical brown soils, SR – soils under relict pine. Bars represent value range from maximum to minimum

kwasowości hydrolytycznej (Ryc. 6). Na uwagę zasługuje duża pojemność sorpcyjna badanych gleb oraz jej zróżnicowanie w poziomach genetycznych. Rędziny właściwe wyróżniają się wyraźnie większą PWK w porównaniu do rędzin brunatnych i gleb brunatnych (Ryc. 7). W składzie kompleksu sorpcyjnego, prawie we wszystkich glebach, największy udział mają kationy wapnia. Jest go od kilkudziesięciu do kilkuset razy więcej niż pozostałych kationów zasadowych razem. Tylko w profilu gleby brunatnej kwaśnej w kompleksie sorpcyjnym przeważają kationy kwaśne (Tab. I).

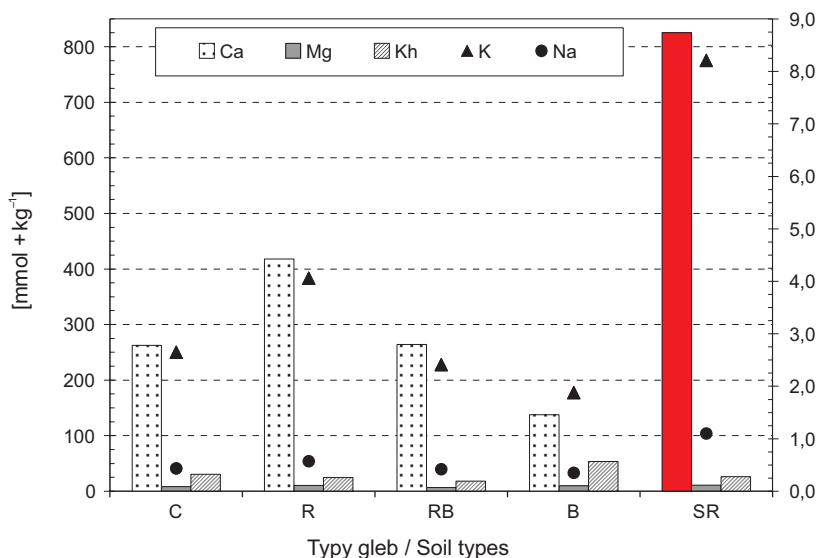
Ta duża pojemność sorpcyjna badanych gleb jest silnie skorelowana z zawartością węgla organicznego (Ryc. 8), a ponadto zależy również od zawartości frakcji ilowej. Z tego powodu gleby reliktowych lasów sosnowych (rędziny inicjalne i rędziny właściwe), a szczególnie gleby z Sokolicy, wyróżniają się bardzo dużą pojemnością sorpcyjną, prawie dwa razy większą niż gleby wtórnych zbiorowisk z udziałem sosny (rędzin brunatnych i gleb brunatnych) (Tab. I, Ryc. 6).

Wysokie wysycenie kationami zasadowymi, szczególnie kationami wapnia, jest wynikiem oddziaływania podłoża węglanowego oraz ich zwietrzliny bogatej we wtórne węglany. Gleby reliktowych i wtórnych lasów sosnowych nie odróżniają się pod względem właściwości sorpcyjnych od analogicznych typów gleb występujących na obszarze Pienińskiego Parku Narodowego (Niemyska i in. 2002, Zaleski i in. 2016). Taki skład kompleksu sorpcyjnego oraz zawartość materii organicznej i uziarnienie decydują o dużej żyzności siedlisk w Pienińskim Parku Narodowym (Wanic i in. 2017).



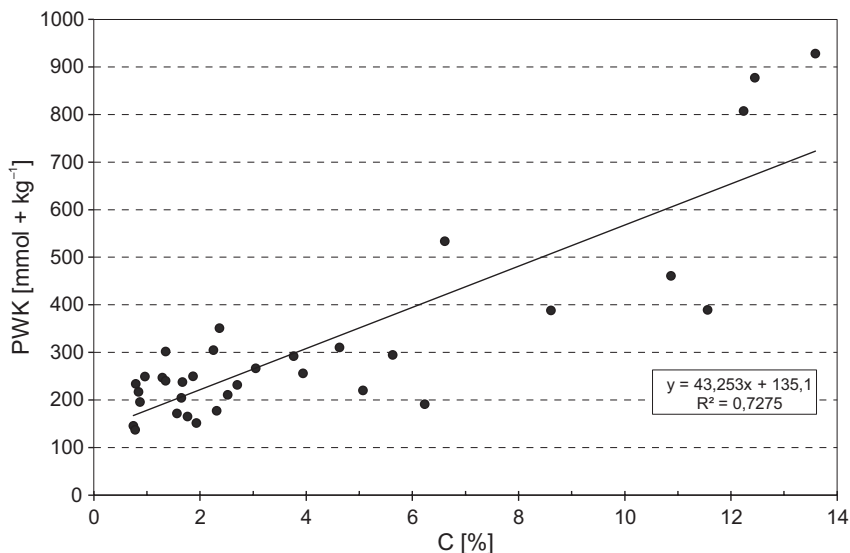
**Ryc. 6.** Średnia wartość pojemności sorpcyjnej wymiennej: C – wszystkie typy gleb, R – rędziny właściwe typowe, RB – rędziny brunatne typowe, B – gleby brunatne właściwe, SR – gleby spod sosny reliktovej. Słupki przedstawiają zakres wartości od maksymalnej do minimalnej

**Fig. 6.** Average value of cation exchange capacity: C – all soil types, R – typical proper rendzinas, RB – typical brown rendzinas, B – typical brown soils, SR – soils under relict pine. Bars represent value range from maximum to minimum



**Ryc. 7.** Średnia zawartość kationów zasadowych i kwasowość wymienna. Prawa oś odnosi się do kationów K i Na: C – wszystkie typy gleb, R – rędziny właściwe typowe, RB – rędziny brunatne typowe, B – gleby brunatne właściwe, SR – gleby spod sosny reliktovej

**Fig. 7.** Average content of basic cations and hydrolytic acidity. Right axis relates to K and Na cations: C – all soil types, R – typical proper rendzinas, RB – typical brown rendzinas, B – typical brown soils, SR – soils under relict pine



**Ryc. 8.** Zależność pojemności wymiennej kationów (PWK) od zawartości węgla organicznego  
**Fig. 8.** Relationship between cation-exchange capacity (CEC) and organic carbon content

#### PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki badań gleb pod zespołami naturalnych i wtórnych zbiorowisk roślinnych z udziałem sosny zwyczajnej były próbą określenia warunków glebowych dla tego siedliska. Zebrano materiał glebowy z obszaru PPN z piętnastu profili glebowych, reprezentujących cztery podtypy gleb: rędziny inicjalne skaliste, rędziny właściwe typowe, rędziny brunatne typowe i glebę bruntaną kwaśną, niecałkowitą.

Pod względem analizowanych właściwości fizycznych i chemicznych, ich wartości mieściły się w szerokim zakresie dla gleb występujących w PPN. Gleby pod sośniami nie różnią się istotnie od innych gleb tego samego typu i podtypu pod względem morfologii profilu, uziarnienia, zawartości materii organicznej, odczynu i właściwości sorpcyjnych.

Należy stwierdzić, że naturalne zbiorowiska z udziałem sosny zwyczajnej preferują płytkie rędziny inicjalne, rędziny właściwe lub rędziny brunatne. Mniej zasiedlają stanowiska głębokich gleb brunatnych, które ze względu na warunki troficzne zostały zajęte przez żyzną buczynę karpacką *Dentario glandulosae-Fagetum* i ciepłolubną buczynę *Carici albae-Fagetum*.

Ponadto kwaśny lub bardzo kwaśny odczyn powierzchniowych poziomów nie ma znaczenia dla występowania sosny na badanych glebach. Ze względu na brak wyraźnych różnic we właściwościach fizycznych, chemicznych i edaficznych badanych gleb w odniesieniu do podobnych typów pozostałych gleb Pienin sugeruje, że warunki wodne mogą być głównym czynnikiem decydującym o występowaniu naturalnych lub wtórnych zbiorowisk z udziałem sosny. Uwzględniając wymagania wodne głównych



gatunków drzew w PPN, to sosna zwyczajna wyróżnia się najmniejszymi potrzebami wodnymi, w porównaniu do jodły pospolitej, jawora czy buka pospolitego. Dlatego, w przyszłości należałoby w ocenie siedlisk z udziałem sosny, uwzględnić warunki wodne gleby, takie jak dynamika wilgotności gleby lub dostępności wody.

## PIŚMIENNICTWO

- Birkenmajer K. 2017. Geologia Pienin. Monografie Pienińskie, t. 3, Pieniński Park Narodowy, Krościenko n.D., s. 5–66.
- Bodziarczyk J. 2021. Sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* w Pienińskim Parku Narodowym – warunki występowania i jej znaczenie w zbiorowiskach roślinnych, [w:] J. Bodziarczyk (red.), Pieniny – Przyroda i Człowiek. Monografie, Tom XVII. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, s. 11–34.
- Bodziarczyk J., Pancer-Koteja E. 2004. Naturalne i wtórne sośniny w Pienińskim Parku Narodowym. *Studia Naturae*, **49**: 123–130.
- Bodziarczyk J., Pancer-Koteja E., Różański W. 2016. Charakterystyka leśnej szaty roślinnej Pienińskiego Parku Narodowego na podstawie systematyczno-losowej próby danych. *Pieniny – Przyroda i Człowiek*, **14**: 17–50.
- Brożek S., Lasota J., Gruba P., Wanic T., Zwydak M., Błońska E., Pacanowski P 2019. Atlas siedlisk leśnych Polski, CILP Warszawa. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, 600 s.
- Jaworski A. 2019. Hodowla lasu. Charakterystyka hodowlana drzew i krzewów leśnych, t. 3. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 639 s.
- IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome, 192 s.
- Kowalska J.B., Kajdas B., Zaleski T. 2020. Lithological indicators of discontinuities in mountain soils rich in calcium carbonate in the Polish Carpathians. *Journal of Mountain Science*, **17**: 1058–1083.
- Kowalska J.B., Skiba M., Maj-Szeliga K., Mazurek R., Zaleski T. 2021. Does calcium carbonate influence clay mineral transformation in soils developed from slope deposits in Southern Poland? *Journal of Soils and Sediments*, **21**: 257–280.
- Kowalska J.B., Zaleski T., Mazurek R. 2020. Micromorphological features of soils formed on calcium carbonate-rich slope deposits in the Polish Carpathians. *Journal of Mountain Science*, **17**: 1310–1332.
- Matuszkiweicz J.M. 2001. Zbiorowiska leśne Polski. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 385 s.
- Niemyska-Łukaszuk J., Miechówka A., Zaleski T. 2002. Gleby Pienińskiego Parku Narodowego i ich zagrożenia. *Pieniny – Przyroda i Człowiek*, **7**: 79–90.
- Niemyska-Łukaszuk J., Zaleski T., Miechówka A. 2004. Charakterystyka pokrywy glebowej Pienińskiego Parku Narodowego. *Studia Naturae*, **49**: 33–41.
- Pancer-Koteja E., Kaźmierczakowa R. 2004. Mapa zbiorowisk roślinnych Pienińskiego Parku Narodowego, [załącznik do:] R. Kaźmierczakowa (red.) Charakterystyka i mapa zbiorowisk roślinnych Pienińskiego Parku Narodowego. *Studia Naturae*, **49**: 1–348.
- Perzanowska J. 2010. Górskie reliktywne lasy sosnowe, [w:] W. Mróz (red.), Monitoring siedlisk przyrodniczych. Przewodnik metodyczny. Cz. I. GIO, Warszawa, ss. 284–294.

- Skiba S., Drewnik M., Zaleski T. 2002. Mapa gleb Pienińskiego Parku Narodowego w jednostkach taksonomii międzynarodowej. Pieniny – Przyroda i Człowiek, **7**: 91–95.
- Sokołowska J., Józefowska A., Woźnica K., Zaleski T. 2019. Interrelationship between soil depth and soil properties of Pieniny National Park forest (Poland). Journal of Mountain Science, **16**(7): 1534–1545.
- Systematyka gleb Polski. 2019. Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, Komisja Genezy, Klasyfikacji i Kartografii Gleb. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, Wrocław–Warszawa, 290 s.
- Świtoniak M., Kabala C., Charzyński P. 2016. Propozycja anglojęzycznych nazw jednostek Systematyki gleb Polski. Soil Science Annual, **67**(3): 103–116.
- Wanic T., Bodziarczyk J., Gąsiorek M., Hawryło P., Józefowska A., Kajdas B., Mazurek R., Szostak M., Usień M., Wężyk P., Zadrożny P., Zięba-Kulawik K., Zaleski T. 2017. Trophic conditions of forest soils of the Pieniny National Park, southern Poland. Soil Science Annual, **68**(4), 205–211.
- Zaleski T. 2012. Rola pedogenezy w kształtowaniu właściwości hydrofizycznych, retencji, reżimu i bilansu wodnego gleb wytworzonych z utworów pyłowych Karpat. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, nr 494, 114 s.
- Zaleski T., Bodziarczyk J., Wężyk P., Gąsiorek M., Hawryło P., Józefowska A., Kajdas B., Mazurek R., Szostak M., Wanic T., Zadrożny P., Zięba-Kulawik K. 2018. Wpływ naturalnej sukcesji leśnej na właściwości gleb w strefie ekotonowej (między lasem i łąką) w Pienińskim Parku Narodowym – wstępne wyniki badań. Pieniny – Przyroda i Człowiek, **15**: 3–20.
- Zaleski T., Kacprzak A., Maj K. 2006. Pedogenetic conditions of retention and filtration in soils formed from slope covers on the example of a selected catena in the Pieniny Mts. Polish Journal of Soil Science, **39**(2): 185–195.
- Zaleski T., Mazurek R., Gąsiorek M., Wanic T., Zadrożny P., Józefowska A., Kajdas B. 2016. Gleby leśnych powierzchni monitoringowych w Pienińskim Parku Narodowym. Pieniny – Przyroda i Człowiek, **14**: 3–15.

## SUMMARY

The soil cover of the Pieniny National Park (PNP) is diverse in terms of the depth of the soil profile, texture and the content of skeletal fractions, the amount of organic matter, slope exposure and humidity conditions. It has been proven that these factors have a decisive impact on edaphic conditions. One of the significant and distinctive tree species of the PNP is *Pinus sylvestris* L., which occurs as the dominant in relict pine forests.

The research aimed to characterize the soil properties in natural and secondary communities with a large share of *Pinus sylvestris* in the PNP.

The soils, which developed under natural or secondary communities with *Pinus sylvestris*, were classified into four subtypes: raw rocky rendzinas, typical proper rendzinas, typical brown rendzinas and typical dystrophic brown soils (Fig. 1, Table I). These soils are classified according to the IUSS WRB (2015) as Lithic Rendzic Leptosols, Rendzic Leptosols, Rendzic Cambic Leptosols or Skeletic Eutric Cambisols and Skeletic Dystric Cambisol. They occur on slopes inclined at 15° up to 40°, and in some cases on steep slopes that are nearly vertical. Most of the slopes are south-facing or south- and west-facing ones. The soil texture is dominated by loam and silt with

a large variation in the amount of earth particles: sand (8–66%), silt (25–77%) and clay (6–48%) (Table I, Fig. 2).

Primary and secondary carbonates were found in almost all soil types. The carbonate content in rendzinas (0.16–38.86%) was higher than in brown soils (1.66–16.67%). The highest average content of carbonates was found in typical brown rendzinas (Table I, Fig. 3).

The reaction of the soils was very acidic or acidic at the surface horizons up to a depth of about 30 cm, while at deeper horizons it was slightly acidic to alkaline. In terms of pH, all rendzinas had a higher mean value (6.44–6.45) than brown soils (5.49) (Fig. 4).

Organic carbon content varied between the soil types. It was greater in typical proper rendzinas (1.29–13.59%) than in typical brown rendzinas (0.84–10.87%) and in brown soils (0.74–16.23%) (Table I, Fig. 5).

The common feature of the studied soils is the high base saturation of the sorption complex (V%), except for typical dystrophic brown soil. The value of this property ranged as in the following: 76.2–97.01% in raw rocky rendzinasand, 50.65–98.21% in typical brown rendzinas and 9.10–98.82% in all subtypes of brown soils (Table I). This is the result of a high range of cation exchange capacity, the high share of basic cations in the sorption complex and low hydrolytic acidity (Fig. 6). The highest share of calcium cations was found in almost all soils. The value ranged from several to several hundred times more than the remaining basic cations together (Fig. 7). Acid cations were dominant in the soil sorption complex only in the typical dystric brown soil (Table I). This cation exchange capacity is strongly correlated with the content of organic carbon (Fig. 8).

The values of the analyzed physical and chemical properties were fairly within a wide range of soils that occur in the PNP. The soils that create growing conditions for the pine forests do not differ significantly from the other soils of the same type and sub-type in terms of profile morphology, grain size, organic matter content, pH and sorption properties.

## Grzyby zasiedlające drewno reliktywnej sosny zwyczajnej z Sokolicy z objawami zgnilizny oraz ich interakcje biotyczne

Fungi inhabiting wood of Sokolica relict *Pinus sylvestris*  
with rot symptoms and their biotic interactions

CZESŁAW BARTNIK, DOMINIKA LEDWICH

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Wydział Leśny, Katedra Ochrony  
Ekosystemów Leśnych, al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków,  
e-mail: czeslaw.bartnik@urk.edu.pl, dominika.ledwich@urk.edu.pl

**Abstract.** Mycological studies carried out on the broken limb of a relict pine from Sokolica showed that wood rot and, consequently limb damage, was caused by a rare species of *Cinereomyces lindbladii*. This is the first time that this fungus has been observed infecting a living tree, and turning the wood to white rot. So far, it has been considered that saprotrophic species attack only dead wood. Apart from *C. lindbladii*, three other species were isolated from the pine wood with rot symptoms: *Trichoderma atroviride*, *Trichoderma harzianum* and *Umbelopsis isabelina*. The study revealed a particularly strong inhibitory effect of *Trichoderma* species on wood decomposition by *C. lindbladii*. The loss of dry weight in the pine sawdust after nine months of the experiment was only 14.5% involving *T. harzianum* and *T. atroviride*, while without the participation of these fungi, the distribution of sawdust by *C. lindbladii* was 96.5%. *C. lindbladii* shows strong antagonistic properties against most of the tested rot fungi, limiting their growth in dual cultures. Increasing temperatures (25–30°C) favour the development of *C. lindbladii*, whereas it grows slower when it is colder (5–10°C). Lower temperatures prevail in mountain areas, hence the intensive wood decomposition caused by this species is limited only to a relatively short period under such conditions.

**Keywords:** relict pine, wood rot, biotic interactions, *Cinereomyces lindbladii*

### WSTĘP

Grzyby zasiedlające żywe drzewa pełnią różne funkcje ekologiczne. Wśród nich są grzyby saprotroficzne, rozwijające się na martwej substancji organicznej, oraz grzyby patogeniczne, powodujące różne objawy chorobowe, takie jak nekrozy żywych tkanek, raki drzewne czy powodujące zgniliznę drewna.

Szczególnie grzyby powodujące zgniliznę drewna są organizmami mogącymi powodować duże zagrożenie dla przetrwania drzewa. Ta grupa grzybów może atakować system korzeniowy, strzały i gałęzie. Drogą infekcji części nadziemnej drzew najczęściej jest martwica tkanki drewna bielastego lub rany odsłaniające drewno twarde. Grzyby zgniliznowe mogą również wnikać do pnia poprzez zamarłą gałąź, w której zdążyła się wytworzyć twardziel. Patogeniczne grzyby zgniliznowe rozkładają głównie drewno twarde, a tylko w niewielkim stopniu drewno bielaste. Ma to związek z tym, że w drewnie bielastym znajdują się żywe komórki, które mają zdolność do wytwarzania toksycznych związków fenolowych w reakcji na obecność metabolitów grzyba w tkance drzewa (Rayner, Boddy 1988).

Wśród grzybów zgniliznowych znajdują się zarówno gatunki saprotroficzne, zasiedlające tylko martwe drewno, jak i patogeny mogące atakować żywe drzewa. Wśród grzybów patogenicznych występują gatunki, które powodują brunatną zgniliznę drewna, rozkładające głównie celulozę oraz częściej gatunki powodujące białą zgniliznę drewna, rozkładające – poza celulozą – również ligninę. Intensywność rozkładu drewna zależy między innymi od gatunku grzyba, temperatury powietrza, wilgotności drewna i gatunku drzewa (Schwarze i in. 2000). Istotny wpływ na tempo dekompozycji drewna ma także obecność w drewnie innych gatunków grzybów, w tym grzybów saprotroficznych, niepowodujących zgnilizny drewna, które mogą poprzez swoje metabolity hamować lub stymulować tempo rozkładu drewna przez patogeny zgniliznowe. W konsekwencji działanie grzybów zgniliznowych prowadzi do wywracania się drzew (w przypadku zaatakowania przez nie systemu korzeniowego), a nawet powstawania wiatrołomów oraz obłamywania konarów i gałęzi. Przykładem takiego zjawiska było odłamanie się konaru u sosny reliktovej rosnącej na Sokolicy w Pienińskim Parku Narodowym. Dokładna charakterystyka tego drzewa oraz okoliczności jego uszkodzenia zostały przedstawione we wstępie do niniejszej monografii przez Bodziarczyka (2021) oraz opisane szczegółowo przez Bodziarczyka i Karwowskiego (2018) tuż po zdarzeniu.

Podjęte przez nas badania miały na celu określenie sprawcy zgnilizny na złamanej gałęzi sosny na Sokolicy oraz opis warunków jego rozwoju. Postanowiono także zidentyfikować inne gatunki grzybów zasiedlających drewno badanej sosny i określić ich interakcje względem sprawcy zgnilizny.

## METODYKA

Z obłamanej gałęzi sosny, w miejscu wystąpienia objawów zgnilizny, pobrano fragmenty drewna w celu wyizolowania zasiedlających je grzybów. Izolacje grzybów przeprowadzono w następujący sposób: powierzchnie fragmentów drewna zostały najpierw wysterylizowane 96% etanolem, a następnie wysuszone sterylną bibułą filtracyjną. Ze środka pobrano fragmenty drewna. Każdy z nich został umieszczony na szalce Petriego zawierającej pożywkę PDA + T (potato dextrose agar, Biocorp, 200 mg/L tetracycline, TZF Polfa, Poland). Szalki Petriego inkubowano w temperaturze pokojowej przez 7 dni w ciemności. Po uzyskaniu czystych kultur przystąpiono do identyfikacji ich do gatunku. Wykorzystano w tym celu identyfikację molekularną – metodę PCR.

Grzybnię z poszczególnych kultur zebrano sterylnym skalpelem, umieszczono w 2 ml probówkach typu Eppendorf w celu przeprowadzenia ekstrakcji DNA grzybów. DNA ekstrahowano za pomocą Genomic MiniAX Plant (A & A Biotechnology, Gdynia, Poland) zgodnie z protokołem producenta. Następnie wykonano PCR regionu ITSrDNA (ITS1–5.8SITS2) za pomocą ITS4 i ITS5 (White i in. 1990), amplifikując fragmenty genów według określonej procedury (Bartnik i in. 2020). Amplifikowane produkty sekwencjonowano Big Dye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA). Otrzymane sekwencje DNA zostały przetworzone przy użyciu oprogramowania Chromas Pro 1.6 (Technelysium, Australia) i przyrównane w bazie danych NCBI GenBank za pomocą narzędzia BLAST do wyszukiwania najbardziej podobnych sekwencji.

Ponadto zbadano wpływ temperatury na wzrost grzyba *Cinereomyces lindbladii*. W tym celu wyszczepiono kultury tego grzyba pobrane z jednego izolatu na szalki Petriego i hodowano go w dwóch powtórzeniach w temperaturze 5, 10, 15, 20, 25 i 30°C. Następnie po 7 i 14 dniach zmierzono dwie średnice każdej kultury pod kątem 90 stopni i wyliczono średnią.

Zbadano również interakcję biotyczną pomiędzy wrośniaczką żelatynowatą a 11 gatunkami grzybów (saprotroficznych i patogenicznych): *Amylostereum areolatum*, *Antrodia heteromorpha*, *Armillaria ostoyae*, *Fomitopsis pinicola*, *Peniophora lycii*, *Postia ptychogaster*, *Stereum sanguinolentum*, *Trichaptum abietinum*, *Trichoderma atroviride*, *Trichoderma harzianum* i *Umbelopsis isabellina*. W tym celu przeprowadzono test na szalkach z wykorzystaniem kultur dualnych. Efekt biotyczny pomiędzy dwoma gatunkami grzybów ustalano w dwóch powtórzeniach, w temperaturze pokojowej (ok. 22°C) po 10 i 20 dniach według skali przedstawionej w tabeli I.

Przez algebraiczne zsumowanie wszystkich możliwych ocen według przytoczonej skali (wyrażonych w postaci punktów), otrzymywano liczbowy wyraz indywidualnego efektu biotycznego badanego gatunku grzyba. Jeżeli sytuacja na pożywce w płytce Petriego układała się odwrotnie niż to wynika z powyższej skali (kolonia grzyba A zajmuje miejsce kolonii grzyba B), to indywidualny efekt przybierał taką samą wartość bezwzględną (lecz o przeciwnym znaku) i oznaczał też przeciwność. Wynik oceny poszczególnych elementów (stopnia otoczenia jednej kolonii przez drugą, szerokość strefy inhibicyjnej, ograniczonego wzrostu) danej sytuacji na powtórzeniach płytkowych ustalano jako średnią arytmetyczną (Piętka 2013). W celu określenia sumarycznego efektu biotycznego (SEB) dodano wartości indywidualnego efektu biotycznego dla szerokości strefy inhibicyjnej, stopnia otoczenia jednej kolonii przez drugą oraz ograniczonego wzrostu.

Kolejny test dotyczył intensywności rozkładu trocin sosnowych przez wrośniaczkę żelatynowatą, a także ich rozkładu w obecności wyizolowanych z drewna sosny reliktywnej trzech pozostałych gatunków grzybów (*Trichoderma atroviride*, *T. harzianum* i *Umbelopsis isabellina*). W tym celu założono doświadczenie z trocinami. Oddzielnie przygotowano trociny drewna bielastego i drewna twardzielowego sosny zwyczajnej i świerka pospolitego. Następnie przesiano je przez sito o wymiarach 0,8 mm, a potem odważono w porcjach po 0,4 g i sterylizowano w suszarce w temperaturze 90°C przez



**Tabela I.** Skala ocen potrzebna dla ustalenia indywidualnego efektu biotycznego (według Mańki (1974) – z modyfikacją)

**Table I.** Assessment scale to determine individual biotic effect (according to Mańka (1974) – with modification)

Opis sytuacji na płytce Petriego Description of situation on Petri dish	Ocena Rating
Obydwie kolonie grzybów stykają się wzdłuż linii prostej Both fungal colonies meeting in straight line	0
Kolonia B (gatunku konkurencyjnego) styka się z kolonią A ( <i>Cinereomyces lindbladii</i> ) wzdłuż linii lekko krzywej tak, że otacza mniej niż 1/3 kolonii A Colony B (competitor species) meets colony A ( <i>Cinereomyces lindbladii</i> ) along slightly curved line so that it surrounds less than 1/3 of colony A	1
Kolonia B styka się z kolonią A wzdłuż linii krzywej tak, że otacza co najmniej 1/3, lecz mniej niż 1/2 kolonii A Colony B meets colony A along curved line so that it surrounds at least 1/3 but less than 1/2 of colony A	2
Kolonia B styka się z kolonią A wzdłuż linii krzywej tak, że otacza co najmniej 1/2, lecz mniej niż 2/3 kolonii A Colony B meets colony A along curved line so that it surrounds at least 1/2 but less than 2/3 of colony A	3
Kolonia B styka się z kolonią A wzdłuż linii krzywej tak, że otacza 2/3 lub więcej kolonii A Colony B contacts colony A along curved line so that it surrounds 2/3 or more of colony A	4
Każdy milimetr strefy inhibicyjnej między obydwojma koloniami Every millimeter of inhibition zone between both colonies	1
Kolonia A co najmniej o 1/3, lecz mniej niż o 1/2, mniejsza niż jej kolonia kontrolna Colony A at least 1/3 but less than 1/2 smaller than control colony	1
Kolonia A co najmniej o 1/2, lecz mniej niż o 2/3, mniejsza niż jej kolonia kontrolna Colony A at least 1/2 but less than 2/3 smaller than control colony	2
Kolonia A co najmniej o 2/3 mniejsza niż jej kolonia kontrolna, lecz przynajmniej częściowo rozwinięta Colony A at least 2/3 smaller than control but at least partially developed	3
Kolonia A zupełnie nierozwinięta Colony A completely undeveloped	4

8 godzin. Przygotowano sterylne szalki Petriego z pożywką agarową, w której, po zastygnięciu, wycięto sztancą zestaloną pożywkę i w powstałe otwory umieszczono wysterylizowane trociny sosnowe z drewna bielastego oraz twardezielowego. Następnie nasączono je 500 µl sterylną wodą destylowaną i zainokulowano na nie grzyby: *Cinereomyces lindbladii* (użyto trocin z drewna bielastego i twardezielowego) oraz *C. lindbladii* + *Trichoderma atroviride*, *C. lindbladii* + *T. harzianum* i *C. lindbladii* + *Umbelopsis isabellina*, wykorzystując tylko trociny z drewna bielastego.

Doświadczenie z trocinami sosnowymi prowadzono przez 9 miesięcy, w temperaturze pokojowej i ciemności. Po zakończonym terminie trociny z szalek przełożono na folię aluminiową i poddano procesowi suszenia w temperaturze 90°C przez 8 godzin. Następnie trociny zostały zważone i na podstawie różnicy masy trocin przed doświadczeniem i po doświadczeniu obliczono ubytki suchej masy. W ostatnim doświadczeniu zbadano ubytek suchej masy trocin świerkowych przez 9 gatunków grzybów powodujących zgniliznę drewna na drzewach iglastych: *Amylostereum areolatum*, *Antrodia heteromorpha*, *Armillaria ostoyae*, *Cinereomyces lindbladii*, *Fomitopsis pinicola*, *Peniophora lycii*, *Postia ptychogaster*, *Stereum sanguinolentum* i *Trichaptum abietinum*. Do rozkładu trocin świerkowych użyto kultur grzybów wyizolowanych z drewna świerkowego zlokalizowanego na terenie Nadleśnictwa Łądek Zdrój. Sposób przeprowadzenia doświadczenia był taki sam jak opisany powyżej dla trocin sosnowych. Natomiast czas trwania doświadczenia wyniósł 2 miesiące.

Dodatkowo dokonano charakterystyki morfologicznej kolonii wrośniaczka żelatynowatego *in vitro* oraz owocnika pobranego z pniaka świerkowego na terenie Nadleśnictwa Łądek Zdrój. Poza analizą morfologiczną przeprowadzono identyfikację tego grzyba na podstawie analizy DNA materiału, pochodzącego z owocnika i wyizolowanej grzybni.

## WYNIKI

### *Wyniki izolacji grzybów z drewna z objawami zgnilizny oraz ich charakterystyka*

Obwód gałęzi w miejscu jej obłamania wynosił 34 cm, a w miejscu zakończenia zgnilizny 29 cm. Zgnilizna drewna w obłamanej gałęzi była zaawansowana i miała stosunkowo duży zasięg, który wynosił 95 cm długości (Fot. 1). Rozłożona została celuloza i lignina, co w efekcie doprowadziło do białej zgnilizny drewna.

Z pobranych próbek z objawami zgnilizny wyizolowano cztery gatunki grzybów, w tym jeden gatunek grzyba zgniliznowego *Cinereomyces lindbladii* – wrośniaczek żelatynowaty oraz trzy gatunki grzybów saprotroficznych: *Trichoderma artroviride*, *T. harzianum* i *Umbelopsis isabellina* (Tab. II).

**Tabela II.** Gatunki grzybów wyizolowane z gałęzi sosny reliktywnej z Sokolicy

**Table II.** Species of fungi isolated from limb of relict pine growing at Sokolica

Lp. No.	Nazwa grzyba Name of fungus	Najbardziej podobna sekwencja w GenBank Most similar sequence in GenBank	% zgodności % match
1.	<i>Cinereomyces lindbladii</i> (Berk.) Jülich Wrośniaczek żelatynowaty	MH860129.1	99
2.	<i>Trichoderma atroviride</i> P. Karst.	MK120297.1	98
3.	<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai	KU896349.1	100
4.	<i>Umbelopsis isabellina</i> (Oudem.) W. Gams	JN206397.1	99



**Fot. 1.** Fragment obłamanej gałęzi sosny reliktovej z objawami zgnilizny (A) i jej zasięgiem (B) (fot. C. Bartnik)

**Photo 1.** Fragment of broken limb of relict pine with rot symptoms (A) and extent of rot (B) (photo by C. Bartnik)

**Wrośniaczek żelatynowaty** *Cinereomyces lindbladii* (BERK.) JÜLICH jest grzybem podstawkowym (*Basidiomycota*), z rzędu żagwiowce (*Polyporales*) i rodziny *Gelato-poriaceae*. Po raz pierwszy takson ten zdiagnozował w 1872 r. Miles Joseph Berkeley, nadając mu nazwę *Polyporus lindblandii*. Obecną nazwę, uznaną przez Index Fungorum, nadał mu w 1982 r. Walter Jülich, przenosząc go do rodzaju *Cinereomyces*. W Polsce wcześniej gatunek ten był opisany przez Stanisława Domańskiego (1965) jako biały szarzejący. Obecną nazwę polską zaproponował Władysław Wojewoda (2003), ale obie te nazwy są aktualnie niespójne z nazwą naukową.

Owocnik jest rozpostarty, za młodu kolisty lub elipsoidalny, słabo przyrośnięty do podłoża. Często na zeszłorocznych owocnikach wyrastają młode owocniki. Zlewając



się z sąsiednimi owocnikami osiągają długość do 30 cm, szerokość do 20 cm i grubość 1–5 mm. Młode owocniki są białe, miękkie i posiadają dość silny zapach, a z wiekiem stają się ciemniejsze, brudnożółtawe, jasnoszare, w końcu ciemnoszare. Hymenofor rurkowy zwykle jednowarstwowy. Rurki o długości 1–4 mm, proste lub ukośne, całe lub piłkowane i pokryte kłaczkowym nalotem. Pory rurek drobne, na 1 mm mieszczą się 3–4. Osiągają średnicę 0,15–0,4 mm (rzadko 0,6 mm), kształt obły, okrągły, nieco podłużny, kanciasty lub nieznacznie zatokowaty (Domański 1965) (Fot. 2).

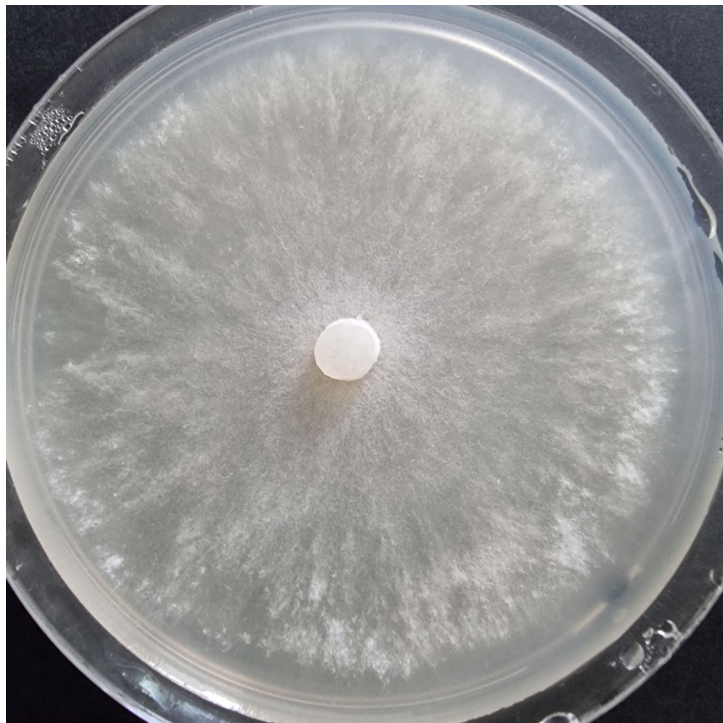
Grzybnia wrośniaczka żelatynowatego rozwijająca się na pożywce PDA jest biaława, cienka a na obrzeżach lekko puszysta i stosunkowo szybko rosnąca (Fot. 3).

Grzyb ten dotychczas był uznawany za saprotrofa, rozwija się na martwym drewnie głównie drzew iglastych. W Polsce notowany był na świerku pospolitym i sośnie zwyczajnej (Wojewoda 2003), w innych krajach także na jodle, modrzewiu i drzewach liściastych, olszy, brzozie, leszczynie, topoli, śliwie, dębie, jarzębie i lipie. Rośnie na leżących na ziemi pniach drzew, powodując białą zgniliznę drewna (Domański 1965).



**Fot. 2.** Owocnik wrośniaczka żelatynowatego na pniaku świerkowym na terenie Nadleśnictwa Łądek Zdrój, 15.02.2017 r. (fot. C. Bartnik)

**Photo 2.** Fruiting body of *Cinereomyces lindbladii* on spruce stump in Łądek Zdrój Forest District on February 15, 2017 (photo by C. Bartnik)



**Fot. 3.** Kultura wrośniaczka żelatynowatego na pożywce PDA po 14 dniach hodowli w temperaturze 22°C, wyizolowana z drewna sosny reliktovej (fot. C. Bartnik)

**Photo 3.** Culture of *Cinereomyces lindbladii* on PDA medium after 14 days of cultivation at 22°C, isolated from relict pine wood (photo by C. Bartnik)

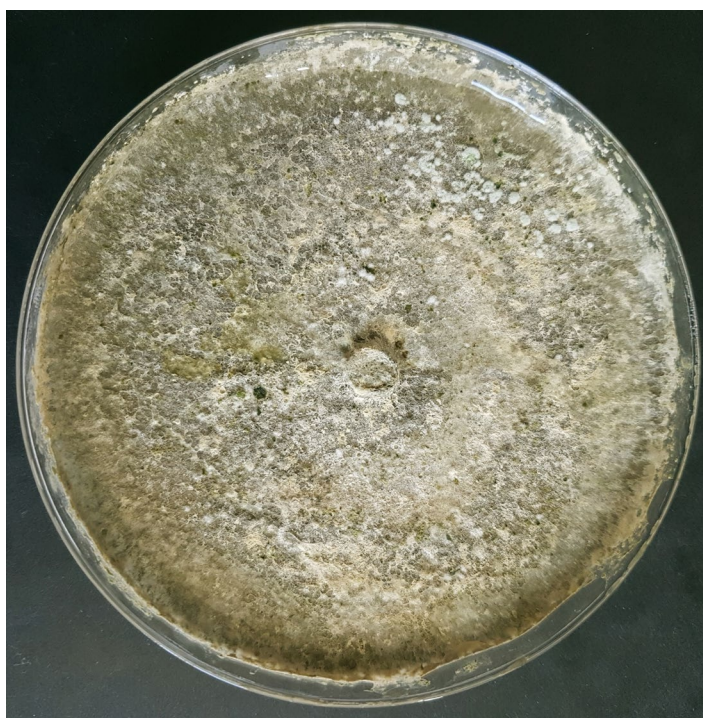
Notowany jest głównie w Europie. Jest szeroko rozprzestrzeniony od Hiszpanii po północne rejony Półwyspu Skandynawskiego. Poza tym odnotowano jego występowanie jeszcze w stanie Ontario w Kanadzie. W Polsce jest gatunkiem reliktowym i występującym w starych naturalnych lasach o charakterze pierwotnym (Piątek 2003). Częściej spotykany w górach, głównie w rezerwatach przyrody. Znajduje się na *Czerwonej liście roślin i grzybów Polski* (Wojewoda, Ławrynówicz 2006). Ma status gatunku potencjalnie zagrożonego (R) z powodu ograniczonego zasięgu geograficznego i małych obszarów siedliskowych (Domański 1965). Znajduje się na listach gatunków zagrożonych także w Finlandii, Danii i w Niemczech (Wojewoda 2003).

W większości przypadków wrośniaczek żelatynowaty zasiedla drzewa iglaste z rodzajów *Abies*, *Larix*, *Picea*, *Pinus*, *Pseudotsuga*, *Sequoia*, *Thuja* i *Tsuga*, ale jest również notowany na wielu drzewach liściastych (Ryvarden, Gilbertson 1993; Gilbertson, Ryvarden 1986). W Polsce spotkać go można głównie na świerku pospolitym *Picea abies* i sośnie zwyczajnej *Pinus sylvestris* ale także na jodle pospolitej *Abies alba*, brzozie brodawkowatej *Betula pendula* i trześni *Cerasus avium*.

*Trichoderma atroviride* i *Trichoderma harzianum* należą do typu Ascomycota, klasy Sordariomycetes, rzędu Hypocreales i rodziny Hypocreaceae. Grzyby te są

niezwykle powszechne w naturze. Mają zdolność do zasiedlania bardzo zróżnicowanych środowisk. Dają się łatwo izolować z gleby, drewna oraz innych form materii organicznej. Rosną bardzo szybko w hodowlach sztucznych i obficie produkują zarodniki konidialne (Fot. 4). Mają również zdolność do produkcji przetrwalników – chlamydospor. Gatunki *Trichoderma* izolowane z drewna z objawami próchnicy takie jak *T. atroviride* i *T. harzianum* mają zdolność do produkcji celulaz i ksylanaz – kluczowych enzymów degradacji ścian komórkowych roślin, a tym samym do saprotroficznego stylu odżywiania (Błaszczyk i in. 2016).

*Umbelopsis isabellina* wcześniej klasyfikowany był do rodzaju *Mortierella*, należy do typu Mucoromycota (wyodrębniony z typu Zygomycota), rzędu Umbelopsiales. *U. isabellina* obejmuje kompleks gatunków szeroko rozpowszechnionych na półkuli północnej i południowej. Grzyb ten jest powszechnie izolowany z gleby i korzeni roślin, jednak jego biologia i ekologia nie są dobrze poznane. Niewiele jest literatury odnoszącej się do aspektów ekologicznych. Gatunek *Umbelopsis isabellina* charakteryzuje się białymi, aksamitnymi koloniami (Fot. 5), które rosną powoli i wytwarzają strzępki z rzadkimi przegrodami oraz wyprostowane sporangiofory z kolumelą na końcach. Grzyby te są ważne w przemyśle ze względu na ich wyjątkowy metabolizm



**Fot. 4.** Kultura *Trichoderma harzianum* na pożywce PDA po miesiącu hodowli w temperaturze 22°C, wyizolowana z drewna sosny reliktovej (fot. C. Bartnik)

**Photo 4.** Culture of *Trichoderma harzianum* on PDA medium after one month of cultivation at 22°C, isolated from relict pine wood (photo by C. Bartnik)





**Fot. 5.** Kultura *Umbelopsis isabellina* na pożywce PDA po 14 dniach hodowli w temperaturze 22°C, wyizolowana z drewna sosny reliktywnej (fot. C. Bartnik)

**Photo 5.** *Umbelopsis isabellina* culture on PDA medium after 14 days of cultivation at 22°C, isolated from relict pine wood (photo by C. Bartnik)

lipidów i kwasów tłuszczowych oraz wysoki poziom wewnątrzkomórkowej akumulacji lipidów z różnych surowców.

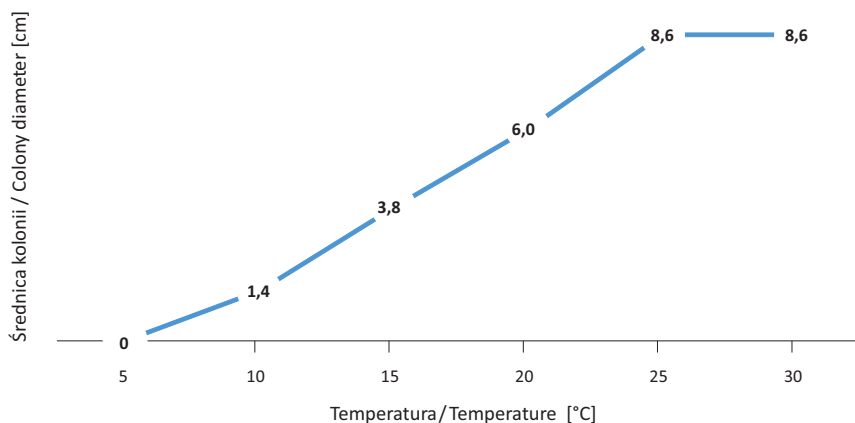
#### *Wpływ temperatury na wzrost kolonii Cinereomyces lindbladii*

Wrośniaczek żelatynowaty optymalny rozwój wykazywał w temperaturze 25°C, a w temperaturze 5°C jego wzrost był całkowicie zahamowany (Ryc. 1). Jego stosunkowo niewielki wzrost w temperaturze 10–15°C oraz wysoki wzrost w temperaturze 30°C wskazuje, że jest to raczej gatunek ciepłolubny.

#### *Interakcje biotyczne pomiędzy wybranymi gatunkami grzybów a Cinereomyces lindbladii*

Wrośniaczek żelatynowaty był gatunkiem dominującym w stosunku do większości testowanych grzybów. Najwyższą wartość linii styku, wynoszącą +4, wykazywał w stosunku do: *Antrodia heteromorpha*, *Armillaria ostoyae* i *Postia ptychogaster*. Tylko dwa gatunki zdecydowanie ograniczały linię styku wrośniaczka do wartości –4 i były to: *Trichoderma atroviride* i *T. harzianum* (Tab. III, Fot. 6, 7).

Sumaryczny efekt biotyczny uwzględniający linię styku, strefę inhibicji i wielkość wzrostu kultury był najwyższy dla *Cinereomyces lindbladii* i wynosił +8 w stosunku



**Ryc. 1.** Średnia wartość średnicy kultury wrośniaczka żelatynowatego w zależności od temperatury hodowli

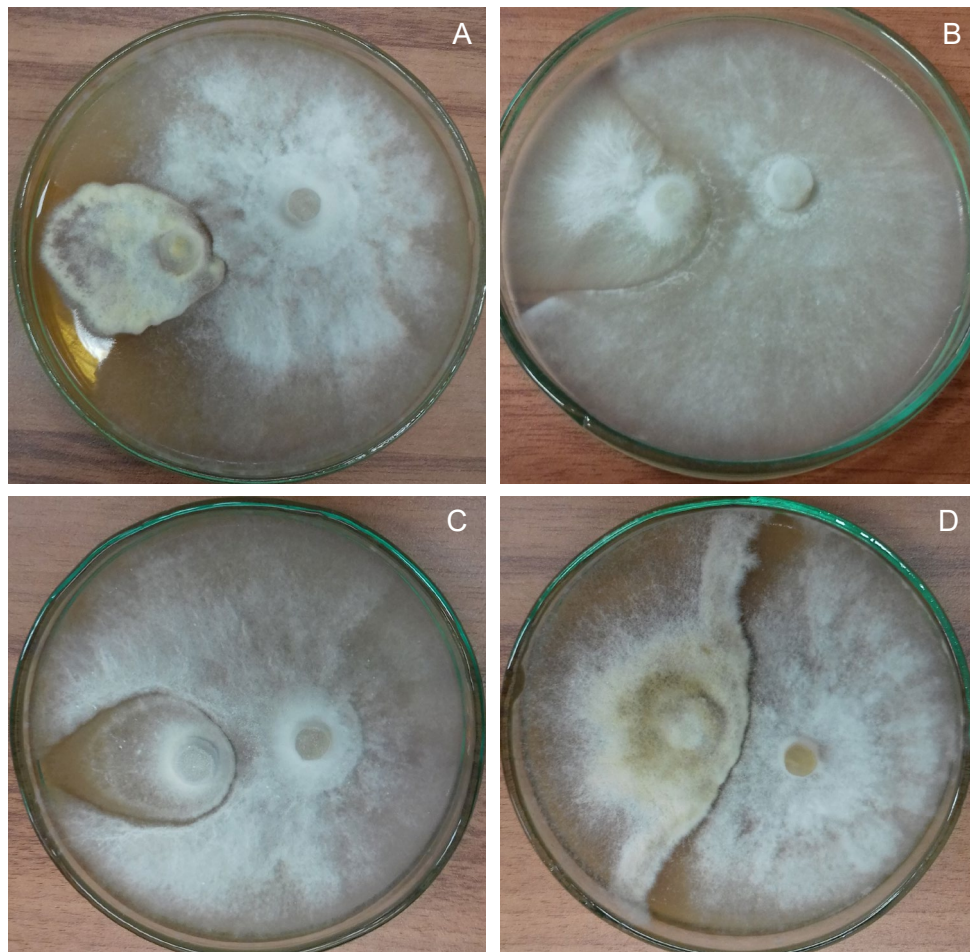
**Fig. 1.** Mean diameter of culture of *Cinereomyces lindbladii* depending on culture temperature

**Tabela III.** Wartość linii styku i sumaryczny efekt biotyczny (SEB) pomiędzy gatunkami testerami a kulturą testowaną wrośniaczkiem żelatynowatym

**Table III.** Contact line value and summary biotic effect (SEB) between tester species and *Cinereomyces lindbladii* test culture

Testery Testers	Kultura testowana / Culture tested <i>Cinereomyces lindbladii</i>	
	Linia styku Contact line	Sumaryczny Efekt Biotyczny Summary biotic effect
<i>Amylostereum areolatum</i>	1	1
<i>Antrodia heteromorpha</i>	4	7
<i>Armillaria ostoyae</i>	4	8
<i>Peniophora lyci</i>	-1	-1
<i>Postia ptychogaster</i>	4	8
<i>Stereum sanginolentum</i>	2	0
<i>Trichaptum abietinum</i>	3	5
<i>Trichoderma atroviride</i>	-4	-8
<i>Trichoderma harzianum</i>	-4	-8
<i>Umbelopsis isabellina</i>	1	3

do dwóch gatunków: *Armillaria ostoyae* i *Postia ptychogaster*. Również wysoką wartość SEB (+7) grzyb ten wykazywał w stosunku do *Antrodia heteromorpha* oraz wartość +5 do *Trichoderma abietinum*. Jedynie w przypadku dwóch grzybów zgniliznowych *Peniophora lyci* i *Stereum sanginolentum* wartość SEB wynosiła 0 i -1, a więc brak było istotnych interakcji biotycznych pomiędzy tymi gatunkami. Natomiast grzyby z rodzaju *Trichoderma* wykazywały bardzo silny wpływ biotyczny (-8), ograniczając rozwój *Cinereomyces lindbladii* w testach dwuorganizmowych.

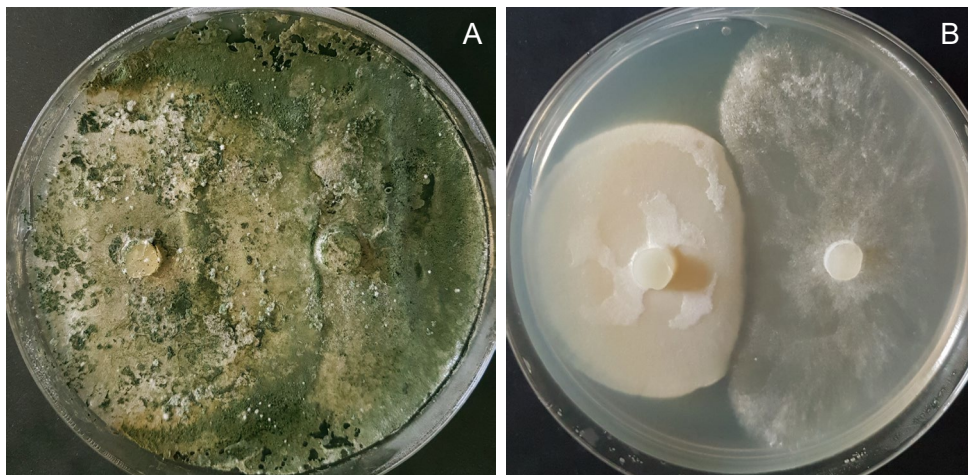


**Fot. 6.** Interakcje biotyczne w kulturach dualnych pomiędzy: A – *Stereum sanguinolentum* (z lewej strony) i *Cinereomyces lindbladii* (z prawej strony); B – *Trichaptum abietinum* (z lewej strony) i *C. lindbladii* (z prawej strony); C – *Antrodia heteromorpha* (z lewej strony) i *C. lindbladii* (z prawej strony); D – *Amylostereum areolatum* (z lewej strony) i *C. lindbladii* (z prawej strony) wykonane po 20 dniach w temperaturze 22°C (fot. C. Bartnik)

**Photo 6.** Biotic interactions in dual cultures between: A – *Stereum sanguinolentum* (left) and *Cinereomyces lindbladii* (right); B – *Trichaptum abietinum* (left) and *C. lindbladii* (right); C – *Antrodia heteromorpha* (left) and *C. lindbladii* (right); D – *Amylostereum areolatum* (left) and *C. lindbladii* (right) made after 20 days at temperature of 22°C (photo by C. Bartnik)

#### *Intensywność rozkładu trocin świerkowych przez Cinereomyces lindbladii i wybrane gatunki grzybów zgniliznowych*

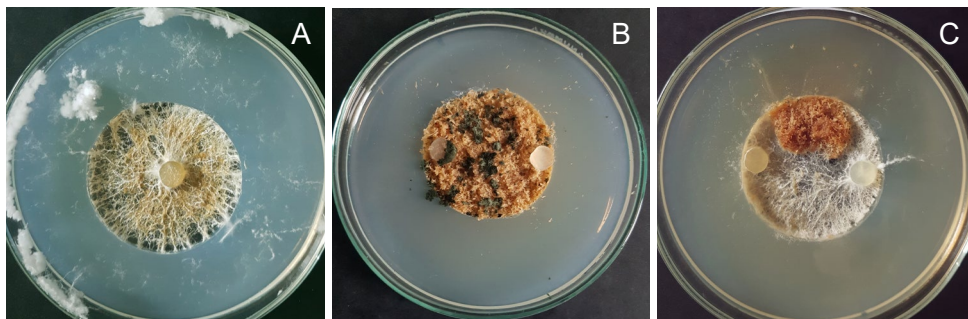
Spośród 9 testowanych gatunków, tylko 2 gatunki: *Cinereomyces lindbladii* i *Fomitopsis pinicola* cechowały się wysokim tempem rozkładu trocin świerkowych, w których ubytek suchej masy po dwóch miesiącach wynosił odpowiednio 25,0% i 28,5% w przypadku drewna bielastego oraz 17,8% i 26,5% w przypadku drewna twardego



**Fot. 7.** Interakcje biotyczne w kulturach dualnych: A – *Trichoderma harzianum* (z lewej strony) i *Cinereomyces lindbladii* (z prawej strony); B – *Umbelopsis isabellina* (z lewej strony) i *C. lindbladii* (z prawej strony) wykonane po 20 dniach w temperaturze 22°C (fot. C. Bartnik)

**Photo 7.** Biotic interactions in dual cultures: A – *Trichoderma harzianum* (left) and *Cinereomyces lindbladii* (right); B – *Umbelopsis isabellina* (left) and *C. lindbladii* (right) made after 20 days at temperature of 22°C (photo by C. Bartnik)

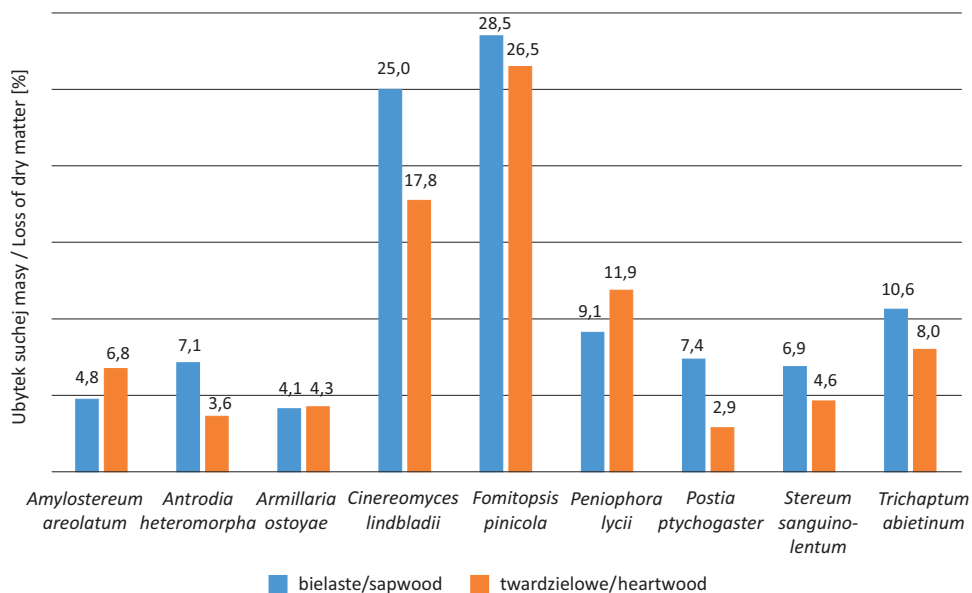
(Ryc. 2). Dla pozostałych gatunków średni ubytek suchej masy trocin wahał się w przypadku drewna bielastego od 4,1% dla *Armillaria ostoyae* do 10,6% dla *Ttichaptum abietinum*. Biorąc pod uwagę drewno twarde, ubytek suchej masy wahał się od 2,9% dla *Postia. ptychogaster* do 11,9% dla *Peniophora lycii* (Ryc. 2).



**Fot. 8.** Rozkład trocin sosnowych z drewna bielastego: A – przez wrośniaczka żelatynowatego; B – w obecności *Trichoderma atroviride* (z lewej strony) i wrośniaczka żelatynowatego (z prawej strony); C – w obecności *Umbelopsis isabellina* (z lewej strony) i wrośniaczka żelatynowatego (z prawej strony) wykonane po 20 dniach w temperaturze 22°C (fot. C. Bartnik)

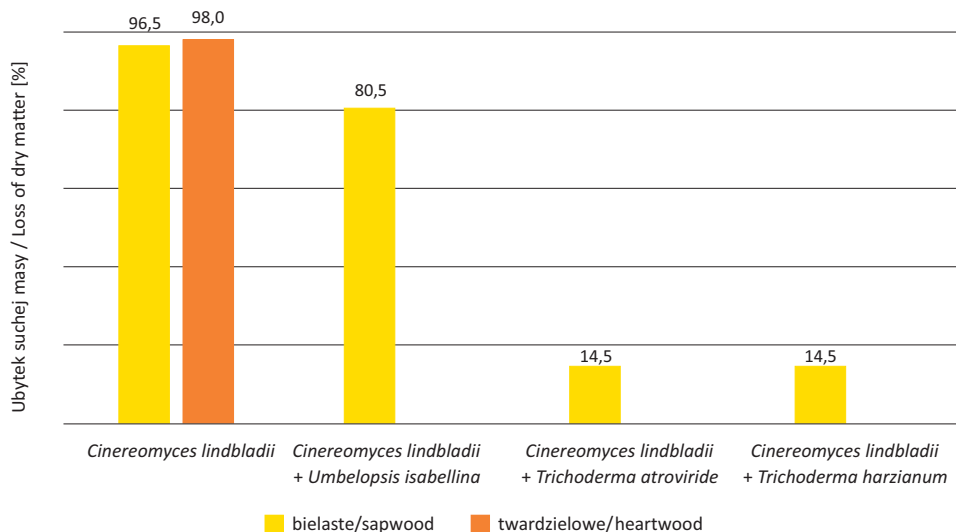
**Photo 8.** Decomposition of pine sawdust from sapwood: A – by *Cinereomyces lindbladii*; B – in presence of *Trichoderma atroviride* (left) and *C. lindbladii* (right); C – in presence of *Umbelopsis isabellina* (left) and *C. lindbladii* (right) made after 20 days at temperature of 22°C (photo by C. Bartnik)





**Ryc. 2.** Średnia wartość średnicy kultury wrośniaczka żelatynowatego w zależności od temperatury hodowli

**Fig. 2.** Mean diameter of culture of *Cinereomyces lindbladii* depending on culture temperature



**Ryc. 3.** Średnia wartość średnicy kultury wrośniaczka żelatynowatego w zależności od temperatury hodowli

**Fig. 3.** Mean diameter of culture of *Cinereomyces lindbladii* depending on culture temperature

### *Wpływ antagonistycznych saprotrofów na rozkład trocin sosnowych przez Cinereomyces lindbladii*

Ubytek suchej masy trocin spowodowany przez wrośniaczka żelatynowatego wynosił 98% w przypadku trocin pochodzących z drewna twardego i 96,5% dla trocin z drewna bielastego (Ryc. 3, Fot. 8). Zainokulowanie trocin pochodzących z drewna bielastego jednocześnie przez *Cinereomyces lindbladii* i *Trichoderma atroviride* lub *T. harzianum* spowodowało silne ograniczenie ubytku suchej masy trocin wynoszącego zaledwie 14,5%. Z kolei wyszczepienie na trocinach sosnowych jednocześnie *Cinereomyces lindbladii* i *Umbelopsis isabellina* spowodowało tylko niewielkie ograniczenie ubytku suchej masy, wynoszące 80,5%.

### DYSKUSJA

Sprawcą zgnilizny gałęzi sosny reliktywnej rosnącej na Sokolicy był wrośniaczek żelatynowaty *Cinereomyces lindbladii*, znajdujący się na liście gatunków zagrożonych. Według Piątka (2002) wrośniaczek żelatynowaty był stwierdzony w Polsce na 13 stanowiskach, w tym w większości w terenach górskich. Dotychczas grzyb ten w literaturze uznawany jest za saprotrofa, występującego na martwym drewnie, głównie na sośnie i świerku. Jest to pierwsze stwierdzenie jego występowania na żywym drzewie. Wyizolowanie go z drewna zdrowego na granicy z objawami zgnilizny może wskazywać, że grzyb ten może mieć także charakter patogeniczny. Dopiero w drewnie silnie rozłożonym izolowano grzyby z rodzaju *Trichoderma* i *Umbelopsis*, które w sposób radykalny (szczególnie w przypadku *Trichoderma*) ograniczały dalszą aktywność celulolityczną wrośniaczka. Wprawdzie na rozłożonym drewnie stwierdzono obecność małych i niewykształconych form owocnika, do czego, zdaniem autorów niniejszej publikacji, mogła przyczynić się obecność antagonistycznych grzybów z rodzaju *Trichoderma*, uniemożliwiających normalny rozwój owocników tego grzyba. W Polsce *C. lindbladii* może wytwarzać owocniki od kwietnia do listopada, przy czym okres najintensywniejszego procesu wykształcania owocników przypada na wrzesień i październik, ale w czerwcu, lipcu i sierpniu również występują sprzyjające warunki do tworzenia owocników. Ryvarden i Gilbertson (1993) zwrócili uwagę na częste występowanie owocników wrośniaczka na, lub blisko owocników *Trichaptum*, co może sugerować, że jest on następcą tego gatunku i pojawia się na późniejszych etapach rozkładu drewna. Inni badacze (Niemelä i in. 1995) nie stwierdzili występowania takiej sukcesji analizując gatunki grzybów zasiedlających martwe drewno. Piątek (2001) sugeruje, że owocniki wrośniaczka często wyłaniają się z własnego hymenoforu z poprzedniego roku, a czasami można go pomylić ze starym hymenoforem *Trichaptum*.

Brak doniesień o występowaniu tego grzyba na drewnie żywych drzew mógł być spowodowany z jednej strony trudnością wytwarzania na nich owocników, a w przypadku izolacji go z takiego drewna, trudnością oznaczenia kultur grzybni do gatunku. Dopiero analizy genetyczne umożliwiły jego identyfikację. Intensywny rozkład drewna i duże zdolności biotyczne do ograniczenia rozwoju innych grzybów zgniliznowych, zwiększają szansę na wytworzenie owocnika na martwym drewnie jeszcze zanim



zostanie ono zasiedlone przez grzyby antagonistyczne, m. in. z rodzaju *Trichoderma*. Występowanie wrośniaczka żelatynowatego przede wszystkim w terenie górskim oraz w północno-wschodniej Polsce (Puszcza Białowieska) wskazują, że preferuje on głównie jako gospodarza świerka pospolitego. Występowanie tego grzyba stwierdziliśmy także na pniaku świerkowym w górnej strefie regla dolnego (850 m n.p.m.) na terenie Nadleśnictwa Łądek Zdrój. Grzyb ten wymaga do optymalnego wzrostu stosunkowo wysokiej temperatury, wynoszącej około 25–30°C, stąd intensywność rozkładu drewna w górach może być ograniczona z powodu panującej tam niższej średniej temperatury w okresie wegetacyjnym i krótszego okresu wegetacyjnego, w porównaniu z terenami nizinnymi.

Grzyby z rodzaju *Trichoderma* są typowymi saprotrofami, zasiedlającymi różne podłoża. Błaszczyk i in. (2016) wyizolowali z martwego, próchniejącego drewna 8 gatunków z rodzaju *Trichoderma* takich jak: *T. atroviride*, *T. citrinoviride*, *T. harzianum* complex, *T. koningii*, *T. viride*, *T. viridescens* complex, *T. koningiopsis* i *T. gamsii*. Jednak grzyby te nie są w stanie spowodować zgnilizny drewna, tylko mogą rozwijać się na wcześniej rozłożonym drewnie, ponieważ nie potrafią rozkładać bezpośrednio lignoceluloz drzewnych (Fukasawa i in. 2005, 2011). Wykorzystanie celulozy i hemicelulozy przez *Trichoderma* spp. jest możliwe tylko po wstępnej depolimeryzacji i mineralizacji ligniny przez typowe grzyby zgniliznowe należące do podstawczaków i workowców (Aro i in. 2005; Fukasawa i in. 2005, 2011).

Charakter oddziaływań *Trichoderma* spp. na inne organizmy jest wszechstronny i polega na:

- 1) intensywnej produkcji enzymów litycznych, która jest związana ze zdolnością do mykopasożytnictwa,
- 2) antybiozie,
- 3) konkurencji o składniki pokarmowe i przestrzeń z innymi mikroorganizmami,
- 4) zdolności do modyfikacji warunków środowiskowych (np. mogą zakwaszać środowisko przez co stwarzają trudne warunki dla rozwoju innych grzybów, a z drugiej strony pozwalają na uwalnianie niedostępnych składników pokarmowych),
- 5) stymulacji wzrostu roślin,
- 6) indukcji odporności w roślinach (Howell 2003; Benítez i in. 2004; Smolińska, Kowalska 2008).

Potencjał *Trichoderma* spp. jako czynnika w biologicznej ochronie roślin został opisany już w latach 30. XX w. (Weindling 1932). Przeprowadzone doświadczenia z wybranymi gatunkami *Trichoderma* wykazały, że obecność tych grzybów ogranicza rozkład drewna przez cztery badane podstawczaki: *Ganoderma adspersum*, *G. lipsiense*, *Inonotus hispidus*, *Polyporus squamosus* i jednego workowca *Kretzschmaria deusta* (Schwarze i in. 2012). Również w obecnych badaniach redukcja suchej masy spowodowana przez *Cinereomyces lindbladii* w obecności *Trichoderma atroviride* i *T. harzianum* była znikoma. Jednak były to trociny nierozłożone wcześniej przez wrośniaczka żelatynowatego i dlatego antagonistyczne oddziaływanie grzybów z rodzaju *Trichoderma* uniemożliwiało ich rozkład przez tego grzyba. Wykorzystanie *Trichoderma harzianum* do hamowania rozkładu drewna przez grzyby zgniliznowe znalazło

również zastosowanie w praktyce, np. do ochrony słupów drewnianych zakopywanych w ziemi, przez dodanie go do gleby i zmieszanie z ziemią na głębokość 20–30 cm.

Prowadzone są również badania zmierzające do wykorzystania *Trichoderma harzianum* do ochrony drzew przed zgnilizną poprzez wstrzykiwanie zawiesiny tego grzyba do wnętrza drzewa (New, environmentally... 2018). Można stosować także preparaty biologiczne z *Trichoderma harzianum* do ochrony roślin przed patogenami korzeniowy, między innymi *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* (Daliakopoulos i in. 2019). Również *Trichoderma atroviride* jest najbardziej znany ze swoich zdolności do biokontroli przeciwko szeregu grzybów fitopatogenicznych, np. *Rhizoctonia solani* i *Botrytis cinerea*, które są szkodnikami wielu roślin uprawnych, w tym pomidorów, fasoli, ogórków, truskawek, bawełny i winogron. Grzyby z rodzaju *Trichoderma* są zazwyczaj związane ze strefą korzeniową roślin. Niektórzy autorzy twierdzą, iż mają zdolność do kolonizacji korzeni roślin dzięki mechanizmowi podobnemu jak u grzybów mikoryzowych. Wykazano, że kolonizujące ryzosferę grzyby *Trichoderma* chronią rośliny przed patogenami bakteryjnymi, grzybowymi czy wirusami wywołującymi choroby na częściach nadziemnych (Benitez i in. 2004).

*Umbelopsis isabellina* jest saprotrofem żyjącym w glebie, w rozkładającym się drewnie, butwiejących liściach i innych materiałach organicznych (Crowther i in. 2012). Poza tym gatunek ten stwierdzano na torfowiskach, wrzosowiskach, w tym w ryzosferze wrzosu *Calluna* spp. (Budziszewska i in. 2010). Gatunki z rodzaju *Umbelopsis* są heterotrofami, a pożywienie uzyskują z nieożywionego materiału organicznego, wydzielając do niego enzymy, a następnie wchłaniając jego składniki odżywcze (Crowther i in. 2012). Wpływ tego grzyba na rozwój wrośniaczka żelatynowego można uznać za marginalny.

## PIŚMIENNICTWO

- Aro N., Pakula T., Penttilä M. 2005. Transcriptional regulation of plant cell wall degradation by filamentous fungi. *FEMS Microbiology Reviews*, **29**: 19–739.
- Bartnik C., Michalcewicz J., Ledwich D., Ciach M. 2020. Mycobiota of dead *Ulmus glabra* wood as breeding material for the endangered *Rosalia alpina* (Coleoptera: Cerambycidae). *Polish Journal of Ecology*, **68**: 13–22.
- Benitez T., Rincón A.M., Limón M.C., Codón A.C. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology*, **7**: 249–260.
- Błaszczyk L., Strakowska J., Chełkowski J., Gąbka-Buszek A., Kaczmarek J. 2016. *Trichoderma* species occurring on wood with decay symptoms in mountain forests in Central Europe: genetic and enzymatic characterization. *Journal of Applied Genetics*, **57**: 397–407.
- Bodziarczyk J. 2021. Wprowadzenie, [w:] J. Bodziarczyk (red.), Pieniny – Przyroda i Człowiek. Monografie, Tom XVII. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków, s. 5–9.
- Bodziarczyk J., Karwowski K. 2018. Reliktowa sosna z Sokolicy – zapis wydarzeń po uszkodzeniu drzewa. *Pieniny – Przyroda i Człowiek*, **15**: 253–256.
- Budziszewska J., Boulahdjel A., Wilk M., Wrzosek M. 2010. Soil zygomycetous fungi in Biebrza National Park (Northeast Poland). *Polish Botanical Journal*, **55**: 391–407.

- Crowther T.W., Boddy L., Jones T.H. 2012. Functional and ecological consequences of saprotrophic fungus-grazer interactions. *The ISME Journal*, **6**: 1992–2001.
- Daliakopoulos I.N., Apostolakis A., Wagner K., Deligianni A., Koutskoudis D., Stamatakis A., Tsanis I.K. 2019. Effectiveness of *Trichoderma harzianum* in soil and yield conservation of tomato crops under saline irrigation. *Catena*, **175**: 144–153.
- Discover Life Maps. (dostęp 20.09.2017)
- Domański S. 1965. Podstawczaki (Basidiomycetes), Bezblaszkowe (Aphylophorales), Żagwiowate I (Polyporaceae I), Szczecinkowate I (Mucronoporaceae I), [seria:] Flora Polska. Rośliny Zarodnikowe Polski i Ziemi Ościennych. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 277 s.
- Fukasawa Y., Osono T., Takeda H. 2005. Decomposition of Japanese beech wood by diverse fungi isolated from a cool temperate deciduous forest. *Mycoscience*, **46**: 97–101.
- Fukasawa Y., Osono T., Takeda H. 2011. Wood decomposing abilities of diverse lignicolous fungi on nondecayed and decayed beech wood. *Mycologia*, **103**: 474–482. (doi: 10.3852/10-246)
- Gilbertson R.L., Ryvarden L. 1986. North American polypores. Vol. 1. *Abortiporus – Lindtneria*. Fungiflora, Oslo.
- Howell C.R. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. *Plant Disease*, **87**: 4–10.
- Mańka K. 1974. Zbiorowiska grzybów jako kryterium oceny wpływu środowiska na choroby roślin. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, [seria:] Phytopathologia Polonica, **160**: 9–23.
- New, environmentally friendly product for the protection of wooden poles. MycoSolutions 2018 (<https://mycosolutions.swiss/en/2018/12/new-environmentally-friendly-product-for-the-protection-of-wood-poles/>).
- Niemelä T., Renvall P., Penttilä R. 1995. Interactions of fungi at late stages of wood decomposition. *Annales Botanici Fennici*, **32**: 141–152.
- Piątek M. 2001. The genus *Antrodiella* (Fungi, Poriales) in Poland. *Polish Botanical Journal*, **46**(2): 183–190.
- Piątek M. 2002. *Diplomitoporus lindbladii* (BERK.) GILB. & RYVARDEN, [w:] W. Wojewoda (red.), Atlas of the geographical distribution of Fungi in Poland. Fasc. 2. Chapter: *Diplomitoporus lindbladii* (BERK.) GILB. & RYVARDEN. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, s. 45–49.
- Piątek M. 2003. Notes on Polish polypores. 3. Four rare species of old-growth forests. *Polish Botanical Journal*, **48**: 131–144.
- Piętka J. 2013. Czynna ochrona zagrożonych grzybów nadrzewnych w lasach. *Rozprawy Naukowe i Monografie. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*, **437**: 1–437.
- Rayner A.D.M., Boddy L. 1988. Fungal decomposition of wood. Its biology and ecology. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, Sussex.
- Ryvarden L., Gilbertson R.L. 1993. European Polypores 1. *Abartiporus – Lindtneria*. Fungiflora, Oslo.
- Schwarze F.W.M.R., Engels J., Mattheck C. 2000. Fungal Strategies of Wood Decay in Trees. Springer.
- Schwarze F.W.M.R., Jaussa F., Spencer C., Hallamb C., Schubert M. 2012. Evaluation of an antagonistic *Trichoderma* strain for reducing the rate of wood decomposition by the white rot fungus *Phellinus noxius*. *Biological Control*, **61**(2): 160–168.
- Smolińska U., Kowalska B. 2008. Grzyby z rodzaju *Trichoderma* – szansa w ochronie roślin czy złudna nadzieja? *Nowości Warzywnicze*, **46**: 39–50.

- Wiendling R. 1932. *Trichoderma lignorum* as parasite of other soil fungi. *Phytopathology*, **22**: 837–845.
- White T.J., Bruns T., Lee S., Taylor J.W. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics, [w:] M.A. Innis i in. (red.), *PCR protocols: a guide to methods and applications*. San Diego, Academic, s. 315–322.
- Wojewoda W. 2003. Checklist of Polish Larger Basidiomycetes. Krytyczna lista wielkoowocnikowych grzybów podstawkowych Polski. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków.
- Wojewoda W., Ławrynowicz M. 2006. Red list of the macrofungi in Poland, [w:] Z. Mirek, K. Zarzycki, W. Wojewoda, Z. Szeląg (red.), *Red list of plants and fungi in Poland*. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Science, Kraków, s. 53–70.

## SUMMARY

The broken limb of a relict pine growing at Sokolica in the Pieniny National Park was examined. The analysis of the disease symptoms revealed the presence of advanced rot at the site of the limb fracture. The rot covered a length of about 1.5 m. Fragments with signs of decomposition were sampled to identify the fungi that digested the wood causing it to rot. The process was carried out using the classical method on PDA medium. The isolated fungi were identified by PCR of the ITS rDNA region (ITS1–5.8SITS2). Four species of fungi were identified: *Cinereomyces lindbladii*, *Trichoderma atroviride*, *Trichoderma harzianum* and *Umbelopsis isabelina*. The rot was caused by *C. lindbladii*, a rare species in Poland, which is on the red list of endangered fungi. Its ability to decompose wood was investigated by carrying out tests in single and dual cultures with sawdust obtained from pine and spruce (with *T. atroviride*, *T. harzianum* and *U. isabelina*). Then, biotic tests (for inhibition, dominance and growth of cultures) were performed in dual cultures for selected rot and saprotrophic species that do not display the ability to decompose wood. Additionally, the influence of temperature on the growth rate of *C. lindbladii* was investigated. *C. lindbladii* causes intensive decay of pine and spruce wood. In a laboratory-controlled environment it can lead to almost complete decomposition of wood within nine months.

This was the first time the fungus was observed to have infected a living tree, turning the wood to white rot. So far, it has been considered that this species attacks only dead wood *C. lindbladii* and shows strong antagonistic properties against most of the tested rot fungi, limiting their growth in dual cultures. At the same time, it was strongly limited by saprotrophic species of the genus *Trichoderma*. The study revealed a particularly high inhibitory effect of *Trichoderma* species on wood decomposition by *C. lindbladii*. The loss of dry weight of pine sawdust after nine months of the experiment was only 14.5% involving *T. harzianum* and *T. atroviride*.

*Trichoderma* species are not able to decompose non-decayed wood, so it can be assumed that their impact on the decomposition rate by *C. lindbladii* is limited only to that part of the wood that was previously broken down. Therefore they are not able to completely inhibit the progress of degradation caused by *C. lindbladii*, as in the experience with sawdust.

*C. lindbladii* is a species that grows faster at higher temperatures (25–30°C), whereas lower temperatures (5–10°C) decrease its activity. Lower temperatures prevail in mountain areas, hence the intensive wood decomposition caused by this species is limited only to a relatively short period.

## Porosty stwierdzone na złamanym konarze reliktywnej sosny z Sokolicy na tle lichenobioty sosny zwyczajnej

Lichens recorded on the broken limb of the relict pine tree from Mount Sokolica in comparison with lichen biota of *Pinus sylvestris*

ROBERT KOŚCIELNIAK<sup>1</sup>, JOANNA KOZIK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie, Instytut Biologii, Katedra Botaniki, ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków, e-mail: robert.koscielniak@up.krakow.pl

<sup>2</sup>Pieniński Park Narodowy, ul. Jagiellońska 107 B, 34-450 Krościenko nad Dunajcem, e-mail: jkozik@pieniny.pn.pl

**Abstract.** This paper presents a list of 26 lichens and lichenicolous fungi reported from the broken branch of the relict pine from Mount Sokolica, which are juxtaposed with the species occurring on pine trees in the Pieniny Mts and the neighbouring areas. Ten out of the presented species have not been found on pines in the Pieniny Mts and *Anisomeridium polypori* and *Erythricium aurantiacum* have not been recorded in the Pieniny Mts so far.

**Keywords:** lichenicolous fungi, lichenized fungi, Pieniny National Park, *Pinus sylvestris*, Polish Carpathians, species diversity

### WSTĘP

Od samego początku badań lichenologicznych sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L. nie była traktowana przez badaczy porostów Karpat (ani innych rejonów) jako ważne siedlisko dla tych organizmów. W wielu opracowaniach nie ma nawet wzmianki o tym foroficie lub tylko zaznaczana jest jego obecność, ale nie podawane są żadne gatunki z tego podłoża. Boberski (1886a, 1888) w swoich pracach o porostach dawnej Galicji nie wymienia sosny jako siedliska lub wspomina jedynie o kilku gatunkach z tego podłoża (Boberski 1886b, 1889). W późniejszym okresie Nowak (1961) pisze o „nie-licznych gatunkach” na sośnie i modrzewiu na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej i zaznacza, że forofity te „nie odgrywają (...) zbyt wielkiej roli jako siedlisko epifitów” w Beskidach (Nowak 1998). Podobnie o sośnie i związanych z nią porostach piszą w swoich pracach z Karpat (ale też innych regionów) Kiszka (1967, 1970a, b, 1977, 1997a), Kiszka i Piórecki (1991, 1992) oraz inni lichenolodzy. W wielu publikacjach sosna nie jest wcale wymieniana jako podłoże dla porostów, ponieważ jej obecność



w terenie tych badań jest rzeczywiście nieznaczna (np. Olech 1973; Kiszka 1997b, 2003a, 2005; Czarnota 1998).

Podobnie sosna traktowana była przez badaczy porostów Pienin. Na terenie dzisiejszego Pienińskiego Parku Narodowego udział sosny w drzewostanach jest znikomy (Bodziarczyk 2021), a reliktowe laski sosnowe zajmują na tym obszarze powierzchnię zaledwie 5,16 ha. Sosny występują na półkach skalnych oraz stromych marglistych stokach (Bodziarczyk, Pancer-Koteja 2004). W licznych pracach z obszaru Pienin odnaleźć można stosunkowo niewiele informacji na temat gatunków porostów występujących na sośnie, pomimo bardzo długiej historii badań lichenologicznych na tym obszarze sięgającej końca XIX wieku, kiedy to Rehman (1879) w pracy obejmującej teren Galicji Zachodniej podał stanowiska pierwszych 70 gatunków porostów z Pienin. W kolejnych badaniach rozszerzających listę pienińskich porostów o 163 taksony Boberski (1886a, b, 1888, 1889 i 1892) wspominał o sośnie w Pieninach tylko w jednej ze swoich prac. Wśród czterech gatunków z sosny wymienił bardzo rzadki dziś w Polsce *Leptogium saturninum*, o którym napisał: „bardzo piękne okazy na sosnach Trzech Koron (obok restauracji)” (Boberski 1886b). Gatunek ten nie został już nigdy potem w Pieninach odnaleziony, a Tobolewski (1958) stwierdził, że stanowisko jest „bardzo trudne do zidentyfikowania, bardzo możliwe, że dotyczy sosen na Zamkowej Górze”. Pierwsze kompleksowe badania porostów Pienin przeprowadził wspomniany powyżej Tobolewski (1954, 1958, 1966, 1982), który w swojej najobszerniejszej pracy z 1958 roku, wymieniając stanowiska 362 gatunków porostów, podał, że „sosna, która zachowała się w Pieninach przede wszystkim na szczytach turni skalnych (...) posiada ubogą florę porostów”. Wymienił łącznie 14 epifitów sosny, z których większość jest pospolita także obecnie. Jednak wśród tych porostów znalazła się osobliwość lichenologiczna – *Lecanora bavarica* (obecnie *Lecanora variolascens* NYL.) – gatunek nowy dla ówczesnej bioty Polski rosnący na przydrożnych sosnach w Krościenku. Pomimo późniejszych poszukiwań (por. Kiszka 2000a) nie udało się go ponownie odszukać. Do dziś jest to jedyne w Polsce notowanie tego gatunku, który został uznany za regionalnie wymarły (Cieśliński i in. 2006). Wiele lat później Tobolewski (1982) o sośnie w Pieninach już nie wspomina. W kolejnych pracach naukowych z terenu Pienin oraz w opracowaniach związanych z ochroną porostów Pienińskiego Parku Narodowego, sosna jako siedlisko porostów była pomijana lub tylko sygnalizowano jej obecność (np. Kiszka 1997a, b, 2003a, b, 2005). W innych pracach pojawiały się nieliczne informacje o porostach sosny (Kiszka, Szelaąg 1992; Kiszka 1997c; Kiszka, Kościelniak 1997, 1999; Osyczka i in. 2010).

Obecnie w Pieninach, tylko na terenie Pienińskiego Parku Narodowego, znanych jest około 460 gatunków porostów (Kiszka, Kościelniak 1999; Kiszka 2000b; Bielczyk 2003; Kozik 2006; Kościelniak, Kozik 2010; Malec 2010), z czego na sośnie stwierdzono jedynie 21. W reliktowych lasach sosnowych Pienin, ze względu na ich wyjątkową wartość przyrodniczą i ochronę, nie prowadzono szczegółowych badań lichenologicznych wymagających pobierania próbek. Niefortunne zdarzenie podczas akcji ratunkowej, które spowodowało złamanie konara sosny, pozwoliło przeprowadzić nieco bardziej dokładne badania lichenologiczne, wyniki których przedstawiono poniżej.

## METODYKA

Badania odłamanej gałęzi przeprowadzono tuż po przetransportowaniu jej do budynku Dyrekcji Pienińskiego Parku Narodowego (Fot. 1, 2). Dokonano głównie spisu gatunków. Do analiz laboratoryjnych pobrano tylko bardzo niewielkie fragmenty plech bez uszkodzania podłoża. Nazewnictwo gatunków przyjęto według Triebel i Bensch (2005 i nast.). Porosty zidentyfikowano według standardowych metod stosowanych



**Fot. 1.** Pracownicy PPN wnoszą złamany pęd sosny do siedziby dyrekcji, wrzesień 2018 (fot. J. Kozik)  
**Photo 1.** Employees of PNP carrying broken limb of pine tree into headquarters of management – September 2018 (photo by J. Kozik)

w lichenologii z wykorzystaniem chromatografii cienkowarstwowej TLC (Orange i in. 2001). Pobrane do badań fragmenty plech zostały złożone jako materiał zielnikowy w zielniku lichenologicznym Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie KRAP-L, a śluzowce i grzyby w zielniku Instytutu Botaniki PAN (KRAM).

## WYNIKI

Na odłamanym fragmencie gałęzi zidentyfikowano 22 gatunki porostów oraz 3 gatunki grzybów naporostowych (*Lichenocodium erodens*, *L. lecanorae*, *Erythricium aurantiacum*) i grzyba nażywicznego *Sarea resiniae* – gatunku tradycyjnie ujmowanego w opracowaniach lichenologicznych (Tab. I). W zebranych do analiz materiale zielnikowym stwierdzono także występowanie dwóch gatunków śluzowców: *Licea kleistobolus*

G.W. MARTIN (KRAM M-1973, KRAM M-1974; leg. J. Kozik, det. A. Ronikier), *Licea variabilis* SCHRAD (KRAM M-1975, KRAM M-1976; leg. R. Kościelniak, det. A. Ronikier) oraz rzadkiego w Polsce grzyba rozwijającego się na martwym drewnie – *Dacrymyces ovisporus* BREF. (KRAM F-59687; leg. R. Kościelniak, det. A. Ronikier).

Większość plech porostów skupiała się u nasady odłamanego konaru na odsłoniętych fragmentach drewna w różnym stadium rozkładu i pokrywających je resztkach kory (Fot. 3). Porastały także martwe kikuty odłamanych gałęzi w pozostałej części konaru. W tej części gałęzi stwierdzono 16 gatunków porostów. Większość z nich nie występowała w wyższych partiach, jedynie sporadycznie pojawiając się na uschłych pozostałościach odłamanych gałęzi. Były to: *Buellia griseovirens*, *Cladonia coniocraea*, *C. macilenta*, *Hypocenomyce scalaris* (Fot. 4), *Imshaugia aleurites* (licznie, Fot. 3 i 5), *Micarea denigrata*, *M. micrococca*, *Parmeliopsis ambigua* (Fot. 6), *Placynthiella dasaea*, *Pycnora sorophora* i *Trapeliopsis flexuosa*. Pozostałe gatunki, tj. *Hypogymnia physodes*, *H. tubulosa* (Fot. 5), *Lecanora conizaeoides*, *Parmelia sulcata* oraz *Pseudevernia furfuracea* występowały także (zresztą zwykle znacznie liczniej) w górnej części konaru. Porosty rosnące u nasady pokrywały głównie martwe drewno, jednak większość z nich nie jest typowymi epiksylami, nawet jeśli w tym konkretnym przypadku występowały wyłącznie na drewnie. Do porostów preferujących martwe drewno jako podłoże można zaliczyć jedynie *Micarea denigrata*, *Placynthiella dasaea* oraz w pewnym stopniu *Pycnora sorophora*. Pozostałe to gatunki ubikwistyczne – rozwijające się na różnych podłożach lub epifity. Najgrubsze fragmenty gałęzi, pokryte świeżą korą były praktycznie pozbawione plech porostów (Fot. 2). Pojawiały się one ponownie w większej ilości, choć w innym składzie gatunkowym, na cieńszych



**Fot. 2.** Obiekt badań w budynku dyrekcji Parku (fot. R. Kościelniak)

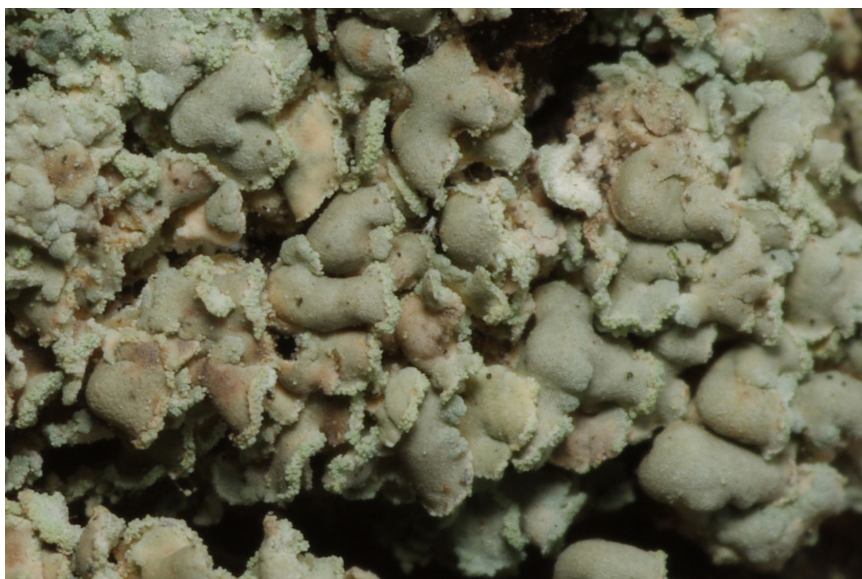
**Photo 2.** Research object at headquarters of PNP (photo by R. Kościelniak)





**Fot. 3.** Martwe drewno u nasady odłamanej gałęzi z *Imshaugia aleuritica*, *Cladonia macilenta* i licznymi porostami skorupiastymi (fot. J. Kozik)

**Photo 3.** Dead wood at base of broken branch with *Imshaugia aleuritica*, *Cladonia macilenta* and numerous crustose lichens (photo by J. Kozik)



**Fot. 4.** *Hypocenomyce scalaris* z widocznymi objawami degeneracji (fot. R. Kościelniak)

**Photo 4.** *Hypocenomyce scalaris* with visible symptoms of degeneration (photo by R. Kościelniak)

**Tabela I.** Wykaz gatunków porostów i grzybów naporostowych ze złamanej gałęzi na tle lichenobioty sosny zwyczajnej w Pieninach i na obszarach przyległych

**Table I.** List of lichen species and lichenicolous fungi from broken limb compared with lichen biota of *Pinus sylvestris* in Pieniny Mts and neighbouring areas

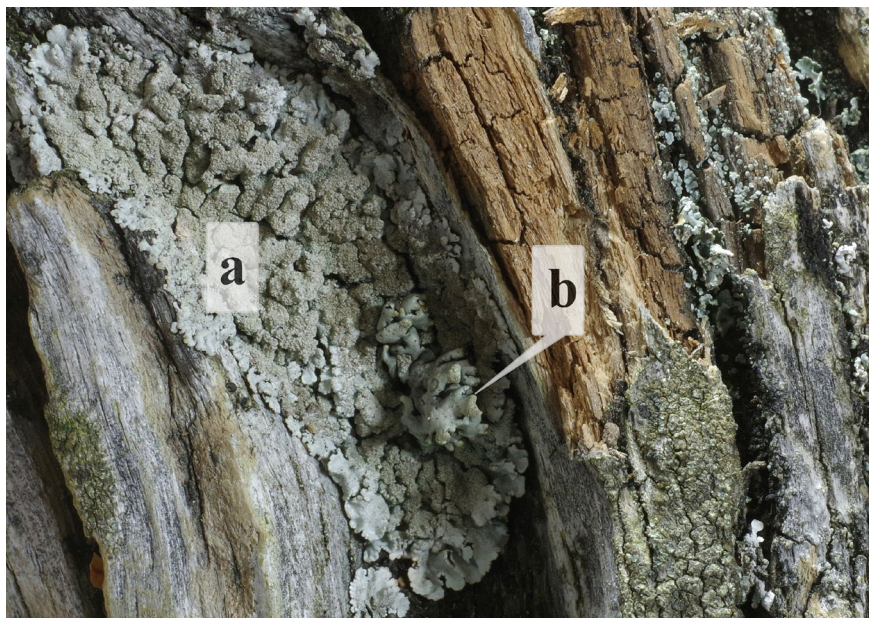
Lp. No.	Gatunek/Species	Pieniny Pieniny Mts			Tereny przyległe Neighbouring areas	Kategorie czerwonej listy / Red list categories	Forma ochrony / Form of protection	Gatunek specjalnego zainteresowania w PPN / Species of special interest in PNP
		Złamana gałąź / Broken limb	Dane historyczne * Historical data	Dane współczesne ** Contemporary data				
1	! <i>Anisomeridium polypori</i> (Ellis & Everh.) M. E. Barr	+	·	·	·	·	·	
2	<i>Buellia griseovirens</i> (Turner & Borrer ex Sm.) Almb.	+	·	+	·	·	·	
3	<i>Cladonia coniocraea</i> (Flörke) Spreng.	+	+	+	+	·	·	
4	<i>Cladonia macilenta</i> Hoffm.	+	·	·	·	·	·	
5	! # <i>Erythricium aurantiacum</i> (Lasch) D. Hawksw. & A. Henrici na niezidentyfikowanej pleśle / on unidentified thallus	+	+	+	+	·	·	
6	<i>Hypocenomyce scalaris</i> (Ach. ex Lilj.) M. Choisy	+	+	+	+	VU, §§	·	
7	<i>Hypogymnia farinacea</i> Zopf	+	+	+	+	·	·	
8	<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	+	+	+	+	·	·	
9	<i>Hypogymnia tubulosa</i> (Schaer.) Hav.	+	+	+	+	NT, §c	·	
10	<i>Imshaugia aleurites</i> (Ach.) S. L. F. Mey.	+	+	+	·	§c, GSZ	·	
11	<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	+	·	·	·	·	·	
12	<i>Lecanora conizaeoides</i> Nyl. ex Cromb.	+	·	+	+	·	·	











**Fot. 5.** *Imshaugia aleurites* (a) z młodą plechą *Hypogymnia tubulosa* (b) (fot. R. Kościelniak)

**Photo 5.** *Imshaugia aleurites* (a) with juvenile thallus of *Hypogymnia tubulosa* (b) (photo by R. Kościelniak)

odgałęzieniach w części ulistnionej (Fot. 7). Dominowały tu gatunki epifityczne, wśród których najliczniejsze były *Hypogymnia physodes* (Fot. 8) i *Pseudevernia furfuracea* (Fot. 9). Spośród 11 gatunków rosnących w tej części konaru 7 nie występowało u nasady. Kora cienkich gałązek zdominowana była przez *Scoliciosporum chlorococcum* i *S. sarothamni*. Mniej licznie reprezentowane były plechy *Anisomeridium polypori*, *Lecanora conizaeoides* (Fot. 10), *L. pulcaris* i *L. chlarotera*. Pojedynczą plechę w górnej części konaru zaobserwowano w przypadku *Hypogymnia farinacea* (Fot. 8), *H. tubulosa* (Fot. 11) i *Parmelia sulcata*. Porosty rosnące u nasady gałęzi często wytwarzały plechy o nietypowej morfologii, z licznymi objawami degeneracji, często opanowane były przez pasożytnicze grzyby z rodzaju *Lichenocodium* i *Erythricium*. Uszkodzenia plech obserwowano także u gatunków, które w wyższych partiach gałęzi w zasadzie nie wykazywały objawów degeneracji, np. u *Pseudevernia furfuracea* (Fot. 9 i 12) czy *Lecanora conizaeoides* (Fot. 10 i 13).

Spośród porostów stwierdzonych na złamanej gałęzi *Hypogymnia farinacea* objęta jest ochroną ścisłą, a *Hypogymnia tubulosa* i *Imshaugia aleurites* ochroną częściową (Rozporządzenie... 2014). Dwa gatunki zamieszczone są na Czerwonej liście porostów zagrożonych w Polsce (Cieśliński i in. 2006): *Hypogymnia farinacea* (VU) i *H. tubulosa* (NT). Dwa kolejne gatunki, tj. *Pseudevernia furfuracea* i *Imshaugia aleurites*, w operacie ochrony porostów Planu ochrony PPN są zaliczone do gatunków specjalnego zainteresowania (Kiszka, Kościelniak 1999).





**Fot. 6.** *Parmeliopsis ambigua* na drewnie (fot. R. Kościelniak)

**Photo 6.** *Parmeliopsis ambigua* on wood (photo by R. Kościelniak)



**Fot. 7.** Górna część konaru z porostami epifitycznymi (fot. R. Kościelniak)

**Photo 7.** Upper part of limb with epiphytic lichens (photo by R. Kościelniak)





**Fot. 8.** *Hypogymnia physodes* (a) i *H. farinacea* (b) (fot. J. Kozik)

**Photo 8.** *Hypogymnia physodes* (a) and *H. farinacea* (b) (photo by J. Kozik)



**Fot./Photo 9.** *Pseudevernia furfuracea* (fot./photo by J. Kozik)



Fot./Photo 10. *Lecanora conizaeoides* (fot./photo by R. Kościelniak)



Fot./Photo 11. *Hypogymnia tubulosa* (fot./photo by R. Kościelniak)





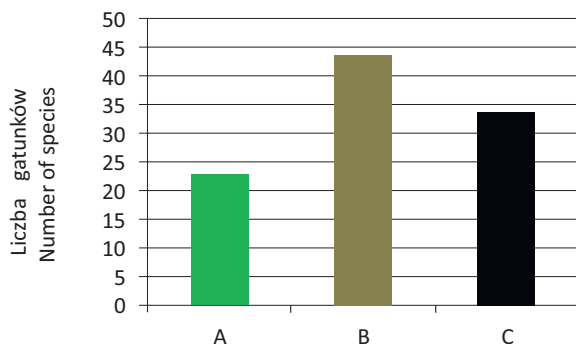
**Fot. 12.** Degenerująca plecha *Pseudevernia furfuracea* rosnąca u podstawy konaru (fot. R. Kościelniak)

**Photo 12.** Degenerating thallus of *Pseudevernia furfuracea* growing at base of limb (photo by R. Kościelniak)



**Fot. 13.** Degenerujące plechy *Lecanora conizaeoides* na drewnie u podstawy konaru (fot. R. Kościelniak)

**Photo 13.** Degenerating thalli of *Lecanora conizaeoides* on wood at base of limb (photo by R. Kościelniak)



**Ryc. 1.** Porosty złamanej gałęzi sosny z Sokolicy na tle lichenobioty sosny Pienin i terenów przyległych

**Fig. 1.** Lichens from broken limb of pine from Mt Sokolica compared with lichen biota of pines in Pieniny Mts and neighbouring areas

A – złamana gałąź / broken limb, B – Pieniny / Pieniny Mts, C – tereny przyległe / neighbouring areas\*

\* por. Tab. I / cf. Tab. I

Badania gałęzi reliktywnej sosny z Sokolicy zwiększyły liczbę gatunków podawanych w Pieninach z sosny o 10 gatunków porostów, 3 gatunki grzybów naporostowych i jeden gatunek grzyba nażywicznego. Wynosi ona obecnie 47 taksonów. Większość z nich była notowana w Pieninach na innych podłożach. Dwa gatunki – *Anisomeridium polypori* i *Erythricium aurantiacum* nie były dotychczas podawane z Pienin. Możliwość pozyskania do analiz bardzo małych fragmentów plech oraz wspomniane powyżej nietypowe ich wykształcenie sprawiło, że w kilku przypadkach identyfikacja porostów okazała się niemożliwa, stąd rzeczywista liczba gatunków porastających złamaną gałąź może być nieco większa. Należy tu podkreślić, że powyższe wyniki odnoszą się jedynie do odłamanej gałęzi, a występowała na niej ponad połowa gatunków stwierdzonych na sośnie w całych Pieninach (Ryc. 1). Nie prowadzono także żadnych obserwacji na Sokolicy, zatem obraz lichenobioty słynnej pienińskiej sosny jest z pewnością niepełny, zwłaszcza że nie badano dolnej części pnia, gdzie na korze drzew odnajduje się zazwyczaj największą liczbę gatunków porostów. Zapewne konsekwencją tego jest nieobecność w zaprezentowanym zestawie gatunków często spotykanych na sosnach przedstawicieli rodzaju *Chaenotheca*, *Lepraria* i niektórych gatunków *Cladonia*.

## DYSKUSJA

Według danych zestawionych przez Fałtynowicza (2003) od początku badań lichenologicznych w Polsce z sosny podano blisko 190 gatunków porostów. Na liście tej znalazły się bardzo rzadkie taksony, które w Polsce udało się zaobserwować jedynie na sośnie. Należy do nich wspomniana wcześniej *Lecanora variolascens* NYL. Jest to bardzo rzadki gatunek, znany tylko z kilku krajów w Europie. Notowany był głównie na korze sosny i dębu (Malíček i in. 2017).

Drugim gatunkiem notowanym w Polsce wyłącznie na sośnie jest *Schismatomma graphidioides* (LEIGHT.) ZAHLBR. Jego krajowe stanowiska pochodzą z północy kraju z przełomu XIX i XX w. (por. Fałtynowicz 2003). W Europie jest gatunkiem bardzo rzadkim, nie wykazującym jednak przywiązania do sosny (GBIF Secretariat 2019a, Nimis 2016). Obydwa powyższe taksony zostały uznane za regionalnie wymarłe (RE) w Polsce (Cieśliński i in. 2006).

Kolejnym gatunkiem notowanym w Polsce jedynie na korze sosny jest *Calicium parvum* TIBELL. Porost ten znany jest w Polsce od 2000 roku, a liczba jego stanowisk rośnie. Występuje w strefie borealnej półkuli północnej i wykazuje wyraźne przywiązanie do kory sosny (Kubiak 2011).

W wykazie Fałtynowicza (2003) odnotowany jest jeszcze jeden gatunek znaleziony w naszym kraju tylko na sośnie, a którego pierwsze stanowiska (także tylko z sosny) zostały opublikowane dopiero kilka lat później (Golubkov, Kukwa 2006). Jest to *Cliostomum leprosum* RÄSÄNEN HOLIEN & TØNSBERG – takson znany z północnej Europy oraz wschodniej i zachodniej Kanady, gdzie rośnie na korze starych drzew iglastych, głównie na świerkach *Picea* spp. i choinie kanadyjskiej *Tsuga canadensis* (Ekman 1997, GBIF Secretariat 2019b).

Inne porosty, oprócz kory sosny, odnajdywane były w Polsce także na martwym drewnie. Należy do nich *Puttea caesia* (FR.) M. SVENSS. & T. SPRIB. – bardzo rzadki w Europie gatunek, notowany najczęściej w krajach skandynawskich (GBIF Secretariat 2019c). W Polsce większość jego notowań pochodzi z końca XIX i początku XX w. (Fałtynowicz 2003 jako *Lecidea symmictella* NYL.), a dane z innych krajów europejskich potwierdzają jego przywiązanie do kory sosny (GBIF Secretariat 2019c).

Drugim z tych gatunków jest *Xylopsora friesii* (ACH.) BENDIKSBY & TIMDAL – w Polsce gatunek na granicy wymarcia (CR) (Cieśliński i in. 2006), a jego stanowiska, głównie historyczne, zlokalizowane są na północy kraju (Fałtynowicz 2003 jako *Hypocenomyce friesii* (ACH.) P. JAMES & GOTTH. SCHNEID.). Jest on dość licznie notowany w Azji, Ameryce Północnej i Europie – tu głównie w krajach skandynawskich (GBIF Secretariat 2019d).

Kwerenda krajowej literatury lichenologicznej cytowanej w niniejszej pracy oraz własne obserwacje terenowe wskazują, że na sośnie dominują gatunki pospolite w Polsce, występujące zwykle na innych podłożach. Wśród typowych i najczęstszych gatunków występujących na sośnie są porosty stwierdzone także na badanym konarze z Sokolicy: *Cladonia coniocraea*, *C. macilenta*, *Hypogymnia physodes*, *H. tubulosa*, *Hypocenomyce scalaris*, *Imshaugia aleurites*, *Lecanora conizaeoides*, *L. pullicaris*, *Pseudevernia furfuracea*, *Parmeliopsis ambigua*, *Scoliciosporum chlorococcum*, *Trapeliopsis flexuosa*, a także, choć nie tak często, inne – np. *Chaenotheca ferruginea*, *Cladonia digitata*, *Usnea hirta* i *Vulpicida pinastri*. Spośród gatunków nieco rzadszych wyraźne przywiązanie do sosny wykazuje *Pycnora sorophora*. Zaobserwować można także różnice w składzie gatunkowym w zależności od rejonu kraju. W północnej części Polski na sośnie częściej notowane są np. *Carbonicola anthracophila* (NYL.) BENDIKSBY & TIMDAL, *Chaenotheca furfuracea* (L.) TIBELL, *Cladonia glauca* FLÖRKE,



*Evernia prunastri* (L.) ACH. i *Ochrolechia androgyna* (HOFFM.) ARNOLD, a w południowej *Buellia griseovirens* czy *Vulpicida pinastri*.

W skali wielkoobszarowej, zarówno w Polsce jak i innych krajach, jeżeli uwzględnimy długie okresy badań lichenologicznych, to liczba gatunków porostów stwierdzonych na sośnie może się wydawać duża. W Polsce – jak wspomniano – jest to około 190 gatunków, w Szkocji w ciągu 30 lat badań tamtejszych borów sosnowych (na korze, drewnie i martwych pniach sosen) stwierdzono występowanie 219 gatunków (Coppins, Coppins 2006). W atlasach podsumowujących badania lichenologiczne w północnej Polsce Fałtynowicz (1992) i Cieśliński (2003) wymieniają z sosny łącznie 104 gatunki. W Puszczy Knyszyńskiej, gdzie według autorów sosna stanowi 70% składu drzewostanu, jej lichenobiota liczy tylko 47 gatunków (Bystrek, Kolanko 2000), w borach sosnowych na Pojezierzu Olsztyńskim – 26 gatunków (Kubiak i in. 2015), a na torfowisku „Bór na Czerwonym”, gdzie także sosna jest elementem dominującym – 23 gatunki (Bielczyk, Betleja 2003). W wielu regionalnych pracach te liczby są zwykle jeszcze niższe, czasem jest to kilka (np. Czarnota, Wojnarowicz 2008; Adamska 2010) do kilkunastu zazwyczaj pospolitych taksonów (np. Czyżewska 1991–1992; Kiszka, Piórecki 1991; Śliwa 2010), a na pojedynczym drzewie rośnie niekiedy tylko kilka gatunków.

Dane te wyraźnie kontrastują z liczebnością gatunków porostów na innych drzewach. Na bukach w Bieszczadzkim Parku Narodowym stwierdzono 188 gatunków (Kościelniak 2013), czyli tyle, co na sośnie w całym kraju. Na jaworach w Gorczańskim Parku Narodowym wykazano 69 taksonów (Czarnota 1998), a na jesionach stwierdzano często ponad 100 gatunków porostów, np. w Puszczy Boreckiej – 131 (Zalewska 2012), Bieszczadzkim PN – 119 (Kościelniak 2013), Puszczy Knyszyńskiej – 112 (Bystrek, Kolanko 2000).

To zestawienie w pewnym stopniu tłumaczy nikłe zainteresowanie sosną wśród lichenologów, choć i na tym foroficie można znaleźć niezwykle interesujące gatunki porostów. Być może zaprezentowane w tej pracy wyniki staną się inspiracją dla badaczy do przeprowadzenia szerszych analiz w tych unikatowych w Karpatach zbiorowiskach leśnych z udziałem reliktywnej sosny.

PODZIĘKOWANIA. Składamy serdeczne podziękowania Pani Profesor Annie Ronikier (Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN w Krakowie) za oznaczenie przesłanych śluzowców i grzybów oraz Recenzentowi za cenne uwagi i sugestie do manuskryptu pracy.

## PIŚMIENNICTWO

- Adamska E. 2010. Biota of Lichens on the Zadroże Dune and its immediate surroundings. *Ecological Questions*, **12**: 53–60.
- Bielczyk U. 2003. The lichens and allied fungi of the Polish Western Carpathians, [w:] U. Bielczyk (red.), *The lichen and allied fungi of the Polish Carpathians – an annotated checklist*. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, s. 25–232.
- Bielczyk U., Betleja L. 2003. The lichens of the „Bór na Czerwonym” raised peat-bog in the Orawa–Nowy Targ basin (southern Poland). *Polish Botanical Journal*, **48**(1): 69–75.

- Boberski W. 1886a. Systematische Übersicht der Flechten Galiziens. Verhandlungen der Zoologisch – Botanischen Gesellschaft in Wien, **36**: 243–286.
- Boberski W. 1886b. Przyczynek do lichenologii Pienin. Sprawozdanie Komisji Fizjograficznej, **20**(2): 162–170.
- Boberski W. 1888. Drugi przyczynek do lichenologii Pienin. Sprawozdanie Komisji Fizjograficznej, **22**: 60–70.
- Boberski W. 1889. Trzeci przyczynek do lichenologii Galicyi. Sprawozdanie Komisji Fizjograficznej, **23**: 36–49.
- Boberski W. 1892. Czwarty przyczynek do lichenologii Galicyi. Sprawozdanie Komisji Fizjograficznej, **27**: 157–169.
- Bodziarczyk J. 2021. Sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* w Pienińskim Parku Narodowym – warunki występowania i jej znaczenie w zbiorowiskach roślinnych, [w:] J. Bodziarczyk (red.), Pieniny – Przyroda i Człowiek. Monografie, Tom XVII. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków, s. 11–34.
- Bodziarczyk J., Pancer-Koteja E. 2004. Naturalne i wtórne sośniny w Pienińskim Parku Narodowym. *Studia Naturae*, **49**: 123–130.
- Bystrek J., Kolanko K. 2000. Porosty (Lichenes) w Puszczy Knyszyńskiej. Instytut Biologii, Zakład Botaniki, Uniwersytet w Białymstoku, 98 s.
- Cieśliński S. 2003. Atlas rozmieszczenia porostów (Lichenes) w Polsce Północno-Wschodniej. Phytocoenosis, Supplementum Cartographiae Geobotanicae, **15**: 1–430.
- Cieśliński S., Czyżewska K., Fabiszewski J. 2006. Red List of the lichens in Poland, [w:] Z. Mirek, K. Zarzycki, W. Wojewoda, Z. Szelaąg (red.), Red list of plants and fungi in Poland. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, s. 71–89.
- Coppins B.J., Coppins A.M. 2006. The lichens of the Scottish native pinewoods. *Forestry*, **79**: 249–259.
- Czarnota P. 1998. Waloryzacja lichenoflory i zbiorowisk porostów oraz ich bioindykacyjna rola w środowisku Gorczańskiego Parku Narodowego [rozprawa doktorska]. k-pis, Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Kraków, 202 s.
- Czarnota P., Glanc K., Nowak J. 2005. Materiały do bioty porostów Gorców ze zbiorów Herbarium Instytutu Botaniki Polskiej Akademii Nauk w Krakowie. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, [seria:] *Polonica*, **12**(2): 327–370.
- Czarnota P., Wojnarowicz A. 2008. Porosty i grzyby naporostowe północnej części grupy Lubania w Gorcach. *Ochrona Beskidów Zachodnich*, **2**: 21–49.
- Czyżewska K. 1991–1992. The Influence of Industrial Air Pollution Forest Lichens at Tomaszów Mazowiecki Region (Central Poland). *Acta Mycologica*, **27**(2): 247–256.
- Ekman S. 1997. The genus *Cliostomum* revisited. *Acta Universitatis Upsaliensis Symbolae Botanicae Upsalienses*, **32**: 1, 17–28.
- Fałtynowicz W. 1992. The lichens of Western Pomerania (NW Poland). An ecogeographical study. *Polish Botanical Studies*, **4**: 1–182.
- Fałtynowicz W. 2003. The lichens, lichenicolous and allied fungi of Poland – an annotated checklist. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, 435 s.
- GBIF Secretariat 2019a. *Schismatomma graphidioides* (LEIGHT.) ZAHLBR., GBIF Backbone Taxonomy, Checklist dataset: <https://doi.org/10.15468/39omei>, accessed via GBIF.org (dostęp 22.01.2021).
- GBIF Secretariat 2019b. *Cliostomum leprosum* (RÄSÄNEN) HOLIEN & TØNSBERG, GBIF Backbone Taxonomy, Checklist dataset: <https://doi.org/10.15468/39omei>, accessed via GBIF.org (dostęp 22.01.2021).

- GBIF Secretariat 2019c. *Puttea caesia* (FR.) M.SVENSSON & T.SPRIB., GBIF Backbone Taxonomy, Checklist dataset: <https://doi.org/10.15468/39omei>, accessed via GBIF.org (dostęp 22.01.2021).
- GBIF Secretariat 2019d. *Xylopsora friesii* (ACH.) BENDIKSBY & TIMDAL, GBIF Backbone Taxonomy, Checklist dataset: <https://doi.org/10.15468/39omei>, accessed via GBIF.org (dostęp 22.01.2021).
- Golubkov V.V., Kukwa M. 2006. A contribution to the lichen biota of Belarus. *Acta Mycologica*, **41**(1): 155–164.
- Kiszka J. 1967. Porosty Beskidu Śląskiego. *Rocznik Naukowo-Dydaktyczny WSP w Krakowie*, [seria:] *Prace Botaniczne*, **28**: 5–91.
- Kiszka J. 1970a. Porosty (Lichenes) Kotliny Żywieckiej. *Rocznik Naukowo-Dydaktyczny WSP w Krakowie*, [seria:] *Prace Botaniczne II*, **39**: 129–154.
- Kiszka J. 1970b. Materiały do flory porostów (Lichenes) Podhala. Część I. *Rocznik Naukowo-Dydaktyczny WSP w Krakowie*, [seria:] *Prace Botaniczne II*, **39**: 155–168.
- Kiszka J. 1977. Wpływ emisji miejskich i przemysłowych na florę porostów (Lichenes) Krakowa i Puszczy Niepołomickiej. *Prace Monograficzne Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Krakowie*, t. 19, 132 s.
- Kiszka J. 1997a. Nowe dla Pienin gatunki porostów. Cz. I. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, [seria:] *Polonica*, **4**: 325–328.
- Kiszka J. 1997b. Porosty (Lichenes) prawnie chronione w otulinie zbiorników retencyjnych na Dunajcu koło Czorsztyna (Podhale, Pieniny). *Ochrona Przyrody*, **54**: 111–118.
- Kiszka J. 1997c. Porosty (Lichenes) dna i otoczenia zbiorników retencyjnych w dolinie Dunajca w Pieninach. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, [seria:] *Polonica*, **4**: 253–323.
- Kiszka J. 2000a. Porosty (Lichenes), [w:] J. Razowski (red.), *Flora i fauna Pienin. Monografie Pienińskie*, t. 1, Pieniński Park Narodowy, Krościenko n.D., s. 55–66.
- Kiszka J. 2000b. Nowe dla Pienin gatunki porostów. Cz. II. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, [seria:] *Polonica*, **7**: 277–279.
- Kiszka J. 2003a. Nowe dla Pienin gatunki porostów. Cz. III. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, [seria:] *Polonica*, **10**: 297–298.
- Kiszka J. 2003b. Porosty rezerwatu częściowego Zaskalskie-Bodnarówka w Małych Pieninach (Karpaty Zachodnie). *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, **59**: 78–98.
- Kiszka J. 2005. Lichens of the Biała Woda Nature Reserve in the Małe Pieniny Mts (Western Carpathians). *Polish Botanical Studies*, **19**: 177–188.
- Kiszka J., Kościelniak R. 1997. Sprawozdanie z badań terenowych i laboratoryjnych nad porostami przeprowadzonych w sezonie wegetacyjnym 1997 w otoczeniu zbiorników retencyjnych Czorsztyn Niedzica i Sromowce Wyżne. [Kraków 1997], 19 s. [w archiwum Pienińskiego PN].
- Kiszka J., Kościelniak R. 1999. Operat ochrony flory i grzybów. Tom VII. Operat ochrony porostów, [w:] Plan ochrony Pienińskiego Parku Narodowego na okres 1.01.2001–31.12.2020. Kraków–Krościenko n/D., k-pis, s. 1–17, 4 tabele [w archiwum Pienińskiego PN].
- Kiszka J., Piórecki J. 1991. Porosty (Lichenes) Pogórza Przemyskiego. UNIWA, Warszawa, 137 s.
- Kiszka J., Piórecki J. 1992. Porosty Gór Słonnych w Karpatach Wschodnich. Zakład Fizjografii i Arboretum w Bolestraszcach, Bolestraszce, 95 s.
- Kiszka J., Szelaż Z. 1992. Porosty (Lichenes) polan Pienińskiego Parku Narodowego – zagrożenie i ochrona. *Pieniny Przyroda i Człowiek*, **2**: 55–63.

- Kościelniak R. 2013. Porosty Bieszczadzkiego Parku Narodowego – stan obecny i przekształcenia w ostatnim półwieczu / Lichens of the Bieszczady National Park – present state and changes in the last 50 years. Monografie Bieszczadzkie, t. 14, 602 s.
- Kościelniak R., Kozik J. 2010. *Evernia divaricata* (Parmeliaceae) w polskich Karpatach. Roczniki Bieszczadzkie, **18**: 414–418.
- Kozik J. 2006. *Strangospora ochrophora* (NYL.) A.A. ANDERSON (Acarosporaceae) – nowy gatunek w Pieninach. Pieniny – Przyroda i Człowiek, **9**: 91–93.
- Kubiak D. 2011. Nowe stanowiska *Calicium parvum* TIBELL w północnej Polsce. Acta Botanica Cassubica, **10**: 75–81.
- Kubiak D., Biedunkiewicz A., Ejdyś E. 2015. Porosty kontynentalnego boru sosnowego świeżego w okolicy wsi Pluski na Pojezierzu Olsztyńskim. Studia i Materiały Centrum i Edukacji Przyrodniczo-Leśnej R. 17, **44**(3): 109–121.
- Kukwa M., Jabłońska A. 2008. New or interesting records of lichenicolous fungi from Poland VI. Herzogia, **19**: 111–123.
- Malec J. 2010. Porosty epifityczne Pienińskiego Parku Narodowego na wybranych powierzchniach monitoringowych [praca magisterska]. Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN w Krakowie, k-pis, 89 s., Aneks I, II.
- Malíček J., Berger F., Palice Z., Vondrák J. 2017. Corticolous sorediate *Lecanora* species (Lecanoraceae, Ascomycota) containing atranorin in Europe. The Lichenologist, **49**(5): 43–55, doi:10.1017/S002428291700038X.
- Nimis P.L. 2016. ITALIC – The Information System on Italian Lichens. Version 5.0. University of Trieste, Dept. of Biology, <http://dryades.units.it/italic> (dostęp 22.01.2021).
- Nowak J. 1961. Porosty Wyżyny (Jury) Krakowsko-Częstochowskiej. Monographiae Botanicae, **11**(1): 1–126.
- Nowak J. 1998. Porosty Beskidów Wyspowego i Żywieckiego, Pasma Jałowca i Masywu Babiej Góry. Monographiae Botanicae, **83**: 3–131.
- Olech M. 1973. Porosty Beskidu Sądeckiego. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, [seria:] Prace Botaniczne, **1**: 87–192.
- Orange A., James P.W., White F. J. 2001. Microchemical methods for identification of lichens. British Lichen Society, London, 101 s.
- Oszczyka P., Kozik J., Kościelniak R. 2010. Porosty z rodzaju *Lepraria* (Stereocaulaceae, zlichenizowane Ascomycota) w Pienińskim Parku Narodowym. Pieniny – Przyroda i Człowiek, **11**: 7–18.
- Rehman A. 1879. Systematyczny przegląd porostów znalezionych dotąd w Galicyi zachodniej. Sprawozdanie Komisji Fizjograficznej, **13**(2): 1–66.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej grzybów. Dz.U. 2014, poz. 1408.
- Śliwa L. 2010. Contribution of the lichen biota of the Pogórze Wiśnickie foothills (Carpathians). Acta Mycologica, **45**(2): 219–230.
- Tobolewski Z. 1954. Z badań nad florą porostów Pienin. Fragmenta Floristica et Geobotanica **1**(2): 3–13.
- Tobolewski Z. 1958. Porosty Pienin. Prace Komisji Biologicznej Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, [seria:] Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, **17**(5): 1–124, tab. 1–8, 1 mapa.
- Tobolewski Z. 1966. Rodzina Caliciaceae (Lichenes) w Polsce. Prace Komisji Biologicznej Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, [seria:] Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, **24**(5): 1–106.

Tobolewski Z. 1982. Porosty, [w:] K. Zarzycki (red.), Przyroda Pienin w obliczu zmian. Studia Naturae, [seria:] Wydawnictwa popularno-naukowe, **30**: 173–188.

Triebel D., Bensch K. 2005 onwards. LIAS names – A Database with Names of Lichens, Lichenicolous Fungi and Non-Lichenized Ascomycetes, [www.liasnames.lias.net](http://www.liasnames.lias.net) (dostęp: 20.01.2021).

Zalewska A. 2012. Ecology of lichens of the Puszcza Borecka Forest (NE Poland). W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, 458 s.

## SUMMARY

The research was conducted on lichens and lichenicolous fungi recorded on the broken limb of the famous pine tree from Mount Sokolica. The species were mainly listed shortly after the branch had been transported to the headquarters of the PNP (Photos 1, 2). In some cases it was necessary to take the material for further analysis (thin layer chromatography), which was later deposited at the herbarium of the Pedagogical University in Krakow (KRAP-L). Generally, pine trees have not attracted much interest from lichenologists because – in comparison to other trees – the number of lichen species which occur on them is not significant and they mainly belong to common groups.

The broken limb was found to be a habitat for 22 lichen species, three lichenicolous fungi (*Lichenocodium erodens*, *L. lecanorae*, *Erythricium aurantiacum*) and a resinicolous fungus *Sarea resiniae* (Tab. I). Most of the thalli colonized the base of the broken branch; they were recorded on exposed parts of the wood (16 species) (Photo 3). They included *Buellia griseovirens*, *Cladonia coniocraea*, *C. macilenta*, *Hypocomyce scalaris* (Photo 4), *Hypogymnia physodes*, *H. tubulosa* (Photo 5), *Imshaugia aleurites* (Photos 3, 5), *Lecanora conizaeoides*, *Micarea denigrata*, *M. micrococca*, *Parmelia sulcata*, *Parmeliopsis ambigua* (Photo 6), *Placynthiella dasaea*, *Pseudevernia furfuracea*, *Pycnora sorophora* and *Trapeliopsis flexuosa*. On the upper part of the branch (Photo 7) 11 species were recorded. The most numerous represented ones were *Hypogymnia physodes* (Photo 8) and *Pseudevernia furfuracea* (Photo 9), others included *Anisomeridium polypori*, *Hypogymnia farinacea* (Photo 8), *H. tubulosa* (Photo 11), *Lecanora conizaeoides* (Photo 10), *L. pulicaris*, *L. chlarotera*, *Parmelia sulcata*, *Scoliciosporum chlorococcum*, and *S. sarothamni*. The thalli of many of the lichens growing at the base of the branch had atypical morphology and exhibited symptoms of degeneration. Moreover, degeneration of the thalli was also observed in those species for which the upper parts of the branch remained untouched, e.g. *Pseudevernia furfuracea* (Photos 9, 12) and *Lecanora conizaeoides* (Photos 10, 13).

The presented results refer only to the broken limb of the famous pine tree from Mount Sokolica. It appears that a complete list of all the species growing on that tree might be slightly longer because usually most lichens occur on the tree trunk, which in this case was not examined.





## Morfologia i anatomia igieł sosny zwyczajnej z Sokolicy

Morphological and anatomical characteristics of needles  
of pine from Sokolica

KRYSZYNA BORATYŃSKA

*Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,  
e-mail: borkrys@man.poznan.pl*

**Abstract.** The pine tree that grows at Sokolica was characterised in respect to the needle traits and compared with *Pinus sylvestris* populations from other natural localities. Five morphological, eight anatomical and four proportional characteristics were used in this study. The statistical methods (Tukey's test, DA, PCA, CA) revealed that the Sokolica pine is similar to a relic *Pinus sylvestris* population from Szczeliniec Wielki (Stołowe Mountains, Sudetes) and to a population from Węgliniec (Śląska Lowland) with respect to the needle traits.

**Keywords:** *Pinus sylvestris*, variability, biometrics, multivariate statistical analyses

### WSTĘP I CEL BADAŃ

Sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L. jest gatunkiem eurosyberyjskim, charakteryzującym się bardzo rozległym obszarem występowania. Zasięg sosny ze wschodu na zachód rozciąga się na przestrzeni około 14 tys. km, od Hiszpanii (na około 8° długości geograficznej wschodniej) po Daleki Wschód w Rosji (na około 141° długości geograficznej wschodniej). Natomiast w linii północ-południe zasięg tego gatunku rozciąga się na obszarze około 2,7 tys. km od północy Norwegii (72°20' szerokości geograficznej północnej) po góry Sierra de Baza i Sierra Nevada w Hiszpanii (37° szerokości geograficznej północnej). Zasięg pionowy sosny zwyczajnej jest także rozległy. Najwyżej położone stanowiska znajdują się w górach przy południowej granicy zasięgu gatunku. W postaci niskich płózających osobników dociera do 2700 m n. p. m. na Kaukazie, a w Europie maksimum wysokościowe osiąga w Alpach na wysokości 2400 m n.p.m. (Boratyński 1993).

W Polsce *P. sylvestris* jest najczęściej spotykanym drzewem leśnym. Zajmuje ponad 58% powierzchni lasów (a razem z modrzewiem ponad 75%), najmniej na południu kraju – na Podkarpaciu około 35%, a najwięcej w Lubuskiem – prawie 80% (Rocznik...

2019). W górach Polski sosna zwyczajna nie występuje często. Większość pasm górskich Karpat leży poza zwartym zasięgiem jej występowania. Jeżeli rośnie w górach, to zajmuje specyficzne siedliska, na skałkach lub torfowiskach wysokich. W Pienińskim Parku Narodowym sosnę najczęściej można spotkać pojedynczo lub w niedużych grupach w miejscach trudno dostępnych, na stromych zboczach i na szczytach skał (Bodziarczyk, Panczer-Koteja 2004). Wiek jednej z badanych sosen rosnącej na zboczach Sokolicy ustalono na około 550 lat, co by oznaczało, że jest to najstarsza sosna rosnąca w Polsce (Niedzielska 2001). Najprawdopodobniej w podobnym wieku jest sosna, której poświęcone są niniejsze badania. Od wielu lat była ona symbolem Pienin, a w roku 2015 zajęła drugie miejsce w konkursie Drzewo Roku, wyprzedził ją tylko dąb Bolko z Hniszowa.

W Pieninach sosna, podobnie jak limba, brzoza i olsza, mogła przetrwać ostatnie zlodowacenie (Środoń 1982), a niewykluczone, że była obecna w tym rejonie jeszcze od wcześniejszych okresów geologicznych (Staszkiwicz 1993a). Obidowicz (1993) uważa, że współczesne reliktowe sosny rosnące w górach są pozostałością rozległych lasów tego gatunku rozwijających się u schyłku ostatniego glacjału, w okresie klimatycznym Alleröd (11.800–11.000 BP).

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie szczegółów morfologicznej i anatomicznej budowy igieł sosny z Sokolicy. Założyłam, że cechy igieł sosny z Sokolicy będą się różnić od cech sosen z innych części Polski, a także z dalszych regionów zasięgu geograficznego.

## MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym były igły pochodzące z reliktovej sosny zwyczajnej, rosnącej na Sokolicy w Pienińskim Parku Narodowym. Dysponowałam 6 krótkopędami pozyskanymi ze złamanej gałęzi, które do czasu badań były przechowywane w 70% alkoholu. W analizach porównawczych wykorzystałam pomiary igieł polskich sosen pochodzących ze Szczelińca Wielkiego (Góry Stołowe, 900 m n.p.m.) i z lasu gospodarczego Nadleśnictwa Węglińiec (Bory Dolnośląskie, 200 m n.p.m.), a także z kilkudziesięciu populacji z ostoi trzeciorzędowych z południa Europy i południowo-zachodniej Azji już wcześniej badanych. Tak więc populacje porównawcze pochodzą z niemal całego Półwyspu Iberyjskiego (z Andory, Hiszpanii i Portugalii), z Masywu Centralnego (z Francji), z Ukrainy (Krym), z Półwyspu Bałkańskiego (z Bułgarii, Serbii, Grecji) oraz z Turcji. Dane pomiarowe dla wszystkich prób, zarówno z terenu Polski, jak i z południowej Europy i Turcji, znajdziemy w kilku publikacjach (Boratyńska, Lewandowska 2009; Jasińska 2011; Jasińska i in. 2014; Sobierajska i in. 2020).

Igły przeanalizowano pod względem 5 cech morfologicznych, 8 cech anatomicznych i 4 cech przeliczeniowych (Tab. I). Cechę odnoszącą się do długości igły (cecha 1) zmierzono przy pomocy papieru milimetrowego, a cechy morfologiczne dotyczące aparatów szparkowych (cechy 2–5) odczytano przy użyciu binokularu (Nikon SMZ800). Natomiast cechy anatomiczne (cechy 6–11) mierzono na przekrojach poprzecznych igły używając mikroskopu świetlnego JenaMed2 (Carl Zeiss, Jena). Przy pomocy tegoż

mikroskopu oszacowano także dwie kolejne cechy, odnoszące się do charakteru komórek sklerenchymatycznych, które otaczają kanały żywiczne (cecha 16 – A, B i C) i wypełniają przestrzeń między wiązkami przewodzącymi (cecha 17 – AA, BB, CC i DD). Opis komórek sklerenchymatycznych i sposób ich szacowania znajdziemy w publikacjach wcześniejszych (np. Boratyńska, Boratyński 2007; Jasińska 2011; Jasińska i in. 2014). Półtrwałe preparaty, na których odczytywano cechy anatomiczne (cechy 6–11 oraz 16 i 17), wykonano z fragmentów wyciętych ze środkowych części igieł.

Obliczono podstawowe charakterystyki cech, jak: średnia arytmetyczna, minimalna i maksymalna wartość oraz współczynnik zmienności a następnie sprawdzono rozkład tych cech i jednorodność wariancji. Przedstawiono różnice i podobieństwa pomiędzy igłami sosny z Sokolicy, a próbkami użytymi do porównań pochodzącymi z Gór Stołowych i Borów Dolnośląskich. Zastosowano test RIR Tukeya dla nierównych liczebności lub test Kruskala-Wallisa dla cech, które nie spełniały założeń o rozkładzie normalnym (dla cechy 16 i 17). Aby pokazać relacje pomiędzy sosną z Sokolicy a sosnami pochodzącymi z innych terenów zastosowano analizy wielowymiarowe: analizę składowych głównych (PCA), analizę funkcji dyskryminacji (DA) i analizę skupień (CA). Dwie ostatnie analizy oparto na cechach przeliczeniowych i prostych nieuwzględnionych w cechach przeliczeniowych (cechy 1, 4–6, 12–15, 16 i 17). Wszystkie założenia wymagane przy zastosowaniu wspomnianych analiz statystycznych zostały spełnione. Do analiz użyto pakietu STATISTICA PL (Statsoft Poland).

## WYNIKI I DISKUSJA

Analizowane cechy charakteryzowały się rozkładem normalnym, z wyjątkiem cech dotyczących typów komórek występujących wokół kanałów żywicznych i typów komórek wypełniających przestrzeń między wiązkami przewodzącymi (cechy 16 i 17). Cechami o bardzo małej zmienności (poniżej 10%) okazały się: szerokość i wysokość igły mierzona na przekroju poprzecznym igły oraz kształt igły (cechy 7, 8 i 14) – 5,5%, 4,1% i 4,6, odpowiednio (Tab. I). Podobnie mało zmienne są też cechy odnoszące się do liczby szparek (cecha 5 i 4) – 5,5 i 8,3%, a także wysokość epidermy (cecha 10) – 6,4%. Średnio zmienne (mniej niż 20%) okazały się dwie cechy: liczba rzędów aparatów szparkowych po płaskiej stronie igły (cecha 3; ponad 17%) i iloraz rzędów aparatów szparkowych (cecha 13; prawie 23%). Natomiast bardzo dużą zmienność wykryto w cechach odnoszących się do typów komórek sklerenchymatycznych i to zarówno występujących wokół kanałów żywicznych, jak i między wiązkami przewodzącymi (cecha 16 i 17); wartość współczynnika zmienności (V) w przypadku tych cech jest bardzo wysoka, zwłaszcza dla cech: 16B, 17BB i 17CC (Tab. I).

Igły sosny zwyczajnej wyrastają po 2 na krótkopędach, dlatego też przekrój poprzeczny igły jest półkolisty, często lekko spłaszczony (Ryc. 1). U sosny zwyczajnej bardzo rzadko znajdujemy 3-igłowe krótkopędy, u innych sosen (np. *Pinus mugo* czy *P. uncinata*) takie anomalie występują znacznie częściej (Boratyńska, Boratyński 2003).

Igły sosny z Sokolicy mają średnio niecałe 48 mm długości (cecha 1 – Tab. I). Dane literaturowe podają, że długość igieł sosny zwyczajnej waha się od 30 do 100 mm

**Tabela 1.** Średnie, minimalne i maksymalne (śred., min., max.) wartości cech igieł i współczynniki zmienności (V) *Pinus sylvestris* z Sokolicy (SO), ze Szczelińca Wielkiego (SZ) i Nadlesnictwa Węgliniec (WG); wynik testu post-hoc porównania średnich (xx – różnice istotne z  $p \geq 0,01$ ; x –  $\geq 0,05$ ) oraz wynik analizy funkcji dyskryminacji ( $\lambda$  – cząstkowa lambda Wilksa,  $p$  – poziom istotności)

**Table 1.** Mean, minimum and maximum values (Mean, Min., Max.) and coefficient of variation (V) for needle characteristics of *Pinus sylvestris* from Sokolica (SO), and populations from Szczelińca Wielkiego (SZ) and Węgliniec (WG); result of post-hoc test for mean comparisons (significant differences with  $xx - p \geq 0.01$ ;  $x - p \geq 0.05$ ) and result of discrimination function analysis ( $\lambda$  – Wilks' partial lambda,  $p$  – significance level)

Cechy/Characters	SO			WG		SZ		Test Tukeya RIR Kruskula- -Wallisa		Analiza dyskryminacji Discrimination analysis	
	Śred. Mean	Min.	Max.	Śred. Mean	Śred. Mean	Śred. Mean	SO/ WG	SO/ SZ	WG/ SZ	$\lambda$	$p$
			V (%)								
1 Długość igły (Needle length) 1 mm	47,67	40	55	50,72	53,14	10,42				0,988	0,565
2 Liczba rzędów aparatów szparkowych po wypukłej stronie igły (Number of stomatal rows on convex side of needle)	8,83	7	10	9,20	10,90	13,23			xx		
3 Liczba rzędów aparatów szparkowych po płaskiej stronie igły (Number of stomatal rows on flat side of needle)	6,83	5	8	7,93	9,80	17,11		xx	xx		
4 Średnia liczba aparatów szparkowych w rzędzie na odcinku 2 mm igły po wypukłej stronie (Number of stomata on 2 mm long section of needle, on convex side)	21,56	18	26	22,76	22,13	8,29				0,918	0,019
5 Średnia liczba aparatów szparkowych w rzędzie na odcinku 2 mm igły po płaskiej stronie (Number of stomata on 2 mm long section of needle, on flat side)	22,56	18	25	21,99	22,23	5,51				0,988	0,595
6 Liczba kanałów żywicznych na jednym poprzecznym przekroju igły (Number of resin canals on one needle cross-section)	11	9	13	9,69	10,67	12,86					0,287
7 Szerokość igły mierzona na poprzecznym przekroju (Needle width measured at cross section) 1 $\mu$ m	1352	1252	1461	1266,50	1216,83	5,51					
8 Wysokość igły mierzona na poprzecznym przekroju (Needle thickness measured at cross section) 1 $\mu$ m	665	626	704	648,14	641,45	4,11					
9 Odległość między wiązkami przewodzącymi (Distance between vascular bundles) 1 $\mu$ m	192	144	226	183,25	187,88	14,79					

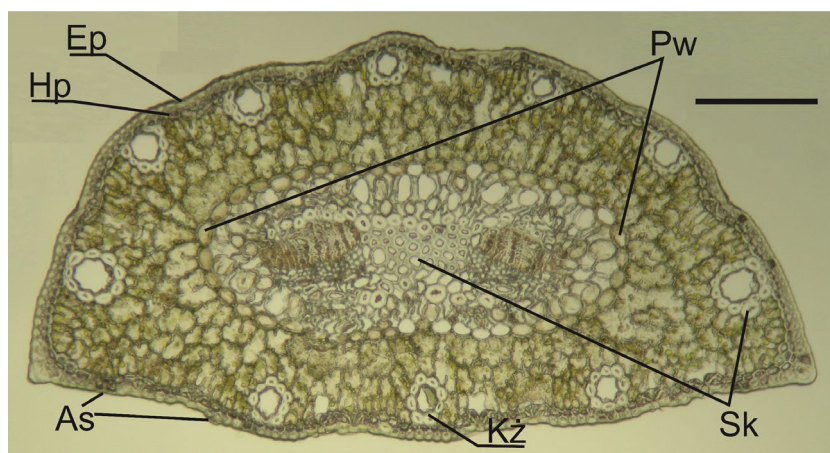


10	Średnia wysokość komórki epidermy (Width of epidermal cells) 1 μm	18,53	17,44	19,62	6,44	17,12	19,29	xx	
11	Średnia szerokość komórki epidermy (Thickness of epidermal cells) 1 μm	15,68	13,08	18,89	13,93	15,54	15,65		
12	Wskaźnik Marceta, cecha 9 × cecha 7/8 (Marcet's coefficient, traits 9 × 7/8)	390	299	462	13,80	361,14	359,55		0,961 0,158
13	Iloraz rzędów aparatów szparkowych, cecha 2/3 (Stomatal rows ratio, traits 2/3)	1,34	1,00	1,80	25,99	1,18	1,12		0,875 0,002
14	Kształt igły, cecha 8/7 (Needle thickness/width, traits 8/7)	0,49	0,46	0,52	4,63	0,51	0,53	x	0,824 0,000
15	Kształt komórek epidermy, cecha 11/10 (Width/thickness ratio of epidermal cells, traits 11/10)	0,85	0,74	0,96	10,83	0,93	0,81	xx	0,452 0,000
16	Typ komórek otaczających kanały żywiczne (Types of sclerenchyma cells around resin canals) 1% A – komórki typu włókien (Fibre-like cells) B – komórki pośrednie (Intermediate cells) C – komórki cienkościennie z dużym światłem komórkowym (Cells with thin walls and large lumens)	97,50	90	100	4,29	97,47	97,83		0,998 0,913
17	Typ komórek wypełniających przestrzeń między wiązkami przewodzącymi (Types of sclerenchyma cells between vascular bundles) 1% AA – komórki typu włókien (Fibre-like cells) BB – komórki typu włókien pojedynczo lub w małych grupach (Intermediate, semi-fibrous cells) CC – komórki typu pośredniego (Intermediate cells between vascular bundles) DD – komórki cienkościennie z dużym światłem komórkowym (Cells with thin walls and large lumens)	2,50	0	10	167,33	2,53	2,17		0,997 0,912
		0	0	0	0	0	0		
		95,00	80	100	8,81	83,88	96,46		0,996 0,865
		3,33	0	15	181,66	7,03	2,27		0,994 0,768
		1,67	0	5	154,92	5,15	1,27		0,995 0,798
		0	0	0	0	3,94	0	xx	0,871 0,002

(Boratyński 1993 i zamieszczona tam literatura, Urbaniak 1998, Łabiszak i in. 2017). W badaniach Urbaniaka i Vončiny (2008) igły sosny z Sokolicy są znacząco krótsze i mierzą średnio 33 mm. Długość igły zależy od wielu różnych czynników i zawiera się w dość szerokich granicach nawet w obrębie jednego drzewa. Istotny wpływ na wartość tej cechy mają warunki pogodowe, głównie opady i temperatura w roku poprzedzającym zawiązywanie się igieł (Staszkiwicz 1993b, Urbaniak 1998). Cecha ta jest ściśle skorelowana z szerokością geograficzną, na północy zasięgu igły sosny są wyraźnie krótsze a w kierunku południowym wydłużają się. Oleksyn i in. (2020) wykazali, że igły sosny z północy Szwecji są dwa razy krótsze niż z południa tego kraju. Podobne zależności występują biorąc pod uwagę położenie nad poziomem morza (Staszkiwicz 1993b).

U sosny z Pienin szerokość igły, mierzona na przekroju poprzecznym, wynosi średnio niecałe 1,4 mm a grubość 0,7 mm (cechy 7, 8, 14 – Tab. I, Ryc. 1). Zakresy wartości tych cech u sosen rosnących w Euroazji są znacznie większe. I tak, szerokość igły u sosen waha się od 0,8 do 2,2 mm a grubość od 0,5 do 0,9 mm (Boratyński 1993). Najczęściej grubość igły jest 2 razy mniejsza niż szerokość. Populacje z Półwyspu Iberyjskiego charakteryzują się najgrubszymi igłami, przez co są one wyraźnie wypukłe na przekroju poprzecznym a populacje wschodnie (np. z Krymu) mają najbardziej spłaszczone igły (Jasińska 2011, Jasińska i in. 2014).

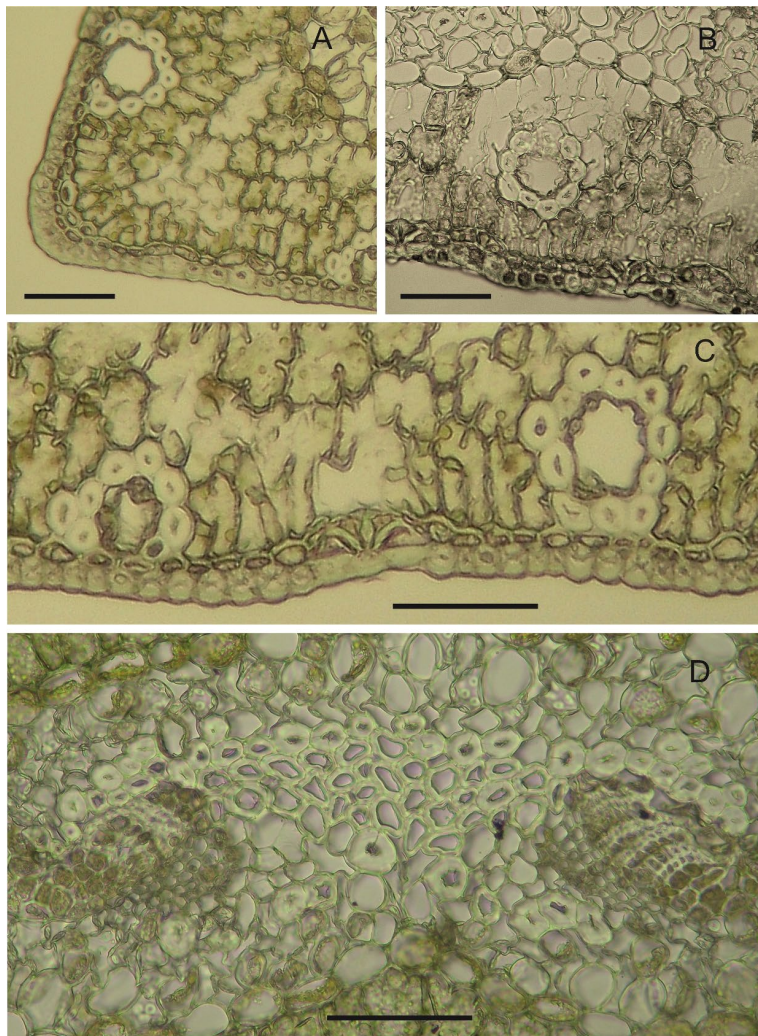
Epiderma u sosny zwyczajnej jest jednowarstwowa a jej komórki mają dość grube ściany i silnie zredukowane szczelinowe światło. Kształt komórek epidermy najczęściej przypomina kwadrat, rzadziej prostokąt (cecha 15 – Ryc. 2). U sosny z Sokolicy



**Ryc. 1.** Przekrój poprzeczny igły sosny z Sokolicy: aparaty szparkowe (As), epiderma (Ep), hypoderma (Hp), kanały żywiczne (Kż), pochwa wiązkowa, endoderma (Pw) otaczająca wiązki przewodzące, komórki sklerenchymatyczne (Sk) wokół kanałów żywicznych, między i nad wiązkami przewodzącymi; długość paska skali = 200  $\mu$ m

**Fig. 1.** Cross-sections of 'Sokolica pine' needle: stomata (As), epiderma (Ep), hypoderm (Hp), resin canals (Kż), endoderm (Pw) surrounding two vascular bundles, sclerenchymatic cells (Sk) around resin canals and between and above vascular bundles; scale bar – 200  $\mu$ m

wysokość komórki epidermy jest zwykle większa niż jej szerokości (cechy 10, 11 – Tab. I). Od zewnątrz epidermę pokrywa dość gruba warstwa kutikuli a od wewnątrz przylega do niej jednowarstwowa hypoderma, którą tworzą komórki sklerenchymatyczne, pełniące rolę wzmacniającą. Dodatkowo kilka tego typu komórek prawie zawsze występuje przy bocznych krawędziach igły (Ryc. 2).



**Ryc. 2.** Brzeźna część igły sosny z Sokolicy (A, długość paska skali = 70  $\mu\text{m}$ ); kanał żywiczny otoczony miękiszem (B, długość paska skali = 70  $\mu\text{m}$ ); fragment płaskiej części igły z widoczną epidermą, aparatami szparkowymi i kanałami żywicznymi (C, długość paska skali = 100  $\mu\text{m}$ ); centralna część igły (D, długość paska skali = 100  $\mu\text{m}$ )

**Fig. 2.** Marginal part of 'Sokolica pine' needle (A, scale bar – 70  $\mu\text{m}$ ); resin canal surrounded by parenchyma (B, scale bar – 70  $\mu\text{m}$ ); fragment of flat part of needle with epidermis, stomata and resin canals (C, scale bar – 100  $\mu\text{m}$ ); center of needle (D, scale bar – 100  $\mu\text{m}$ )

Na powierzchni po obydwu stronach igły (wypukłej i płaskiej) występują aparaty szparkowe. Są one zagłębione w epidermie, ustawione w rzędach i widoczne jako białe linie. Po wypukłej stronie igły u sosny z Pienin rzędów aparatów szparkowych było 8–9 a po płaskiej 7 (cechy 2 i 3). W jednym rzędzie na 2 mm odcinku igły występowało od 18 do 26 aparatów szparkowych (cechy 4 i 5 – Tab. I). Podobne wartości dla tych cech podają Łabiszak i in. (2017) a także Urbaniak i in. (2018). Po płaskiej stronie igły aparatów szparkowych jest zawsze więcej na jednostce powierzchni niż na wypukłej. Na 1 mm<sup>2</sup> powierzchni igły obserwowano ich średnio prawie 71 po stronie wypukłej i 84 po stronie płaskiej.

Aparat szparkowy składa się z dwu komórek o nerkowatym kształcie oraz 6 komórek przyszparkowych, nieróżniących się od innych komórek epidermy (Hejnowicz 1993). Pomiędzy komórkami szparkowymi istnieje szczelina przechodząca ku wnętrzu igły w przestrzeń międzykomórkową miękiszu asymilacyjnego. Miękisz asymilacyjny (mezofil) jest jednorodny, jego komórki mają pofałdowane ściany komórkowe z wyrostkami skierowanymi do wnętrza komórki, pomiędzy którymi znajdują się przestwory międzykomórkowe (Ryc. 2).

Liczba kanałów żywicznych u sosny zwyczajnej jest duża – na jednym przekroju poprzecznym igły najczęściej podaje się 9–13 kanałów, większość występuje po stronie wypukłej (Urbaniak 1998, Jasińska 2011). U sosny z Sokolicy występowało średnio na jednym przekroju poprzecznym 11 kanałów żywicznych (cecha 6 – Tab. I). Zawsze obserwowano je po obydwu stronach igły, choć po stronie wypukłej było ich dwa razy więcej niż po płaskiej. U sosny kanały żywiczne są usytuowane brzeźnie, czyli przylegają do hipodermy (Ryc. 1). Bardzo rzadko kanały żywiczne osadzone są pomiędzy komórkami miękiszowymi – w analizowanym materiale obserwowano tylko dwa takie kanały (Ryc. 2). Każdy kanał żywiczny otacza jedna warstwa komórek grubościennych typu włókien z bardzo ograniczonym światłem komórkowym (cecha 16 typ A), dość często wokół kanałów widuje się dodatkowe, pojedyncze tego typu komórki (Ryc. 2).

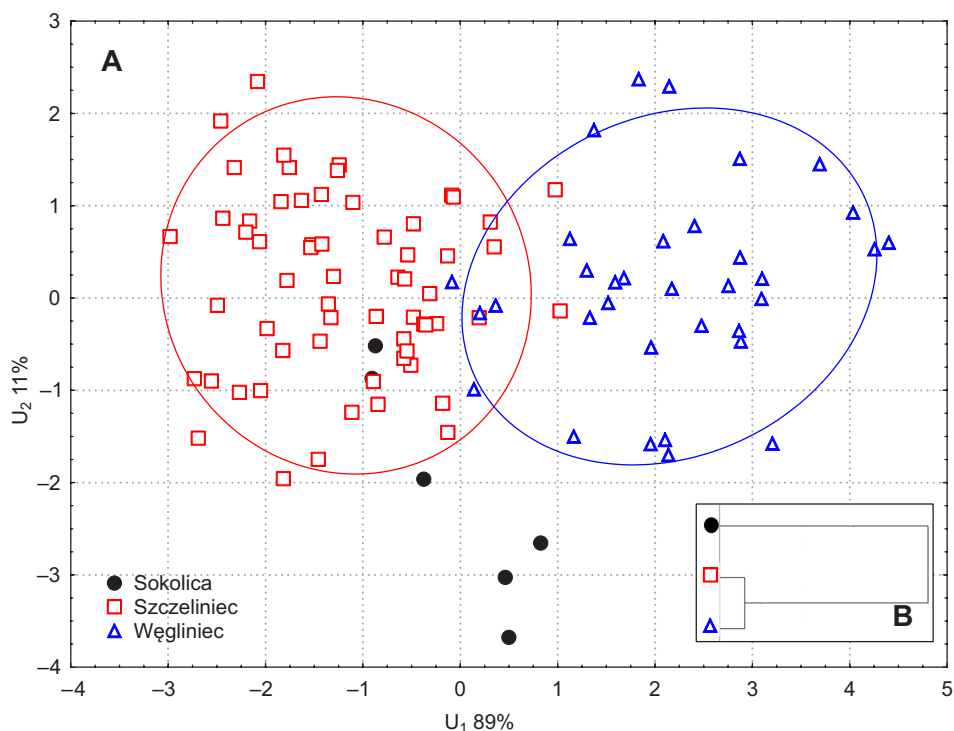
W centralnej części igły znajdują się dwie wiązki przewodzące, które wraz z tkanką transfuzyjną objęte są pochwą wiążkową (endoderma, Ryc. 1). Wiązki przewodzące u sosny z Sokolicy oddalone są od siebie dość znacznie (średnio 193 mikrony, cecha 9), a przestrzeń między nimi niemal całkowicie wypełniają komórki typu włókien charakteryzujące się grubymi ścianami komórkowymi i szczelinowym światłem komórkowym (cecha 17 typ AA – Ryc. 1, 2). Komórek cienkościennych z wyraźnym światłem komórkowym u tej sosny w zasadzie nie obserwuje się (cecha 17 typ DD – Tab. I). Jak do tej pory, znaczniejszy udział tych ostatnich, zaobserwowano jedynie u sosny zwyczajnej z Półwyspu Iberyjskiego (Jasińska i in. 2014). Komórki typu włókien, jak i znaczna odległość między wiązkami przewodzącymi, to cechy najbardziej charakterystyczne dla *P. sylvestris* w porównaniu do bliskich jej *P. mugo*, *P. uncinata* i *P. uliginosa* (Boratyńska, Boratyński 2007).

Z analiz porównawczych wynika, że pod względem badanych cech igieł sosna z Sokolicy podobna jest zarówno do nizinnej sosny z Nadleśnictwa Węgliniec (Bory Dolnośląskie), jak i do sosny rosnącej na Wielkim Szczelińcu w Górach Stołowych



(Tab. I, wynik testu RIR Tukeya). Od pierwszej różni się statystycznie istotnie tylko kształtem komórek epidermy (cecha 15); u pienińskiej sosny epiderma (cecha 10) jest wyraźnie grubsza niż u sosny z Węglińca. Natomiast sosna z Sokolicy i sosna ze Szczelińca różnią się głównie liczbą rzędów aparatów szparkowych po płaskiej stronie igły (cecha 3). W igłach z Sokolicy występuje ich istotnie statystycznie mniej (średnio 6,8) niż w igłach ze Szczelińca (średnio 9,8). Sosny te różnią się także w niewielkim stopniu pod względem kształtu przekroju poprzecznego igły (cecha 14).

Analiza funkcji dyskryminacji (Ryc. 3) wykazała, że w porównaniu do sosen z Węglińca i ze Szczelińca sosna z Sokolicy wykazuje charakter pośredni. Pierwsza zmienna dyskryminacyjna,  $U_1$  odpowiadająca za 89% zmienności, jest pod wpływem przede wszystkim cechy odnoszącej się do kształtu komórki epidermy (cecha 15) i procentu występowania komórek między wiązkami typu VBL (cecha 17DD). Druga zmienna dyskryminacyjna  $U_2$  ma dużo mniejsze znaczenie (reprezentuje 11% informacji o zmienności) i zależy głównie od kształtu igły (cecha 14) i ilorazu rzędów aparatów szparkowych (cecha 13). Jak widać na wykresie rozrzutu sośnie z Sokolicy



**Ryc. 3.** Wynik analizy funkcji dyskryminacji (A) i analizy aglomeracji (B) igieł sosny z Sokolicy w porównaniu z sosnami ze Szczelińca Wielkiego i Nadleśnictwa Węglińca na płaszczyźnie między dwiema pierwszymi zmiennymi dyskryminacyjnymi  $U_1$  i  $U_2$

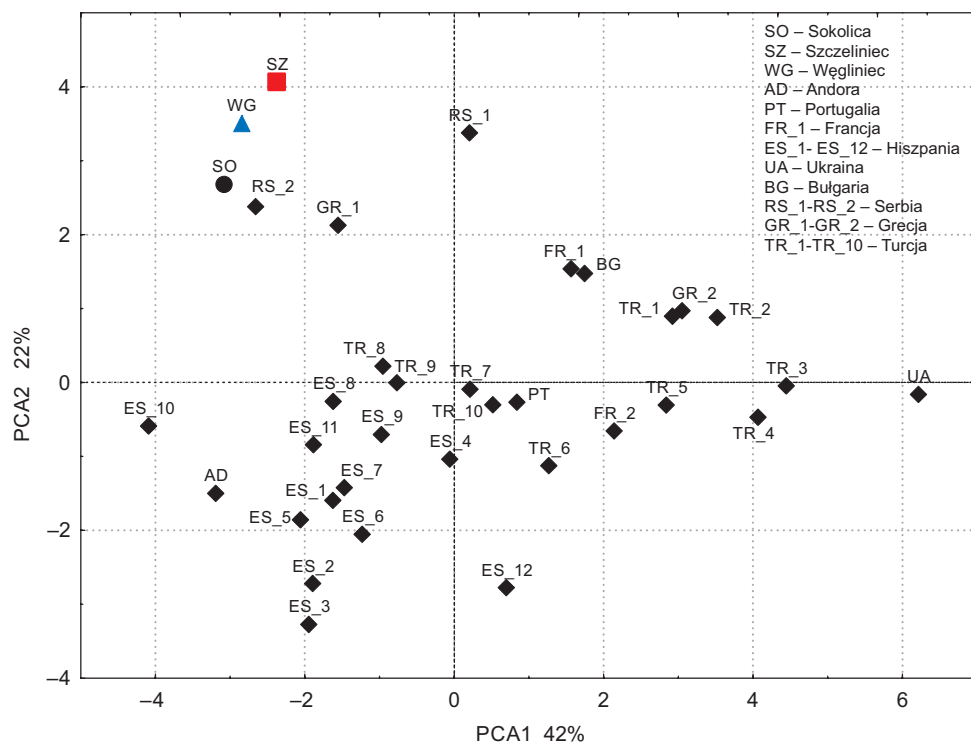
**Fig. 3.** Result of discriminant function analysis (A) and cluster analysis (B) of pine needles from Sokolica compared with pines from Szczeliniec Wielki and Węglińca Forest District on plane between first two discriminant variables  $U_1$  and  $U_2$



jest bliżej do sosny z Gór Stołowych. Potwierdzają to wartości kwadratów odległości Mahalanobisa – między SO i SZ wynosi on 6,3 a między SO i WG więcej, bo 9,9 (Ryc. 3A).

Na diagramie analizy skupień sosna z Sokolicy oddziela się od obydwu porównywanych sosen, z tym, że i w tej analizie Sokolicę i Szczeliniec dzieli mniejsza odległość euklidesowa niż Sokolicę i Węgliniec – 4,8 i 6,3, odpowiednio (Ryc. 3B).

W badaniach Łabiszaka i in. (2017) sosna z Pienińskiego Parku Narodowego i sosna ze Szczelińca Wielkiego różnią się statystycznie istotnie najbardziej w liczbie rzędów aparatów szparkowych jakie obserwuje się po płaskiej stronie igły. Potwierdzają to niniejsze wyniki badań – na igłach u sosny z Sokolicy takich rzędów wykryto średnio 6,8 a u sosny ze Szczelińca Wielkiego 9,8 (Tab. I). Ciekawe jest, że autorzy wspomnianej publikacji wprowadzili wykazali różnice pomiędzy sosną z gór i nizin, ale jedna populacja ze Słowińskiego Parku Narodowego we wszystkich wynikach badań bardzo ściśle nawiązuje do populacji z Tatr, Pienin i Gór Stołowych. Być może



**Ryc. 4.** Wynik analizy składowych głównych (PCA) pokazujący relacje sosny z Sokolicy do dwóch populacji z Polski oraz populacji sosen z Europy i południowo-zachodniej Azji, na płaszczyźnie między dwiema pierwszymi zmiennymi kanonicznymi PCA1 i PCA2

**Fig. 4.** Result of Principal Components Analysis (PCA) showing relationships between 'Sokolica pine' and two pine populations from Poland and populations from Europe and South-West Asia, at level of first two canonical variables PCA1 and PCA2

z podobnym zjawiskiem mamy do czynienia w przypadku sosny z Sokolicy i sosny niżowej rosnącej w Nadleśnictwie Węglińiec w Borach Dolnośląskich.

Sosnę z Sokolicy porównano także z kilkudziesięcioma populacjami z terenów ostoi trzeciorzędowych z południa Europy i południowo-zachodniej Azji (dane pomiarowe dla tych sosen są we wcześniej opublikowanych pracach Jasińska 2011, Jasińska i in. 2014). Sosna z Sokolicy (SO) oraz sosny z Nadleśnictwa Węglińiec (WG) i ze Szczelińca Wielkiego (SZ) znalazły się na wykresie rozrzutu obok siebie (Ryc. 4). Najbliższe im są trzy populacje z Bałkanów – dwie z zachodniej Serbii (RS\_1 i RS\_2) i jedna z północnej Grecji (GR\_1). Pozostałe populacje mniej lub bardziej odstają od wymienionych. Najbardziej oddalone od sosen z Polski są populacje tureckie (TR\_1-TR\_10), sosny z Krymu (UA) oraz populacje z terenu Półwyspu Iberyjskiego (ES\_1-ES\_12). Obraz ten najmocniej kształtują następujące cechy: odległość między wiązkami przewodzącymi i wskaźnik Marceta (cechy 9 i 12), liczba rzędów aparatów szparkowych po obydwu stronach igły (cechy 2 i 3) oraz kształt igły (cecha 14). Wymienione cechy kształtują najmocniej PCA<sub>1</sub>, która odpowiada za 42% zmienności. Druga zmienna kanoniczna PCA<sub>2</sub> jest głównie pod wpływem grubości epidermy i kształtu komórek epidermy (cechy 10 i 15), szerokości i wysokości igły mierzonej na przekroju poprzecznym igły (cechy 7 i 8).

Przedstawione wyniki badań pozwalają uściślić opis morfologiczny igieł sosny z Sokolicy, jak i poznać ich anatomiczną budowę, co było głównym celem badań. W badaniach porównawczych okazało się, że sosna z Sokolicy jest pod względem morfologii i anatomii igieł bliska sośnie rosnącej na Szczelińcu Wielkim, jak i sośnie z Borów Dolnośląskich, choć wykazano pewne różnice między nimi. Natomiast zdecydowanie odstaje ona od sosen z południowych krańców zasięgu gatunku, z jej ostoi plejstocenijskich. Odmienność sosny pienińskiej może być spowodowana specyficznymi warunkami wzrostu jak i jej długotrwałą izolacją i prawdopodobnym pochodzeniem, z innych ostoi plejstocenijskich.

## PIŚMIENNICTWO

- Bodziarczyk J., Pancer-Koteja E. 2004. Naturalne i wtórne sośniny w Pienińskim Parku Narodowym. *Studia Naturae*, **49**: 123–130.
- Boratyńska K., Boratyński A. 2003. Anomalous needles numbers of dwarf shoots of *Pinus mugo* and *P. uncinata* (Pinaceae). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, **72**(2): 139–148.
- Boratyńska K., Boratyński A. 2007. Taxonomic differences among closely related pines *Pinus sylvestris*, *P. mugo*, *P. uncinata*, *P. rotundata* and *P. uliginosa* as revealed in needle sclerenchyma cells. *Flora*, **202**: 555–569.
- Boratyńska K., Lewandowska D. 2009. Differences among three populations of *Pinus uliginosa* and their relations to *P. sylvestris* as expressed by the needle characters. *Dendrobiology*, **61**: 37–46.
- Boratyński A. 1993. Zmienność morfologiczna szpilek, szyszek i nasion, [w:] S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała (red.), *Biologia sosny zwyczajnej*. SORUS, Poznań–Kórnik, s. 33–43.
- Hejnowicz A. 1993. Anatomia i embriologia, [w:] S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała (red.), *Biologia sosny zwyczajnej*. SORUS, Poznań–Kórnik, s. 71–87.

- Jasińska A.K. 2011. Zmienność genetyczna *Pinus sylvestris* L na terenie ostoi flor trzeciorzędowych w południowej Europie i południowo-zachodniej Azji [rozprawa doktorska]. Instytut Dendrologii PAN, Kórnik.
- Jasińska A.K., Boratyńska K., Dering M., Sobierajska K.I., Ok T., Romo A., Boratyński A. 2014. Distance between south-European and south-west Asiatic refugial areas involved morphological differentiation: *Pinus sylvestris* case study. *Plant Systematics and Evolution*, **300**: 1487–1502.
- Łabiszak B., Lewandowska-Wosik A., Pawlaczyk E.M., Urbaniak L. 2017. Variability of morphological needle traits of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) among populations from mountain and lowland regions of Poland. *Folia Forestalia Polonica*, [seria:] *Forestry*, **59**(2): 134–145.
- Niedzielska B. 2001. Wiek sosen reliktowych na Sokolicy w Pienińskim Parku Narodowym. *Sylwan*, **145**(1): 57–62.
- Obidowicz A. 1993. Wahania górnej granicy lasu w późnym plejstocenie i holocenie w Tatrach, [w:] A. Kotarba (red.), *Z badań fizyczno-geograficznych w Tatrach. Dokumentacja geograficzna IGPZ PAN*, **4–5**: 31–43.
- Oleksyn J., Wyka T. P., Żytkowiak R., Zadworny M., Mucha J., Dering M., Ufnalski K., Nihlgård B., Reich P. B. 2020. A fingerprint of climate change across pine forests of Sweden. *Ecology Letters*, **23**: 1739–1746.
- Rocznik Statystyczny Leśnictwa 2019. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Sobierajska K., Wachowiak W., Zaborowska J., Łabiszak B., Wójkiewicz B., Sękiewicz M., Jasińska A.K., Sękiewicz K., Boratyńska K., Marcysiak K., Boratyński A. 2020. Genetic consequences of hybridization in relict isolated trees *Pinus sylvestris* and the *Pinus mugo* complex. *Forests*, **11**: 1086.
- Staszkiwicz J. 1993a. Sosna w historii naszych lasów, [w:] S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała (red.), *Biologia sosny zwyczajnej*. SORUS, Poznań–Kórnik, s. 11–31.
- Staszkiwicz J. 1993b. Zmienność morfologiczna szpilek, szyszek i nasion, [w:] S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała (red.), *Biologia sosny zwyczajnej*. SORUS, Poznań–Kórnik, ss. 11–31.
- Środoń A. 1982. Pieniny w historii szaty roślinnej Podhala, [w:] K. Zarzycki (red.), *Przyroda Pienin w obliczu zmian*. *Studia Nature*, [seria:] Wydawnictwa popularno-naukowe, **30**: 115–126.
- Urbaniak L. 1998. Zróznicowanie geograficzne sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w terenu Eurazji na podstawie cech anatomicznych i morfologicznych igieł. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań, [seria:] *Biologia*, nr 58, 141 s.
- Urbaniak L., Lesiczka P., Gąsiorowska E., Pawlaczyk E.M., Androsiuk P., Lewandowska-Wosik A., Vončina G. 2018. Genetic and phenotypic relationships among *Pinus sylvestris* populations in the Pieniny National Park. *Archives of Biological Sciences*, **70**(2): 289–297.
- Urbaniak L., Vončina G. 2008. Charakterystyka sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. z Sokolicy, Kazalnicy i Czertezika w cechach morfologicznych igieł. *Pieniny – Przyroda i Człowiek*, **10**: 19–26.

## SUMMARY

This work characterizes the needles from the pine growing at Sokolica in the Pieniny National Park. The needles were analysed for five morphological, six anatomical, four conversion and two estimated traits (Table I, Fig. 1, 2). The morphological characteristics included, needle length, the number of stomata rows and the number of stomata in a row on both sides of the needle. The following anatomical traits were analysed

from the needle cross-section: the number of resin canals, the width and thickness of a needle, width and height of epidermal cells, distance between vascular bundles and cell types in the space between the vascular bundles and the surrounding resin canals. The mean, minimum and maximum values and coefficient of variation of particular traits were calculated and analyzed statistically (Tukey's test, DA, PCA, CA) by comparing the needles from the Sokolica pine with the needles of *P. sylvestris* populations from other regions of Poland and from southern Europe and southeast Asia, which are Pleistocene refugia of the species (Fig. 3, 4). Generally, the morphological and anatomical characteristics of the needles shows that the Sokolica pine represents a typical *Pinus sylvestris* tree (Fig. 1, 2). It is most closely related to a mountain population of the *Pinus sylvestris* from Szczeliniec Wielki (Stołowe Mountains, Sudetes) and a lowland population of this species from Węglińiec (Silesian Lowland), showing an intermediate character between them (Fig. 3). It differs statistically from the lowland population in the shape of the epidermal cell, and from the mountain population in the shape of the needle on the cross-section and the number of rows of stomata on the flat side of the needle (Table I). Furthermore, the results show significant differences between the needles of the Sokolica pine and the ones of *P. sylvestris* from the southern border of their geographic range (Fig. 4).





## Analiza dendrochronologiczna złamanego pędu reliktywnej sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. z Sokolicy

Dendrochronological analysis of broken limb of relict *Pinus sylvestris* L. from Sokolica

ELŻBIETA MUTER

*Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Wydział Leśny,  
Katedra Bioróżnorodności Leśnej, al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków,  
e-mail: elzbieta.muter@urk.edu.pl*

**Abstract.** The aim of the study was to determine the age of a broken limb of the relict pine from Sokolica, to develop an absolutely dated tree-ring chronology and to determine the influence of climate on the variability of the radial growth. The study material consisted of three cores and three cross-sections taken from the broken limb. The presence of numerous growth anomalies in the form of moon rings and missing rings was found on 10 measured radii. The maximum number of rings in the collected wood samples was 159. The age of the limb is certainly higher, but cannot be exactly determined due to the rot on the lower part of the limb. The developed tree-ring chronology covers the period 1860–2018. The results of dendroclimatic analysis show that the influence of the mean monthly air temperatures and monthly sums of precipitation on the radial growth of the broken limb of relict pine was not stable over time. In recent periods, high temperatures in November of the previous year and in February, March and July of the year of growth had a positive influence on the tree-ring widths, while the high sum of precipitation in December of the previous year had a negative effect.

**Keywords:** dendrochronology, dendroclimatology, *Pinus sylvestris*, tree rings, Pieniny Mountains, Carpathians

### WSTĘP

Dendrochronologia jest nauką o datowaniu słoju drewna, a zatem datowaniu różnorodnych procesów i zjawisk zachodzących w środowisku, w tym zmian spowodowanych przez człowieka, które zostały zapisane w strukturze słoju drzew (Kaennel, Schweingruber 1995; Speer 2010).

Na przekrojach poprzecznych pni i pędów drzew, krzewów, krzewinek i pnączy zauważyć można przede wszystkim słoje roczne, czyli warstwy drewna wtórnego, utworzone jako roczne przyrosty grubości. Cechy słoików mogą być ilościowe (np. szerokości słoików, drewna wczesnego lub późnego, gęstość drewna, etc.) lub jakościowe (zabarwienie, jasność etc.). Po zewnętrznej stronie ostatniego przyrostu rocznego drewna znajduje się cienka warstwa tkanki twórczej, czyli miazgi (kambium). Na zewnątrz od kambium znajduje się warstwa łyka wtórnego oraz kory (Krzysik 1974).

W warunkach klimatu umiarkowanego drzewa wytwarzają w każdym roku jeden słoik drewna w okresie aktywności kambium, czyli w sezonie wegetacyjnym (Krzysik 1974). Od strony wewnętrznej pnia miazga odkłada komórki drewna wtórnego (służące do przewodzenia wody i soli mineralnych od korzeni, przez pień i gałęzie do liści lub igieł), a na zewnątrz komórki łyka wtórnego (przewodzące asymilaty, czyli produkty fotosyntezy, od liści lub igieł poprzez gałęzie i pień do korzeni). Zimą, w okresie spoczynku roślin, kambium nie odkłada nowych komórek drewna i łyka. Wiosną, pod wpływem rosnącej temperatury powietrza, wydłużonego dnia i innych czynników, kambium znowu zaczyna się dzielić, co trwa do jesieni. Komórki drewna wczesnego, tworzone w pierwszej części sezonu wegetacyjnego, mają cienkie ściany komórkowe i szerokie światło, przez co odznaczają się jasnym kolorem. Komórki drewna późnego, tworzone w drugiej części sezonu wegetacyjnego, mają grubsze ściany komórkowe, węższe światło i ciemniejszy kolor. Wznowienie wiosną podziałów kambium powoduje nagłe przejście od drewna późnego poprzedniego roku do drewna wczesnego nowego roku, dlatego granice między przyrostami rocznymi są zwykle dobrze widoczne, zwłaszcza u drzew iglastych (Hejnowicz 2012).

Datowanie słoików rocznych polega na przypisaniu do każdego z nich roku kalendarzowego, w którym powstał. Z pozoru jest to zadanie łatwe. Znając rok i miesiąc ścięcia lub śmierci drzewa/gałęzi albo datę pobrania wywiertu z drzewa żywego, przypisujemy słoikom kolejne lata kalendarzowe, odliczając je wstecz w kierunku od zewnątrz do wewnątrz pnia, czyli do rdzenia. Jednak stosunkowo często w drewnie występują anomalie, które utrudniają datowanie słoików. Należą do nich: brak przyrostu na grubość w danym roku (tzw. słoje brakujące), wytworzenie przyrostu tylko na części obwodu lub wysokości pnia (tzw. słoje zanikające) lub pozorne wytworzenie dwóch warstw przyrostu w ciągu jednego roku (tzw. słoje fałszywe). W takich sytuacjach do prawidłowego datowania przyrostów potrzebna jest większa liczba drzew z danego stanowiska lub chronologia wzorcowa skonstruowana dla danego gatunku drzewa oraz regionu (Krzysik 1974; Zielski, Krąpiec 2004). Trudne jest więc datowanie z bezwzględną pewnością słoików pojedynczej próbki drewna lub nawet wielu próbek z jednego drzewa, jeśli nie możemy ich szerokości porównać ze słoikami odpowiedniej grupy drzew lub z chronologią wzorcową.

Obserwując słoje, zauważamy, że mają one różne szerokości – w jednym roku są węższe, w innym szersze. Dzieje się tak, ponieważ na przyrost drzew na grubość w sposób kompleksowy wpływa wiele czynników. Są one powiązane ze sobą poprzez wzajemne uwarunkowania w skomplikowane systemy (Puchalski, Prusinkiewicz 1975; Fritts 1976), dlatego wypracowano procedury dotyczące pobierania próbek

i wykonywania analiz statystycznych, aby uchwycić wpływ wybranych czynników na przyrost radialny.

Czynniki wpływające na przyrost grubości drzew można podzielić na wewnętrzne i zewnętrzne. Do czynników wewnętrznych należy czynnik genetyczny, przede wszystkim gatunek drzewa, a w jego obrębie ekotypy i proveniencje. Istnieją gatunki drzew, które z natury charakteryzują się szybkim wzrostem i wytwarzają szerokie słoje (np. topole), są też takie, które rosną bardzo powoli i tworzą zazwyczaj wąskie słoje (np. cis, krzewinki, pńacza). Czynnikiem wewnętrznym jest też wiek – najczęściej w młodości drzewa wytwarzają szersze słoje niż w starszym wieku. Należy pamiętać, że komórki drewna odkładane są na całej powierzchni drzewa niczym „cienki płaszcz” – im drzewo ma większe rozmiary, tym większa jest kolejna nowa warstwa przyrostu miąższości. Wraz z wiekiem obwód drzewa staje się coraz dłuższy, dlatego taka sama liczba komórek utworzy słoje o mniejszej szerokości. Do czynników wewnętrznych należą również procesy biologiczne, jak kwitnienie czy obradanie nasion. W latach nasiennych przyrost na grubość jest często mniejszy (Krzysik 1974, Krąpiec 1992).

Czynników zewnętrznych jest znacznie więcej niż wewnętrznych. Należy do nich położenie geograficzne stanowiska drzew i powiązany z nim klimat, gleby, topografia terenu (wysokość nad poziomem morza, nachylenie, ekspozycja), rodzaj pokrywy roślinnej, pozycja biosocjalna osobnika w zbiorowisku roślinnym (drzewa panujące, współpanujące, przygłuszone), oddalenie od zbiorników wodnych i wiele innych. Do czynników zewnętrznych należą także czynniki losowe, takie jak wybuchy wulkanów, gradacje owadów, powodzie, huragany. Czynnikiem antropogenicznym stanowi szeroko rozumiana działalność człowieka, która może być dla przyrostu drzew korzystna lub niekorzystna (zabiegi hodowlane, nawożenie, melioracje, zanieczyszczenie powietrza, gleby, wody i inne).

Poszczególne czynniki wpływające na przyrost grubości drzew generują różne rodzaje zmienności szerokości słoików rocznych (Fritts 1976, Feliksik 1990, Jaworski 2004). Na przykład gleba będzie wpływać na przyrost grubości danego osobnika w sposób mniej więcej stały przez całe jego życie. Aby uchwycić wpływ gleby na przyrost grubości drzew powinniśmy porównać słoje drzew rosnących na różnych glebach, jednak zmienność innych czynników powinna zostać ograniczona, tzn. porównywane populacje powinny być tego samego gatunku, w podobnym wieku i rosnąć w podobnych warunkach klimatycznych i topograficznych. Wtedy można zauważyć, że gleba ma wpływ na przeciętną wielkość przyrostu grubości drzew. Zupełnie inaczej na szerokości słoików wpływają warunki klimatyczne, które kształtują zmienność krótkookresową szerokości słoików (z roku na rok), charakterystyczną dla danego gatunku i regionu klimatycznego, bez względu na glebę, wiek drzew, czy strukturę zbiorowiska.

Dendroklimatologia obejmuje badania nad wpływem warunków klimatycznych na przyrost grubości drzew obecnie jak i w przeszłości, oraz rekonstruowanie klimatu w okresach sprzed obserwacji meteorologicznych (Fritts 1976; Kaennel, Schwein-gruber 1995). Klimat kształtują różne jego elementy, takie jak temperatura, opady, wilgotność, usłonecznienie, wiatr i wiele innych.

Ludzie od dawna dostrzegali zmienność szerokości słoju rocznych na przekrojach poprzecznych pni drzew lub na fragmentach drewna. Już Leonardo da Vinci (1452–1519) zauważył, że drzewa w Italii tworzyły wąskie słoje w latach suchych, natomiast szerokie słoje w latach wilgotnych. Wiele lat po nim Linneusz (1707–1778) spostrzegł, że dęby w Szwecji tworzyły szerokie przyrosty w latach ciepłych, a wąskie w latach chłodnych. Jest to tylko pozorna sprzeczność, wynikająca z różnic w warunkach klimatycznych tych dwóch krajów. We Włoszech czynnikiem minimum jest najczęściej woda, jej niedobór w największym stopniu ogranicza wzrost drzew w suchym klimacie śródziemnomorskim. Tymczasem w znacznie chłodniejszej Szwecji czynnikiem minimum jest ciepota powietrza w krótkim sezonie wegetacyjnym. Tak więc obie obserwacje były prawidłowe. Pisał o tym Profesor Karol Ermich (1961), pracownik Akademii Rolniczej w Krakowie, który jako pierwszy w sposób poprawny metodycznie rozpoczął w Polsce badania dendrochronologiczne (Bednarz, Muter 2010). W skrajnych warunkach klimatycznych można znaleźć wyraźne związki między szerokościami słoju a elementami klimatu, które są czynnikami minimum (Ermich 1961). Dlatego ważne jest jaki gatunek drzewa badamy, a zatem jakie ma wymagania ekologiczne i gdzie rośnie.

Sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* jest gatunkiem często spotykanym w środowisku ze względu na szeroki zasięg występowania (Eurazja) i szeroką amplitudę ekologiczną. Występuje w prawie pełnym spektrum wilgotności gleb od suchych, poprzez świeże, wilgotne, aż do bagiennych, dobrze rośnie na siedliskach o różnej żyzności, zwłaszcza popierana przez człowieka, który eliminuje gatunki konkurencyjne. Sosna zwyczajna zawsze dostarczała dobrego surowca, co sprawiło, że jej przyrosty były od wieków obserwowane przez człowieka. Badania dendrochronologiczne w Polsce od początku uwzględniały ten ważny w gospodarce gatunek leśny (Ermich 1953, 1956, 1959).

W późniejszym okresie stworzono wiele lokalnych i regionalnych chronologii szerokości słoju dla tego gatunku w różnych regionach Polski. Tego typu publikacji jest tak wiele, że nie sposób ich tu wymienić. W Karpatach również prowadzono badania nad zmiennością szerokości słoju rocznych tego gatunku (Feliksik, Wałęcka 1992; Feliksik, Wilczyński 1996; Wilczyński, Skrzyszewski 2002a, b). Doczekały się ich także reliktove laski z sosną zwyczajną w Tatrach i Pieninach (Bednarz 1973; Feliksik, Wilczyński 2001; Niedzielska 2001; Feliksik i in. 2002; Wilczyński 2003). Opracowano dwa wielowiekowe standardy dendrochronologiczne – w Polsce północnej dla okresu 1168–1994 (Zielski 1997) oraz w regionie Małopolski dla okresu 1091–2006 (Szychowska-Krapiec 2010). Ponadto dokonano porównania 136 chronologii przyrostów radialnych sosny zwyczajnej z całej Polski (Zielski i in. 2001) i na tej podstawie wyznaczono regiony dendroklimatyczne tego gatunku w naszym kraju (Wilczyński i in. 2001).

Złamanie pędu reliktovej sosny z Sokolicy we wrześniu 2018 roku umożliwiło pobranie próbek drewna do analiz dendrochronologicznych i zbadanie przyrostów drzewa szczególnie, które rośnie w skrajnych warunkach na skałach i było symbolem Pienin. Przedstawione poniżej analizy dotyczą jedynie pędu jednego drzewa, a zatem uzyskane wyniki powinny być odnoszone do tego jednego osobnika, rosnącego w specyficznych warunkach.

Celem pracy było określenie wieku złamanego pędu reliktovej sosny z Sokolicy, pomiar i zsynchronizowanie z latami kalendarzowymi szerokości słoju, skonstruowanie wzorca przyrostu grubości badanego pędu, określenie wpływu elementów klimatycznych na szerokości słoju rocznych, charakterystyka klimatyczna pozytywnych i negatywnych lat wskaźnikowych, a także obliczenie podstawowych charakterystyk przyrostu grubości i porównanie ich do sosen z innych stanowisk.

## KLIMAT PIENIN

Klimat Pienin zaliczany jest do klimatu zaciszy śródgórkich (Romer 1949 za Perzanowska 2004). W porównaniu z otaczającymi pasmami Karpat Zachodnich należy podkreślić jego wyjątkową łagodność, co przejawia się wyższą średnią temperaturą roczną, mniejszym zachmurzeniem i wynikającym z niego większym nasłonecznieniem, słabszymi wiatrami, mniejszymi opadami i stosunkowo krótkim zaleganiem pokrywy śnieżnej. Wapienne skały o wystawie południowej charakteryzuje specyficzny mikroklimat, wyjątkowo ciepły i suchy, co wpływa na skład gatunkowy porastających je zbiorowisk roślinnych (Pelc 1970).

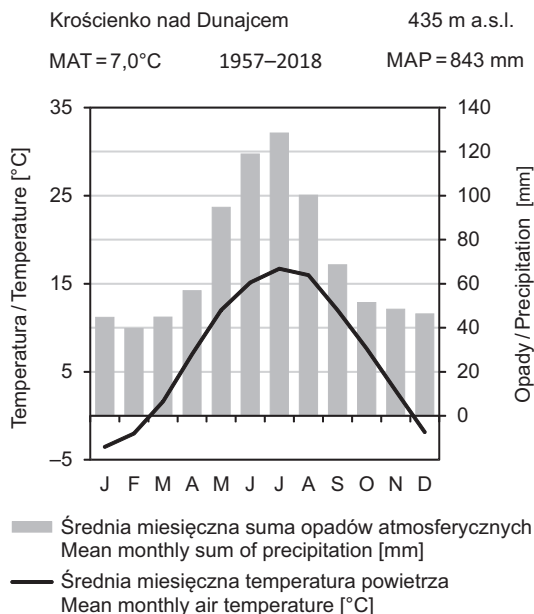
Temperatura powietrza w Pieninach, jak w całym Karpatach, kształtuje się pod wpływem cyrkulacji powietrza i jest zróżnicowana przestrzennie w zależności od wysokości nad poziomem morza oraz topografii terenu (Kostrakiewicz 1982, Perzanowska 2004). Jak obliczył Kostrakiewicz (1979, 1982) na podstawie danych z różnych stacji meteorologicznych w Pieninach i ich sąsiedztwie, średnia roczna temperatura powietrza dla okresu 1956–1965 wahała się od 6,3°C (na wysokości 420 m n.p.m.) do 4,0°C (na Wysokiej w Małych Pieninach, 1050 m n.p.m.), przy czym na Sokolicy (747 m n.p.m.) wynosiła około 5,5°C.

Pieniny, otoczone przez wyższe wzniesienia Tatr i Beskidów, leżą w zasięgu cienia opadowego, zatem ich obszar charakteryzuje stosunkowo niska suma opadów i mała liczba dni z opadem w porównaniu z sąsiednimi pasmami górkimi. Roczne sumy opadów w dolinie Dunajca (400 m n.p.m.) dla okresu 1956–1965 wyniosły średnio jedynie 690–850 mm, a na Wysokiej (1050 m n.p.m.) 1095 mm – są to ilości niewielkie w porównaniu z Gorcami (800–1200 mm) lub Tatrami (do 1876 mm). Na Sokolicy suma rocznych opadów w tym okresie wynosiła około 800 mm (Kostrakiewicz 1982).

W Pieninach wyróżniono dwa piętra klimatyczne, pogórza i regla dolnego, oraz trzy toporegiony klimatyczne Pienin. Region południowych zboczy i stoków gór, do których należy także bezpośrednie otoczenie reliktovej sosny z Sokolicy, charakteryzuje się wysoką średnią roczną temperaturą powietrza, ale niższą temperaturą stycznią w stosunku do stoków północnych, małą sumą opadów, mniejszą liczbą dni z przymrozkami i silnymi mrozami (Kostrakiewicz 1982).

Na rycinie 1 przedstawiono średnie miesięczne temperatury powietrza i miesięczne sumy opadów atmosferycznych dla stacji meteorologicznej IMGW w Krościenku (435 m n.p.m.; 49°26'44"N, 20°25'54"E) w okresie 1957–2018. Najniższe średnie miesięczne temperatury powietrza dla tego wielolecia występują w styczniu i wynoszą -3,5°C, natomiast najwyższe przypadają w lipcu i wynoszą 16,7°C. Rozkład



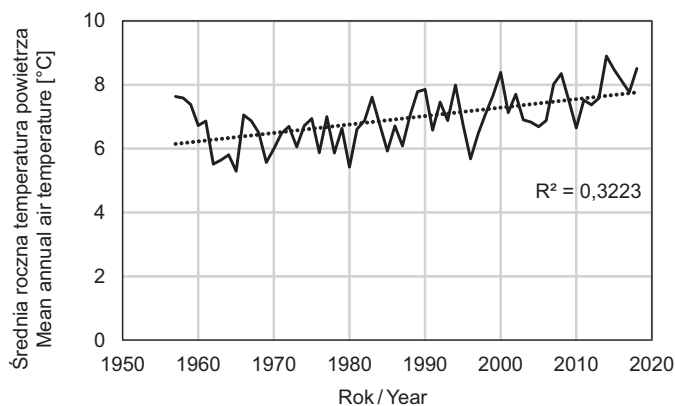


**Ryc. 1.** Diagram klimatyczny dla stacji meteorologicznej IMGW w Krościenku nad Dunajcem dla okresu 1957–2018.

Objaśnienia: MAT – średnia roczna temperatura powietrza, MAP – średnia roczna suma opadów, na osi poziomej kolejne miesiące: J – styczeń... D – grudzień

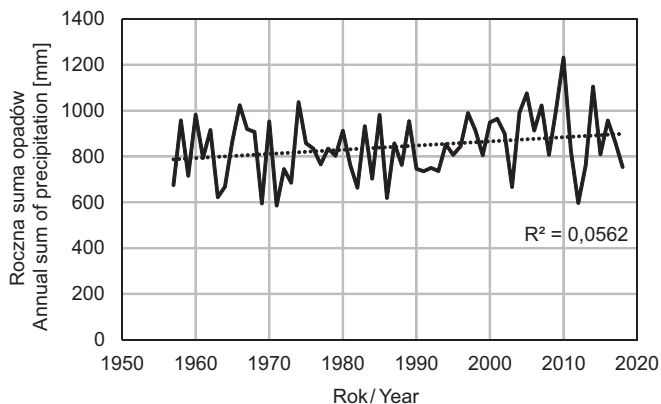
**Fig. 1.** Climate diagram for IMGW meteorological station in Krościenko nad Dunajcem for period 1957–2018.

Notes: MAT – mean annual air temperature, MAP – mean annual sum of precipitation, on horizontal axis subsequent months: J – January... D – December



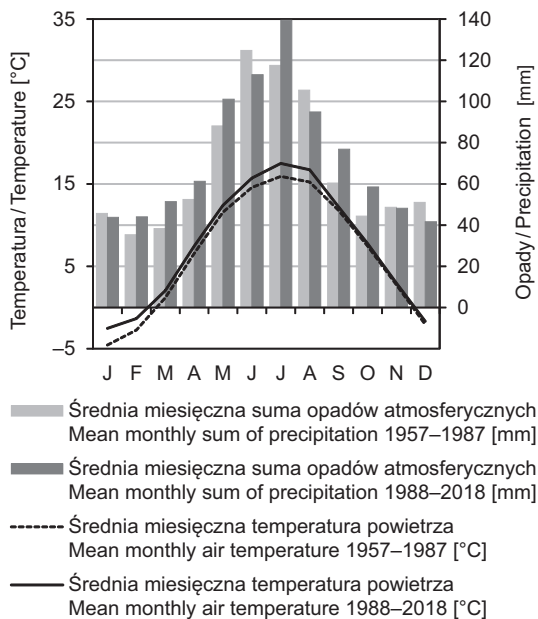
**Ryc. 2.** Średnia roczna temperatura powietrza na stacji IMGW w Krościenku nad Dunajcem w okresie 1957–2018

**Fig. 2.** Mean annual air temperature at IMGW station in Krościenko nad Dunajcem in period 1957–2018



**Ryc. 3.** Roczna suma opadów na stacji IMGW w Krościenku nad Dunajcem w okresie 1957–2018  
**Fig. 3.** Annual sum of precipitation at the IMGW station in Krościenko nad Dunajcem in the period 1957–2018

Krościenko nad Dunajcem		435 m a.s.l.
MAT = 6,5°C	1957–1987	MAP = 812 mm
MAT = 7,4°C	1988–2018	MAP = 874 mm



**Ryc. 4.** Diagram klimatyczny dla stacji meteorologicznej IMGW w Krościenku nad Dunajcem dla okresów 1957–1987 oraz 1988–2018.  
 Objasnienia jak w rycinie 1  
**Fig. 4.** Climate diagram for IMGW meteorological station in Krościenko nad Dunajcem for periods 1957–1987 and 1988–2018.  
 Explanations as in figure 1

opadów atmosferycznych w ciągu roku jest nierównomierny. Największe sumy opadów występują w sezonie wegetacyjnym, z maksimum w lipcu (128,5 mm), a najmniejsze w chłodnej porze roku z minimum w lutym (39,7 mm) (Ryc. 1).

W analizowanym wieloletnim okresie 1957–2018 średnia roczna temperatura powietrza w Krościenku ma wyraźny trend wzrostowy (Ryc. 2). Roczne sumy opadów również rosną, ale jest to mniej wyraźne (Ryc. 3). Jeśli chodzi o rozkład temperatury i opadów w ciągu roku, można zauważyć wyraźny wzrost temperatur zimą i latem, natomiast wiosną i jesienią zmiany są mniejsze. W przypadku opadów zauważalny jest ich wzrost w większości miesięcy roku, poza czerwcem, sierpniem, listopadem i grudniem (Ryc. 4).

## MATERIAŁ I METODY

### *Material badawczy*

W czasie akcji ratowniczej 6 września 2018 roku strumień powietrza wywołany przez śmigłowiec spowodował złamanie głównego pędu korony reliktovej sosny rosnącej na szczycie Sokolicy. Złamany konar, po odcięciu, został przeniesiony przez pracowników Pienińskiego Parku Narodowego do siedziby dyrekcji. Materiał do badań



**Fot. 1.** Odłamany pęd reliktovej sosny z Sokolicy przed siedzibą Pienińskiego Parku Narodowego. W dolnej części pędu widać głęboką podłużną szczelinę oraz zgniliznę drewna, które uniemożliwiły pobranie próbek do analiz z najniższej części pędu (fot. K. Karwowski, 10.09.2018)

**Photo 1.** Broken limb of relict pine from Sokolica in front of headquarters of Pieniny National Park. Deep longitudinal slot where wood rot can be noticed in lower part of limb, which made it impossible to take samples for analysis from lowest part of broken limb (photo by K. Karwowski, 10.09.2018)



**Fot. 2.** Lokalizacja próbek pobranych do analiz ze złamanego pędu reliktywnej sosny z Sokolicy: 1 – miejsce pobrania wywiertu So1a, 2 – miejsce pobrania fragmentu pędu o przekrojach So1b i So1c (fot. K. Karwowski, 10.09.2018)

**Photo 2.** Location of samples taken for analysis from broken limb of relict pine from Sokolica: 1 – location of So1a core collection, 2 – location of collection for fragment of limb with So1b and So1c cross-sections (photo by K. Karwowski, 10.09.2018)

dendrochronologicznych i anatomicznych został pobrany ze złamanego pędu 2 października 2018 roku. Pęd był silnie powyginany, charakteryzował się wyraźnym skrętem włókien, pęknięciami, bliznami i pozostałościami po uschniętych wcześniej gałęziach. Z tych powodów trudno było przewidzieć położenie jego rdzenia i prawdopodobnych anomalii przyrostowych oraz drewna kompresyjnego (reakcyjnego) i opozycyjnego.

Po dyskusji w zespole badawczym wykonano 1 wywiert świdrem przyrostowym Presslera o długości 30 cm i średnicy 5 mm, w odległości 93 cm od dolnej krawędzi złamanego konaru (symbol próbki So1a). Pobranie próbki bliżej złamania było niemożliwe ze względu na głęboką podłużną szczelinę w gałęzi powstałą na skutek zgnilizny (Fot. 1). Po obejrzeniu pobranego wywiertu i stwierdzeniu, że na próbce nie jest widoczny rdzeń pędu, zdecydowano się na pobranie fragmentu pędu o długości 7 cm w odległości 146–153 cm od dolnej krawędzi złamanego konaru, z którego możliwe było pobranie dalszych próbek do badań (Fot. 2, 3). Pobrany fragment pędu miał obwód 25 cm w pobliżu przekroju So1c i był lekko spłaszczony (średnica minimalna wyniosła 7,3 cm, średnica maksymalna 8,2 cm, najdłuższy promień wynosił 5,5 cm, a najkrótszy promień 2,6 cm).

18 października 2018 roku w pracowni dendrochronologicznej Katedry Bioróżnorodności Leśnej Wydziału Leśnego Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja





**Fot. 3.** Lokalizacja próbek pobranych do analiz ukazana na reliktovej sośnie z Sokolicy przed złamaniem pędu: 1 – miejsce pobrania wywiertu So1a, 2 – miejsce pobrania fragmentu pędu o przekrojach So1b i So1c (fot. M. Szajowski, 12.10.2010)

**Photo 3.** Location of samples taken for analysis shown on relict pine from Sokolica before limb was broken: 1 – location of So1a core collection, 2 – location of collection for fragment of limb with So1b and So1c cross-sections (photo by M. Szajowski, 12.10.2010)

w Krakowie, pobrany fragment pędu został przecięty na dwa krążki – jeden (o przekrojach So1b i So1f) przeznaczony został do ekspozycji w Muzeum PPN, a z drugiego (o przekrojach So1c i So1g) pobrano jeszcze dwa wywierty (So1d i So1e) do analiz dendrochronologicznych i anatomicznych. Przekrój poprzeczny o symbolu So1b położony był 146 cm od dolnej krawędzi złamanego konaru, natomiast przekrój poprzeczny o symbolu So1c położony był 153 cm od dolnej krawędzi złamanego konaru (Fot. 4). Krążek o przekrojach So1c i So1g po pomiarach przekazano zespołowi do badań fizycznych cech drewna.

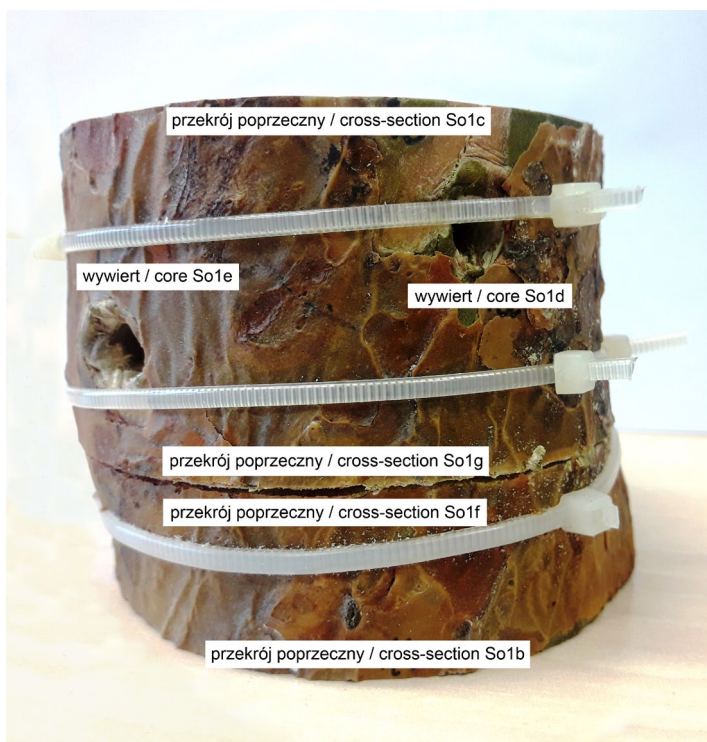
Uzyskane przekroje wyszlifowano przy pomocy szlifierki taśmowej papierem ściernym o granulacjach: 240, 600 i 1000. Następnie wykonano skany przekrojów



(suchych i zwilżonych wodą destylowaną) przy pomocy skanera EPSON EXPRESSION w rozdzielczości 3200, 4800 dpi oraz wybranych fragmentów o najlepiej widocznych słojach, w rozdzielczości 12 800 dpi.

Wywierty So1a, So1d i So1e przekazano następnie zespołowi do badań anatomicznych, który wykonał z nich preparaty anatomiczne i dokonał pomiarów szerokości słoików widocznych na tych próbkach z dokładnością do 1  $\mu\text{m}$ . Wartości te zostały przeliczone na milimetry i dołączone do analiz dendrochronologicznych.

Zgodnie z oczekiwaniami, pomiary szerokości słoików rocznych okazały się czasochłonne i żmudne. Pod korą słoje były bardzo słabo widoczne, zwłaszcza na krótkich promieniach, co związane było z mimośrodowym położeniem rdzenia, wyraźnie przesuniętego poza środek geometryczny przekroju poprzecznego pędu. Szerokości słoików rocznych pomierzono w sumie na siedmiu wybranych promieniach z dokładnością do 0,01 mm przy pomocy programu WINDENDRO (firmy Regent Instruments Inc.). Założono trzy ścieżki pomiarowe na przekroju So1b (So1b1, So1b2, So1b3), dwie ścieżki pomiarowe na przekroju So1c (So1c1, So1c2) oraz dwie na przekroju So1f (So1f1, So1f2).



**Fot. 4.** Lokalizacja przekrojów i wywierć na pobranym fragmencie pędu reliktovej sosny z Sokolicy (fot. E. Muter, 18.10.2018)

**Photo 4.** Location of cross-sections and cores on collected fragment of relict pine limb from Sokolica (photo by E. Muter, 18.10.2018)

Szerokości słojuw pomierzonych na złamanym pędzie reliktywnej sosny z Sokolicy porównano z szerokościami słojuw drzew tego gatunku rosnących w reliktywnych laskach sosnowych w trzech różnych lokalizacjach na terenie Pienińskiego Parku Narodowego. W tym celu wykorzystano udostępnione przez PPN pomiary szerokości słojuw wykonane przez dr Ryszarda Kaczkę z Uniwersytetu Śląskiego oraz jego współpracowników na wywiertach pobranych w latach 2007 i 2008 (zezwoleń PPN nr 32/07 oraz 14/08). Ponadto uzyskane wyniki porównano z szerokościami słojuw sosen rosnących w Puszczy Niepołomickiej (182–214 m n.p.m.), która jest typowym nizinnym kompleksem leśnym. Do porównań wybrano sosny rosnące w borze mieszanym świeżym, siedlisku stosunkowo ubogim, zlokalizowanym na wydmie eolicznej (łącznie 31 sosen z oddziałów 267g i 266f) oraz drzewa rosnące w zbiorowisku grądowym, czyli na bardzo żyznym siedlisku lasu wilgotnego (łącznie 27 sosen z oddziałów 248l i 500a) (Muter 2004).

### *Metody analiz*

Do sprawdzenia poprawności datowania słojuw wykorzystano program COFECHA z pakietu DPL (Dendrochronology Program Library; Holmes 1983, 1994) oraz pomiary wykonane przez dr Ryszarda Kaczkę, które obejmowały 48 serii szerokości słojuw (48 wywiertów) z 28 drzew. Trzy serie pomiarowe odrzucono ze względu na błędy w datowaniu, pozostałe 45 serii wykorzystano do dalszych analiz. Obliczono współczynniki korelacji pomiędzy każdą z 10 pomierzonych serii słojuw a chronologią wzorcową, utworzoną jako średnią ze wszystkich analizowanych serii poza serią sprawdzaną. Serie pomiarów podzielono na odcinki 50-letnie, zachodzące na siebie z zakładką 25 lat. Jeżeli obliczone współczynniki korelacji wykazały błędy w datowaniu, pomiary ponownie sprawdzano i poprawiano, porównując pomiary na skanach z rzeczywistymi próbkami oglądanymi pod mikroskopem stereoskopowym HUND–WETZLAR SM33 o 40-krotnym powiększeniu.

Rzeczywistą chronologię szerokości słojuw rocznych złamanego pędu reliktywnej sosny z Sokolicy obliczono jako średnią arytmetyczną zsynchronizowanych szerokości słojuw rocznych pomierzonych na 10 promieniach.

Dla wspólnego wielolecia 1892–1998 obliczono w programie STATISTICA współczynniki korelacji pomiędzy osobniczą chronologią złamanego pędu reliktywnej sosny z Sokolicy oraz chronologiami sosen: z reliktywnych lasków w Pieninach, boru mieszanego świeżego i lasu wilgotnego w Puszczy Niepołomickiej.

W następnej kolejności przeprowadzono standaryzację pomiarów w programie ARSTAN z pakietu DPL (Dendrochronology Program Library, Holmes 1994). Do każdej z 10 serii pomiarów dopasowano linię trendu. Wykorzystano ujemne funkcje wykładnicze, funkcje regresji lub prostą poziomą. Następnie obliczono indeksy jako ilorazy szerokości przyrostu rzeczywistego i wartości z dopasowanej linii trendu. Procedurę powtórzono dwukrotnie, zastosowano też modele autoregresji do usunięcia autokorelacji. Chronologię indeksowaną obliczono jako średnią arytmetyczną uzyskanych indeksowanych (rezydualnych) serii szerokości słojuw rocznych.

W programie ARSTAN obliczono podstawowe statystyki dla serii szerokości słoju i serii indeksowanych: długości serii, wartości średnie, odchylenia standardowe, średnie czułości<sup>1</sup> oraz współczynniki autokorelacji 1, 2 i 3-rzędu<sup>2</sup>.

Analizy wpływu elementów klimatycznych na szerokości słoju rocznych złamanego pędu reliktovej sosny z Sokolicy przeprowadzono w programie DENDROCLIM2002 (Biondi, Waikul 2004). Obliczono współczynniki korelacji prostej i regresji wielokrotnej pomiędzy chronologią indeksowaną a wybranymi elementami meteorologicznymi, metodą *moving intervals* w okresach 30-letnich, przesuwanych rok po roku od pierwszego wielolecia 1958–1987 do ostatniego wielolecia 1989–2018, dla miesięcy od października roku poprzedniego do września roku tworzenia słoja. Obliczenia w programie DENDROCLIM2002 są oparte o metody bootstrapowe – nowe dane są losowane z próby do  $N=1000$ . Obliczenie współczynników korelacji i regresji wielokrotnej oraz przetestowanie ich istotności na poziomie 0,05 przeprowadzono na nowych zbiorach danych (Biondi, Waikul 2004). Do analiz dendroklimatycznych wykorzystano średnie miesięczne temperatury powietrza i miesięczne sumy opadów atmosferycznych pomierzone na stacji meteorologicznej IMGW w Krościenku w okresie 1957–2018. Stacja ta, położona jest w odległości około 2,6 km od szczytu Sokolicy. Różnica wysokości w pionie pomiędzy reliktową sosną a stacją wynosi ponad 300 m.

W dendrochronologii wyznaczanie lat wskaźnikowych opiera się na podobieństwie reakcji przyrostowych grupy drzew (minimalna liczba wynosi 10). W niniejszej pracy dysponujemy przyrostami tylko jednego drzewa, nie możemy więc na tej podstawie wyznaczyć lat wskaźnikowych. Dlatego na opracowanej osobniczej chronologii rzeczywistej reliktovej sosny z Sokolicy zaznaczono lata wskaźnikowe, wyznaczone przez innych autorów dla sosen z regionu Pienin lub obszarów pobliskich, należących do tego samego regionu dendroklimatycznego. Cytowani poniżej autorzy za lata wskaźnikowe pozytywne uznali te, w których zdecydowana większość drzew (określony procent drzew, tzw. próg) wytworzyła słoju szerszy niż w poprzednim roku, a za lata negatywne takie, w których zdecydowana większość drzew wytworzyła słoju węższy niż rok wcześniej (Zielski, Krąpiec 2004). Autorzy Ci wyznaczyli lata wskaźnikowe dla następujących regionów, przy określonych progach: Feliksik i Wilczyński (2001) dla Pienin (90%), Wilczyński i Skrzyszewski (2002a) dla polskiej części Karpat (95%), Szychowska-Krąpiec (2010) dla Małopolski (90%) oraz Muter (2012) dla Puszczy Niepołomickiej (85%).

<sup>1</sup> Średnia czułość wyraża przeciętną amplitudę wahań pomiędzy następującymi po sobie szerokościami słoju rocznych. Gdy słoje mają tę samą szerokość wynosi ona 0 i rośnie wraz ze wzrostem różnicy między nimi. Wysokie wartości tego wskaźnika informują o silnej reakcji drzew na zmienne warunki środowiska, głównie klimatyczne. Do datowania i badania czynników wpływających na szerokości przyrostów rocznych bardziej przydatne są chronologie o wysokiej czułości (Fritts 1976).

<sup>2</sup> Współczynniki autokorelacji określają związki między szerokością słoja w danym roku i szerokościami w latach poprzedzających. Autokorelacja  $n$ -rzędu określa związek pomiędzy serią pomiarów a tą samą serią pomiarów przesuniętą o  $n$  lat wstecz. Na aktywność kambium wpływają bowiem nie tylko aktualne warunki wzrostu, ale także kondycja drzew i ilość materiałów zapasowych, wyprodukowanych w poprzednich latach (Krąpiec 1992). Autokorelacje wynikają z biologii drzew i zakłócają obraz zależności przyrostu drzew od zmieniających się z roku na rok warunków klimatycznych, dlatego przy pomocy modelu autoregresji są usuwane z serii pomiarów przed rozpoczęciem analiz dendroklimatycznych (Fritts 1976).

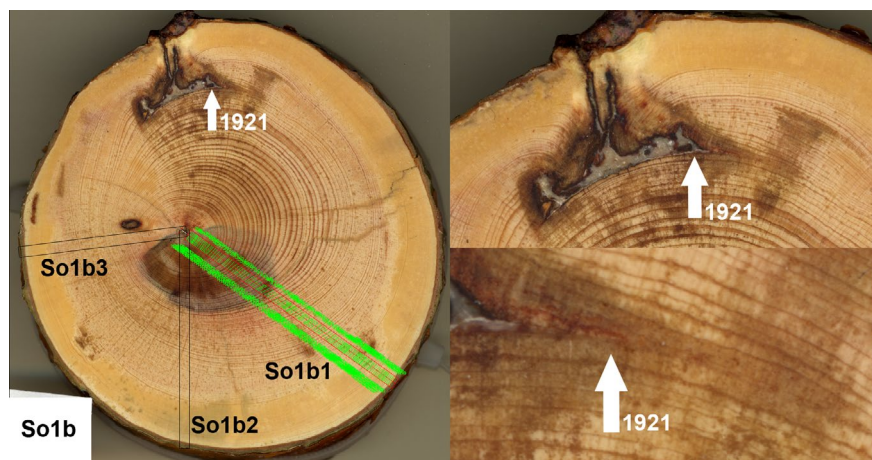
## WYNIKI I DYSKUSJA

*Pomiary i datowanie blizn*

Na fotografii 5 pokazano przekrój So1b, przebieg ścieżek pomiarowych na 3 promieniach oraz bliznę, widoczną w górnej części zdjęcia. Uszkodzenie kambium, uniemożliwiające odkładanie normalnych warstw drewna, nastąpiło prawdopodobnie jesienią po zakończeniu przyrostu na grubość lub w zimie na przełomie lat 1921 i 1922, ponieważ drewno późne roku 1921 wydaje się w pełni wykształcone jeszcze przed uszkodzeniem. Drzewo zabił rana prawie 100 lat. Uszkodzenie mogło być spowodowane wyłamaniem gałęzi bocznej.

Na fotografii 6 pokazano przekrój So1f, przebieg dwóch ścieżek pomiarowych oraz bliznę, która powstała w czasie tworzenia drewna późnego w roku 2011. Uszkodzenie to powstało między połową lipca a połową września, prawdopodobnie w sierpniu. Co ciekawe, na przekroju tym, położonym 2–3 cm od przekroju So1b, nie widać blizny z przełomu lat 1921/22.

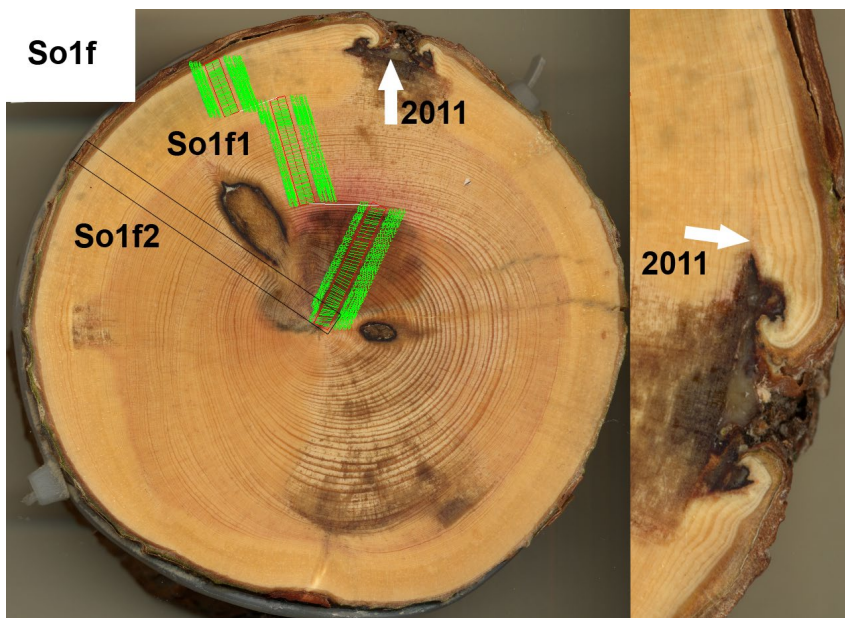
Na fotografii 7 pokazano przekrój So1c, oddalony od przekroju So1b o 7 cm. Widoczny jest na niej przebieg dwóch ścieżek pomiarowych oraz dwie blizny. Pierwsza z nich, wewnętrzna, powstała na przełomie lat 1921/22, w podobnym czasie jak blizna na przekroju So1b. Nie jest to jednak to samo uszkodzenie, ponieważ nie widać go na przekroju So1f. Prawdopodobnie inne odgałęzienie pędu zostało złamane w podobnym czasie. Druga blizna, zewnętrzna, powstała w czasie tworzenia drewna późnego 1939 roku.



**Fot. 5.** Blizna po uszkodzeniu (białe strzałki) oraz ścieżki pomiarowe na przekroju So1b (fot. E. Muter)

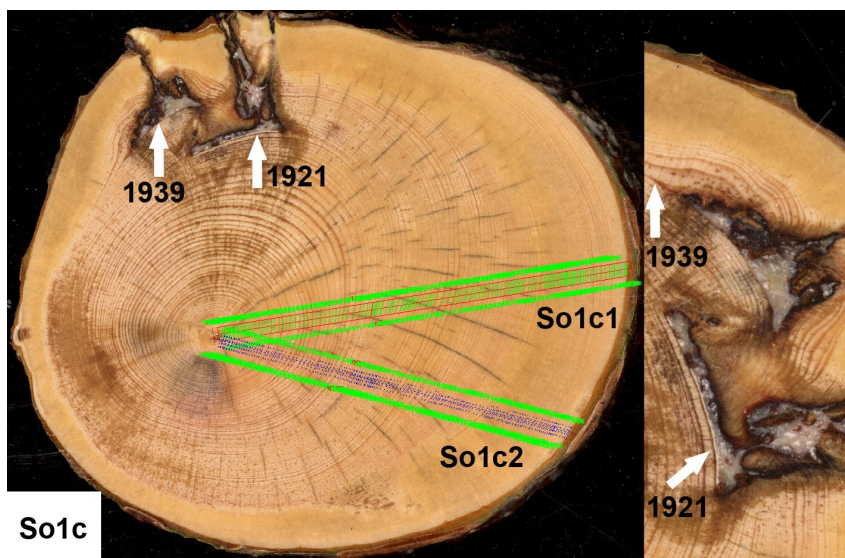
**Photo 5.** Scar after damage (white arrows) and measurement paths on So1b cross-section (photo by E. Muter)





**Fot. 6.** Blizna po uszkodzeniu (białe strzałki) oraz ścieżki pomiarowe na przekroju So1f (fot. E. Muter)

**Photo 6.** Scar after damage (white arrows) and measurement paths on So1f cross-section (photo by E. Muter)



**Fot. 7.** Blizny po uszkodzeniach (białe strzałki) oraz ścieżki pomiarowe na przekroju So1c (fot. E. Muter)

**Photo 7.** Scars after damages (white arrows) and measurement paths on So1c cross-section (photo by E. Muter)



*Wiek pędu, zmienność szerokości słoików i chronologie*

Zsynchronizowane szerokości słoików rocznych złamanego pędu z Sokolicy, pomierzone na 10 promieniach, przedstawiono na rycinie 5. Łącznie pomierzono 1510 szerokości słoików.

W celu zsynchronizowania pomierzonych słoików z latami kalendarzowymi (na podstawie współczynników korelacji obliczonych w programie COFECHA, krzywych przyrostowych dobrze datowanych serii szerokości słoików oraz znanych lat wskaźnikowych) w przypadkach, gdy przyrost grubości nie został w danym roku wytworzony, dopisywano słoje o szerokości 0,0 mm (słoje brakujące). Sytuacja taka miała miejsce w 24 przypadkach na 10 promieniach, w latach 1915, 1917, 1918, 1922, 1934, 1988, 1993 i 2000 – szczegółowe zestawienie zawiera tabela I.

Na 4 promieniach stwierdzono obecność 159 słoików (So1b1, So1b3, So1f1, So1f2), na pozostałych promieniach było ich mniej (Tab. II). Wiek konaru jest z pewnością wyższy, ale nie można go dokładnie określić ze względu na zgniliznę występującą w dolnej części pędu. Najniżej pobrana próbka So1a zawierała 138 słoików, co wynika z braku słoików przyrzeniowych (nie trafiono w rdzeń pędu w czasie pobierania próbki). Należy pamiętać, że podana maksymalna liczba słoików przybliżyła nam wiek pędu, a nie drzewa. Co więcej – 159 lat pęd ma w odległości prawie 1,5 m od złamania.

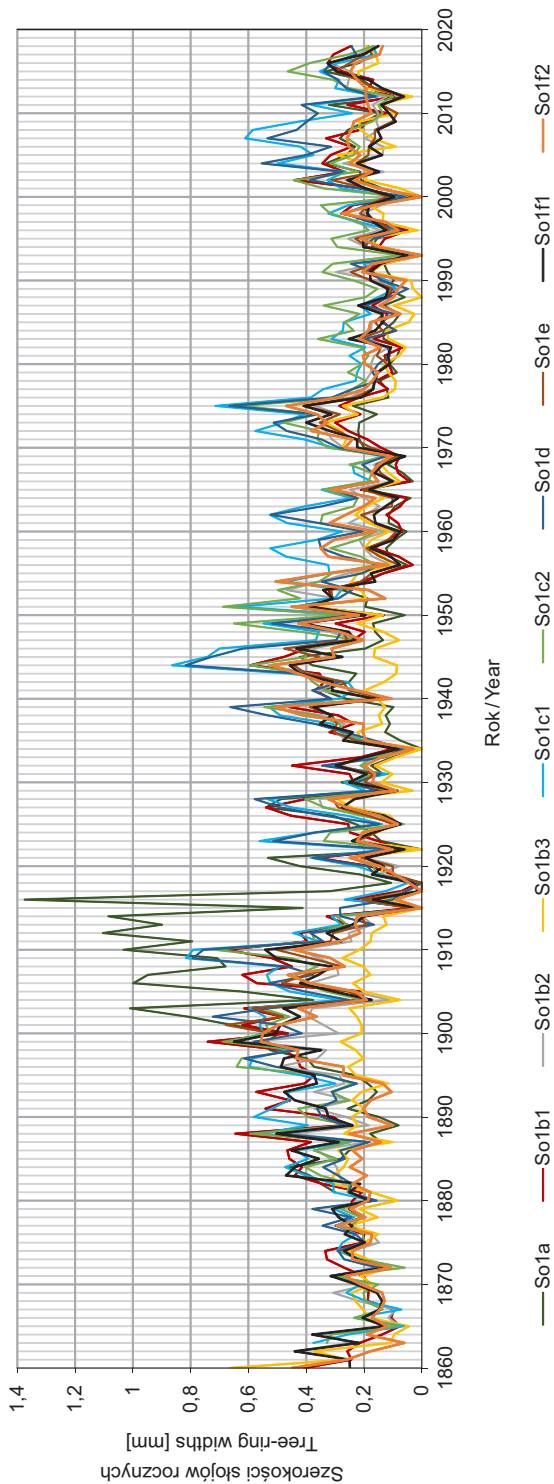
Pomierzone szerokości słoików badanej gałęzi wahają się od 0,01 mm do 1,37 mm, średnia szerokość słoika wynosi 0,26 mm. Odchylenie standardowe dla poszczególnych serii pomiarów przyjmuje wartości od 0,11 do 0,25, średnio 0,14. Średnia czułość osiąga wartości od 0,42 do 0,57, średnio 0,47. Współczynniki autokorelacji 1-rzędu wahają się od 0,30 do 0,72 (średnio 0,53), współczynniki autokorelacji 2- i 3-rzędu są wyraźnie niższe. Szczegółowe dane statystyczne zawarto w tabeli II.

W tabeli III zestawiono statystyki dla serii indeksowanych. Średnie indeksy przyjmują wartości zbliżone do  $1,0 \pm 0,41$ . Średnia czułość nieznacznie wzrosła,

**Tabela I.** Lata, w których wystąpiły słoje brakujące, o szerokości 0,0 mm, w wymienionych seriach pomiarów

**Table I.** Years with missing tree rings, 0.0 mm wide, in mentioned series of measurements

Rok Year	Numer serii pomiarów Measurement series number				
2000	So1b3	So1f2			
1993	So1a	So1b3	So1d	So1f2	
1988	So1b3				
1934	So1a	So1b3			
1922	So1a	So1b3			
1918	So1b2	So1b3	So1c2	So1d	So1e
1917	So1b2	So1e	So1f2		
1915	So1b2	So1b3	So1c1	So1c2	So1f2



**Ryc. 5.** Zsynchronizowane szerokości słów złamanego pędu reliktywnej sosny z Sokolicy  
**Fig. 5.** Synchronized tree-ring widths of broken limb of relict pine from Sokolica

**Tabela II.** Statystyki serii szerokości słoju złamanego pędu reliktovej sosny z Sokolicy  
**Table II.** Statistics of tree-ring widths series of broken limb of relict pine from Sokolica

Lp. No.	Numer serii pomiarów series number	Rok początkowy Starting year	Rok końcowy Final year	Liczba lat Number of years	Średnia szerokość słoja Mean tree- ring width [mm]	Średnia czułość Mean sensitivity	Odchylenie standardowe Standard deviation	Autokorelacja/Autocorrelation		
								1 rzędu 1st order	2 rzędu 2nd order	3 rzędu 3rd order
1	So1a	1881	2018	138	0,27	0,50	0,25	0,72	0,38	0,17
2	So1b1	1860	2018	159	0,26	0,44	0,16	0,67	0,23	0,13
3	So1b2	1862	2018	157	0,24	0,47	0,11	0,38	0,30	0,20
4	So1b3	1860	2018	159	0,17	0,57	0,09	0,30	0,19	0,05
5	So1c1	1863	2018	156	0,34	0,45	0,17	0,56	0,19	0,07
6	So1c2	1863	2018	156	0,29	0,47	0,14	0,41	0,28	0,16
7	So1d	1871	2018	148	0,31	0,47	0,16	0,55	0,12	0,09
8	So1e	1900	2018	119	0,22	0,44	0,12	0,59	0,17	0,11
9	So1f1	1860	2018	159	0,24	0,42	0,13	0,60	0,38	0,13
10	So1f2	1860	2018	159	0,23	0,47	0,12	0,51	0,11	0,23
Wartości przeciętne / Average values								0,53	0,24	0,13

**Tabela III.** Statystyki serii indeksowanych złamanego pędu reliktovej sosny z Sokolicy  
**Table III.** Statistics of indexed series of broken limb of relict pine from Sokolica

Lp. No.	Numer serii pomiarów Measurement series number	Rok początkowy Starting year	Rok końcowy Final year	Liczba lat Number of years	Średni indeks Mean index	Średnia czułość Mean sensitivity	Odchylenie standardowe Standard deviation	Autokorelacja/Autocorrelation		
								1 rzędu 1st order	2 rzędu 2nd order	3 rzędu 3rd order
1	So1a	1885	2018	134	1,01	0,51	0,53	0,02	0,05	0,03
2	So1b1	1863	2018	156	1,00	0,36	0,31	-0,01	-0,02	-0,06
3	So1b2	1865	2018	154	1,00	0,49	0,40	0,00	-0,02	0,02
4	So1b3	1863	2018	156	0,99	0,56	0,45	0,01	-0,01	0,05
5	So1c1	1865	2018	154	1,00	0,50	0,41	-0,02	-0,03	0,04
6	So1c2	1866	2018	153	1,00	0,48	0,42	-0,01	0,00	0,03
7	So1d	1873	2018	146	1,00	0,53	0,44	-0,01	-0,05	0,04
8	So1e	1902	2018	117	1,00	0,49	0,40	-0,02	-0,07	0,11
9	So1f1	1862	2018	157	1,00	0,47	0,38	-0,02	-0,03	0,07
10	So1f2	1863	2018	156	1,00	0,48	0,39	-0,02	0,02	0,03
Wartości przeciętne / Average values							0,41	-0,01	-0,02	0,04

a autokorelacja 1-, 2-, i 3-rzędu została wyeliminowana, co oznacza, że tak obliczone serie mogą zostać wykorzystane do analiz dendroklimatycznych, ponieważ usunięte z nich zostały informacje pozaklimatyczne.

Rzeczywista chronologia szerokości słoju rocznych złamanego pędu reliktovej sosny z Sokolicy obejmuje 159 lat w okresie od 1860 do 2018 roku. Chronologia indeksowana jest o 2 lata krótsza i jest pozbawiona autokorelacji oraz długookresowych fluktuacji i trendów. Obie chronologie osobnicze przedstawiono na rycinie 6.

Chronologię szerokości słoju złamanego pędu, porównano do chronologii szerokości słoju innych drzew tego gatunku rosnących w reliktowych laskach sosnowych w Pieninach (R. Kaczka, dane niepublikowane, udostępnione przez PPN), a także w borze mieszanym świeżym i w lesie wilgotnym w Puszczy Niepołomickiej (Muter 2004) (Ryc. 7). Porównano także statystyki serii szerokości słoju rocznych (Tab. IV) i serii indeksowanych (Tab. V) dla tych drzewostanów.

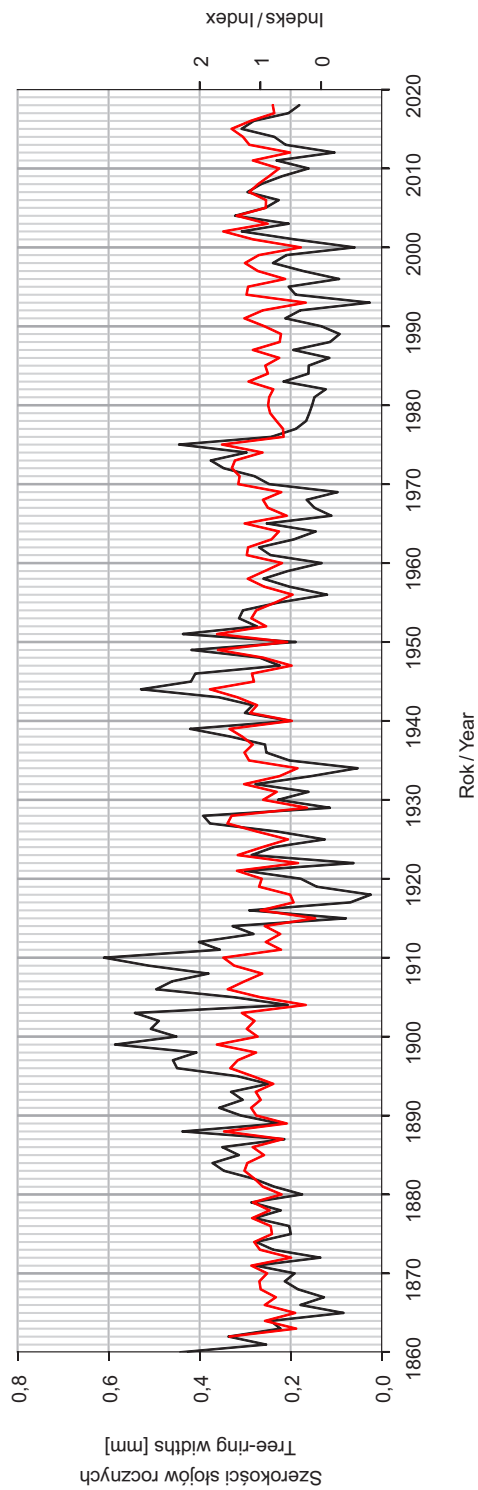
Różnice w wielkościach przyrostów radialnych sosny na wymienionych stanowiskach są duże i ukazują trudności w przeprowadzeniu pomiarów i synchronizacji słoju badanego pędu (Ryc. 7). Średnia szerokość słoja złamanego pędu sosny z Sokolicy jest węższa od słoju tworzonych przez pnie innych sosen w reliktowych laskach w Pieninach ponad 2 razy, przez sosny w borze mieszanym świeżym ponad 5 razy, a przez sosny w grądzie ponad 8 razy (Tab. IV). Tworzenie wąskich słoju wynika z dwóch powodów. Po pierwsze są to przyrosty grubości jednego z pędów korony, a nie pnia drzewa, po drugie warunki, w których żyje osobnik sosny zwyczajnej pod szczytem Sokolicy są skrajne. Reliktowa sosna otacza swymi korzeniami lite skały, z małym tylko nagromadzeniem gleby w szczelinach skalnych.

Feliksik i Wilczyński (2001) podali statystyki dla trzech pienińskich stanowisk: w Pieninkach (grzbiet z kulminacją na Sokolicy, 700 m n.p.m.), na Macelowej (550 m n.p.m.) i na Zielonych Skałkach (550 m n.p.m.), w których średni przyrost grubości sosen wynosił odpowiednio 1,63, 1,79 i 2,58 mm, średnie czułości wynosiły odpowiednio 0,131, 0,153 i 0,102, natomiast współczynniki autokorelacji 1-rzędu wynosiły odpowiednio 0,965, 0,889 i 0,957. Stwierdzone przez wymienionych autorów szerokości słoju były znacznie większe niż uzyskane w niniejszej pracy dla złamanego pędu oraz na podstawie pomiarów Kaczki (dane niepublikowane), średnie czułości były wyraźnie niższe, natomiast autokorelacje wyższe (Tab. IV). Prawdopodobnie wynika to z bardziej korzystnych warunków glebowych panujących na stanowiskach badanych przez Feliksika i Wilczyńskiego (2001).

Zielski i in. (2001) zestawili chronologie szerokości słoju i indeksów sosny zwyczajnej ze 136 stanowisk w całej Polsce (2800 drzew), w tym z Karpat i Sudetów. Średnie wartości przyrostów grubości wahały się od 0,44 do 3,34 mm, średnie czułości przyjmowały wartości od 0,10 do 0,33, natomiast autokorelacje 1-rzędu od 0,36 do 0,94. Warto zauważyć, że złamany pęd reliktovej sosny z Sokolicy charakteryzuje najniższa średnia szerokość słoju oraz najwyższa średnia czułość w całej Polsce, natomiast autokorelacja 1-rzędu przyjmuje wartości poniżej średniej.

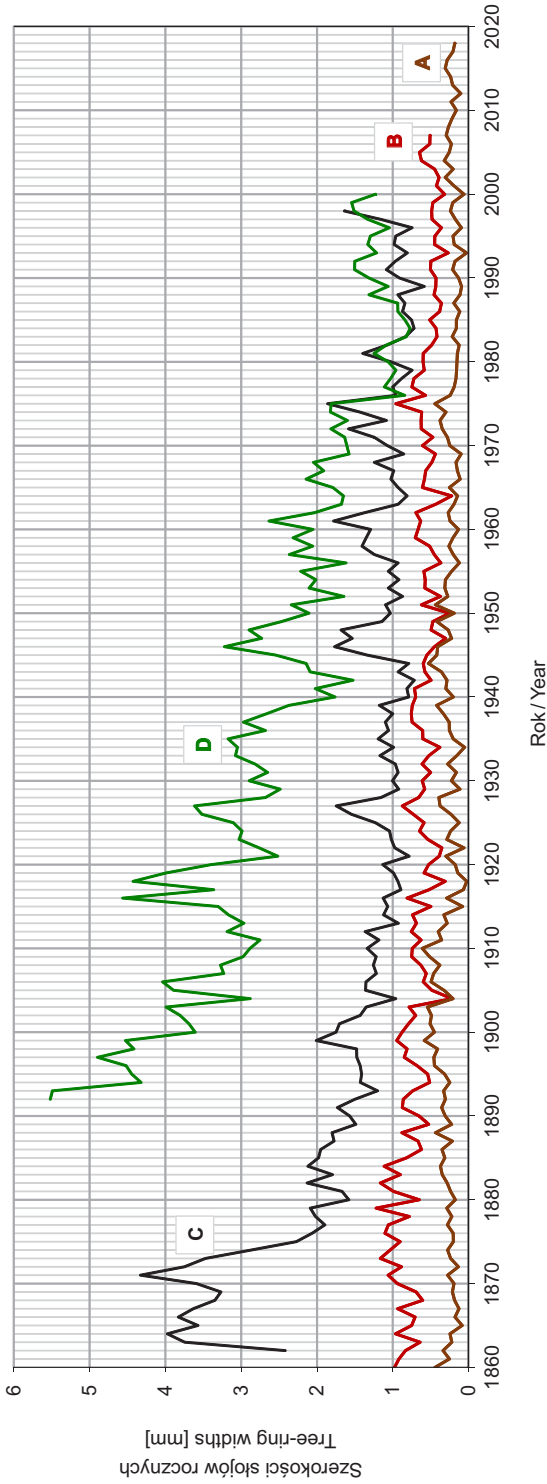
Dla wielolecia 1892–1998 (N=107) współczynnik korelacji pomiędzy chronologią osobniczą złamanego pędu reliktovej sosny z Sokolicy a chronologią sosen





**Ryc. 6.** Osobnicza chronologia szerokości słoów rocznych (linia czarna) i chronologia indeksowana (linia czerwona) złamanego pędu reliktywnej sosny z Sokolicy

**Fig. 6.** Individual tree-ring width chronology (black line) and residual chronology (red line) of broken limb of relict pine from Sokolica



**Ryc. 7.** Porównanie chronologii słoju rocznych złamanego pędu reliktywnej sosny z Sokolicy (A) z chronologiami słoju drzew sosny zwyczajnej, rosnących w reliktowych łaskach sosnowych w Pieninach (B), w borze mieszanym świeżym w Puszczy Niepołomickiej (C) oraz w wilgotnym w Puszczy Niepołomickiej (D)

**Fig. 7.** Comparison of tree-ring chronology of broken limb of relict pine from Sokolica (A) with tree-ring chronologies of *Pinus sylvestris* growing in relict pine forests in Pieniny Mountains (B), in mixed fresh forest in Niepołomice Forest (C) and in moist forest in Niepołomice Forest (D)

**Tabela IV.** Porównanie statystyk chronologii szerokości słoików sosny zwyczajnej rosnącej na różnych siedliskach  
**Table IV.** Comparison of tree-ring width chronology statistics of *Pinus sylvestris* growing in different habitats

Chronologia Chronology	Średnia szerokość słoja Mean tree-ring width [mm]	Średnia czułość Mean sensitivity	Odchylenie standardowe Standard deviation	Autokorelacja/Autocorrelation		
				1 rzędu 1st order	2 rzędu 2nd order	3 rzędu 3rd order
Złamany pęd reliktywnej sosny z Sokolicy Broken limb of relict pine from Sokolica	0,26	0,47	0,14	0,53	0,24	0,13
Reliktowe lasy sosnowe Relic pine forests in Pieniny Mountains	0,69	0,32	0,40	0,71	0,23	0,16
Puszcza Niepołomicka – bór mieszany świeży Niepołomice Forest – mixed fresh forest	1,33	0,25	0,72	0,75	0,05	0,06
Puszcza Niepołomicka – las wilgotny Niepołomice Forest – moist forest	2,27	0,24	1,27	0,80	0,12	0,00

**Tabela V.** Porównanie statystyk chronologii indeksowanych sosny zwyczajnej rosnącej na różnych siedliskach  
**Table V.** Comparison of indexed chronology statistics of *Pinus sylvestris* growing in different habitats

Chronologia Chronology	Średni indeks Mean index	Średnia czułość Mean sensitivity	Odchylenie standardowe Standard deviation	Autokorelacja/Autocorrelation		
				1 rzędu 1st order	2 rzędu 2nd order	3 rzędu 3rd order
Złamany pęd reliktywnej sosny z Sokolicy Broken limb of relict pine from Sokolica	1,00	0,49	0,41	-0,01	-0,02	0,04
Reliktowe lasy sosnowe Relic pine forests in Pieniny Mountains	1,00	0,37	0,34	-0,02	0,00	0,06
Puszcza Niepołomicka – bór mieszany świeży Niepołomice Forest – mixed fresh forest	1,00	0,32	0,30	0,01	-0,00	0,03
Puszcza Niepołomicka – las wilgotny Niepołomice Forest – moist forest	1,00	0,30	0,28	0,00	0,04	0,00

z reliktowych lasków w Pieninach wynosi 0,61 ( $p=0,000$ ), z chronologią z boru mieszanego świeżego w Puszczy Niepołomickiej wynosi 0,54 ( $p=0,000$ ), natomiast z chronologią z grądu w Puszczy Niepołomickiej wynosi 0,44 ( $p=0,000$ ). Wszystkie te współczynniki są istotne statystycznie przy długim okresie porównania. Świadczy to o wyraźnym podobieństwie corocznego rytmu przyrostowego sosen z porównywanych stanowisk (Ryc. 7), co wynika z podobnych warunków klimatycznych Małopolski.

### *Dendroklimatologia*

Jak pokazują długoterminowe obserwacje meteorologiczne, klimat Ziemi ulega coraz większym zmianom. W warunkach klimatu umiarkowanego typu kontynentalnego, który panuje na znacznym obszarze Polski, prognozowany jest do końca stulecia wzrost średniej temperatury o 2–3°C wiosną oraz o 3–4°C w innych porach roku. Ponadto przewidywany jest spadek sumy opadów atmosferycznych o około 10% w lecie, natomiast wzrost o około 10% w zimie. Ma także wzrosnąć prędkość wiatru oraz częstość opadów burzowych, zmniejszyć się zachmurzenie i długość zalegania pokrywy śnieżnej oraz podnieść się minimalna temperatura powietrza w zimie nawet o 8–15°C (Zajączkowski i in. 2013).

Wpływ średnich miesięcznych temperatur powietrza na przyrost grubości złamanego pędu reliktywnej sosny z Sokolicy przedstawiono na rycinie 8. Warto zauważyć, że wpływ ten nie jest stabilny w czasie. W analizowanych 30-leciach związku przyrost–klimat ze średnią temperaturą poszczególnych miesięcy zmieniają się.

Najsilniejszy, korzystny wpływ na przyrost badanego pędu miała wysoka temperatura w lipcu. Choć w początkowych okresach (od 1958–1987 do 1964–1993) związek ten nie był istotny statystycznie, potem stopniowo jego rola wzrastała aż do wielolecia 1976–2005, w którym współczynnik korelacji osiągnął wartość 0,58. W ostatnich 30-leciach związek ten był słabszy (ostatni współczynnik korelacji wyniósł 0,46), choć nadal był istotny statystycznie. Korzystny wpływ na przyrost badanego pędu miały również wysokie temperatury czerwca, jednak związek ten nie był tak silny, a współczynniki były istotne statystycznie tylko w niektórych okresach od 1976–2005 do 1982–2011. Pozytywny wpływ ciepłego września zaznaczył się tylko w okresach od 1973–2002 do 1975–2004 (Ryc. 8). W ostatnich badanych 30-leciach pojawił się pozytywny istotny wpływ ciepłego listopada poprzedniego roku oraz lutego i marca roku tworzenia słoja. Wcześniej związki te były słabsze i nieistotne statystycznie. Ciepły październik poprzedniego roku działał istotnie negatywnie na przyrost grubości badanego pędu w okresach 1963–1992 oraz od 1967–1996 do 1971–2000; obecnie związek ten jest dodatni, ale nieistotny statystycznie (Ryc. 8).

Generalnie można zauważyć trzy okresy, w których reliktywa sosna z Sokolicy reagowała w różny sposób na temperaturę powietrza. W okresie pierwszym (od 1958–87 do 1962–91) temperatura w żadnym z analizowanych miesięcy nie miała istotnego wpływu na szerokości słoików. Jest to zaskakujące, ponieważ, jak przedstawiono we wcześniejszym rozdziale *Klimat*, średnie roczne temperatury powietrza w Krościenku w wieloleciu 1957–2018 mają wyraźny trend wzrostowy, a w warunkach górskich często zaznaczają się niedobory ciepła w sezonie wegetacyjnym, zwłaszcza

Miesiące /Months

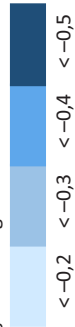
pX	p October	-0.23	-0.26	-0.25	-0.29	-0.32	-0.36	-0.31	-0.27	-0.28	-0.39	-0.41	-0.44	-0.46	-0.44	-0.31	-0.12	-0.02	-0.10	0.07	0.04	0.10	0.11	0.09	0.10	0.07	0.11	0.10	0.12	0.17	0.15	0.17	0.21
pXI	p November	0.20	0.14	0.22	0.23	0.23	0.22	0.23	0.21	0.20	0.21	0.22	0.23	0.25	0.24	0.23	0.20	0.17	0.23	0.26	0.25	0.31	0.30	0.29	0.27	0.27	0.28	0.30	0.32	0.36	0.35	0.33	0.36
pXII	p December	0.12	0.10	0.08	0.15	0.11	0.16	0.14	0.15	0.17	0.20	0.16	0.18	0.12	0.23	0.24	-0.01	0.06	-0.01	-0.01	0.04	0.01	0.00	-0.01	-0.03	-0.08	-0.14	-0.10	-0.05	0.03	0.03	0.03	
I	January	0.31	0.23	0.17	0.16	0.19	0.18	0.09	0.10	0.10	0.08	0.06	0.09	0.06	0.09	0.12	0.13	0.09	-0.02	-0.02	0.07	0.07	0.07	0.09	0.09	0.06	0.02	0.06	0.11	0.11	0.19	0.25	
II	February	0.13	0.07	0.00	-0.03	-0.08	-0.07	-0.10	-0.12	-0.01	0.11	0.11	0.15	0.14	0.13	0.13	0.16	0.14	0.15	0.23	0.20	0.27	0.27	0.26	0.26	0.25	0.32	0.34	0.37	0.38	0.36	0.36	0.40
III	March	-0.01	0.04	0.00	0.01	0.02	0.07	0.09	0.08	0.10	0.16	0.17	0.15	0.10	0.13	0.21	0.23	0.27	0.26	0.23	0.17	0.27	0.28	0.29	0.29	0.32	0.29	0.22	0.25	0.27	0.27	0.31	0.30
IV	April	0.19	0.23	0.17	0.14	0.05	0.02	0.02	0.04	0.06	0.15	0.11	0.16	0.14	-0.01	-0.04	-0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	-0.01	-0.05	-0.08	-0.07	-0.15	-0.19	-0.15	-0.18	-0.11	-0.10	-0.18
V	May	0.03	-0.07	-0.06	-0.09	-0.11	-0.07	-0.16	-0.20	-0.16	-0.24	-0.23	-0.23	-0.19	-0.21	-0.25	-0.07	-0.12	-0.12	-0.17	-0.13	-0.13	-0.15	-0.17	-0.21	-0.22	-0.25	-0.28	-0.28	-0.30	-0.28	-0.25	-0.29
VI	June	-0.02	-0.03	0.00	0.00	-0.01	0.05	0.07	0.18	0.18	0.13	0.13	0.19	0.19	0.12	0.15	0.21	0.23	0.24	0.31	0.26	0.28	0.28	0.29	0.26	0.29	0.19	0.24	0.23	0.27	0.25	0.21	0.13
VII	July	0.15	0.04	0.05	0.02	0.12	0.18	0.21	0.28	0.34	0.36	0.37	0.38	0.37	0.40	0.43	0.49	0.52	0.52	0.58	0.57	0.55	0.55	0.54	0.49	0.39	0.40	0.43	0.47	0.45	0.45	0.46	
VIII	August	0.11	0.04	0.02	0.04	0.08	0.04	0.04	0.05	0.11	0.07	0.07	0.10	0.06	0.00	0.01	0.14	0.20	0.20	0.24	0.18	0.18	0.15	0.13	0.09	0.10	0.06	0.11	0.08	0.18	0.18	0.12	
IX	September	0.01	-0.01	-0.04	-0.06	-0.06	-0.02	0.01	0.05	0.02	0.09	0.11	0.12	0.13	0.22	0.32	0.36	0.37	0.33	0.27	0.25	0.15	0.10	0.11	0.12	0.15	0.13	0.08	0.13	0.18	0.19	0.16	0.17

30-letni interwał czasowy / 30-year time interval

Istotne pozytywne współczynniki korelacji:  
Significant positive correlation coefficients:



Istotne negatywne współczynniki korelacji:  
Significant negative correlation coefficients:



**Ryc. 8.** Wyniki analiz dendroklimatycznych (współczynniki korelacji oraz ich istotności) pomiędzy indeksowaną chronologią osobniczą złamanego pędu reliktywnej sosny z Sokolicy a średnimi miesięcznymi temperaturami powietrza w Krościenku. Obliczenia wykonano dla 30-letnich interwałów czasowych przesuwanych rok po roku

**Fig. 8.** Results of dendroclimatic analyses (correlation coefficients and their significance) between indexed chronology of broken limb of relict pine from Sokolica and mean monthly air temperatures in Krościenko. Calculations were made for 30-year time intervals shifted year by year



w czerwcu i lipcu, co widać w późniejszych, cieplejszych 30-leciach. W okresie drugim (od 1963–1992 do 1982–2011) zaznaczył się istotny pozytywny wpływ chłodnego października poprzedniego roku oraz ciepłego czerwca, lipca i września roku tworzenia słoja. W okresie trzecim, od 1983–2012 do 1989–2018, sosna pozytywnie reagowała na ciepły listopad poprzedniego roku, luty i marzec oraz lipiec roku formowania przyrostu (Ryc. 8).

Wpływ miesięcznych sum opadów atmosferycznych na przyrost grubości złamanego pędu reliktovej sosny z Sokolicy przedstawiono na rycinie 9. Związki opadów poszczególnych miesięcy z aktywnością kambium są znacznie słabsze niż temperatur, jest ich mniej i również nie są stabilne w czasie. W początkowych 30-leciach (od 1958–1987 do 1964–1993) współczynniki korelacji z opadami w czerwcu i/lub lipcu były pozytywne i istotne statystycznie, co może wskazywać na pewne niedobory wody w tym okresie w miesiącach najintensywniejszego przyrostu drzew na grubość. Jednak z czasem wartości współczynników obniżyły się stopniowo i w ostatnich 30-leciach brak wody w lecie nie był czynnikiem ograniczającym przyrost badanego pędu. Obfite opady w kwietniu korzystnie oddziaływały na szerokości słoików w dwóch okresach: 1972–2001 i 1974–2003, wcześniej i później związek ten był słabszy i nieistotny statystycznie. Obfite opady w styczniu działały istotnie negatywnie tylko w okresie 1971–2000, natomiast w listopadzie poprzedniego roku w okresach od 1972–2001 do 1977–2006. W ostatnich analizowanych 30-leciach niekorzystne były tylko obfite opady w grudniu. Wyniki przedstawione na rycinie 9 wskazują, że reliktovej sośnie na Sokolicy w ostatnim czasie (przynajmniej od 1975 roku) nie brakowało wody.

Analizując wyniki przedstawione na rycinie 9, podobnie jak w przypadku temperatur, można wyróżnić kilka okresów różnych pod względem wpływu miesięcznych sum opadów atmosferycznych na przyrost grubości złamanego pędu reliktovej sosny z Sokolicy.

Przedstawione wyniki analiz klimatycznych są w dużym stopniu zgodne z wynikami Feliksika i Wilczyńskiego (2001), którzy stwierdzili, że na przyrost grubości sosny zwyczajnej w Pieninach wyraźnie większy wpływ mają temperatury niż opady. Wykazali oni istotny pozytywny wpływ na przyrost grubości badanych sosen ciepłego listopada poprzedniego roku, ale przede wszystkim stycznia, lutego i marca, przy czym największy był wpływ ostatniego z wymienionych miesięcy. Ponadto na trzech stanowiskach (Pieninki, Macelowa, Zielone Skałki) stwierdzili oni korzystny wpływ wysokich temperatur czerwca i/lub lipca (w zależności od stanowiska). Autorzy ci uzyskali także istotne pozytywne współczynniki korelacji z opadami czerwca (Pieninki) lub lipca (Zielone Skałki) oraz, co nie jest zgodne z wynikami niniejszej pracy, istotne negatywne współczynniki korelacji z opadami września.

Wilczyński i Skrzyszewski (2002a) z kolei badali zależność szerokości słoików sosny zwyczajnej rosnącej w polskiej części Karpat na 29 stanowiskach. Stwierdzili oni, że wysokie temperatury października poprzedniego roku, miesięcy zimowych (stycznia, lutego i marca) oraz miesięcy letnich (czerwca, lipca, sierpnia oraz września) pozytywnie wpływały na szerokości słoików badanych sosen. Autorzy stwierdzili również pozytywne oddziaływanie obfitych opadów wiosną (w marcu i kwietniu) oraz

Miesiące / Months

pX	p October	0.10	0.14	0.16	0.15	0.16	0.20	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.14	0.16	0.05	0.02	0.01	0.03	0.00	-0.18	-0.17	-0.20	-0.23	-0.24	-0.28	-0.29	-0.27	-0.25	-0.25	-0.12	-0.09	-0.14	-0.20	
pXI	p November	0.08	0.07	0.06	0.00	-0.01	-0.06	-0.03	-0.10	-0.18	-0.26	-0.26	-0.24	-0.23	-0.20	-0.29	-0.25	-0.23	-0.28	-0.29	-0.35	-0.24	-0.16	-0.17	-0.22	-0.21	-0.08	-0.09	-0.05	-0.11	-0.06	-0.03	-0.01	
pXII	p December	0.27	0.25	0.20	0.20	0.14	0.10	0.05	0.06	0.07	0.06	0.05	0.00	0.02	-0.02	-0.05	0.03	0.03	0.03	-0.09	-0.10	-0.14	-0.14	-0.16	-0.15	-0.14	-0.09	-0.17	-0.21	-0.26	-0.23	-0.32	-0.29	
I	January	-0.30	-0.26	-0.22	-0.20	-0.22	-0.23	-0.24	-0.24	-0.25	-0.25	-0.21	-0.24	-0.30	-0.26	-0.14	-0.11	-0.13	-0.08	0.04	0.09	0.06	0.07	0.08	0.07	0.08	0.07	0.02	0.01	-0.03	0.05	0.06	0.07	
II	February	0.03	0.01	0.03	-0.02	0.01	-0.06	-0.09	-0.06	-0.08	0.09	0.12	0.14	0.13	-0.01	-0.03	0.03	-0.05	0.07	0.14	0.10	0.15	0.11	0.09	0.09	0.05	0.03	0.04	0.01	-0.01	-0.03	0.01	0.00	
III	March	0.20	0.14	0.12	0.09	-0.01	-0.06	-0.22	-0.17	-0.15	-0.15	-0.16	-0.14	-0.20	-0.37	-0.35	-0.32	-0.29	-0.26	-0.28	-0.28	-0.22	-0.23	-0.25	-0.22	-0.26	-0.25	-0.29	-0.26	-0.24	-0.31	-0.31	-0.28	
IV	April	0.05	0.08	-0.02	0.03	0.07	0.06	0.05	0.11	0.16	0.23	0.25	0.27	0.26	0.24	0.30	0.25	0.29	0.25	0.23	0.21	0.14	0.16	0.18	0.18	0.17	0.20	0.18	0.19	0.16	0.12	0.10	0.08	
V	May	0.03	0.06	-0.02	-0.05	-0.05	-0.05	0.02	-0.01	-0.05	0.02	0.02	0.02	-0.02	-0.05	-0.03	-0.07	-0.02	-0.01	-0.01	0.01	-0.08	-0.04	-0.06	-0.18	-0.18	-0.15	-0.14	-0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	
VI	June	0.40	0.37	0.33	0.39	0.37	0.35	0.30	0.26	0.23	0.26	0.26	0.27	0.28	0.25	0.30	0.28	0.21	0.21	0.20	0.14	0.14	0.12	0.09	0.04	0.06	0.06	0.02	-0.04	-0.13	-0.17	-0.12	-0.11	
VII	July	0.25	0.26	0.25	0.42	0.38	0.35	0.33	0.27	0.19	0.21	0.21	0.25	0.23	0.08	0.13	0.16	0.19	0.26	0.15	0.11	0.08	0.07	0.07	0.06	0.08	0.10	0.07	0.11	0.07	0.05	0.08	0.04	
VIII	August	-0.26	-0.26	-0.27	-0.26	-0.16	-0.12	-0.10	-0.09	-0.11	-0.10	-0.11	-0.14	-0.10	-0.11	-0.11	-0.13	-0.02	0.00	0.02	0.01	-0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	-0.02	0.07	0.04	0.05	-0.02	-0.03	-0.04	-0.06
IX	September	-0.07	-0.10	-0.10	-0.13	-0.12	-0.08	-0.01	-0.04	-0.03	-0.16	-0.18	-0.15	-0.22	-0.15	-0.11	-0.08	-0.02	-0.08	-0.01	0.10	0.19	0.20	0.21	0.15	0.11	0.14	0.14	0.12	0.18	0.15	0.10	0.12	

30-letni interwał czasowy / 30-year time interval

Istotne pozytywne współczynniki korelacji:  
Significant positive correlation coefficients:



Istotne negatywne współczynniki korelacji:  
Significant negative correlation coefficients:



**Ryc. 9.** Wyniki analiz dendroklimatycznych (współczynniki korelacji oraz ich istotności) pomiędzy indeksowaną chronologią osobniczą złamanego pędu reliktywnej sosny z Sokolicy a miesięcznymi sumami opadów atmosferycznych w Krościenku. Obliczenia wykonano dla 30-letnich interwałów czasowych przesuwanego roku po roku

**Fig. 9.** Results of dendroclimatic analyses (correlation coefficients and their significance) between indexed chronology of broken limb of relict pine from Sokolica and monthly sums of precipitation in Krościenko. Calculations were made for 30-year time intervals shifted year by year

latem (w czerwcu, lipcu i sierpniu), natomiast wysokie opady w maju i wrześniu wpływały negatywnie na przyrost radialny badanych sosen. W dużej mierze wyniki te są zgodne z uzyskanymi w niniejszej pracy.

Ciekawe jest porównanie wpływu warunków klimatycznych na przyrost grubości sosny zwyczajnej rosnącej w Tatrach, Pieninach i Ojcowie (Wilczyński 2003). W Ojcowie (300 m n.p.m.), na najcieplejszym i najsuchszym z porównywanych stanowisk, sosny reagowały pozytywnie na obfite opady w lutym, ciepły marzec oraz wilgotny i ciepły maj. W Pieninach (600 m n.p.m.), na stanowisku pośrednim, jeśli chodzi o ciepłość powietrza i wysokość opadów, sosny reagowały pozytywnie na ciepły luty i marzec, mokry czerwiec i suchy wrzesień. Natomiast w Tatrach (1200 m n.p.m.), na stanowisku o najniższych temperaturach i najwyższych opadach, sosny tworzyły szerokie słoje, gdy lipiec był ciepły i suchy, oraz wrzesień suchy.

Szychowska-Krąpiec (2010) na podstawie szerokości słoików sosen z 31 stanowisk w Małopolsce (głównie wokół Krakowa i na północny wschód od niego, z pojedynczym stanowiskiem w Borach Nowotarskich) opracowała wielowiekowy standard dendrochronologiczny i przeprowadziła analizy dendroklimatyczne. Autorka stwierdziła, że w okresie 1881–1999 najsilniejszy, istotny i pozytywny wpływ na przyrost grubości sosny miała wysoka temperatura w lutym i marcu, w mniejszym stopniu w grudniu oraz wysokie opady w marcu, kwietniu i w mniejszym stopniu w czerwcu. Wyniki te także korespondują z rezultatami uzyskanymi w niniejszej pracy.

Wilczyński ze współautorami (2001) na podstawie szerokości słoików 2800 drzew ze 136 drzewostanów sosny zwyczajnej wykonali analizy podobieństwa wzorców przyrostowych i wyznaczyli dziewięć odrębnych regionów dendroklimatycznych sosny w Polsce. Na południu kraju wyodrębnione zostały cztery regiony: Sudetów, Karpat, Gór Świętokrzyskich i wyżyn południowo-wschodniej Polski. Warto zaznaczyć, że w regionie Karpat jednorodny wzorec przyrostu obejmował drzewostany od Tatr i Bieszczadów na południu, do Puszczy Niepołomickiej i Krasiczyna na północy regionu.

Wilczyński w 2005 roku przeprowadził analizy podobieństwa reakcji przyrostowych sosen w polskich Karpatach (na rozszerzonym materiale z 33 stanowisk). Wyznaaczył trzy podregiony dendroklimatyczne: wschodni (Bieszczady, Beskid Niski, Beskid Sądecki, Kotlina Sądecka i Pogórze Ciężkowickie), południowy (Tatry i Pieniny) oraz zachodni (Beskid Wyspowy, Beskid Mały, Podhale, Beskid Śląski i Beskid Żywiecki). Okazało się, że chronologie sosny zwyczajnej z Tatr i Pienin różnią się wzorcem przyrostowym od chronologii z innych części Karpat, a ponadto między sobą.

Dla sosny zwyczajnej, w całym zasięgu, wielu autorów stwierdziło pozytywny wpływ ciepłego lutego i marca na przyrost grubości. Wynika to prawdopodobnie z korzyści, jakie daje wcześniejsze rozpoczęcie przemian fizjologicznych w pędach i pniach drzew, prowadzące do wznowienia działalności miazgi. Początek aktywności kambium sosny zwyczajnej przejawia się w tworzeniu najpierw komórek macierzystych łyka. Może to nastąpić już w połowie marca. Natomiast pierwsze komórki drewna powstają 4–6 tygodni później (Hejnowicz 1993).

Populacje sosny zwyczajnej, obserwowane przez trzy lata na czterech powierzchniach doświadczalnych w LZD w Rogowie, zaczynały tworzyć komórki drewna

między 22 kwietnia a 15 maja, natomiast kończyły między 19 sierpnia a 21 września (Bogaciński i in. 1988). Pojedyncze drzewa różniły się terminem rozpoczęcia tworzenia drewna o ponad 6 tygodni, a kończenia produkcji cewek o 4 tygodnie. Długość okresu tworzenia drewna u pojedynczych sosen wahała się od 9 do 23 tygodni, średnie okresy dla badanych populacji wynosiły od 14 do 21 tygodni. Zmienność ta była związana m.in. z warunkami pogodowymi lat, w których prowadzono badania (Zajączkowski i in. 1988). W środkowej Polsce sosna kończy podziały kambium między pierwszą dekadą sierpnia a drugą dekadą września. Daty rozpoczęcia tworzenia drewna późnego mieszczą się pomiędzy końcem maja i końcem lipca i są związane z datami wiosennej aktywacji kambium (Hejnowicz 1993).

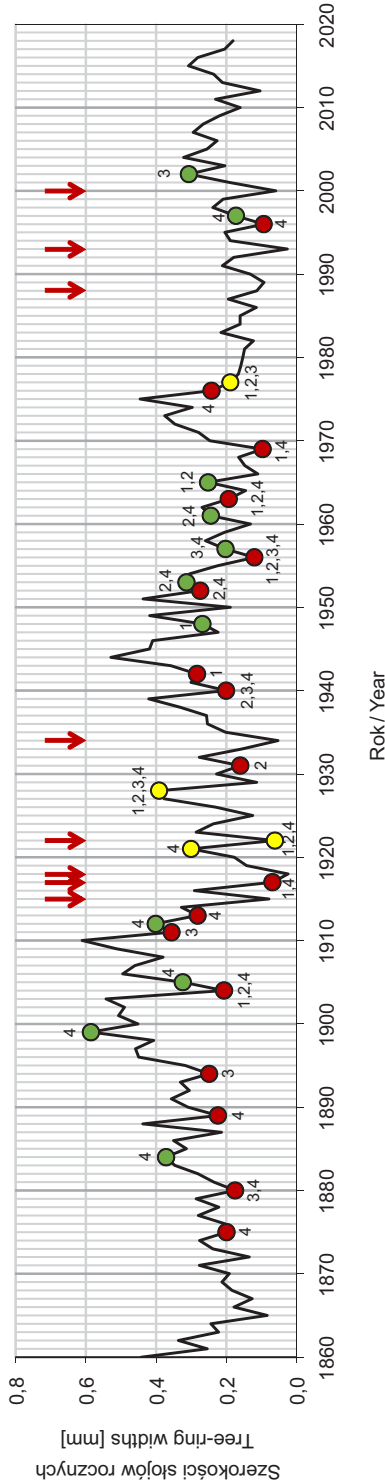
### *Lata wskaźnikowe*

Na rycinie 10, przedstawiającej chronologię szerokości słoju reliktovej sosny z Sokolicy, zaznaczono lata wskaźnikowe wyznaczone dla tego gatunku przez innych autorów (Feliksik, Wilczyński 2001; Wilczyński, Skrzyszewski 2002a; Szychowska-Krąpiec 2010; Muter 2012). Potwierdzają one prawidłowe datowanie szerokości słoju badanego pędu. Warto zauważyć, że wyznaczonych negatywnych lat wskaźnikowych jest więcej niż pozytywnych. Wynika to z faktu, że niekorzystne warunki, które powodują ich występowanie, takie jak bardzo mroźne zimy czy długotrwałe susze, powodują większą zgodność reakcji przyrostowych drzew niż warunki korzystne. Negatywne lata wskaźnikowe mają też większe znaczenie dla datowania drewna nieznanego wieku niż lata pozytywne (Wilczyński 2004).

Najważniejsze lata negatywne, wykazane w co najmniej trzech publikacjach, to lata: 1904, 1940, 1956, 1963, 1976. Pozytywne lata wskaźnikowe nie miały takiej powtarzalności w pracach wymienionych autorów (Ryc. 10).

U badanej sosny wystąpiły też pewne odmienności w stosunku do wyników w cytowanych publikacjach. Rok 1977 autorzy trzech pierwszych prac wskazali jako pozytywny rok wskaźnikowy, tymczasem sosna z Sokolicy obniżyła przyrost grubości w porównaniu z poprzednim rokiem 1976, który charakteryzuje się bardzo wąskim przyrostem u sosen w wielu regionach (Feliksik, Wilczyński 2001; Wilczyński, Skrzyszewski 2002a), a w Puszczy Niepołomickiej został wyznaczony jako negatywny rok wskaźnikowy, wynikający z suszy (Muter 2012). Oznacza to, że negatywna reakcja na ten czynnik przedłużyła się u sosny z Sokolicy, co w skrajnych warunkach wcale nie jest rzadkie. Natomiast sosny rosnące w lepszych warunkach często po niekorzystnym roku reagują zgodnym, gwałtownym zwiększeniem przyrostu na grubość, dlatego prawdopodobnie rok 1977 w chronologiach innych autorów zaznaczył się jako pozytywny rok wskaźnikowy (Feliksik, Wilczyński 2001; Wilczyński, Skrzyszewski 2002a; Szychowska-Krąpiec 2010).

Kolejną zagadką stanowią lata 1928 i 1929. We wszystkich cytowanych wyżej pracach rok 1928 jest negatywnym rokiem wskaźnikowym, wynikającym głównie z suszy, tymczasem sosna z Sokolicy wytworzyła szeroki słoju. Zima na przełomie lat 1928/29 została nazwana „zimą stulecia” z powodu rekordowych mrozów w lutym, ale sosny na innych stanowiskach tworzyły zwykle słoje szersze niż w 1928 roku.



**Ryc. 10.** Lata wskaźnikowe wyznaczone przez innych autorów dla sosny zwyczajnej zaznaczone na rzeczywistej chronologii osobniczej reliktovej sosny z Sokolicy (1 – Feliksik, Wilczyński 2001, 2 – Wilczyński, Skrzyszewski 2002a, 3 – Szychowska-Krapiec 2010, 4 – Muter 2012). Lata wskaźnikowe negatywne oznaczono czerwonymi kółkami, lata pozytywne zielonymi kółkami, a lata niezgodne (o przeciwnym znaku) żółtymi kółkami. Czerwonymi strzałkami zaznaczono lata, w których słoje miały szerokość 0 mm na niektórych promieniach (słoje brakujące)

**Fig. 10.** Signature years determined by other authors for *Pinus sylvestris*, marked on individual tree-ring chronology of relict pine from Sokolica (1 – Feliksik, Wilczyński 2001, 2 – Wilczyński, Skrzyszewski 2002a, 3 – Szychowska-Krapiec 2010, 4 – Muter 2012). Negative signature years are marked with red circles, positive years with green circles and non-compliant years with yellow circles. Years in which rings were 0 mm wide on some radii (missing rings) are marked with red arrows



Pęd sosny z Sokolicy obniżył przyrost grubości dopiero w 1929 roku. Trudno wyjaśnić fakt, że obniżenie to nie nastąpiło w 1928 roku. Nie wiadomo też, jak wyglądają proporcje szerokości tych słoików w pniu drzewa; możliwe, że anomalia ta wystąpiła tylko w pojedynczym, analizowanym pędzie.

Ostatnia odmienność dotyczy lat 1921 i 1922. W pracach Feliksika i Wilczyńskiego (2001) oraz Wilczyńskiego i Skrzyszewskiego (2002a), rok 1922 został wyznaczony jako pozytywny rok wskaźnikowy po wąskim przyroście roku 1921. W pracy Muter (2012) rok 1921 jest negatywnym, a 1922 pozytywnym rokiem wskaźnikowym. Tymczasem u sosny z Sokolicy jest odwrotnie. Trudno wyjaśnić, dlaczego w roku 1921 przyrost grubości pędu był stosunkowo szeroki w porównaniu ze słoikiem roku poprzedniego. Bardzo wąski przyrost roku 1922, nie wykształcony na dwóch promieniach, może wynikać z faktu wyłamania ważnego konaru lub konarów albo innego rodzaju uszkodzenia, na co wskazują blizny widoczne na przekrojach So1b i So1c.

Warto zauważyć, że w niektórych latach szerokości słoików były niezwykle wąskie, ale nie zostały wymienione przez innych autorów jako lata wskaźnikowe. Dotyczy to lat 1915, 1934, 1993, 2000 i 2012. Ostatnie dwa lata nie były jednak objęte analizami w trzech cytowanych publikacjach, ponieważ chronologie nie obejmowały tego okresu.

Na rycinie 11 przedstawiono warunki pogodowe panujące w wybranych latach. Dane meteorologiczne ze stacji IMGW w Krościenku obejmują okres 1957–2018, więc uwzględniono negatywne lata wskaźnikowe: 1963, 1969, 1976 i 1996 oraz pozytywne lata wskaźnikowe: 1961, 1965, 1997 i 2002. Ponadto przedstawiono warunki termiczno-opadowe w latach o bardzo wąskim przyroście grubości, które nie były wymienione przez innych autorów: 1993, 2000 i 2012. Dodano także rok 1977, w cytowanych pracach określony jako pozytywny, w którym sosna z Sokolicy wytworzyła bardzo wąski przyrost.

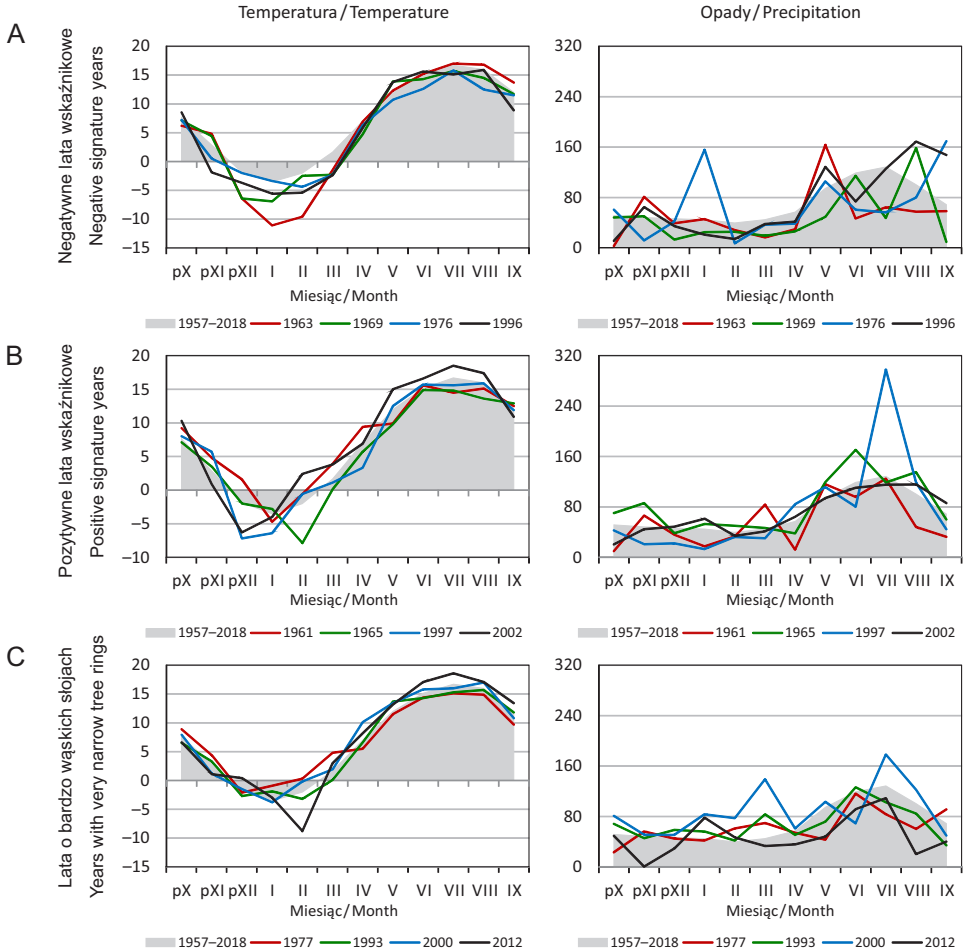
Na wykresach dla negatywnych lat wskaźnikowych widać wyraźnie, że temperatury zimowe, w tym istotne dla sosny temperatury lutego i marca, były niższe od przeciętnych. Najniższe temperatury odnotowano w zimie 1962/63, czyli drugiej „zimie stulecia”. Temperatury czerwca, lipca i sierpnia zwykle w tych latach były niższe od przeciętnych, podobnie jak opady w tych miesiącach, czyli było chłodno i sucho. Szczególnie dobrze widać dotkliwą trzymiesięczną suszę roku 1976 (Ryc.11A).

W pozytywnych latach wskaźnikowych temperatury lutego i marca są wyższe od średnich dla wielolecia 1957–2018, wyjątek stanowi rok 1965, w którym luty był mroźny, a marzec chłodniejszy niż zwykle. W czerwcu temperatury kształtowały się na średnim poziomie, ale lipiec był zwykle chłodny, poza rokiem 2002. Opady w miesiącach letnich były obfite lub przeciętne (Ryc.11B).

W trzeciej kategorii lat o wąskich słoikach, które nie wymienione zostały przez innych autorów można zaobserwować pewne zróżnicowanie warunków pogodowych. W roku 2012 luty był bardzo mroźny, ale marzec dość ciepły, podobnie jak cały sezon wegetacyjny, jednak opady od marca do września były bardzo małe, zaznaczył się więc wpływ suszy. Zaskakujące jest, że mimo dobrych warunków termiczno-opadowych w roku 2000, w złamanym pędzie wykształciły się wąskie i zanikające słoje. Prawdopodobnie spowodowane to było wystąpieniem innego czynnika o charakterze

pozaklimatycznym. W roku 1993 luty i marzec były zimniejsze niż zwykle, podobnie czerwiec i lipiec, sucho było w lipcu i sierpniu (Ryc.11C).

W roku 1977, przez innych autorów określonym jako pozytywny, zima była łagodna, lato chłodniejsze niż przeciętnie, w maju, lipcu i sierpniu opady były niskie. Sosna z Sokolicy, po dotkliwej suszy roku 1976 musiała być w słabej kondycji i nie zareagowała pozytywnie na poprawę warunków, jak inne sosny w regionie (Ryc.11C).



**Ryc. 11.** Średnie miesięczne temperatury powietrza i miesięczne sumy opadów atmosferycznych w Krościenku w wybranych negatywnych latach wskaźnikowych (A), pozytywnych latach wskaźnikowych (B) oraz w latach o bardzo wąskich słojach (C) na tle średnich temperatur i opadów z wielolecia 1957–2018 (szary obszar)

**Fig. 11.** Mean monthly air temperatures and monthly sums of precipitation in Krościenko in selected negative signature years (A), positive signature years (B) and years with very narrow rings (C) against background of mean temperatures and precipitation from period 1957–2018 (gray area)

Powyższe uwagi na temat warunków klimatycznych w latach wskaźnikowych sosny są w dużej mierze zgodne ze stwierdzeniami cytowanych autorów (Feliksik, Wilczyński 2001; Wilczyński, Skrzyszewski 2002a; Szychowska-Krąpiec 2010; Muter 2012).

#### PODSUMOWANIE

W pracy pokazano zmiany szerokości słoików złamanego pędu słynnej reliktovej sosny z Sokolicy. Przeprowadzone analizy nie pozwalają jednak na określenie jej wieku, chociaż na pewno drzewo to żyje znacznie dłużej niż 159 lat. Może kiedyś będzie możliwe pobranie wywierć z pnia tego szczególnego drzewa, aby rozstrzygnąć kwestię jego wieku.

Warunki klimatyczne Pienin są stosunkowo łagodne w porównaniu z sąsiednimi pasmami górskimi, co znajduje odzwierciedlenie w ich wpływie na przyrost grubości pędu reliktovej sosny z Sokolicy. W ostatnich latach zaznacza się pozytywny wpływ wysokich temperatur w listopadzie poprzedniego roku oraz w lutym, marcu i lipcu roku formowania słoika. Negatywny wpływ na szerokości słoików rocznych badanego pędu mają wysokie opady w grudniu. Pomimo, że sosna na Sokolicy rośnie na przepuszczalnych skałach eksponowanych na południe, woda nie stanowi czynnika ograniczającego jej wzrost.

#### PIŚMIENNICTWO

- Bednarz Z. 1973. Badania dendroklimatologiczne nad limbą (*Pinus cembra* L.) oraz innymi gatunkami drzew tatrzańskich [rozprawa doktorska]. Akademia Rolnicza w Krakowie.
- Bednarz Z., Muter E. 2010. Pionierska chronologia świerka *Picea abies* (L.) H. KARST. z Tatr Polskich autorstwa Profesora Karola Ermicha we współczesnym ujęciu metodycznym. Materiały IV Konferencji „Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a Człowiek”, Nauka a zarządzanie obszarem Tatr i ich otoczeniem. Tom II. Nauki biologiczne, s. 46–51.
- Biondi F., Waikul K. 2004. DENDROCLIM 2002: A C ++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computers & Geosciences*, **30**: 303–311.
- Bogaciński B., Zajączkowski S., Wodzicki T.J. 1988. Zmienność inicjacji i kończenia sezonowej aktywności kambium w populacjach drzewostanowych *Pinus sylvestris* L. *Sylwan*, **1**: 17–26.
- Ermich K. 1953. Wpływ czynników klimatycznych na przyrost dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) i sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Próba analizy zagadnienia. PAU. Prace Rolniczo-Leśne, **68**: 1–61.
- Ermich K. 1956. Badania nad dynamiką przyrostu grubości u *Pinus sylvestris* L. i *Quercus robur* L. w ciągu okresu wegetacyjnego. *Ekologia Polska*, [seria:] A, **7**: 219–223.
- Ermich K. 1959. Badania nad sezonowym przebiegiem przyrostu grubości pnia u *Pinus sylvestris* L. i *Quercus robur* L. *Botanicorum Poloniae Acta Societatis*, **28**(1): 15–63.
- Ermich K. 1961. Czym się zajmuje dendrochronologia. *Wszechświat*, **2**: 7–8.
- Feliksik E. 1990. Badania dendroklimatologiczne dotyczące jodły (*Abies alba* MILL.) występującej na obszarze Polski. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie. Rozprawa habilitacyjna nr 151.

- Feliksik E., Wałęcka M. 1992. Badania dotyczące klimatycznych uwarunkowań wielkości przyrostów kambialnych kilku populacji sosny zwyczajnej występującej na obszarze Karpat. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie nr 270, [seria:] Leśnictwo, **23**: 3–12.
- Feliksik E., Wilczyński S. 1996. Dendrochronologiczna charakterystyka sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z Kotliny Kłodzkiej i Karpat. Sylwan, **9**: 77–84.
- Feliksik E., Wilczyński S. 2001. Charakterystyka dendroklimatologiczna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z terenu Pienin. Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich, **47**: 93–104.
- Feliksik E., Niedzielska B., Wilczyński S. 2002. Wrażliwość sosny reliktovej z Tatr na warunki termiczno-pluwialne, [w:] Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr. II. Ogólnopolska Konferencja Naukowa, Kraków–Zakopane.
- Fritts H.C. 1976. Tree Rings and Climate. Academic Press, London.
- Hejnowicz A. 1993. Anatomia i embriologia, [w:] S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała (red.), Biologia sosny zwyczajnej. Polska Akademia Nauk, Instytut Dendrologii, Kórnik–Poznań, 71 s.
- Hejnowicz Z. 2012. Anatomia i histogeneza roślin naczyniowych. Organy wegetatywne. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Holmes R.L. 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. Tree-Ring Bulletin, **43**: 69–75.
- Holmes R.L. 1994. Dendrochronology Program Library – users manual. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson.
- Jaworski A. 2004. Podstawy przyrostowe i ekologiczne odnawiania oraz pielęgnacji drzewostanów. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Kaennel M., Schweingruber F.H. (red.) 1995. Multilingual Glossary of Dendrochronology. Terms and Definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Paul Haupt Publishers, Berne, 467 s.
- Kostrakiewicz L. 1979. Stosunki mezoklimatyczne Pienińskiego Parku Narodowego i jego obrzeża oraz prognoza przypuszczalnych zmian klimatu po wybudowaniu zapory wodnej na Dunajcu w Czorsztynie–Niedzicy. Ochrona Przyrody, **42**: 245–278.
- Kostrakiewicz L. 1982. Klimat, [w:] K. Zarzycki (red.), Przyroda Pienin w obliczu zmian. Studia Naturae, [seria:] Wydawnictwa popularno-naukowe, **30**: 53–69.
- Krąpiec M. 1992. Skale dendrochronologiczne późnego holocenu południowej i centralnej Polski. Geologia, **18**(3): 37–119.
- Krzysik F. 1974. Nauka o drewnie. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Muter E. 2004. Dynamika przyrostu na grubość i jej uwarunkowania u wybranych gatunków drzew w Puszczy Niepołomickiej [rozprawa doktorska]. Uniwersytet Rolniczy w Krakowie.
- Muter E. 2012. Zmienność warunków pogodowych w latach wskaźnikowych u sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w Puszczy Niepołomickiej. Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej w Rogowie, **30**: 37–46.
- Niedzielska B. 2001. Wiek sosen reliktowych na Sokolicy w Pienińskim Parku Narodowym. Sylwan, **1**: 57–62.
- Pelc S. 1970. Wycieczka botaniczna do Pienińskiego Parku Narodowego (opracowanie naukowo-metodyczne). Rocznik Naukowo-Dydaktyczny Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Krakowie, Prace Botaniczne, **2**(39): 199–217.
- Perzanowska J. 2004. Klimat Pienin. Studia Naturae, **49**: 21–32.

- Puchalski T., Prusinkiewicz Z. 1975. Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Speer J.H. 2010. Fundamentals of tree-ring research. University of Arizona Press.
- Szychowska-Krąpiec E. 2010. Long-term chronologies of pine (*Pinus sylvestris* L.) and fir (*Abies alba* MILL.) from the Małopolska Region and their paleoclimatic interpretation. *Folia Quaternaria*, **79**: 5–124.
- Wilczyński S. 2003. Modele „klimat-przyrost radialny” sosen z Tatr, Pienin i Ojcowa. *Sylvan*, **12**: 27–35.
- Wilczyński S. 2004. Lata „wskaźnikowe” i „wyjątkowe” w ocenie związków „przyrost radialny-klimat”. *Sylvan*, **5**: 30–40.
- Wilczyński S. 2005. Regiony dendroklimatyczne sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Karpatach Polskich. *Acta Agraria et Silvicultura*, [seria:] *Silvestris*, **43**: 43–51.
- Wilczyński S., Krąpiec M., Szychowska-Krąpiec E., Zielski A. 2001. Regiony dendroklimatyczne sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Polsce. *Sylvan*, **8**: 53–61.
- Wilczyński S., Skrzyszewski J. 2002a. Dependence of Scots pine tree-rings on climatic conditions in southern Poland (Carpathian Mts.). *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, [seria:] *Forestry*, **2**: 1–9.
- Wilczyński S., Skrzyszewski J. 2002b. Dendrochronology of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the mountains of Poland. *Journal of Forest Science*, **49**(3): 95–103.
- Zajączkowski S., Bogaciński B., Wodzicki T.J. 1988. Zmienność długości okresu aktywności kamibium w sezonie a liczba produkowanych cewek w populacjach drzewostanowych *Pinus sylvestris* L. *Sylvan*, **1**: 27–40.
- Zajączkowski J., Brzeziecki B., Perzanowski K., Kozak I. 2013. Wpływ potencjalnych zmian klimatycznych na zdolność konkurencyjną głównych gatunków drzew w Polsce. *Sylvan*, **4**: 253–261.
- Zielski A. 1997. Uwarunkowania środowiskowe przyrostów radialnych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Polsce północnej na podstawie wielowiekowej chronologii. Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń.
- Zielski A., Krąpiec M., Wilczyński S., Szychowska-Krąpiec E. 2001. Chronologie przyrostów radialnych sosny zwyczajnej w Polsce. *Sylvan*, **5**: 105–119.
- Zielski A., Krąpiec M. 2004. Dendrochronologia. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.

## SUMMARY

Dendrochronology is the scientific discipline of dating tree rings, as well as dating various environmental processes and phenomena, including human-induced changes, that have been recorded in the structure of tree rings. Dendroclimatology focuses on the influence of climate on the radial growth of trees and on reconstructing the past climate for time periods before meteorological observations were started.

The unfortunate incident in September 2018 when the main limb of the relict pine from Sokolica was broken off, allowed the collection of wood samples and the study the annual radial growth for this particular tree. The aim of the study was to determine the age of a broken limb, measure tree-ring widths and synchronize them with calendar years, construct an individual tree-ring chronology, determine the influence of climate



on radial growth, find positive and negative signature years visible in the wood of the broken limb and analyze the climatic conditions in these years.

The climate of the Pieniny Mountains is exceptionally mild compared with the surrounding ranges of the Western Carpathians. The differences are manifest by higher mean annual temperature, less cloud cover and greater sunshine, weaker winds, less precipitation and a relatively short-lived snow cover. Limestone rocks in southern exposures, are characterized by a specific microclimate, extremely warm and dry, which also applies to the immediate surroundings of the relict pine in Sokolica. Figure 1 shows the mean monthly air temperatures and monthly sums of precipitation at the IMGW meteorological station in Krościenko (435 m a.s.l.; 49°26'44"N, 20°25'54"E) for the period 1957–2018. The mean annual air temperatures in Krościenko show a clear upward trend (Fig. 2). Annual precipitation sums were also increasing, but this is less pronounced (Fig. 3). As for the distribution of temperatures and precipitation throughout the year, Figure 4 shows a marked increase in the temperatures in winter and summer, while in spring and autumn the changes are smaller. The increase in precipitation is noticeable in most months of the year, except for June, August, November and December.

The study material was collected on October 2, 2018 from a broken limb of a relict pine at the headquarters of the Pieniny National Park. One core was taken with a Pressler increment borer at a distance of 93 cm from the lower edge of the broken limb (sample number So1a). It was impossible to take a sample below due to a deep longitudinal slot and the decay of the wood caused by rot (Photo 1). A seven-centimeter long fragment was also collected at a distance of 146–153 cm from the lower edge of the broken limb (Photos 2 and 3). The fragment was cut into two discs – one (with So1b and So1f cross-sections) to be presented at the Nature Exhibition in the headquarters of PNP, and from the other one (with So1c and So1g cross-sections) were taken two more cores (So1d and So1e) for dendrochronological and anatomical studies (Photo 4).

The obtained cross-sections were sanded with sandpaper and scanned. The So1a, So1d and So1e cores were given to the anatomical research team to make anatomical preparations and measure the tree-ring widths with an accuracy of 1  $\mu\text{m}$ . The measurements, converted to millimeters, were included in the dendrochronological analyses. Further measurements were made on seven selected radii with an accuracy of 0.01 mm using the WINDENDRO program, on the following cross-sections: So1b (So1b1, So1b2, So1b3 – Photo 5), So1c (So1c1, So1c2 – Photo 7) and So1f (So1f1, So1f2 – Photo 6). The COFECHA program as well as the measurements taken by Dr. Ryszard Kaczka from the University of Silesia and available from the Pieniny National Park, were used to check the accuracy of the tree-ring dating. These measurements included 45 series of tree-ring widths measured on cores collected in relict pine forests in the Pieniny Mountains in 2007 and 2008. Standardization of the measurements was carried out in the program ARSTAN and the statistics of the tree-ring width series and indexed series were calculated. Dendroclimatic analyses were carried out in the DENDROCLIM2002 program using the *moving intervals* method in 30-year periods, shifted year by year from the first analyzed period 1958–1987 to the last analyzed

period 1989–2018, for the months from October of the previous year to September of the year of ring formation.

The scar visible on the So1b cross-section was dated to the turn of 1921 and 1922 (Photo 5), and the scar on the So1f cross-section was formed during the formation of late wood in 2011 (Photo 6). Two scars are visible on the So1c cross-section. The first one, internal, developed at the turn of 1921/22 and the second, external, developed during the forming of late wood in 1939.

Synchronized tree-ring widths of a broken limb from Sokolica, measured on 10 radii, are presented in Figure 5. A total of 1,510 tree-ring widths were measured. The years of the missing rings in the measured series are summarized in Table I. The tree-ring width chronology of the broken limb covers 159 years in the period from 1860 to 2018. The indexed chronology is to years shorter and does not include autocorrelation and long-term fluctuations and trends. Both individual chronologies are presented in Figure 6. Detailed statistics on the tree-ring widths series are presented in Table II, whereas statistics on the indexed series are in Table III. The tree-ring widths measured on the broken limb of the relict pine from Sokolica were compared with the widths of tree rings of *Pinus sylvestris* growing in relict pine forests in Pieniny, as well as with those found in a mixed fresh forest and in a wet forest of the Niepołomice Forest (Fig. 7). The statistics of the series of tree-ring widths (Table IV) and indexed series (Table V) for these stands were also compared.

The influence of the mean monthly air temperatures on the radial growth of the broken limb of the relict pine was not stable over time (Fig. 8). The temperature did not have any significant effect on the tree-ring widths in the first period (from 1958–1987 to 1962–1991). During the second period (from 1963–1992 to 1982–2011) there was a significant positive effect of the cold October of the previous year and warm June, July and September of the year of growth. In the third period, from 1983–2012 to 1989–2018, the pine responded positively to the warm November of the previous year, and warm February, March and July of the year of growth. The impact of monthly sums of precipitation on the radial growth of a broken limb of a relict pine was much weaker than that of temperature and was not stable over time (Fig. 9). In the early 30-year periods (from 1958–1987 to 1964–1993) the correlation coefficients with June and/or July precipitation were positive and statistically significant, which may indicate some water shortages during this period. In the next 30-year periods, the negative impact of high precipitation in November of the previous year and in January of the year of growth was significant, as well as the positive impact of high precipitation in April and June, but only in some periods. In the last 30-year periods, only high precipitation in December was a limiting factor.

Figure 10 presents the chronology of the relict pine from Sokolica. It also indicates signature years for this species, determined by other authors for the following regions and thresholds for the percentage agreement of growth reactions: Feliksik and Wilczyński (2001) for Pieniny (90%), Wilczyński and Skrzyszewski (2002a) for the Polish part of the Carpathians (95%), Szychowska-Krąpiec (2010) for the Małopolska Region (90%) and Muter (2012) for the Niepołomice Forest (85%). The marked

signature years confirmed correct dating of the tree-ring widths of the broken limb, although there were also some differences. Figure 11 presents the weather conditions in the selected years. The negative signature years of 1963, 1969, 1976 and 1996 and the positive signature years of 1961, 1965, 1997 and 2002 were included. In addition, the climatic conditions of the years with very narrow radial growth not mentioned by other authors of 1993, 2000 and 2012 were taken into account. The year 1977 was also added, which was described by other authors as a positive signature year, but characterized by a very narrow tree-ring in the broken limb of a relict pine from Sokolica.

## Analiza anatomiczna drewna reliktowej sosny zwyczajnej z Sokolicy

Wood anatomical analysis of relict *Pinus sylvestris* from Sokolica

ADAM MIODEK<sup>1,2\*</sup>, ALDONA GIZIŃSKA<sup>1,2</sup>, PAWEŁ KOJS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Polska Akademia Nauk Ogród Botaniczny – Centrum Zachowania Różnorodności Biologicznej  
w Powsinie, ul. Prawdziwka 2, 02-973 Warszawa

<sup>2</sup> Uniwersytet Opolski, Instytut Biologii, ul. Oleska 22, 45-052 Opole

\*Autor korespondencyjny, e-mail: a.miodek@obpan.pl

**Abstract.** The work describes anatomical analysis of the wood from a relict *Pinus sylvestris* L. performed to determine its characteristics. Transverse ca. 20 µm thick sections were prepared with a core-microtome and observed in bright-field microscopy. Observations of tangential sections were performed in epi-fluorescence. The xylem of the relict pine showed many narrow growth rings. The occurrence of i.a. discontinuous tree rings, light rings and intra-annual density fluctuations was stated. It can be expected that specific properties of the wood of the studied pine are the result of harsh growing conditions – limited water availability at the top of Sokolica. In addition, a wide range of factors affecting the vascular cambium in the considered years had an important effect on the wood characteristics.

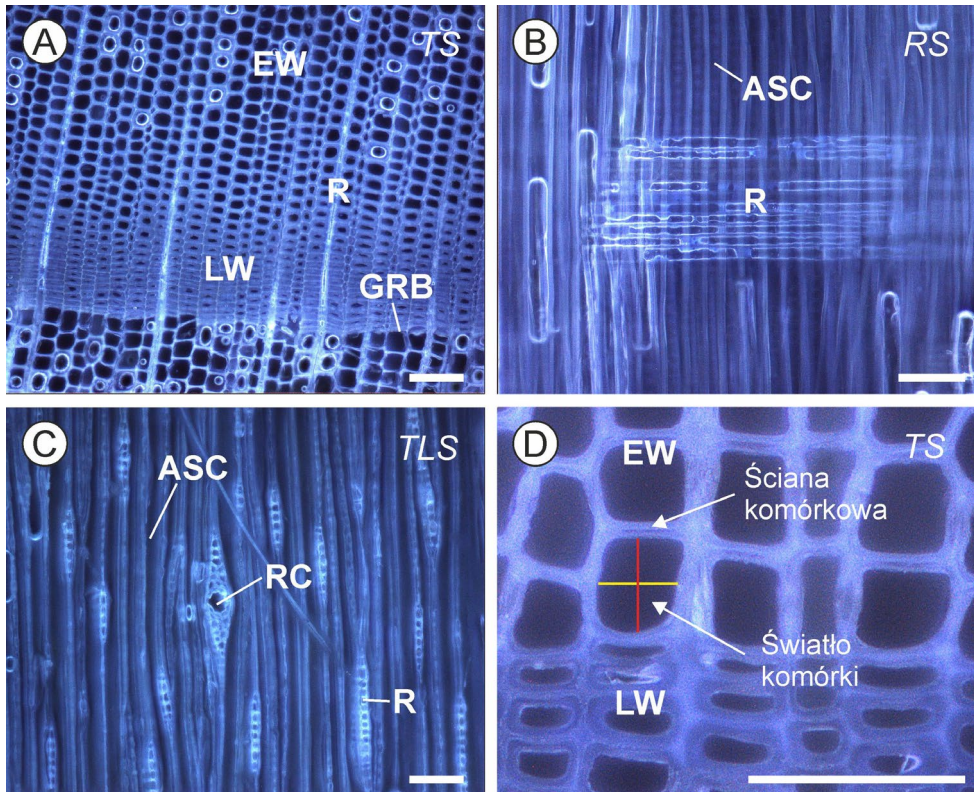
**Keywords:** *Pinus sylvestris*, xylem, tracheids, narrow growth rings, discontinuous rings, light rings, false rings, intra-annual density fluctuations, change in cell inclination, adaptation

### WSTĘP

Rosnąca na Sokolicy reliktowa sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L. jest przedstawicielem roślin nagozalążkowych. Pod względem anatomicznym drewno drzew iglastych wykazuje niski stopień skomplikowania budowy (Evert 2006). Głównym składnikiem takiego drewna są cewki – wydłużone, martwe komórki. W drewnie drzew iglastych, występujących w klimacie umiarkowanym z wyraźną sezonowością (w tym w Polsce), można wyróżnić dwa rodzaje cewek – cewki drewna wczesnego i cewki drewna późnego. Pierwsze odkładane są na początku sezonu wegetacyjnego, drugie – pod koniec sezonu. Aktywność podziałowa/wzrostowa przerywana jest w okresach spoczynku zimowego, w których występują niekorzystne warunki dla wzrostu rośliny. W związku

z tym, u roślin klimatu umiarkowanego, wykazujących przyrost wtórny w ciągu danego roku, przeważnie odkładany jest jeden roczny przyrost drewna, na który składa się drewno wczesne oraz późne. Warunki środowiskowe poszczególnych sezonów wegetacyjnych mogą różnić się jakościowo, przede wszystkim pod względem temperatur i dostępności wody (okresy deszczu/suszy) (Krzysik 1975).

Przyrosty roczne drewna nazywane są słojami rocznymi, jako że drewno odkładane w kolejnych latach tworzy mniej lub bardziej koncentryczne warstwy komórek (widziane na przekroju poprzecznym pnia lub gałęzi). Słój roczny drewna rozpoznawany jest w oparciu o różnice w budowie komórek drewna wczesnego i późnego. Cewki odkładane przez tkankę twórczą (tzw. kambium waskularne) na początku sezonu wegetacyjnego posiadają duże światła oraz cienkie ściany komórkowe; w drewnie późnym światła cewek są wyraźnie węższe (posiadają niewielki wymiar promieniowy), a ich ściany są zauważalnie grubsze (Ryc. 1A, D) (Kokociński 2005). Ze względu



**Ryc. 1.** Budowa drewna drzew iglastych na przykładzie świerka pospolitego *Picea abies* (L.) H. KARST oraz sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. A – przekrój poprzeczny drewna świerka pospolitego obejmujący granicę przyrostu rocznego. Widoczne promienie drzewne, cienkościenne komórki drewna wczesnego i grubościenne komórki drewna późnego; B – przekrój promieniowy drewna świerka pospolitego. Widoczny promień oraz wydłużone w kierunku osiowym cewki. W niektórych cewkach obecne są pęcherzyki powietrza (próbka znajdowała się w roztworze gliceryny i alkoholu



na wyraźne różnice w budowie drewna wczesnego i późnego, na przekrojach poprzecznych przez pnie i gałęzie drzew iglastych, dostrzegalne są naprzemiennie występujące pasy – jasne (drewno wczesne o mniejszej gęstości) i ciemne (drewno późne o większej gęstości). Jak już wspomniano, cewki są komórkami wydłużonymi – można to zaobserwować na przekroju promieniowym (Ryc. 1B) i stycznym drewna (Ryc. 1C). Prócz funkcji przewodzącej (transport wody i substancji mineralnych) cewki drzew iglastych pełnią także inną ważną funkcję – wzmacniającą (Kokociński 2005, Beck 2010).

Jedną z istotnych cech struktury drewna jest tzw. włóknistość. Wyznacza się ją w oparciu o przebieg komórek drewna należących do systemu osiowego, w tym cewek (Evert 2006). Jeżeli długie osie cewek przebiegają równolegle do długiej osi organu (pnia lub gałęzi) włóknistość drewna jest prosta (Fahn 1990, Evert 2006). Oprócz włóknistości prostej, u gatunków iglastych spotkać można włóknistość spiralną (Harris 1989). Włóknistość spiralna związana jest z występowaniem nachylenia komórek (długa oś komórek nie przebiega równolegle do długiej osi organu) i ich orientacją (komórki nachylają się w prawo wykazując orientację „Z” lub w lewo wykazując orientację „S”) (Harris 1989, Hejnowicz 2012). Termin włóknistość spiralna stosuje się do opisu ułożenia cewek w pniu lub gałęzi w jednym kierunku (nachylenie w prawo lub lewo), bez zmiany ich orientacji, co obserwowane z zewnątrz daje wrażenie skręcenia pnia

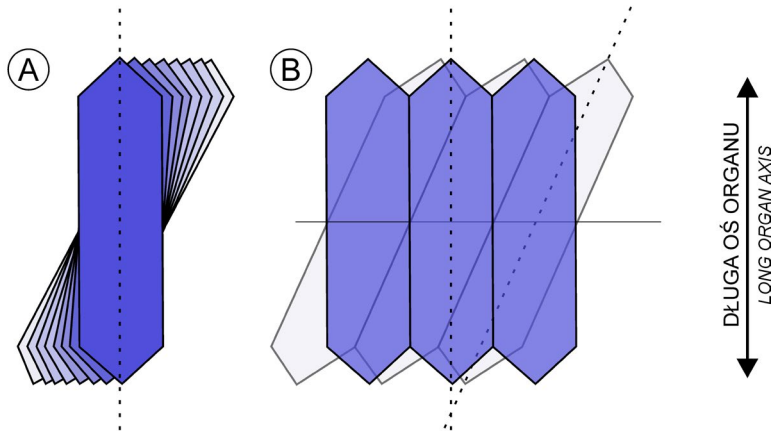
Ryc. 1. kont.

etylowego); C – przekrój styczny drewna świerka pospolitego. Widoczne cewki, będące komórkami systemu osiowego, jednorzędowe promienie oraz szerszy promień o wrzecionowatym kształcie, w obrębie którego uformowany został poprzeczny kanał żywiczny; D – przekrój poprzeczny drewna sosny zwyczajnej. Widoczne cienkościenne komórki drewna wczesnego i grubościenne komórki drewna późnego. Żółtą linią zaznaczono wymiar styczny światła komórki drewna wczesnego, czerwoną linią zaznaczono wymiar promieniowy światła komórki drewna wczesnego.

GRB – granica przyrostu rocznego (ang. *growth ring boundary*), TS – przekrój poprzeczny (ang. *transverse section*), RS – przekrój promieniowy (ang. *radial section*), TLS – przekrój styczny (ang. *tangential longitudinal section*), EW – drewno wczesne (ang. *earlywood*), LW – drewno późne (ang. *latewood*), R – promień (ang. *ray*), ASC – komórka systemu osiowego (ang. *axial system cell*), RC – kanał żywiczny (ang. *resin canal*), CW – ściana komórkowa (ang. *cell wall*), CL – światło komórki (ang. *cell lumen*). Zdjęcia wykonano w technice epi-fluorescencji. Paski skali = 100  $\mu\text{m}$  (A, B, C) i 50  $\mu\text{m}$  (D)

**Fig. 1.** Structure of coniferous wood on example of Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. KARST) and *Pinus sylvestris* L. A – transverse section of xylem of Norway spruce including growth ring boundary. Xylem rays, thin-walled earlywood cells and thick-walled latewood cells are visible; B – radial section of xylem of Norway spruce. Ray and axially elongated tracheids are visible. Air bubbles were formed within some tracheids (sample was fixed in mixture of glycerin and ethanol); C – tangential section of xylem of Norway spruce. Tracheids, belonging to axial system, uniseriate rays and wider, fusiform ray within which transverse resin channel was formed, are visible; D – transverse section of *Pinus sylvestris* xylem. Thin-walled earlywood cells and thick-walled latewood cells are visible. Yellow line indicates tangential dimension of lumen of earlywood cell. Red line indicates radial dimension of lumen of earlywood cell.

GRB – growth ring boundary, TS – transverse section, RS – radial section, TLS – tangential longitudinal section, EW – earlywood, LW – latewood, R – ray, ASC – axial system cell, RC – resin canal, CW – cell wall, CL – cell lumen. Micrographs were made using epi-fluorescence technique. Scale bars = 100  $\mu\text{m}$  (A, B, C) and 50  $\mu\text{m}$  (D)



**Ryc. 2.** Różnice nachylenia komórek systemu osiowego w drewnie. A – stopniowa zmiana nachylenia komórek w wybranych warstwach drewna; B – porównanie ułożenia komórek w warstwie widocznej na pierwszym planie ryciny A (ciemnoniebieskie komórki) z ułożeniem komórek należących do warstwy widocznej na ostatnim planie ryciny A (bladoniebieskie komórki). Długa oś ciemnoniebieskich komórek przebiega równolegle względem długiej osi organu (gałęzi). Długa oś bladoniebieskich komórek odchyła się względem długiej osi organu o  $\sim 25^\circ$ . Na rycinie ukazano zmianę nachylenia komórek na przykładzie drewna odkładanego w wyniku działalności kambium o strukturze piętrowej. W celu uproszczenia pominięto aspekt zmiany szerokości komórek inicjalnych kambium. Poza ciemnoniebieskimi komórkami na pierwszym planie ryciny A i B wszystkie komórki wykazują orientację Z – komórki te nachylają się w prawo

**Fig. 2.** Differences in inclination of axial system cells in xylem. A – gradual change in inclination of cells in selected layers of xylem; B – comparison of arrangement of cells located in first layer of cells visible in Fig. A (dark blue cells) and last layer of cells (light blue cells) visible in Fig. A. Long axis of dark blue cells is parallel to long axis of organ (branch). Long axis of light blue cells deviates from long axis of organ by  $\sim 25^\circ$ . Change in inclination of cells is shown in example of xylem deposited by stored cambium. Aspect of changing width of initial cells was not taken into account. Except for dark blue cells in foregrounds of Figures A and B, all cells show Z orientation – these cells lean rightwards

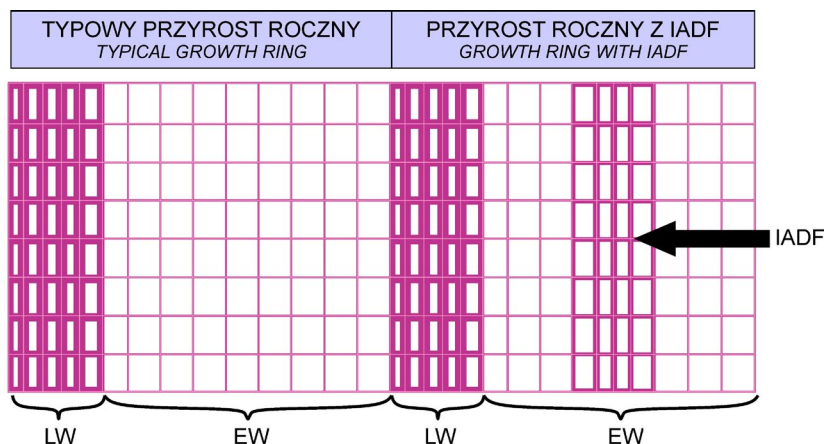
(Evert 2006). Przykładowe różnice w nachyleniu komórek drewna obrazuje rycina 2. Sosna zwyczajna posiada kambium waskularne typu niepiętrowego (Evert 2006, Jura i in. 2006), tzn. końce inicjalów wrzecionowatych obserwowane na przekroju stycznym ułożone są na różnych wysokościach (Zagórska-Marek 1981), a jej drewno może wykazywać włóknistość typu spiralnego (Włoch i in. 2002, 2013).

Kolejnym składnikiem drewna gatunków iglastych są promienie (Ryc. 1A–C), pełniące funkcję magazynującą i transportową (promienie zapewniają transport w kierunku promieniowym pnia lub gałęzi) (Beck 2010).

Drewno drzew i krzewów iglastych może posiadać także przewody żywiczne produkujące i magazynujące żywicę (Ryc. 1C). Żywica uwalniana jest z przewodów żywicznych w przypadku zranień, które dzięki temu są pokrywane lepką, aseptyczną substancją. Przyjmuje się, że żywica pełni funkcję ochronną przeciwko infekcjom grzybiczym i atakom owadów (Beck 2010). Przebieg kanałów żywicznych może

być zgodny z długą osią organu (przewody żywiczne podłużne/osiowe/pionowe) lub względem niej prostopadły (przewody żywiczne poprzeczne/radialne/poziome) (Wiedenhoef, Miller 2002; Kokociński 2005). Warto zauważyć, że podłużne i poprzeczne przewody żywiczne nie stanowią dwóch oddzielnych systemów – kanały te łączą się ze sobą na różnych wysokościach pnia/gałęzi, tworząc trójwymiarową sieć (Beck 2010).

Typowa struktura drewna może podlegać różnym modyfikacjom. W drewnie kompresyjnym cewki drzew iglastych na przekroju poprzecznym mają bardziej okrągły kształt i wykazują znaczne zgrubienie ścian komórkowych. Pomiędzy takimi cewkami dostrzec można przestwory międzykomórkowe (Hejnowicz 2012). Drewno kompresyjne jest jednym z dwóch rodzajów tzw. drewna reakcyjnego (Beck 2010). Drewno kompresyjne tworzy się głównie po dolnych stronach gałęzi lub pochyłonych pni drzew iglastych i odpowiada za korygowanie ich położenia – pomaga ono w prostowaniu łodygi (Evert 2006). Jednak jeśli włóknistość jest spiralna, drewno kompresyjne



**Ryc. 3.** Porównanie budowy typowego przyrostu rocznego drewna drzew iglastych (po lewej) z przyrostem rocznym zawierającym fluktuację gęstości drewna (po prawej). W typowym przyroście rocznym wyróżnić można drewno wczesne, w obrębie którego występują cienkościenne cewki posiadające szerokie światła oraz drewno późne, w obrębie którego występują grubościenne cewki posiadające światła o niewielkim wymiarze promieniowym. Fluktuacja gęstości drewna polega na wystąpieniu dodatkowych warstw komórek przypominających drewno wczesne lub późne – w zależności od jej rodzaju. W ukazanym przypadku fluktuacja gęstości drewna związana jest z wytworzeniem komórek przypominających drewno późne w pokładzie drewna wczesnego. IADF – fluktuacja gęstości drewna wewnątrz przyrostu rocznego (ang. *intra-annual density fluctuation*). EW – drewno wczesne (ang. *earlywood*). LW – drewno późne (ang. *latewood*)

**Fig. 3.** Comparison of structure of typical annual ring of coniferous wood (left) with annual ring containing intra-annual density fluctuation (IADF; right). In typical growth ring, one can distinguish earlywood with thin-walled tracheids possessing wide lumina, and latewood with thick-walled tracheids characterized by lumina with small radial dimensions. Intra-annual density fluctuation is related to occurrence of additional layers of cells resembling earlywood or latewood – depending on its type. In this example, intra-annual density fluctuation is related to formation of latewood-like cells within earlywood. EW – earlywood. LW – latewood

pojawia się w pniach lub gałęziach tam gdzie działają siły ściskające (a w związku ze specyficznym przenoszeniem sił w pniu ze spiralną włóknistością nie zawsze jest to po dolnej stronie pnia lub gałęzi). Na niestandardowe rozmieszczenie drewna kompresyjnego mogą również mieć wpływ takie czynniki jak: wiatr, śnieg, niesymetryczność korony, powierzchniowe lub głębokie osuwiska stoków itp.

W ostatnim czasie coraz więcej uwagi poświęca się zagadnieniu występowania fluktuacji gęstości drewna w obrębie słoików przyrostu rocznego, w skrócie IADFs (ang. *intra-annual density fluctuations*). Fluktuacje gęstości drewna wewnątrz przyrostów rocznych związane są z występowaniem komórek przypominających komórki drewna wczesnego w obrębie drewna późnego lub z występowaniem komórek przypominających komórki drewna późnego w obrębie drewna wczesnego (De Micco i in. 2016). Różnice strukturalne pomiędzy typowym przyrostem rocznym (zawierającym wyłącznie drewno wczesne wykształcone w pierwszej części sezonu wegetacyjnego i drewno późne wykształcone w dalszej części sezonu wegetacyjnego) a przyrostem rocznym zawierającym fluktuację gęstości drewna, przedstawia rycina 3.

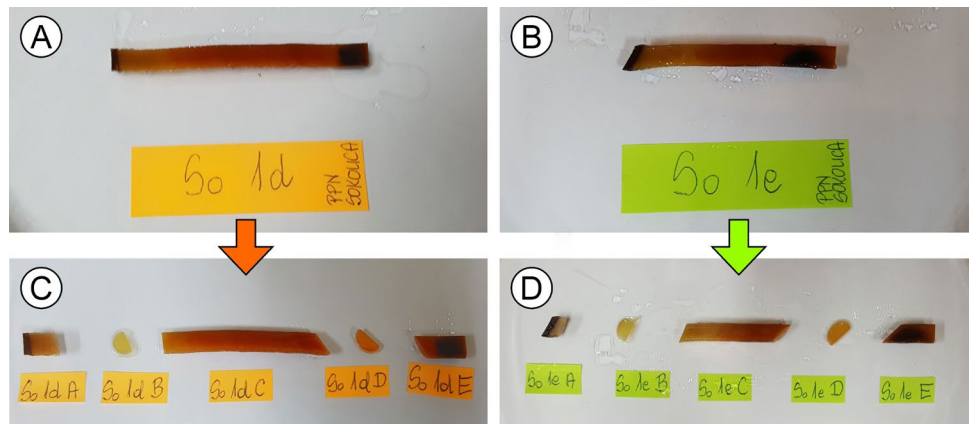
Można spodziewać się, że ze względu na specyfikę warunków, w jakich rośnie reliktowa sosna zwyczajna na Sokolicy, drewno gałęzi pochodzącej z uszkodzonego we wrześniu 2018 roku drzewa wykazuje wiele interesujących cech. Celem niniejszego badania było scharakteryzowanie struktury drewna konaru reliktoвого okazu.

## MATERIAŁY I METODY

### *Przygotowanie próbek do analizy*

Materiał do badań pobrano ze złamanej gałęzi reliktowej sosny zwyczajnej. Do badań anatomicznych wykorzystano wywierty oznaczone jako: So1a, So1d oraz So1e. Ze względu na trudności, jakie stwarza obecność drewna reakcyjnego podczas wykonywania cienkich preparatów anatomicznych (Gärtner i in. 2015), wywierty te pobrano w miejscach, w których prawdopodobieństwo jego wystąpienia było najmniejsze. Ocena obecności drewna kompresyjnego została przeprowadzona makroskopowo (Bräuning i in. 2016). Po pobraniu wywierty umieszczono w roztworze alkoholu etylowego i gliceryny (1:1). Z wywiertów przygotowano długie przekroje poprzeczne o grubości ~20 µm. Przekroje wykonano przy pomocy mikrotomu dostosowanego do krojenia wywiertów, wyprodukowanego przez WSL (tzw. *core-microtome*) (Gärtner, Nievergelt 2010; Klisz i in. 2018). Przekroje poprzeczne drewna wybarwiono za pomocą dwóch barwników – astra blue oraz safraniny (Gärtner, Schweingruber 2013; Piermattei i in. 2015). Obserwacje podwójnie zabarwionych preparatów przeprowadzono przy użyciu mikroskopu Olympos BX41.

Dodatkowo, oprócz obserwacji wybarwionych preparatów w technice jasnego pola, wykonano obserwacje przy użyciu mikroskopu fluorescencyjnego Zeiss Lab. A1. Z wywiertów So1d oraz So1e pozyskano ręczne przekroje styczne (Ryc. 4), które umieszczono na szkiełkach podstawowych i naświetlono wiązką o długości 365 nm (zastosowany w mikroskopie filtr – FS01). Ponieważ lignina zawarta jest w ścianach



**Ryc. 4.** Przygotowanie próbek do obserwacji zmiany przebiegu długich osi cewek w płaszczyźnie stycznej. A, C – przygotowanie próbki So 1d; B, D – przygotowanie próbki So 1e. Obie próbki zostały pocięte na pięć części (oznaczone od A do E począwszy od strony floemu) w celu uzyskania dwóch oddalonych od siebie przekrojów stycznych (przekroje styczne B oraz D). Przekroje styczne zostały następnie poddane obserwacji w technice epi-fluorescencji

**Fig. 4.** Preparation of samples for observation of changes in inclination of long axis of tracheids in tangential plane. A, C – So 1d sample preparation; B, D – So 1e sample preparation. Both samples were cut into five pieces (marked as A–E, starting from phloem side) to obtain two tangential sections spaced apart (tangential sections B and D). Tangential sections were then observed using epi-fluorescence technique

komórek drewna (Hejnowicz 2012), naświetlone i zliżnifikowane obszary tkanki emitują niebieskie światło na skutek wystąpienia zjawiska autofluorescencji ligniny (Vavrčik i in. 2008).

#### *Analizy anatomiczne*

Przekroje poddano analizie w celu określenia unikalnych cech struktury drewna badanego okazu sosny reliktywnej. Zwrócono uwagę na możliwość występowania anomalii.

Zmierzono wymiar promieniowy światła cewek na przykładzie trzech różniących się budową przyrostów rocznych. Do analizy wybrano: (1) przyrost roczny o typowej strukturze drewna, (2) przyrost roczny posiadający nietypowe drewno późne (o cienkich ścianach komórkowych) oraz (3) przyrost roczny zawierający fluktuację gęstości drewna. W każdym z przyrostów zmierzono wymiary promieniowe światła cewek w trzech reprezentatywnych (tj. nie zawierających zaburzeń) rzędach komórek. Analiza została przeprowadzona na wybarwionym safraniną i astra blue przekroju poprzecznym So 1a.

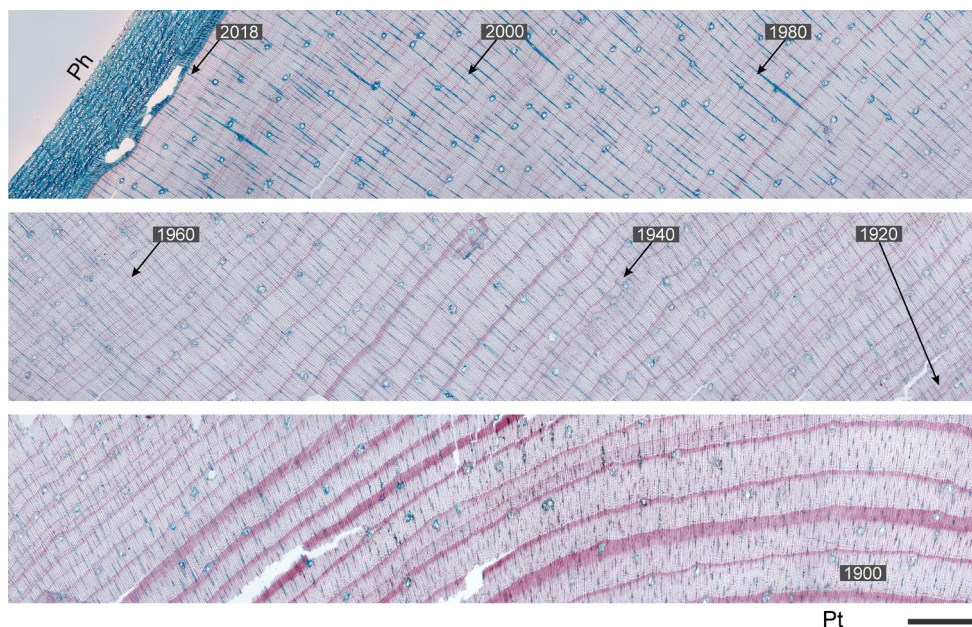
W celu określenia zmiany przebiegu długich osi cewek (zmiany nachylenia komórek drewna) w badanych wywiertach, analizie poddane zostały preparaty styczne pozyskane z wywiertów So 1d oraz So 1e (Ryc. 4). Wyznaczono kierunki, wzdłuż których ułożone były długie osie cewek w oddalonych od siebie warstwach drewna oraz określono zakres zmiany nachylenia pomiędzy tymi warstwami. W analizie nie uwzględniono orientacji (Z/S) komórek.



## WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza przekrojów poprzecznych reliktywnej sosny zwyczajnej z Sokolicy pozwoliła stwierdzić, że drewno gałęzi tego osobnika charakteryzuje się niewielkimi przyrostami rocznymi. Przekrój poprzeczny o długości ~5,8 cm, uzyskany z wywiertu So1a, zawiera przyrosty roczne drewna odłożone w latach 1881–2018; przekrój poprzeczny o długości ~6,0 cm, uzyskany z wywiertu So1d, zawiera przyrosty roczne drewna odłożone w latach 1871–2018; przekrój poprzeczny o długości ~4,9 cm, uzyskany z wywiertu So1e, zawiera przyrosty roczne drewna odłożone w latach 1900–2018 (przekroje mierzono wraz z floemem) (Ryc. 5).

Jednym z najbardziej wyrazistych przykładów niewielkiej szerokości odłożonego przyrostu drewna jest przyrost uformowany w 2000 roku (przekrój poprzeczny So1a, Ryc. 6B). Zauważyć można, że w ciągu całego sezonu wegetacyjnego kambium waskularne odłożyło zaledwie dwie warstwy komórek (Ryc. 7). W tym miejscu warto podkreślić, że jest to szczególny przypadek, w którym całe drewno wczesne tego przyrostu tworzone jest przez jedną warstwę komórek. Również drewno późne składa się z jednej warstwy komórek (Ryc. 7). Komórki drewna późnego posiadają wyraźne węższe światła niż komórki drewna wczesnego.



**Ryc. 5.** Przekrój poprzeczny o grubości ~20  $\mu\text{m}$  uzyskany z wywiertu So1e. Sfotografowany fragment zawiera przyrosty roczne drewna odłożone w latach 1900–2018. Pasek skali = 1000  $\mu\text{m}$  (1 mm). Ph – floem (ang. *phloem*). Pt – rdzeń (ang. *pith*)

**Fig. 5.** Transverse section of thickness of ~20  $\mu\text{m}$  obtained from So1e increment core. Photographed fragment contains growth rings of wood deposited in years 1900–2018. Scale bar = 1000  $\mu\text{m}$  (1 mm). Ph – phloem. Pt – pith

### *Przyrosty brakujące i zanikające*

W trakcie analizy poszczególnych przekrojów poprzecznych kilkakrotnie stwierdzono brak wybranych przyrostów rocznych. Należy nadmienić, że brak określonego przyrostu drewna w badanym fragmencie gałęzi nie oznacza, że w innym fragmencie tej samej gałęzi również będzie on nieobecny. Na przykład we fragmencie So1a nie odnotowano obecności przyrostu rocznego odłożonego w 1922 roku (Ryc. 8A). Przyrost drewna odłożony w 1922 roku był z kolei obecny w próbce So1d (średnia szerokość utworzonego przyrostu – 103  $\mu\text{m}$ ) oraz w próbce So1e (średnia szerokość utworzonego przyrostu – 58  $\mu\text{m}$ ) (Ryc. 8B, C). Opisana powyżej sytuacja (dotycząca obecności lub braku przyrostów rocznych drewna w poszczególnych próbkach pobranych z gałęzi) wiąże się z występowaniem tzw. przyrostów zanikających (Krzysik 1975). Przyrosty takie, to przyrosty zanikające wzdłuż osi pnia lub gałęzi, np. w ich dolnej części (Krzysik 1975, Evert 2006), a także przyrosty występujące tylko w niektórych sektorach przekroju poprzecznego pnia/gałęzi. W drugim przypadku przyrosty nie tworzą ciągłych pokładów w obrębie gałęzi i pni. Lokalne zanikanie przyrostu rocznego ukazane jest na rycinie 6A (przyrost wytworzony w 1889 roku). Przyrosty charakteryzujące się lokalnym zanikiem w danych sektorach przekroju poprzecznego łodygi przyjmują charakterystyczną, półksiężycowatą formę (Ryc. 9). Jako przykładową przyczynę zanikania przyrostu podaje się niedobór substancji odżywczych (Krzysik 1975).

### *Jasne pierścienie*

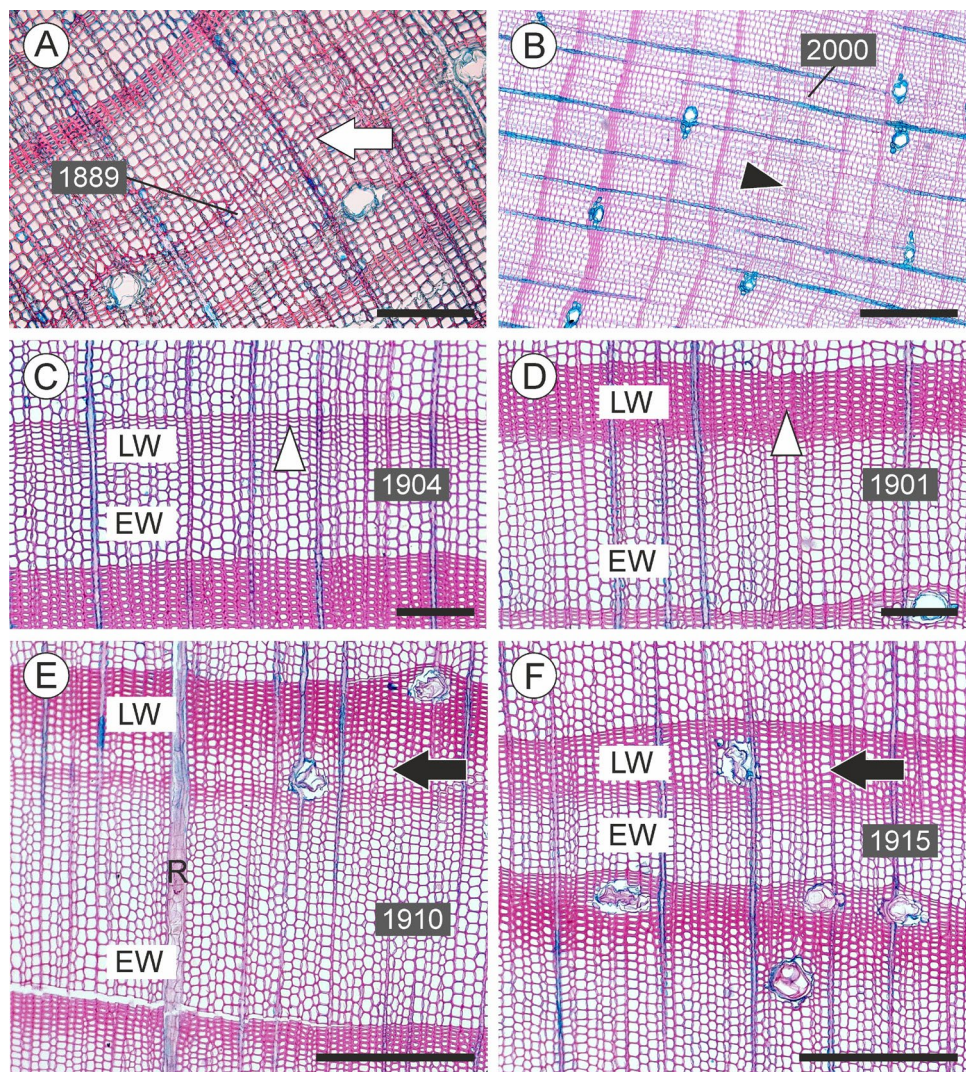
Przeprowadzone obserwacje sosny pozwoliły stwierdzić obecność przyrostów rocznych posiadających nietypowo wykształcone komórki drewna późnego. Jak wspomniano we wstępie, typowy słoje roczny drzewa iglastego (rosnącego w klimacie umiarkowanym) posiada dwie charakterystyczne strefy: drewno wczesne (odkładane na początku sezonu wegetacyjnego) oraz drewno późne (odkładane w późniejszym okresie sezonu wegetacyjnego). Komórki drewna wczesnego posiadają cienkie ściany komórkowe oraz szerokie światła, zaś komórki drewna późnego grube ściany komórkowe i niewielkie światła (Kokociński 2005, Ryc. 6D). Grubość ścian komórkowych typowych cewek w drewnie wczesnym sosny zwyczajnej wynosi zwykle od 1  $\mu\text{m}$  do 3  $\mu\text{m}$ , w drewnie późnym od 3  $\mu\text{m}$  do 10  $\mu\text{m}$  (Kokociński 2005). Obserwowane cewki nietypowego drewna późnego posiadały z kolei relatywnie cienkie ściany komórkowe, które niejednokrotnie nie różniły się pod względem grubości od ścian cewek drewna wczesnego. Cechą odróżniającą komórki drewna wczesnego od komórek drewna późnego była ich średnica promieniowa. Omawiana sytuacja widoczna jest na rycinie 6C (przyrost roczny utworzony w 1904 roku). W analizowanych próbkach sosny słoje posiadające nietypowe drewno późne występowały stosunkowo często. Ze względu na niewielką grubość ścian komórek w drewnie późnym, podczas obserwacji opisywane słoje widoczne były w postaci jasnych pierścieni. W literaturze anglojęzycznej słoje takie określa się mianem *light rings* (Bräuning i in. 2016). Jasne pierścienie różnią się zdecydowanie od przyrostów rocznych, które obserwowane są zazwyczaj u sosny



zwyczajnej – przyjmuje się, że pierścienie przyrostu rocznego w obrębie tego gatunku są wyraźne (Kokociński 2005).

### Fluktuacje gęstości drewna

Kolejną, specyficzną cechą budowy drewna reliktywnej sosny zwyczajnej jest występowanie fluktuacji gęstości drewna w obrębie obserwowanych przyrostów rocznych. Przykładowe fluktuacje gęstości drewna w obrębie przyrostów rocznych przedstawiono



**Ryc. 6.** Budowa drewna reliktywnej sosny zwyczajnej rosnącej na Sokolicy. Widok przekroju poprzecznego. A – słoń zanikający utworzony w 1889 roku (wskazany białą strzałką); B – ekstremalnie wąski słoń roczny drewna utworzony w 2000 roku (wskazany czarnym grotem strzałki). Na przyrost ten składa się jedna warstwa komórek drewna wczesnego (komórki o większych światłach) oraz jedna

na rycinie 6E i 6F (fluktuacje uformowane kolejno w 1910 i 1915 roku). Fluktuacje gęstości drewna mogą być tworzone w różnych częściach słoju rocznych (De Micco i in. 2016). Fluktuacje te mogą dawać złudne wrażenie występowania większej liczby słoju rocznych niż sezonów, w których odkładane były kolejne warstwy drewna. Dzieje się tak ze względu na zwiększenie liczby widocznych pasm (jasnych i ciemnych) w obrębie próbki. W związku z tym, zaznaczające się fluktuacje gęstości drewna często zwane były w literaturze naukowej słojami fałszywymi lub pozornymi (Krzysik 1975; Zimmermann, Brown 1981; De Micco i in. 2016).

Wśród przyczyn występowania fluktuacji gęstości drewna w obrębie przyrostów rocznych wymienia się m.in. niską temperaturę, suszę, jak również utratę liści na skutek gradacji owadów (Krzysik 1975, Hejnowicz 2012). Obserwacje preparatów anatomicznych sosny z Sokolicy umożliwiły dostrzeżenie różnicy pomiędzy prawdziwymi przyrostami rocznymi a fluktuacjami gęstości drewna. W przypadku analizowanych próbek fluktuacje gęstości drewna charakteryzowały rozmyte granice (Ryc. 6E i 6F). Granice pomiędzy przyrostami rocznymi (a więc drewnem późnym określonego przyrostu oraz drewnem wczesnym kolejnego przyrostu) były ostre i wyraźne.

Ryc. 6. kont.

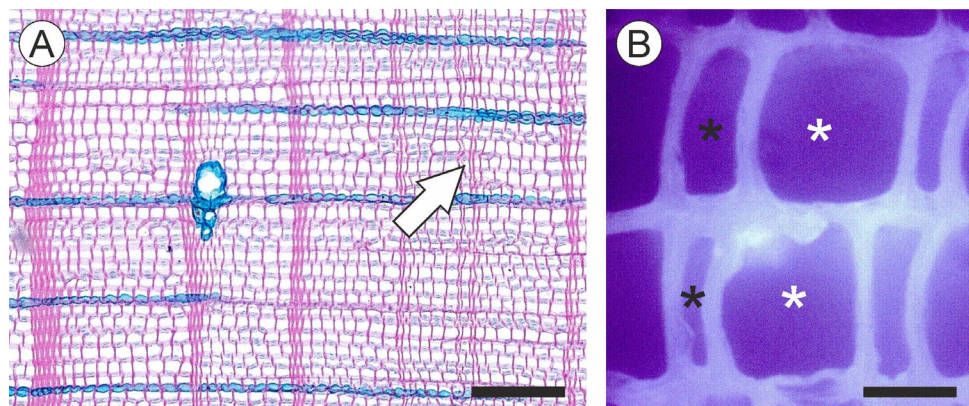
warstwa komórek drewna późnego (komórki o mniejszych światłach); C – przyrost roczny utworzony w 1904 roku, charakteryzujący się nietypową budową drewna późnego (wskazane białym grotem strzałki). Komórki drewna późnego posiadają niewielki wymiar promieniowy, jednak ich ściany są stosunkowo cienkie – ich grubość jest porównywalna do grubości ścian komórek drewna wczesnego; D – przyrost roczny utworzony w 1901 roku. Komórki drewna późnego (wskazanego białym grotem strzałki) posiadają niewielki wymiar promieniowy, a ich ściany są wyraźnie grubsze od ścian komórek w drewnie wczesnym; E, F – fluktuacje gęstości drewna (wskazane czarnymi strzałkami) w obrębie przyrostów rocznych odłożonych w 1910 i 1915 roku. W przypadku obserwacji przeprowadzanych bez specjalistycznego sprzętu lub w przypadku zastosowania niewystarczającego powiększenia fluktuacje gęstości w obrębie przyrostów rocznych mogą być mylnie klasyfikowane jako dodatkowe słoje drewna.

EW – drewno wczesne (ang. *earlywood*), LW – drewno późne (ang. *latewood*), R – promień (ang. *ray*). Ryciny A–F zawierają fotografie preparatu uzyskanego z wywiertu So1a. Paski skali = 200  $\mu\text{m}$  (A, C, D) i 500  $\mu\text{m}$  (B, E, F)

**Fig. 6.** Structure of xylem of relict *Pinus sylvestris* growing on Sokolica Mountain. Transverse sections are shown. A – discontinuous ring deposited in 1889 (indicated by white arrow); B – extremely narrow annual ring deposited in 2000 (indicated by black arrowhead). This ring consists of only one layer of earlywood cells (cells with larger lumina) and one layer of latewood cells (cells with smaller lumina); C – annual ring deposited in 1904, characterized by unusual structure of latewood (indicated by white arrowhead). Latewood cells have small radial dimension, but their walls are relatively thin – their thickness is comparable to thickness of walls of earlywood cells; D – annual ring deposited in 1901. Latewood cells (indicated by white arrowhead) have small radial dimension and their walls are clearly thicker than those of earlywood cells; E, F – intra-annual density fluctuations (indicated by black arrows) within annual rings deposited in 1910 and 1915. When observations are carried out without specialized equipment or when insufficient magnification is applied, intra-annual density fluctuations within annual rings may be mistakenly classified as additional annual rings.

EW – earlywood, LW – latewood, R – ray. Figures A–F show photographs of section obtained from So1a increment core. Scale bars = 200  $\mu\text{m}$  (A, C, D) and 500  $\mu\text{m}$  (B, E, F)





**Ryc. 7.** Ekstremalnie wąski przyrost roczny drewna. A – przyrost roczny utworzony w 2000 roku, składający się z dwóch warstw komórek (wskazany białą strzałką); B – ten sam przyrost ukazany w technice mikroskopii fluorescencyjnej i pod większym powiększeniem. Białymi gwiazdkami oznaczono cewki drewna wczesnego. Czarnymi gwiazdkami oznaczono cewki drewna późnego. Ryciny A i B ukazują fotografie preparatu uzyskanego z wywiertu So1a. Paski skali = 200  $\mu\text{m}$  (A) i 20  $\mu\text{m}$  (B)

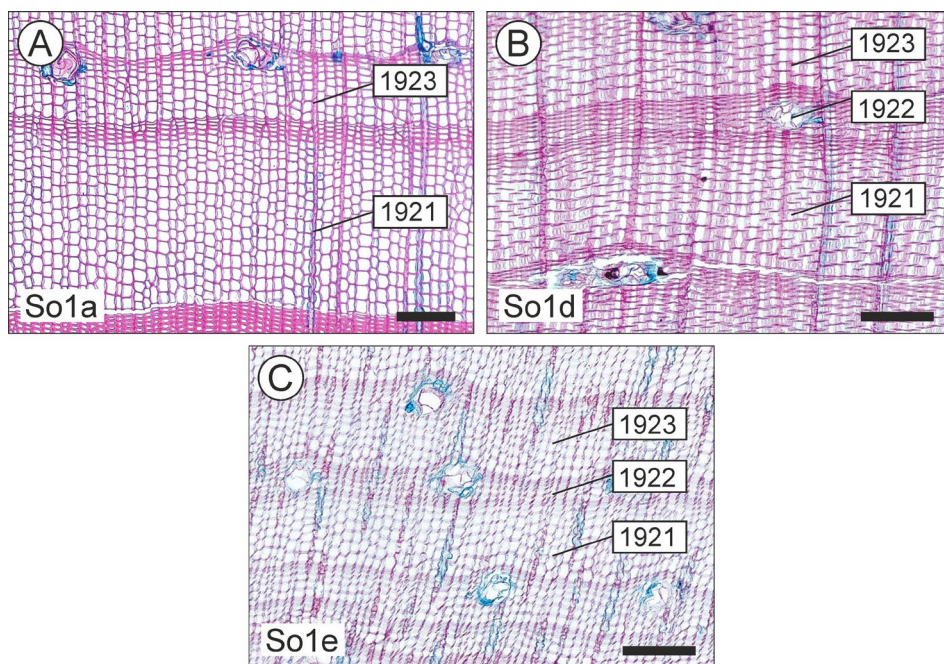
**Fig. 7.** Extremely narrow annual ring of wood. A – annual ring deposited in 2000, consisting of just two layers of cells (indicated by white arrow); B – same ring observed using fluorescence microscopy technique and under higher magnification. Earlywood tracheids are indicated by white asterisks. Latewood tracheids are indicated by black asterisks. Figures A and B show photographs of section obtained from So1a increment core. Scale bars = 200  $\mu\text{m}$  (A) and 20  $\mu\text{m}$  (B)

#### *Analiza rzędów promieniowych komórek*

Na rycinie 10 przedstawiono wymiary promieniowe światła komórek w trzech różniących się przyrostach rocznych drewna gałęzi sosny. Pierwszy z przeanalizowanych przyrostów rocznych, odłożony w 1920 roku, cechowało dobrze wykształcone drewno późne – cewki tego przyrostu posiadały wyraźnie grubsze ściany oraz zdecydowanie mniejsze światła od cewek drewna wczesnego (Ryc. 10A). W przyroście rocznym odłożonym w 1917 roku, który posiadał nietypowe drewno późne (przyrost typu jasny pierścień), obserwowane cewki drewna późnego również miały mniejsze światła niż cewki drewna wczesnego (Ryc. 10B). Różnice wymiarów promieniowych pomiędzy cewkami późnymi i wczesnymi nie były jednak tak wyraźne, jak te obserwowane w przyroście rocznym wytworzonym w 1920 roku, a zmiana wymiaru promieniowego światła komórek w trakcie przejścia z drewna wczesnego na drewno późne miała o wiele łagodniejszy charakter. Światła cewek drewna późnego w przypadku jasnego pierścienia (1917 rok) charakteryzowały się wyraźnie większym wymiarem promieniowym niż cewki drewna późnego w typowym przyroście rocznym (1920 rok). W przypadku przyrostu rocznego zawierającego fluktuację gęstości drewna (Ryc. 10C) spadek wymiaru promieniowego światła komórek w analizowanych rzędach nastąpił dwukrotnie – około połowy utworzonego przyrostu oraz w jego końcowej części.

Warto mieć na uwadze, że liczba komórek w obrębie rzędów promieniowych tego samego przyrostu rocznego wcale nie musi być identyczna. Przykładowo, liczba

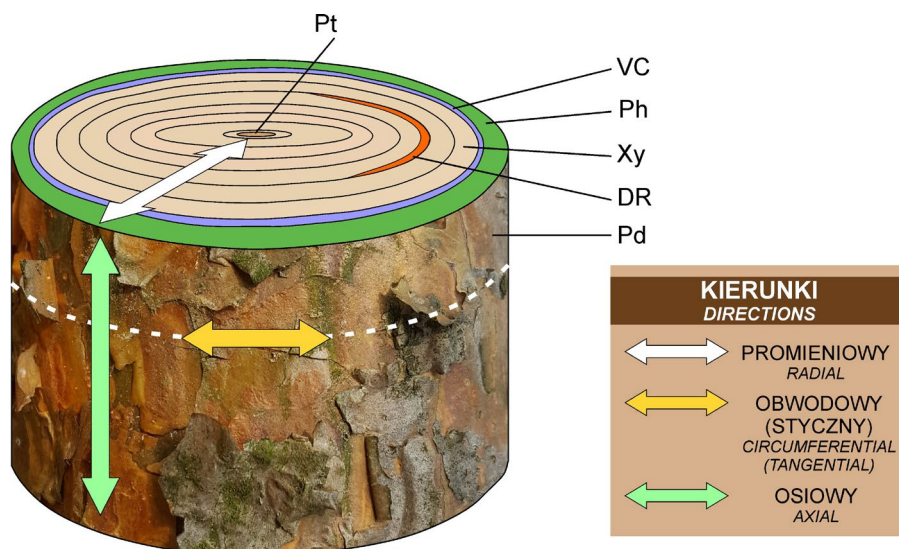




**Ryc. 8.** Lokalne różnice w formowaniu przyrostu drewna w obrębie gałęzi reliktywnej sosny zwyczajnej z Sokolicy na przykładzie 1922 roku. A – fragment przekroju poprzecznego uzyskanego z wywiertu So1a; B – fragment przekroju poprzecznego uzyskanego z wywiertu So1d; C – fragment przekroju poprzecznego uzyskanego z wywiertu So1e. W obrębie wywiertu So1a nie odnotowano obecności komórek drewna odłożonych w 1922 roku. Średnia szerokość odłożonego pokładu drewna w 1922 roku wynosiła 103  $\mu\text{m}$  w przypadku wywiertu So1d oraz 58  $\mu\text{m}$  w przypadku wywiertu So1e. Obraz komórek na rycinie B i C wydaje się nieostry na skutek nieprostokątnego ułożenia długich osi cewek względem płaszczyzny cięcia próbek. Długie osie cewek wykazywały prostopadłe ułożenie względem płaszczyzny cięcia w innych obszarach wykonanych przekrojów. Paski skali = 200  $\mu\text{m}$

**Fig. 8.** Local differences in formation of growth rings within branch of relict *Pinus sylvestris* from Sokolica, for example of 1922 growth ring. A – fragment of transverse section obtained from So1a increment core; B – fragment of transverse section obtained from So1d increment core; C – fragment of transverse section obtained from So1e increment core. No xylem cells were deposited in 1922 within So1a increment core. Average width of deposited xylem in 1922 was 103  $\mu\text{m}$  in case of So1d increment core, and 58  $\mu\text{m}$  in case of So1e increment core. Outlines of cells in figures B and C seem blurry due to non-perpendicular alignment of long axes of tracheids in relation to cutting plane of samples. Long axes of tracheids were oriented perpendicularly to cut plane in other areas of prepared sections. Scale bars = 200  $\mu\text{m}$

komórek w analizowanych rzędach promieniowych przyrostu rocznego z 1920 roku wyniosła 17, 19 i 20 (Ryc. 10A). Nieznaczne różnice liczby komórek w poszczególnych rzędach promieniowych obserwuje się nawet w przypadkach, gdy analizowany przyrost roczny wydaje się być koncentryczny i równomierny wzdłuż obwodu gałęzi. Omawiane różnice dotyczące rzędów promieniowych związane są z aktywnością komórek inicjalnych. W każdym rzędzie promieniowym występuje jedna komórka pełniąca funkcję inicjału (Srivastava 1973, Berlyn 1982), która odkłada pochodne zachowujące



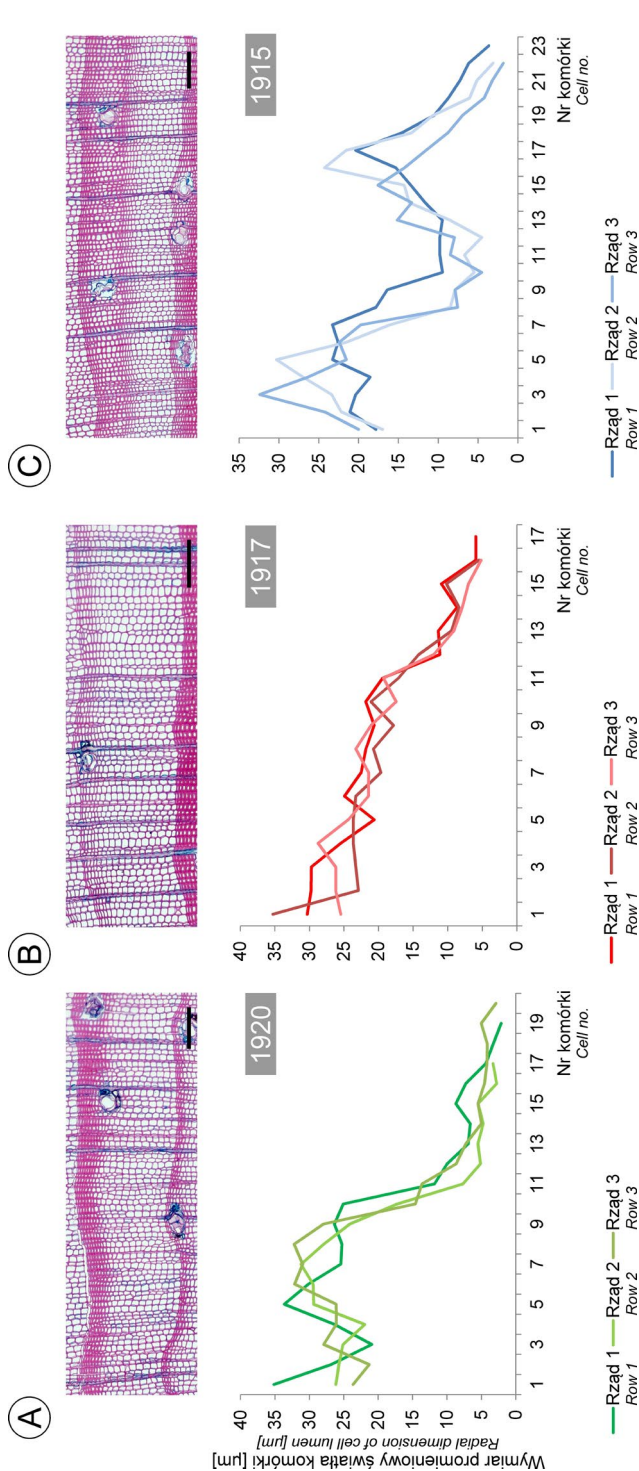
**Ryc. 9.** Budowa fragmentu kilkulatniej gałęzi uwidoczniła na przekroju poprzecznym. Kolorem pomarańczowym oznaczono zanikający słoje drewna, nietworzący ciągłej warstwy. Słoje ten (widziany na przekroju poprzecznym) przybiera kształt półksiężyca. W zależności od miejsca pobrania materiału do badań anatomicznych, słoje ten będzie lub nie będzie widoczny na preparacie.

Pt – rdzeń (ang. *pith*), VC – kambium naczyniowe (ang. *vascular cambium*), Ph – floem (ang. *phloem*), Xy – ksylem (drewno; ang. *xylem*), DR – słoje zanikający (ang. *discontinuous ring*), Pd – peryderma (ang. *periderm*)

**Fig. 9.** Structure of several-year-old branch visible in transverse section. Discontinuous ring is marked in orange. This growth ring does not form continuous layer and is visible in cross-section as crescent shape. Depending on location of sampling, such growth rings will or will not be visible in transverse section.

Pt – pith, VC – vascular cambium, Ph – phloem, Xy – xylem, DR – discontinuous ring, Pd – periderm

tymczasową zdolność do podziałów (Wilson i in. 1966). Cewki powstają z pochodnych tzw. inicjałów wrzecionowatych (Beck 2010). Jak się okazuje, aktywność komórek inicjalnych nie jest w pełni zsynchronizowana (Srivastava 1973), co może tłumaczyć obserwowane, niewielkie różnice w liczbie odłożonych komórek pomiędzy poszczególnymi rzędami promieniowymi. Wspomniane inicjały wrzecionowate odkładają zarówno pochodne, które ulegną różnicowaniu w wybrane komórki drewna (pochodne odkładane w sposób dośrodkowy), jak również pochodne, które ulegną różnicowaniu w wybrane komórki łyka (pochodne odkładane w sposób odśrodkowy) (Ryc. 9). Warto zauważyć, że zdecydowanie wyraźniejsze zmiany liczby komórek zawartych w rzędach promieniowych tego samego przyrostu występują w przypadku opisanych już słoje zanikających. Zmiany liczby komórek w rzędach promieniowych są również znaczne w przypadku występowania tzw. ekscentrycznych przyrostów drewna, czyli przyrostów rocznych posiadających różną szerokość w poszczególnych sektorach przekroju poprzecznego gałęzi lub pnia (Evert 2006). Przykładowo u robinii akacjowej (*Robinia pseudoacacia* L.) zaobserwowano odkładanie większej ilości tkanki po nasłonecznionej



**Ryc. 10.** Wymiary promiennie światła komórek w trzech przyrostach rocznych reliktywnej sosny zwyczajnej z Sokolicy. A – przyrost roczny z typowo wykształconym drewnem późnym (przyrost odłożony w 1920 roku). Cewki drewna późnego posiadają niewielki wymiar promienny światła oraz grube ściany komórkowe; B – przyrost roczny, w obrębie którego wykształciło się nietypowe drewno późne posiadające stosunkowo cienkie ściany (przyrost odłożony w 1917 roku); C – przyrost roczny zawierający fluktuację gęstości drewna (przyrost odłożony w 1915 roku). W obrębie każdego ze wskazanych przyrostów rocznych zmierzono wymiary promiennie światła komórek w trzech rzędach promiennych (rząd 1–3). Powyższej wykresów ukazano fotografie analizowanych przyrostów rocznych. Ryciny A–C ukazują fotografie preparatu uzyskanego z wywiertu So1a. Paski skali = 200 µm

**Fig. 10.** Radial dimensions of cell lumen as observed in three growth rings of relict *Pinus sylvestris* from Sokolica. A – annual ring with typically developed latewood (deposited in 1920). Latewood tracheids have small radial dimension of lumen and thick cell walls; B – annual ring with atypical latewood with relatively thin cell walls (deposited in 1917); C – annual ring with intra-annual density fluctuation (IADF) (deposited in 1915). Radial dimension of cell lumen was measured in cells of three radial rows (row 1–3) for each examined annual ring. Micrographs with analyzed annual rings are shown above charts. Figures A–C show photographs of section obtained from So1a increment core. Scale bars = 200 µm



(południowej) niż ocienionej (północnej) stronie pni drzew rosnących na skraju drzewostanu na początku sezonu wegetacyjnego (Miodek i in. 2020).

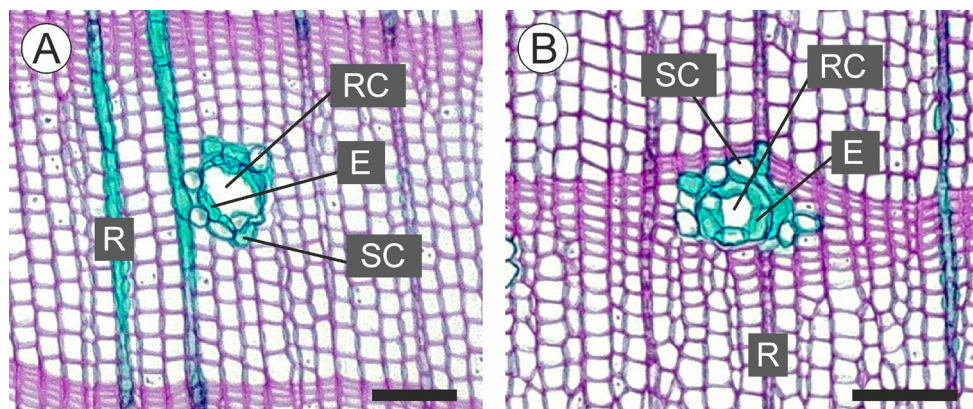
#### *Cechy budowy drewna a określenie wieku próbki*

W trakcie omawiania wyników przeprowadzonej analizy nie sposób pominąć zagadnienia określania wieku badanej próbki. Jak powszechnie wiadomo, w każdym roku (w strefie klimatu umiarkowanego) odkładany jest standardowo jeden słoje przyrostu rocznego drewna. Przyjmuje się, że różnice w budowie drewna wczesnego i późnego drzew iglastych skutkują powstawaniem dobrze widocznych pasm, które zaobserwować można bez użycia specjalistycznego sprzętu (Kokociński 2005). Obserwacje takie możliwe są jednak w przypadku, gdy drewno wczesne i późne posiada wystarczającą szerokość. Dostrzeżenie ekstremalnie wąskiego przyrostu rocznego, jak ten odłożony w roku 2000 (próbka So1a – przyrost, na którego szerokość składa się jedna komórka drewna wczesnego i jedna komórka drewna późnego – ryc. 7B) możliwe jest wyłącznie przy zastosowaniu odpowiedniego powiększenia. Występowanie bardzo wąskich przyrostów rocznych, słoje posiadających słabo wyróżnialne drewno późne (jasne pierścienie), słoje zanikających (tym samym słoje nieobecnych w części próbek), jak również fluktuacji gęstości drewna, stanowi znaczne utrudnienie podczas określania wieku badanego materiału. Rozpoznanie poszczególnych przyrostów rocznych w drewnie osobnika relikтового wymagało m.in. wykonania odpowiednio cienkich preparatów anatomicznych i przeprowadzenia obserwacji z zastosowaniem odpowiedniego powiększenia.

#### *Budowa promieni i przewodów żywicznych*

Analiza anatomicznych przekrojów poprzecznych i stycznych pozwoliła stwierdzić, że rzędowość promieni (tj. liczba komórek w najszerszym miejscu) w gałęzi reliktovej sosny jest typowa dla przedstawiciela gatunku sosny zwyczajnej (Kokociński 2005). W drewnie obserwowano występowanie promieni jednorzędowych (przykładowo promienie oznaczone na ryc. 11). Analiza przekrojów stycznych w technice fluorescencji pozwoliła stwierdzić obecność promieni wrzecionowatych, które zawierały poprzeczne przewody żywiczne (Ryc. 13A i 14A). Promienie takie zaobserwować można również na przekrojach poprzecznych, jednak występują one z mniejszą częstotliwością niż promienie jednorzędowe (przykładowo promień oznaczony jako „R” na ryc. 6E).

Wspomniane już poprzeczne przewody żywiczne są jednym z dwóch typów przewodów występujących u sosny (Malinowski 1973, Kokociński 2005). Drugi typ stanowią podłużne przewody żywiczne, które były często obserwowane w analizowanych próbkach. Na rycinie 11 przedstawiono przykłady kompleksów komórek tworzących podłużne (osiowe) przewody żywiczne. W skład takiego kompleksu wchodzi: kanał żywiczny, komórki epitelialne (warstwa komórek zlokalizowana bezpośrednio wokół kanału) oraz komórki pomocnicze (pozostałe komórki należące do kompleksu) (omówione w: Wiedenhoft, Miller 2002). Jak widać na rycinie 12, umiejscowienie podłużnych przewodów żywicznych w obrębie przyrostów rocznych drewna może być różne.



**Ryc. 11.** Budowa podłużnych przewodów żywicznych reliktywnej sosny zwyczajnej z Sokolicy. A – kompleks żywiczny utworzony w sąsiedztwie promienia; B – kompleks żywiczny, przez który przebiega promień.

RC – kanał żywiczny (ang. *resin canal*), E – komórki epithelialne (ang. *epithelial cells*), SC – komórki pomocnicze (ang. *subsidiary cells*), R – promień (ang. *ray*). Ryciny A i B ukazują fotografie preparatu uzyskanego z wywiertu So1d. Paski skali = 100  $\mu$ m

**Fig. 11.** Anatomical structure of axial resin canal complexes of relict from Sokolica. A – resin canal complex formed in vicinity of ray; B – resin canal complex with ray passing through it.

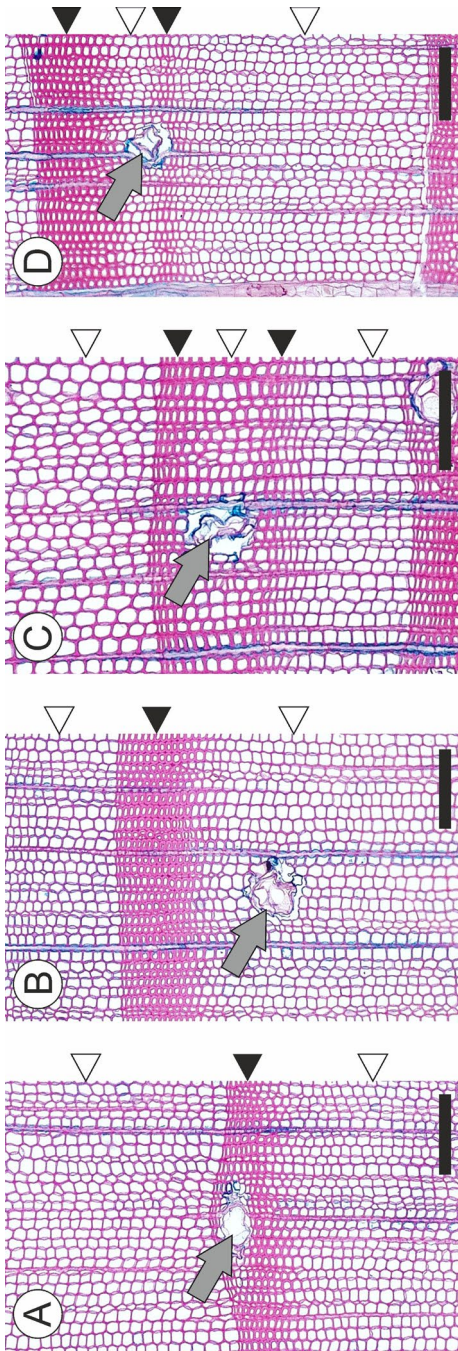
RC – resin canal, E – epithelial cells, SC – subsidiary cells, R – ray. Figures A and B show fragments of section obtained from So1d increment core. Scale bars = 100  $\mu$ m

### *Zmiana nachylenia komórek w drewnie*

Wybarwione preparaty poprzeczne drewna pozwoliły zaobserwować stopniową zmianę nachylenia komórek w obrębie próbek So1d oraz So1e. W przypadku przekroju poprzecznego So1a długie osie cewek wykazywały mniej więcej prostopadłe ułożenie względem płaszczyzny cięcia w całym obszarze przekroju. W związku z tym, do analizy zmiany nachylenia komórek wykorzystano wyłącznie wywierty So1d oraz So1e. Stwierdzono, że w próbce So1d długie osie cewek, widoczne na przekrojach stycznych oddalonych od siebie o  $\sim 3,9$  cm, zmieniły swoje nachylenie o  $\sim 47^\circ$  (Ryc. 13). W próbce So1e długie osie cewek, widoczne na przekrojach stycznych oddalonych od siebie o  $\sim 2,9$  cm, zmieniły swoje nachylenie o  $\sim 33^\circ$  (Ryc. 14).

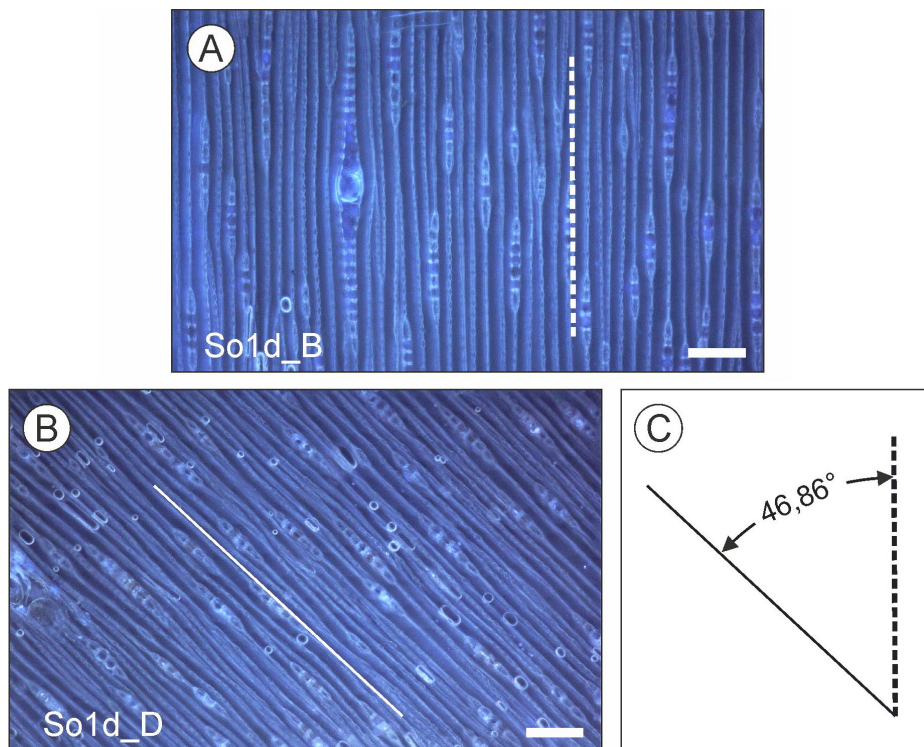
Jak widać na podstawie analizy próbek So1a, So1d oraz So1e, zmiana nachylenia komórek może występować sektorowo (w określonych obszarach gałęzi). Obserwacja ta stoi w zgodzie ze stwierdzeniem, iż nachylenie komórek nie musi być jednakowe na różnych wysokościach pnia lub gałęzi (Fahn 1990). Należy zaznaczyć, że zmieniające się nachylenie komórek stanowi kolejny czynnik utrudniający określenie wieku próbki, np. jeżeli zmianie nachylenia komórek towarzyszy występowanie fluktuacji gęstości drewna (tak jak w badanych próbkach). W obszarach preparatów, w których komórki wykazują skośne ułożenie długich osi względem płaszczyzny cięcia trudniej jest odróżnić prawdziwą granicę przyrostu rocznego od granicy występowania fluktuacji gęstości drewna.





**Ryc. 12.** Różne warianty rozmieszczenia przewodów żywicznych w obrębie przyrostów rocznych drewna reliktovej sosny zwyczajnej z Sokolicy. Widok przekroju poprzecznego. A – przewód żywiczny utworzony w obrębie drewna późnego; B – przewód żywiczny utworzony w obrębie drewna wczesnego; C, D – przewody żywiczne utworzone w okolicy fluktuacji gęstości drewna. Szarymi strzałkami wskazano przewody żywiczne. Białymi grotami strzałek wskazano komórki drewna wczesnego i komórki przypominające komórki drewna wczesnego. Czarnymi grotami strzałek wskazano komórki drewna późnego. Ryciny A–D ukazują fotografie preparatu uzyskanego z wywiertu Soł a. Paski skali = 200 µm

**Fig. 12.** Different locations of resin canal complexes within annual ring of wood of relict *Pinus sylvestris* from Sokolica. Transverse view. A – resin canal complex formed within latewood; B – resin canal complex formed within earlywood; C, D – resin canal complexes formed in vicinity of intra-annual density fluctuations. Grey arrows indicate considered resin canal complexes. White arrowheads indicate earlywood cells and cells resembling earlywood cells. Black arrowheads indicate latewood cells. Figures A–D show fragments of section obtained from Soł a increment core. Scale bars = 200 µm

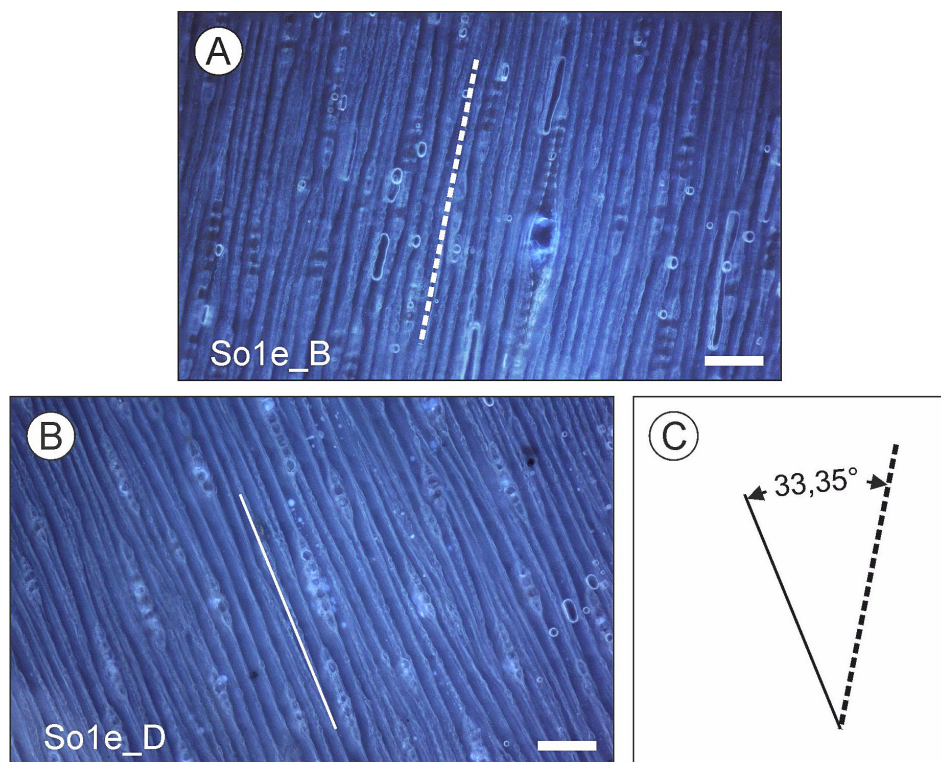


**Ryc. 13.** Zmiana nachylenia komórek drewna w obrębie gałęzi reliktywnej sosny zwyczajnej z Sokolicy. Wywierci So1d. A – przekrój styczny So1d\_B. Biała, przerywana linia wyznacza kierunek ułożenia długich osi cewek; B – przekrój styczny So1d\_D. Biała, ciągła linia wyznacza kierunek ułożenia długich osi cewek; C – zestawienie kierunków przebiegu długich osi cewek na dwóch sfotografowanych płaszczyznach stycznych. Długości osi cewek zmieniają nachylenie o  $\sim 47^\circ$  pomiędzy rozpatrywanymi przekrojami stycznymi. W analizie nie uwzględniono orientacji komórek. Paski skali = 100  $\mu\text{m}$

**Fig. 13.** Change in inclination of xylem cells within branch of relict *Pinus sylvestris* from Sokolica. So1d increment core. A – tangential section So1d\_B. Dashed white line indicates direction of long axes of tracheids; B – tangential section So1d\_D. Solid white line indicates direction of long axes of tracheids; C – juxtaposition of directions of long axes of tracheids of compared tangential sections. Tracheids change their inclination by  $\sim 47^\circ$  between these sections. Orientation (Z/S) of cells was not considered in this analysis. Scale bars = 100  $\mu\text{m}$

#### *Zaburzenie regularności przebiegu rzędów promieniowych komórek*

W trakcie przeprowadzania obserwacji odnotowano wystąpienie zaburzenia regularności przebiegu rzędów promieniowych komórek w obrębie przyrostu rocznego utworzonego w 1913 roku (zaburzenie to obecne jest w próbce So1a). Jak widać na rycinie 15A w obrębie zaburzenia cewki wykazują znaczne zróżnicowanie wymiarów poprzecznych. Ponieważ omawiane zaburzenie wystąpiło już w pierwszych odłożonych warstwach drewna tego przyrostu, można wnioskować, że czynnik odpowiedzialny za nietypową aktywność kambium waskularnego oddziaływał na nie co najmniej od początku sezonu wegetacyjnego.

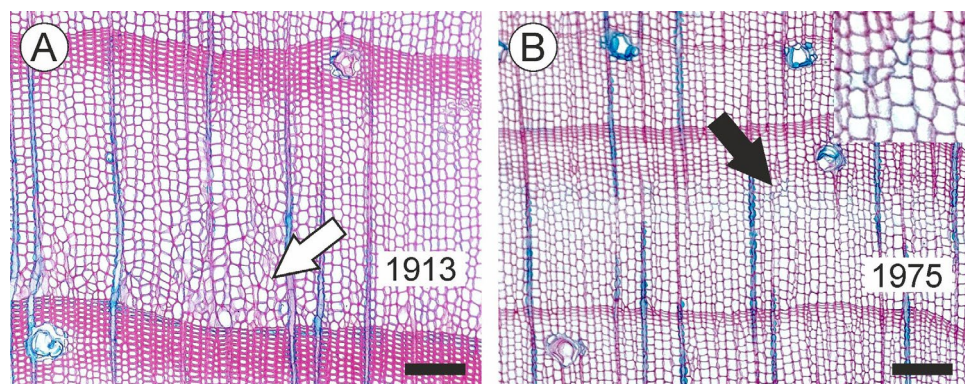


**Ryc. 14.** Zmiana nachylenia komórek drewna w obrębie gałęzi reliktywnej sosny zwyczajnej z Sokolicy. Wywiert So1e. A – przekrój styczny So1e\_B. Biała, przerywana linia wyznacza kierunek ułożenia długich osi cewek; B – przekrój styczny So1e\_D. Biała, ciągła linia wyznacza kierunek ułożenia długich osi cewek; C – zestawienie kierunków przebiegu długich osi cewek na dwóch sfotografowanych płaszczyznach stycznych. Długość osi cewek zmieniają nachylenie o  $\sim 33^\circ$  pomiędzy rozpatrywanymi przekrojami stycznymi. W analizie nie uwzględniono orientacji komórek. Paski skali = 100  $\mu\text{m}$

**Fig. 14.** Change in inclination of xylem cells within branch of relict *Pinus sylvestris* from Sokolica. So1e increment core. A – tangential section So1e\_B. Dashed white line indicates direction of long axes of tracheids; B – tangential section So1e\_D. Solid white line indicates direction of long axes of tracheids; C – juxtaposition of directions of long axes of tracheids of compared tangential sections. Tracheids change their inclination by  $\sim 33^\circ$  between these sections. Orientation (Z/S) of cells was not considered in this analysis. Scale bars = 100  $\mu\text{m}$

W kontekście rozważania przyczyn występowania zmian w obrębie omawianego słoju rocznego warto zauważyć, iż w 1912 roku doszło do potężnej erupcji wulkanicznej. Wybuch wulkanu Novarupta na Alasce nastąpił w czerwcu – był to największy wybuch wulkaniczny odnotowany w XX wieku (Nguyen i in. 2014). Stwierdzono, że takie zjawisko może powodować czasowe oziębienie, co związane jest z wytworzeniem i uwolnieniem do atmosfery wulkanicznych aerozoli (Minnis i in. 1993). Należy podkreślić, że temperatura stanowi jeden z ważniejszych czynników związanych z aktywnością kambium waskularnego (Begum i in. 2016). W związku z tym warto postawić hipotezę, iż wystąpienie omawianego zaburzenia jest skutkiem wpływu





**Ryc. 15.** Przekroje poprzeczne drewna gałęzi reliktywnej sosny zwyczajnej z Sokolicy. A – zaburzenie rzędownego układu komórek drewna (wskazane białą strzałką) w obrębie przyrostu rocznego utworzonego w 1913 roku; B – przyrost roczny odłożony w 1975 roku. Część komórek drewna wczesnego (wskazane czarną strzałką) wykazuje mniejszy stopień zliwnifikowania ścian od pozostałych komórek drewna wczesnego. Rycina A ukazuje fotografię preparatu uzyskanego z wywiertu So1a, rycina B – So1d. Paski skali = 200  $\mu$ m

**Fig. 15.** Transverse sections of wood of branch obtained from relict *Pinus sylvestris* from Sokolica. A – abnormal arrangement of radial rows of xylem cells (indicated by white arrow) within growth ring deposited in 1913; B – growth ring deposited in 1975. Some earlywood cells (indicated by black arrow) show a lesser degree of wall lignification than other earlywood cells. Figure A shows So1a increment core, Figure B – So1d. Scale bars = 200  $\mu$ m

erupcji wulkanicznej z 1912 roku na funkcjonowanie kambium waskularnego – co znalazło odzwierciedlenie w wytworzonej strukturze drewna. Wpływ erupcji wulkanicznej z 1912 roku, w postaci wytwarzania wąskich i/lub błędnych pierścieni w latach 1912–1913, odnotowano również u innych gatunków drzew iglastych rosnących na terenie Polski (świerk pospolity, sosna limba) (Janecka, Kaczka 2014; Barnaś, Kaczka 2018).

#### *Redukcja stopnia zliwnifikowania ścian komórkowych cewek*

Analiza próbki So1d pozwoliła stwierdzić, że w obrębie drewna wczesnego przyrostu odłożonego w 1975 roku część cewek charakteryzuje się mniejszym stopniem (lokalnym brakiem) zliwnifikowania ścian w stosunku do pozostałych cewek (Ryc. 15B). Stopień zliwnifikowania ścian komórkowych został określony na podstawie ich wybarwienia. Ściany niezliwnifikowane barwiły się na niebiesko (astra blue), ściany zliwnifikowane barwiły się z kolei na czerwono (safranina). Redukcja lignifikacji ścian komórkowych skutkowałą lokalnym zapadaniem się cewek (widoczne na powiększeniu, w górnym rogu ryciny 15 B). Deformacja słabo zliwnifikowanych cewek związana jest z funkcją pełnioną przez ligninę – odpowiada ona za nadawanie sztywności ścianom komórkowym (Hejnowicz 2012). Należy zaznaczyć, że komórka pochodna inicjału, z której następnie uformuje się cewka, przechodzi kilka charakterystycznych etapów rozwoju. Początkowo komórka pochodna inicjału zachowuje zdolność do podziałów (jest to tzw. komórka macierzysta cewki). Po utraceniu tej zdolności komórka intensywnie zwiększa swój wymiar promieniowy, podlega dojrzewaniu, co wiąże się z odłożeniem pokładu

ściany wtórnej (Wilson i in. 1966, Kokociński 2005). Utworzona ściana wtórna podlega lignifikacji (Evert 2006), po czym następuje autoliza protoplastu, w wyniku czego dojrzała cewka staje się komórką martwą (Kokociński 2005). Opisywana deformacja cewek wiąże się więc z przedwczesnym zakończeniem procesu lignifikacji wtórnych ścian komórkowych.

#### *Cechy budowy drewna a warunki wzrostu reliktywnej sosny*

Sosna zwyczajna, której fragment pędu został poddany analizie, rośnie na stanowisku o ekspozycji południowej, na glebie o charakterze rędziny inicjalnej, wytworzonej na podłożu węglanowym, zasobnej, ale bardzo płytkiej, silnie szkieletowej, łatwo przesychnącej z powodu małej pojemności wodnej (Zaleski i in. 2016).

Sosna ta współtworzy zbiorowiska reliktywnych łasków sosnowych (ze związku *Erico-Pinion*) o małym zwarcie drzew, z udziałem kserotermicznych naskalnych roślin zielnych (Bodziarczyk, Pancer-Koteja 2004; Bodziarczyk 2021). Można spodziewać się, że obserwowane w niniejszym badaniu specyficzne cechy drewna wynikają m.in. z trudnych warunków wzrostu omawianego drzewa. W przypadku rozpatrywanej sosny czynnikiem silnie osłabiającym wzrost wydaje się być ograniczona dostępność wody na stanowisku (na skalistym podłożu płytki system korzeniowy narażony jest na częste przesychnanie). Dane literaturowe wskazują, iż stres wodny może spowodować: spadek aktywności podziałowej komórek kambium waskularnego (co przekłada się na tworzenie węższych słoików przyrostu rocznego), zmniejszenie wymiaru promieniowego światła formowanych komórek oraz zmniejszenie grubości tworzonych ścian komórkowych w drewnie późnym (Fritts 1976, Zajaczkowski i in. 1988).

Informacje te współgrają z zaobserwowaną niewielką lub znikomą szerokością przyrostów rocznych, wytworzeniem słoików zanikających, jak również stosunkowo częstą obecnością jasnych pierścieni. Należy mieć na uwadze, że wymienione cechy drewna zależą nie tylko od lokalnych warunków siedliskowych, ale od całego szeregu czynników. Przykładowo, dla funkcjonowania drzewa niezwykle ważna jest ilość opadów atmosferycznych i temperatura poszczególnych dni w roku. Jak wspomniano wcześniej, niekorzystna temperatura czy ilość opadów atmosferycznych może indukować powstawanie fluktuacji gęstości drewna w obrębie przyrostów rocznych (Krzysik 1975, Hejnowicz 2012). Także rzadkie zdarzenia losowe (wybuch wulkanu o wysokim indeksie eksplozywności wulkanicznej, gradacja owadów) powodują występowanie charakterystycznych zmian w obrębie drewna. Zaobserwowana w technice fluorescencji, lokalna zmiana nachylenia komórek w kolejnych warstwach drewna wzmacnia wytrzymałość mechaniczną tkanki, co może stanowić przystosowanie do wzrostu w wietrznych warunkach na szczycie Sokolicy.

PODZIĘKOWANIA. Dziękujemy Panu Janowi Marcinkiewiczowi za wykonanie fotografii długich przekrojów poprzecznych drewna sosny zwyczajnej, na podstawie których wykonano wybrane ryciny.



## PIŚMIENNICTWO

- Barnaś P., Kaczka R.J. 2018. Zróżnicowanie struktury i zmienność występowania błędnych przyrostów z roku 1912 w świerkach rosnących w Karpatach Zachodnich. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, R. 20, **57**(3): 46–54.
- Beck C.B. 2010. *An introduction to plant structure and development: plant anatomy for the Twenty-first Century*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Begum S., Kudo K., Matsuoka Y., Nakaba S., Yamagishi Y., Nabeshima E., Rahman M.H., Nugroho W.D., Oribe Y., Jin H.-O., Funada R. 2016. Localized cooling of stems induces latewood formation and cambial dormancy during seasons of active cambium in conifers. *Annals of Botany*, **117**(3): 465–477.
- Berlyn G.P. 1982. Morphogenetic factors in wood formation and differentiation, [w:] P. Baas (red.), *New perspectives in wood anatomy*. Martinus Nijhoff / Dr W. Junk Publishers, The Hague, s. 123–150.
- Bodziarczyk J. 2021. Sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* w Pienińskim Parku Narodowym – warunki występowania i jej znaczenie w zbiorowiskach roślinnych, [w:] J. Bodziarczyk (red.), *Pieniny – Przyroda i Człowiek*. Monografie, Tom XVII, Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków, s. 11–34.
- Bodziarczyk J., Pancer-Koteja E. 2004. Naturalne i wtórne sośniny w Pienińskim Parku Narodowym. *Studia Naturae*, **49**: 123–130.
- Bräuning A., De Ridder M., Zafirov N., García-González I., Dimitrov D.P., Gärtner H. 2016. Tree-ring features: indicators of extreme event impacts. *IAWA Journal*, **37**(2): 206–231.
- De Micco V., Campelo F., De Luis M., Bräuning A., Grabner M., Battipaglia G., Cherubini P. 2016. Intra-annual density fluctuations in tree rings: how, when, where, and why? *IAWA Journal*, **37**(2): 232–259.
- Evert R.F. 2006. *Esau's plant anatomy: meristems, cells, and tissues of the plant body: their structure, function, and development*. Wiley, New Jersey.
- Fahn A. 1990. *Plant anatomy*, Butterworth-Heinemann Ltd. Exeter.
- Fritts H.C. 1976. *Tree rings and climate*. Academic Press, London.
- Gärtner H., Lucchinetti S., Schweingruber F.H. 2015. A new sledge microtome to combine wood anatomy and tree-ring ecology. *IAWA Journal*, **36**(4): 452–459.
- Gärtner H., Nievergelt D. 2010. The core-microtome: a new tool for surface preparation on cores and time series analysis of varying cell parameters. *Dendrochronologia*, **28**(2): 85–92.
- Gärtner H., Schweingruber F.H. 2013. *Microscopic preparation techniques for plant stem analysis*. Verlag Dr. Kessel, Remagen-Oberwinter.
- Harris J.M. 1989. *Spiral grain and wave phenomena in wood formation*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Hejnowicz Z. 2012. *Anatomia i histogeneza roślin naczyniowych. Organy wegetatywne*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Janecka K., Kaczka R.J. 2014. Zapis erupcji wulkanicznych w przyrostach rocznych limby *Pinus cembra* L. w Tatrach Wysokich. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, R. 16, **40**(3): 183–193.
- Jura J., Kojs P., Iqbal M., Szymanowska-Pułka J., Włoch W. 2006. Apical intrusive growth of cambial fusiform initials along the tangential walls of adjacent fusiform initials: evidence for a new concept. *Australian Journal of Botany*, **54**(5): 493–504.
- Klisz M., Miodek A., Kojs P., Gärtner H. 2018. Long slide holders for microscope stages. *IAWA Journal*, **39**(4): 489–496.

- Kokociński W. 2005. Anatomia drewna. PRODRUK, Poznań.
- Krzysik F. 1975. Nauka o drewnie. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Malinowski E. 1973. Anatomia roślin. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Minnis P., Harrison E.F., Stowe L.L., Gibson G.G., Denn F.M., Doelling D.R., Smith Jr. W.L. 1993. Radiative climate forcing by the Mount Pinatubo eruption. *Science*, **259**(5100): 1411–1415.
- Miodek A., Gizińska A., Klisz M., Wojda T., Ukalski K., Kojs P. 2020. Direct exposure to solar radiation causes radial growth eccentricity at the beginning of the growing season in *Robinia pseudoacacia*. *IAWA Journal*, **41**(1): 61–84.
- Nguyen C.T., Gonnermann H.M., Houghton B.F. 2014. Explosive to effusive transition during the largest volcanic eruption of the 20th century (Novarupta 1912, Alaska). *Geology*, **42**(8): 703–706.
- Piermattei A., Crivellaro A., Carrer M., Urbinati C. 2015. The „blue ring”: anatomy and formation hypothesis of a new tree-ring anomaly in conifers. *Trees*, **29**(2): 613–620.
- Srivastava L.M. 1973. Cambial activity in trees. *Arnoldia*, **33**(1): 46–66.
- Vavrčík H., Grye V., Rybníček M. 2008. Fluorescence microscopy utilization for lignin detection in wooden cell walls in spruce. A technical note, [w:] D. Elferts, G. Brumelis, H. Gärtner, G. Helle, G. Schleser (red.), Proceedings of the dendrosymposium 2007. Scientific Technical Report (STR): Vol. 08/05. 6. TRACE (Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology) conference, 176–182 (doi: 10.2312/GFZ.b103-08056).
- Wiedenhoef A.C., Miller R.B. 2002. Brief comments on the nomenclature of softwood axial resin canals and their associated cells. *IAWA Journal*, **23**(3): 299–303.
- Wilson B.F., Wodzicki T.J., Zahner R. 1966. Differentiation of cambial derivatives: proposed terminology. *Forest Science*, **12**(4): 438–440.
- Włoch W., Mazur E., Bełtowski M. 2002. Formation of spiral grain in the wood of *Pinus sylvestris* L. *Trees*, **16**(4): 306–312.
- Włoch W., Wilczek A., Jura-Morawiec J., Kojs P., Iqbal M. 2013. Modelling for rearrangement of fusiform initials during radial growth of the vascular cambium in *Pinus sylvestris* L. *Trees*, **27**(4): 879–893.
- Zagórska-Marek B. 1981. Ontogeneza kambium. *Wiadomości Botaniczne*, **25**(2): 89–110.
- Zajączkowski S., Bogaciński B., Wodzicki T.J. 1988. Zmienność długości okresu aktywności kambium w sezonie a liczba produkowanych cewek w populacjach drzewostanowych *Pinus sylvestris* L. *Sylvan*, **132**(1): 27–40.
- Zaleski T., Mazurek R., Gąsiorek M., Wanic T., Zadrożny P., Józefowska A., Kajdas B. 2016. Gleby leśnych powierzchni monitoringowych w Pienińskim Parku Narodowym. *Pieniny – Przyroda i Człowiek*, **14**: 3–15.
- Zimmermann M.H., Brown C.L. 1981. *Drzewa struktura i funkcje*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.

## SUMMARY

Wood anatomical analysis of a relict *Pinus sylvestris* L. was performed to determine the unique properties of its structure. The examined specimen, belonging to the gymnosperms (characteristics of coniferous wood are shown in Fig. 1), was growing under harsh environmental conditions (peak of Sokolica Mountain).

Transverse sections of a thickness  $\sim 20 \mu\text{m}$  were prepared with WSL core-microtome (sections were obtained from three increment cores – So1a, So1d and So1e – all increment cores were collected from the limb) and observed under a bright-field microscope. Observations of tangential longitudinal sections – differing in terms of inclination of axial system cells (Fig. 2), obtained from two increment cores – were performed using the epi-fluorescence technique (Fig. 3).

Analysis of sections of tissues collected from relict pine (Fig. 4) allowed it to be stated that the xylem of the examined limb had many narrow growth rings. A transverse section,  $\sim 5.8 \text{ cm}$  long, obtained from So1a increment core, included growth rings deposited in 1881–2018; a transverse section,  $\sim 6.0 \text{ cm}$  long, obtained from So1d, included growth rings deposited in 1871–2018; a transverse section,  $\sim 4.9 \text{ cm}$  long, obtained from So1e, included growth rings deposited in 1900–2018 (Fig. 5; sections were measured with phloem). An extremely narrow growth ring (deposited in 2000) is shown in Fig. 6B. It was composed of only one layer of earlywood cells and one layer of latewood cells (Fig. 7).

During the study, the lack of some tree rings in the examined sections was stated. It should be mentioned that a lack of a specific growth ring in a specific fragment of the branch does not mean that it was necessarily absent in other fragments of the same branch. For example, the 1922 growth ring was missing in the So1a core (Fig. 8A), but could be observed in the section prepared from So1d (mean width of the growth ring –  $103 \mu\text{m}$ ) as well as in the section from So1e (mean width of the growth ring –  $58 \mu\text{m}$ ) (Fig. 8B, C). Fig. 6A shows a fragment of a discontinuous ring deposited in 1889 (see also Fig. 9).

Deposition of the light rings (Fig. 6C), characterized by relatively thin cell walls of latewood tracheids (in contrast to the typical – thick-walled – latewood tracheids; Fig. 6D), was observed.

Another characteristic wood property of the relict *Pinus sylvestris* was the occurrence of intra-annual density fluctuations (IADFs; Fig. 3, Fig. 6E and 6F).

A comparison of the radial dimensions of cell lumina in three different types of growth rings occurring in the wood of the relict pine limb (i.e. typical annual ring, light ring and growth ring with IADF) is shown in Figure 10.

It was concluded that narrow rings, light rings, discontinuous rings (which may be missing in some increment cores), as well as IADFs impede investigations on the precise age determination of the sample. Identification of individual annual rings in the wood of the relict specimen required, i.a., preparation of relatively thin anatomical sections and observations performed under suitable magnification.

It was stated that the rays were typical for *Pinus sylvestris* – uniseriate (Fig. 11) and fusiform (possessing transverse resin canals; rays visible in tangential longitudinal sections – Fig. 13A and Fig. 14A). As can be seen in Fig. 12, the location of the axial resin canals within the annual rings may vary.

Comparison of tangential sections revealed that tracheids in So1d, which were radially distanced from each other by  $\sim 3.9 \text{ cm}$ , changed their inclination by  $\sim 47^\circ$  (Fig. 13). In So1e increment core tracheids, distanced from each other by  $\sim 2.9 \text{ cm}$ , changed their inclination by  $\sim 33^\circ$  (Fig. 14).

A disruption (strong irregularity) in the arrangement of radial rows of cells within the 1913 annual ring was noted during the study (Fig. 15A). It may be speculated that the occurrence of this disorder was caused by a huge volcanic eruption in 1912, which impacted the functioning of the vascular cambium.

Another observed feature was the reduction in the lignification of the cell walls of tracheids (Fig. 15B), which resulted in local collapses of the tracheids.

It can be expected that some of the properties of the wood of the studied relict pine are a result of specific growth conditions (i.e. limited availability of water at the location of growth – at the top of Sokolica Mountain). Moreover, a wide range of environmental factors affecting the vascular cambium in given years had an important effect on the wood characteristic. The local change in the inclination of the axial system cells throughout subsequent layers of wood served as a reinforcement of the mechanical strength of the stem, which may be considered as an adaptation to enduring growth under windy conditions.

## Wybrane cechy drewna sosny zwyczajnej z Sokolicy

Selected properties of wood of *Pinus sylvestris* from Sokolica

RADOSŁAW WĄSIK, KRZYSZTOF MICHAŁEC

*Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie,  
Wydział Leśny, Katedra Użytkowania Lasu, Inżynierii i Techniki Leśnej,  
al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków,  
e-mail: radoslaw.wasik@urk.edu.pl, k.michalec@ur.krakow.pl*

**Abstract.** This paper presents the results of a study on selected wood properties of the broken limb of the *Pinus sylvestris* growing at Sokolica, in the Pieniny National Park. The following characteristics were analysed: presence of wood defects, width and share of sapwood, wood density, wood shrinkage, compressive strength along the grain and chemical composition of the wood. Moreover, the thickness of the bark was measured and its share in the cross-section of the stem was determined. Most of the studied properties showed values similar to those reported in the literature. Two of the characteristics indicated lower values, and they were compressive strength along the grain and the share of lignin.

**Keywords:** wood defects, softwood, density, shrinkage, compressive strength along grain, chemical composition, bark

### WSTĘP

Drewno od pradawnych czasów towarzyszyło człowiekowi. Początkowo używane było jako opał i prosta broń (kije, maczugi), z czasem wykorzystywane było coraz szerzej. Obecnie dzięki dynamicznie rozwijającym się technikom i technologiom uszlachetniania i modyfikacji drewna spektrum jego zastosowań stale się zwiększa. Coraz częściej lite drewno zastępowane jest tworzywami drzewnymi, charakteryzującymi się wyższymi parametrami wytrzymałościowymi a także lepszą odpornością na działanie czynników biotycznych i abiotycznych (Ratajczak i in. 2011). Coraz powszechniej drewno wykorzystywane jest w budownictwie, gdzie zastosowanie znajdują nowoczesne tworzywa takie jak CLT (Cross Laminated Timber – drewno klejone krzyżowo) czy LVL (Laminated Veneer Lumber – drewno klejone warstwowo z fornirow). Tworzywa te pozwalają na realizację niemal futurystycznych projektów jak na przykład Metropol Parasol w hiszpańskiej Sewilli wykonany z LVL. Wieżowce budowane



z wykorzystaniem CLT osiągają coraz większą wysokość. W roku 2019 najwyższym budynkiem wykonanym przy użyciu tworzywa CLT był Mjøstårnet w norweskim mieście Brumunddal, liczący 18 kondygnacji, a na rok 2041 przewidywana jest w japońskim Tokio realizacja wieżowca, który ma powstać również przy wykorzystaniu CLT, a jego wysokość według projektu ma wynieść 350 metrów (Halik 2018, Stach 2020).

Powstanie takich zaawansowanych technologicznie tworzyw drzewnych zawsze poprzedzone jest badaniami, w tym również podstawowymi, obejmującymi fizyczne i mechaniczne właściwości drewna. Znajomość zmienności takich cech drewna jak gęstość, skurcz, wytrzymałość na działanie różnych obciążeń czy skład chemiczny pozwala na wybór odpowiedniego surowca do produkcji zaawansowanych technologicznie tworzyw drzewnych. Dlatego prowadzenie badań podstawowych z zakresu nauki o drewnie jest nadal istotne i często przynosi interesujące, a nawet zaskakujące wyniki.

W Polsce największą powierzchnię leśną zajmuje sosna – ponad 58%, jej drewno stanowi ponad 61% ogółu zasobów drzewnych na pniu (GUS 2019). Z tego powodu jest to ciągle najważniejszy gatunek drewna dla przemysłu drzewnego w naszym kraju, a badania zmienności jego właściwości były i nadal są prowadzone przez naukowców zajmujących się taką problematyką (Paschalis 1980; Tomczak, Jelonek 2012; Witkowska, Lachowicz 2012; Tomczak, Jelonek 2013; Witkowska, Lachowicz 2013).

Zmienność wybranych właściwości drewna reliktowych sosen rosnących na Sokolicy była badana przez Niedzielską z zespołem (2001), jednak autorzy ci nie badali drewna charakterystycznie wygiętej sosny, będącej symbolem Sokolicy. Niefortunne zdarzenie, do którego doszło na Sokolicy 6 września 2018 roku, w trakcie którego wywołany przez wirnik śmigłowca podmuch wiatru złamał główny pęd tej sosny (Bodziarczyk, Karwowski 2018) dało niepowtarzalną okazję do przeprowadzenia badań właściwości drewna tego symbolicznego drzewa. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wyników przeprowadzonych analiz wybranych cech drewna sosny z Sokolicy.

## METODYKA

Krażek poddany analizom cech drewna pobrano ze złamanej gałęzi, stanowiącej główny pęd korony drzewa, jako boczne przedłużenie pnia; w odległości około 2,5 m od miejsca, z którego drzewo wyrasta ze szczeliny w skale i około 20 cm poniżej rozwidlenia pędu głównego korony.

Krażek wyszlifowano na stacjonarnej szlifierce, następnie poddano skanowaniu na skanerze Epson model 12000XL z rozdzielczością 1200 dpi. Uzyskane obrazy elektroniczne posłużyły do analizy wad drewna widocznych na przekrojach poprzecznych krążka oraz do określenia największej i najmniejszej średnicy krążka, grubości kory, szerokości strefy bielu oraz udziału bielu na promieniu oraz w powierzchni przekroju poprzecznego. Powyższe analizy wykonano przy pomocy specjalistycznego oprogramowania MultiScan v. 18.03 (CSS Scan 2008). Grubość kory (pomiar długości odcinka) mierzono na każdym z przekrojów poprzecznych w 25 miejscach,

równomiernie rozmieszczonych na obwodzie krążka, z pominięciem fragmentu niekształconego obecnością zabitek zarośniętych. Łącznie na obu przekrojach dokonano pomiarów grubości kory w 50 miejscach.

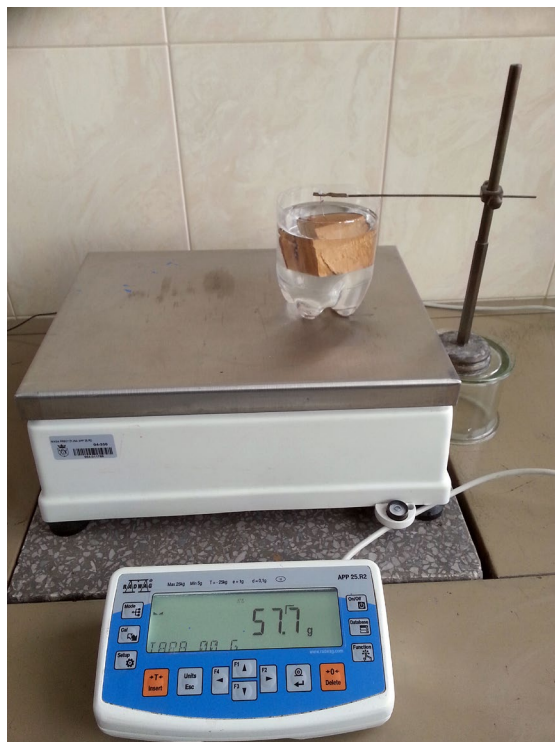
Korzystając z funkcji pomiaru powierzchni dostępnej w programie MultiScan zmierzono także pole powierzchni krążka z korą oraz bez kory. Dla celów porównawczych obliczono na tej podstawie udział procentowy kory w powierzchni krążka. Szerokość strefy bielu mierzono w tych samych 25 miejscach, w których dokonano pomiaru grubości kory (pomiar długości odcinka). Uzyskano zatem w tym wypadku również 50 obserwacji z obu przekrojów poprzecznych. Ze względu na obecność widocznego spłaszczenia przekroju poprzecznego krążka, procentowy udział bielu na promieniu wykonano w oparciu o dwa pomiary, przeprowadzone na największej średnicy krążka. Udział bielu w powierzchni przekroju poprzecznego obliczono na podstawie pomiaru powierzchni twardzieli (pomiar powierzchni w programie MultiScan) oraz całego przekroju krążka bez kory.

Przy pomocy piłki z wąskim brzeszczotem wycięto z krążka fragment, obejmujący wycinek około  $\frac{1}{4}$  powierzchni krążka (Fot. 1), po czym zanurzono go w wodzie do czasu samoczynnego zatonięcia drewna, co oznaczało stan maksymalnego spęcznienia. Fragment ten wyciągnięto, osuszono powierzchniowo ręcznikiem papierowym, a następnie zważono z dokładnością 0,001 g na wadze laboratoryjnej RADWAG model WPS 210/c oraz zmierzono objętość metodą hydrostatyczną (Olesen 1971) używając tej samej wagi (Fot. 2).



**Fot. 1.** Badany krążek z wyciętym fragmentem, przeznaczonym do badań wybranych właściwości fizycznych drewna, wraz z zaznaczonymi ołówkiem liniami cięcia próbki do dalszych badań (fot. R. Wąsik)

**Photo 1.** Studied disc with piece that was cut out and intended for testing some selected physical properties of wood. Lines, marked with a pencil, indicate direction of wood cutting to obtain sample for further study (photo by R. Wąsik)



**Fot. 2.** Pomiar objętości maksymalnie spęczniałego fragmentu drewna metodą hydrostatyczną (fot. R. Wąsik)

**Photo 2.** Measurement of volume of wood fragment in its maximum saturation state using hydrostatic method (photo by R. Wąsik)

Kolejnym etapem było suszenie fragmentu drewna w suszarce POL-EKO (model SLW 400 STD) w temperaturze  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  do stanu absolutnie suchego i ponowne jego zważenie. Następnie zmierzono objętość absolutnie suchego fragmentu drewna w piknometrze Micrometrics GeoPyc 1360. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów mas i objętości obliczono: gęstość bezwzględną drewna, będącą ilorazem jego masy i objętości w stanie absolutnie suchym (w oparciu o normę PN-77/D-04101), gęstość względną (umowną), stanowiącą iloraz masy absolutnie suchego drewna i objętości w stanie maksymalnego spęcznienia, oraz gęstość drewna mokrego. Ponadto określono całkowity skurcz objętościowy, wykorzystując wzory zawarte w normie PN-82/D-0411. Aby powyższe właściwości drewna w jak najpełniejszy sposób odzwierciedlały rzeczywiste cechy drewna całego krążka pobranego do badań zdecydowano, że właściwości te będą badane na całym fragmencie wycinka krążka, nie zaś na próbce prostopadłościennej jak wskazują normy.

Kolejnym etapem prac było wycięcie z fragmentu drewna próbki prostopadłościennej o wymiarach przekroju poprzecznego ok.  $2 \times 2$  cm. Do tego celu ponownie użyto pilki z wąskim brzeszczotem, zaś wióry powstałe w trakcie tej czynności zebrano

do torebki z tworzywa sztucznego. Posłużyły one do wykonania analiz składu chemicznego drewna.

Powierzchnie uzyskanej prostopadłościenną próbkę drewna szlifowano na stacjonarnej szlifierce. W celu oznaczenia skurczu liniowego na poszczególnych kierunkach anatomicznych (PN-82/D-0411), próbkę zanurzano w wodzie do czasu jej samoczynnego zatonięcia. Następnie przy użyciu suwmiarki elektronicznej YATO model YT-7201 o dokładności 0,01mm, zmierzono wymiary próbki w kierunku stycznym, promieniowym i wzdłuż włókien. Po wysuszeniu drewna do stanu absolutnie suchego umieszczono próbkę w ekcykatorze do momentu osiągnięcia przez drewno temperatury pokojowej, po czym ponownie, przy użyciu wspomnianej wcześniej suwmiarki, zmierzono wymiary na poszczególnych kierunkach anatomicznych i na podstawie uzyskanych pomiarów obliczono całkowity skurcz liniowy dla każdego kierunku anatomicznego.

Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien analizowanej próbki drewna określono przy użyciu maszyny wytrzymałościowej EDZ 20. Przed testem wytrzymałościowym próbkę drewna klimatyzowano tak, aby wilgotność drewna w trakcie wykonywania testu była jak najbardziej zbliżona do 12%. Bezpośrednio przed testem wytrzymałościowym, przy użyciu suwmiarki, zmierzono wymiary przekroju poprzecznego próbki. Bezpośrednio po wykonaniu testu wytrzymałościowego, przy użyciu tej samej wagi o dokładności 0,001g, zważono próbkę, następnie wysuszono do stanu absolutnie suchego i ponownie zważono, co pozwoliło ustalić wilgotność drewna w chwili badania jego wytrzymałości. Wszystkie opisane powyżej czynności pomiarowe wykonano według procedur zawartych w normie PN-79/D-04102.

Analizę elementarnego składu chemicznego badanego drewna wykonano przy użyciu mikroanalizatora elementarnego CHNSVario Micro Cube, umożliwiającego ustalenie w próbce drewna procentowej zawartości węgla, wodoru, azotu oraz siarki. Zawartość procentową tlenu oszacowano na podstawie dopełnienia do 100%. Uzyskany wynik obarczony jest błędem systematycznym w przedziale około 2%, który wynika z obecności w drewnie pierwiastków alkalicznych i ziem alkalicznych oraz fluorowców, które nie są oznaczane w analizatorze.

Analizę składu chemicznego drewna, tj. zawartości celulozy, hemiceluloz oraz ligniny, oznaczono przy użyciu analizatora TGA METTLER TOLEDO. W wyniku analizy uzyskano krzywą TG, na podstawie interpretacji przebiegu tej krzywej ustalono procentowe zawartości związków chemicznych.

## WYNIKI I DISKUSJA

### *Występowanie wad drewna*

Za wady drewna uważa się uszkodzenia, anomalie budowy i barwy oraz takie cechy naturalne drewna, które ograniczają zakres jego użyteczności (PN-79/D-01011). Krążek pozyskany ze złamanej gałęzi sosny z Sokolicy (Fot. 3) wykazywał wyraźnie eliptyczny kształt przekroju poprzecznego, co jednoznacznie wskazuje na obecność w tym

miejscu spłaszczenia pędu, zaliczanego zarówno zgodnie z normą PN-79/D-01011 jak i „Warunkami technicznymi – Wady drewna” (2019) do grupy wad kształtu. Wspomnianemu spłaszczeniu towarzyszy obecność mimośrodowego rdzenia. Wada ta zaliczana jest według PN-79/D-01011 do grupy wad budowy drewna i polega na wyraźnie przesuniętym rdzeniu drzewa poza środek geometryczny przekroju poprzecznego pnia. Po jednej stronie rdzenia mimośrodowego (na większym promieniu) przyrosty roczne są wyraźnie szersze w porównaniu ze słojami położonymi po stronie przeciwnej (na mniejszym promieniu).

Na analizowanym krążku widoczna jest także obecność twardzicy (drewna kompresyjnego), tj. drewna reakcyjnego, powstającego w pniach gatunków iglastych w reakcji na pojawiające się obciążenia ściskające. Strefa drewna kompresyjnego na przekroju poprzecznym makroskopowo charakteryzuje się zwiększonym udziałem ciemniejszej strefy przyrostu rocznego, przypominającej makroskopowo drewno późne. Natomiast pod względem budowy anatomicznej w cewkach twardzicy zwykle stwierdzana jest obecność spiralnych zgrubień ścian komórkowych. W składzie chemicznym drewno kompresyjne zawiera większą zawartość ligniny, która usztywnia ścianę komórkową cewki i nadaje jej większą wytrzymałość na ściskanie (Krzyśik 1974).

Cztery wymienione powyżej wady, tj. rdzeń mimośrodkowy, nierównomierna szerokość słojów rocznych, twardzica oraz spłaszczenie w drewnie okrągłym, występują zwykle razem i są najczęściej efektem nierównomiernego obciążenia pnia drzewa w trakcie jego życia. Taka sytuacja miała miejsce w gałęzi badanej sosny z Sokolicy. Ponadto na powierzchniach przekroju poprzecznego analizowanego krążka stwierdzono obecność położonych blisko siebie dwóch zabitek zarośniętych, należących



**Fot. 3.** Przekrój poprzeczny badanego krążka z widocznymi wadami drewna (fot. R. Wąsik)

**Photo 3.** Cross-section of studied disc with visible wood defects (photo by R. Wąsik)





**Fot. 4.** Przekrój podłużny fragmentu badanego krążka, z widocznym skrzyżowaniem włókien (fot. R. Wąsik)

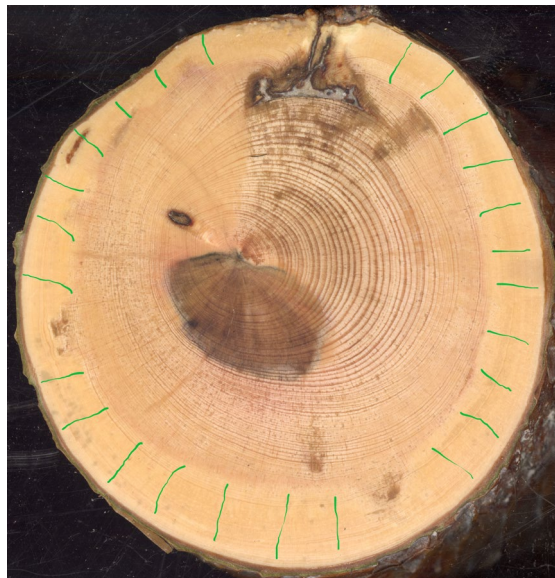
**Photo 4.** Longitudinal section of studied disc with visible grain slope (photo by R. Wąsik)

także do grupy wad budowy (PN-79/D-01011, Warunki techniczne... 2019). Obecność zabitek zarośniętych świadczy o tym, że w miejscu ich występowania zewnętrzne warstwy pnia, tj. kora, łyko, miazga i być może także częściowo drewno, zostały jakiś czas temu uszkodzone. Należy jeszcze wspomnieć o silnym skrzyżowaniu włókien, wyraźnie widocznym zarówno na pniu odłamanego konaru badanej sosny, jak i na fragmencie przekroju podłużnego wyciętego z krążka (Fot. 4).

#### *Szerokość i udział bielu*

Wśród rodzimych polskich drzew wyróżnia się gatunki tworzące twardziel zabarwioną, twardziel niezabarwioną, wytwarzające oba wymienione wcześniej rodzaje twardzieli oraz beztwardzielowe, zwane również bielastymi. Sosna zwyczajna należy do drzew tworzących twardziel zabarwioną. Strefa bielasta widoczna jest u starszych sosen na przekroju poprzecznym pnia jako pierścień barwy jasno-żółtawej. Biel otacza kolistą strefę twardzieli zabarwionej, której kolor tuż po ścięciu jest zwykle jasno-czerwonawy, z czasem ciemniejący do czerwono-brązowego (Galewski, Korzeniowski 1958). W badaniach drewna analizowane są zwykle szerokość bielu oraz jego udział na promieniu i powierzchni przekroju poprzecznego.

W wyniku pomiarów przeprowadzonych na obrazach elektronicznych obu przekrojów poprzecznych analizowanego krążka (Fot. 5), obliczono średnią szerokość



**Fot. 5.** Przekrój poprzeczny badanego krążka z zaznaczonymi zielonymi liniami, w których przeprowadzono pomiar szerokości bielu (fot. R. Wąsik)

**Photo 5.** Cross-section of studied disc with marked green lines where width of sapwood was measured (foto by R. Wąsik)

strefy bielu, która wyniosła 7,70 mm, przy współczynniku zmienności 42,1%. Najmniejszą szerokość bielu stwierdzono na większej średnicy krążka – na promieniu obejmującym bardzo wąskie przyrosty roczne; szerokość ta wyniosła 3,18 mm. Najszerszy biel wystąpił natomiast po przeciwległej stronie rdzenia, tj. na największym promieniu, a jego szerokość osiągnęła 13,69 mm. W związku ze stwierdzonym wyraźnym spłaszczeniem pędu, udział bielu na promieniu przekroju poprzecznego krążka określano na wspomnianej powyżej, większej średnicy po obu stronach rdzenia. Na promieniu, obejmującym węższe przyrosty roczne, udział ten wyniósł 16,4%, natomiast na promieniu z szerszymi słojami osiągnął on 24,0%. Średnia obliczona z powyższych dwóch wartości wynosi zatem 20,18%, co stanowi ok. 1/5 długości promienia. Należy zaznaczyć, że duża rozpiętość uzyskanych wartości, zarówno szerokości jak i udziału bielu na promieniu, wynika z obecności mimośrodowego rdzenia. Uzyskane w niniejszym opracowaniu wartości są niższe od podawanych przez Galewskiego i Korzeniowskiego (1958). Dla drewna sosny wspomniani autorzy podają szerokość bielu od 5 do 10 cm, natomiast jego udział na promieniu określają jako 1/3.

Niedzielska z zespołem (2001) analizując wybrane właściwości drewna innych sosen rosnących na Sokolicy wykazała, że średni udział bielu na promieniu przekroju poprzecznego pnia wyniósł 33,4% co stanowi ok. 1/3 długości promienia. Stwierdzono jednak stosunkowo duże zróżnicowanie cechy, gdyż współczynnik zmienności dla pomiarów 20 drzew osiągnął 37,5%. Należy zatem przypuszczać, że wśród badanych przez cytowanych autorów sosen były również osobniki o podobnym udziale bielu,

jak w przypadku badanej przez nas sosny, w której udział bielu wyniósł 36,6%. Jest to wartość około dwukrotnie niższa od podawanej przez Dudę i Pazdrowskiego (1975) dla 100-letnich sosen, co może wiązać się ze znacznie wyższym wiekiem badanej sosny z Sokolicy oraz stosunkowo wyrównaną liczbą przyrostów w strefie bielastej. Jak wykazała bowiem Niedzielska (2001), wiek niektórych sosen rosnących na Sokolicy przekracza 300 lat, zaś jednego z analizowanych przez autorkę drzew – nawet 500 lat. W strefie bielastej pni sosen z Sokolicy, na wysokości pierśnicy, stwierdzano natomiast średnio 63 słoje roczne przy stosunkowo niewielkim współczynniku zmienności, wynoszącym dla 20 analizowanych drzew 18,2% (Niedzielska i in. 2001). Przytoczone powyżej dane tłumaczą zmniejszanie się udziału bielu wraz ze starzeniem się drzewa.

### *Gęstość drewna*

Gęstość drewna jest jedną z najważniejszych jego właściwości fizycznych. Największy wpływ na wartość tej cechy ma gatunek drzewa, co związane jest z budową anatomiczną jego drewna, oraz wilgotność drewna. Wraz ze wzrostem wilgotności zwiększa się także gęstość drewna, przy czym po przekroczeniu wilgotności punktu nasycenia włókien (ok 30%) wzrost ten staje się bardziej dynamiczny, gdyż objętość drewna powyżej wspomnianego punktu nie zmienia się, natomiast zwiększa się masa drewna o masę wchłoniętej wody. W związku z dużym wpływem wilgotności na gęstość drewna, do celów porównawczych podając wartość gęstości, dodaje się również informację, dla jakiego stanu wilgotności drewna gęstość określano. Zwykle gęstość podawana jest dla stanów: absolutnie suchego – tzw. gęstość bezwzględna (wilgotność 0%) dla 12–15% wilgotności oraz dla drewna świeżo po ścięciu (drewno mokre). Głównie dla celów naukowych określana jest również gęstość umowna, zwana względną, która wyraża iloraz masy drewna absolutnie suchego do jego objętości w stanie maksymalnego spęcznienia.

W prezentowanych badaniach masa absolutnie suchego fragmentu drewna sosny z Sokolicy wyniosła 24,12 g, a jego objętość – oznaczona w piknometrze – 50,48 cm<sup>3</sup>. Obliczona gęstość bezwzględna drewna osiągnęła zatem 0,478 g/cm<sup>3</sup>. Uzyskana wartość jest zbliżona do średniej z przedziału podawanego przez Galewskiego i Korzeniowskiego (1958) dla drewna sosnowego, która wynosi 0,49 g/cm<sup>3</sup> (min. 0,30; maks. 0,86 g/cm<sup>3</sup>).

Określona za pomocą metody hydrostatycznej objętość maksymalnie spęczniałego fragmentu drewna badanej sosny wyniosła 57,7 cm<sup>3</sup>, a obliczona gęstość umowna osiągnęła 0,418 g/cm<sup>3</sup>. Niedzielska z zespołem (2001) uzyskała zbliżony wynik gęstości umownej drewna, określanej na wysokości pierśnicy u 20 sosen rosnących na Sokolicy. Wartość średnia uzyskana przez cytowanych autorów wyniosła 0,426 g/cm<sup>3</sup>.

Gęstość drewna mokrego, określona na podstawie pomiaru masy i objętości fragmentu drewna po jego samoczynnym zatonięciu w wodzie, wyniosła 1,016 g/cm<sup>3</sup>.

### *Skurcz drewna*

Drewno należy do materiałów anizotropowych, których właściwości są zmienne w zależności od kierunku anatomicznego, w którym dana właściwość jest badana.

W drewnie wyróżnia się trzy kierunki anatomiczne: promieniowy – pokrywający się z przebiegiem promieni rdzeniowych, styczny – przebiegający prostopadle do promieniowego, oraz kierunek wzdłuż włókien – równoległy do osi pnia drzewa. W zakresie wody związanej, którą w postaci pary drewno może wymieniać z otaczającym je powietrzem (tj. w zakresie od 0% do ok. 30% wilgotności drewna), następują zmiany jego objętości. W trakcie zwiększania wilgotności drewna cząsteczki wody związane są do micel (fibryli elementarnych), co powoduje rozsuniecie tych ostatnich i spęcznienie drewna, czyli zwiększenie jego objętości. Wysychaniu drewna towarzyszy proces odwrotny zwany skurczem.

Wartości całkowitego skurczu drewna, określone na prostopadłościenną próbkę wyciętej z pobranego krążka drewna sosny z Sokolicy, kształtowały się następująco: skurcz w kierunku stycznym wyniósł 7,8%, w promieniowym 5,7% oraz wzdłuż włókien 0,9%. Galewski i Korzeniowski (1958) dla drewna sosnowego podają wartość średnią skurczu w kierunku stycznym na poziomie 7,7% (min. 6,1; maks. 9,8%). W przypadku kierunku promieniowego cytowani powyżej autorzy otrzymali wartość skurczu w zakresie od 2,6 do 5,1%, a wartość przeciętna wyniosła 4,0%. Z kolei dla skurczu wzdłuż włókien zakres zmienności wynosił od 0,1 do 0,6%, a średnia – 0,4%. Meier (2019) podaje dla kierunku stycznego wartość 8,3%, natomiast dla promieniowego 5,2%.

Uzyskane wartości skurczu badanej próbki drewna sosny z Sokolicy na poszczególnych kierunkach nie odbiegają zatem od podawanych w literaturze. Całkowity skurcz objętościowy, obliczony dla analizowanego fragmentu drewna, wyniósł 12,51% i również nie odbiegał od wartości podawanych przez cytowanych wcześniej autorów. Galewski i Korzeniowski (1958) dla drewna sosnowego podają średni skurcz objętościowy na poziomie 12,4% (min. 8,9%; maks. 16,0%), natomiast Meier (2019) podaje wartość 13,6%.

### *Wytrzymałość drewna na ściskanie wzdłuż włókien*

Mechaniczne właściwości drewna są charakteryzowane poprzez poszczególne jego wytrzymałości oraz tzw. próby techniczne. Do pierwszej wymienionej grupy zaliczane są wytrzymałości na działanie sił statycznych oraz dynamicznych, druga grupa obejmuje: giętkość, ścieralność, zdolność utrzymania gwoździ oraz wkrętów. Drewno w konstrukcjach zwykle poddane jest działaniu obciążeń statycznych, najczęściej zginających (belki w więźbach dachowych, mostach) oraz ściskających (drewniane podpory). Krążek pobrany ze złamanej gałęzi sosny z Sokolicy miał grubość około 3 cm, zatem możliwe było przeprowadzenie tylko statycznej próby wytrzymałościowej na ściskanie wzdłuż włókien. Wymiary przekroju poprzecznego badanej próbki, zmierzone bezpośrednio przed próbą wytrzymałościową wyniosły 16,58 mm/18,54 mm zaś wilgotność próbki osiągnęła 12,03%.

Maksymalna siła niszcząca, którą uzyskano w trakcie testu wytrzymałościowego, wyniosła 6970 N. Zniszczoną próbkę drewna po przeprowadzeniu testu wytrzymałościowego przedstawia fotografia 7. Obliczona wytrzymałość na ściskanie statyczne drewna osiągnęła wartość 22,67 MPa. Wartość ta jest dużo niższa od danych, podawanych





**Fot. 6.** Dobrze widoczny skręt włókien na pniu sosny z Sokolicy. U góry fragment złamanej gałęzi pozostałej przy pniu (fot. J. Bodziarczyk)

**Photo 6.** Clearly visible grain slope on stem of pine from Sokolica. Fragment of broken limb at top of photo (photo by J. Bodziarczyk)

w literaturze. Spława-Neyman i Owczarzak (2020) podają dla drewna sosny zwyczajnej średnią wytrzymałość na ściskanie jako 55 MPa, zatem jest to o prawie 2,5 razy większa wartość w stosunku do uzyskanej w niniejszych badaniach. Podawana przez wspomnianych autorów minimalna wytrzymałość na ściskanie statyczne dla drewna sosny wynosząca 35 MPa jest o prawie 55% wyższa w stosunku do wartości uzyskanej podczas badań drewna sosny z Sokolicy. Przyczyn stosunkowo niskiej wytrzymałości badanego drewna należy upatrywać głównie w silnym skręcie włókien, który jest wyraźnie widoczny zarówno na pniu żywej sosny (Fot. 6) jak i na przekrojach podłużnych próbki drewna, poddanej testowi wytrzymałościowemu (Fot. 7).

Skręt włókien jest jedną z najważniejszych wad wpływających negatywnie na mechaniczne właściwości drewna. Przy skręcie włókien wynoszącym  $30^\circ$  wytrzymałość na ściskanie spada o połowę, zaś przy  $45^\circ$  uzyskuje niecałe 30% wartości. Znacznie większy negatywny wpływ skręt włókien ma na wytrzymałość drewna na zginanie. Przy skręcie włókien wynoszącym  $15^\circ$  wytrzymałość na zginanie spada o 30%, natomiast przy  $45^\circ$  – o ponad 60% (Krzysik 1974). Wydaje się zatem, że silny skręt włókien pnia sosny rosnącej na Sokolicy mógł przyczynić się do jej złamania podczas akcji podjętej przez śmigłowiec ratowniczy.





**Fot. 7.** Zniszczona próbka drewna po teście wytrzymałościowym na ściskanie z widocznym skrzyżowaniem włókien (fot. R. Wąsik)

**Photo 7.** Damaged wood sample after compressive strength test with visible grain slope (photo by R. Wąsik)

### *Skład chemiczny drewna*

Chemiczny skład drewna można rozpatrywać w dwóch aspektach, tj. jego budowy elementarnej, oznaczającej procentowe udziały poszczególnych pierwiastków, a także zawartości związków chemicznych tworzących drewno, zbudowanych z tychże pierwiastków. Ogólnie przyjmuje się, że niezależnie od gatunku, drewno zbudowane jest z około 50% węgla, 6% wodoru i 43% tlenu wraz z azotem, z tym że udział tego ostatniego pierwiastka nie przekracza 0,3% (Prosiński 1969, Krzysik 1974).

W wyniku przeprowadzonej analizy elementarnej składu chemicznego drewna krążka sosny z Sokolicy ustalono, że zawartość węgla w badanej próbce wyniosła 49,32%, wodoru 6,63% i azotu 0,02%. Zawartość tlenu, wyliczona jako dopełnienie do 100%, wyniosła 44,03%. Obecności siarki w badanej próbce nie stwierdzono. Użyty skład jest zbliżony do danych, prezentowanych dla drewna sosnowego przez Prosińskiego (1969). Cytowany autor podaje, że w drewnie sosnowym zawartość węgla wynosi 49,6%, wodoru 6,4% oraz tlenu 44,0%. Sowa z zespołem (2018) otrzymali również zbliżone wartości procentowego udziału poszczególnych pierwiastków w drewnie sosnowym: węgiel 47–48%, wodór 6,2–6,3%, tlen 45–46% (jako dopełnienie do 100%).

W zależności od funkcji, jakie w drewnie pełnią poszczególne związki chemiczne, można podzielić je na: szkieletowe, inkrustujące oraz towarzyszące. Do związków szkieletowych, zwanych holocelulozami, należą celuloza i hemiceluloza,

do inkrustujących zalicza się ligninę oraz pektyny. Na związki towarzyszące składają się cukry, tłuszcze i białka zawarte w żywych komórkach drewna, a ponadto barwniki, garbniki, żywice, alkaloidy, glikozydy oraz związki mineralne. Te ostatnie po spaleniu drewna stanowią popiół, którego udział w suchej masie drewna wynosi około 1%. Dominującym składnikiem popiołu jest nierozpuszczalny w wodzie węglan wapnia (Prosiński 1969, Krzysik 1974).

W prezentowanych badaniach składu chemicznego drewna sosny z Sokolicy poddano analizie udział trzech głównych składników: celulozy, hemiceluloz i ligniny. Pozostałych związków nie badano. W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że zawartość celulozy wyniosła 43,38%, hemiceluloz 29,40% oraz ligniny 27,16%. Sowa (2019) dla drewna sosnowego, którego skład chemiczny określił identyczną metodą, jak w niniejszym opracowaniu, podaje zawartość celulozy (przedziały uzyskanych wartości średnich) 43,3–46,7%, hemiceluloz 21,7–24,5% oraz ligniny 30,5–31,2%. Wartości ekstremalne, uzyskane przez cytowanego autora wynoszą od 31,9% do 49,8% dla celulozy, od 18,9% do 33,0% dla hemiceluloz oraz od 29,2% do 34,5% dla ligniny.

Z porównania przedstawionych powyżej wartości wynika, że w analizowanej próbce drewna sosny z Sokolicy zawartość celulozy jest zbliżona do wartości średnich, zawartość hemiceluloz jest wyższa od średnich, lecz niższa od wartości maksymalnej. Natomiast zawartość ligniny jest niższa od minimum podawanego przez Sowę (2019), ale mieści się w podawanym przez Krzysika (1974) przedziale, który ogólnie dla różnych gatunków drewna zawiera się w granicach od 26% do 30%. Jeszcze niższe minimum zawartości ligniny ogólnie dla drewna różnych gatunków drzew (15%) podają Sarkanen i Ludwig (Novaes i in. 2010). W kontekście cytowanych jednak wcześniej wartości minimalnych, podawanych dla drewna sosnowego przez Sowę (2019), zawartość ligniny w badanym drewnie pochodzącym z pnia sosny z Sokolicy należy uznać za nieco zaskakujące. Materiał poddany analizie chemicznej (TG) pochodził bowiem z fragmentu krążka, gdzie ze względu na działanie w tym miejscu (przekroju poprzecznego pnia) sił ściskających, można było spodziewać się obecności większej ilości ligniny w drewnie. W celu wyjaśnienia otrzymanego wyniku należałoby przeprowadzić analizy składu chemicznego drewna z innych górskich stanowisk sosny. Być może udałoby się uchwycić pewne prawidłowości w proporcjach podstawowych związków budujących tkankę drzewną sosen, wzrastających w surowych warunkach górskich.

### *Szerokość i udział kory*

Kora stanowi warstwę ochronną pnia drzewa przed działaniem czynników zewnętrznych. Chroni ona zwłaszcza wrażliwą miazgę. Na korę składają się trzy warstwy: łyko przewodzące wytworzone w koronie asymilaty, tkanka korkotwórcza (fellogen) oraz wytworzony przez nią korek, zbudowany z martwych, wysyconych suberyną komórek. Obecność suberyny nadaje komórkom korka elastyczność, zmniejszając jednocześnie przewodnictwo ciepła. W wyniku przyrostu grubości, starsze pokłady korka pękają, zmieniając się w martwicę korkową, zwaną także korowiną. U starszych drzew korowina może łuszczyć się i odpadać płatami od pnia (Krzysik 1974).

W badanym krążku, pobranym z pnia sosny z Sokolicy, nie stwierdzono obecności korowiny. Natomiast na podstawie przeprowadzonych pomiarów obrazów elektronicznych obu przekrojów poprzecznych stwierdzono, że średnia grubość kory wyniosła 1,17 mm (min. 0,33 mm; maks. 2,30 mm), przy współczynniku zmienności cechy na poziomie 39,7%. Udział kory w powierzchni przekroju poprzecznego wyniósł 5,97%, czyli jest on nieco niższy od udziału objętościowego kory podawanego dla sosnowego drewna dłużykowego, wynoszącego 8% (PN-D-95000).

#### PODSUMOWANIE WYNIKÓW, STWIERDZENIA I WNIOSKI

- W krążku pobranym z pnia sosny z Sokolicy stwierdzono występowanie twardzicy, mimośrodowego rdzenia, oraz spłaszczenia. Ponadto stwierdzono dwie zabitki zarosnięte, świadczące o wcześniejszym uszkodzeniu pędu w tym miejscu.
- Średnia szerokość strefy bielu wyniosła 7,7 mm, jego udział na promieniu wyniósł 20,18%, tj. około 1/5 promienia. Uzyskane wartości są niższe od podawanych dla typowych pni sosnowych, jednak zbliżone do danych uzyskanych dla innych sosen rosnących na Sokolicy. Powierzchniowy udział bielu osiągnął 36,6% i jest około dwukrotnie niższy od wartości prezentowanych dla pni dojrzałych u 100-letnich sosen z drzewostanów gospodarczych. Różnicę tą należy tłumaczyć znacznie wyższym wiekiem badanej sosny z Sokolicy.
- Zarówno gęstość bezwzględna badanego drewna ( $0,478 \text{ g/cm}^3$ ) jak i gęstość względna ( $0,418 \text{ g/cm}^3$ ) są zbliżone do wartości podawanych dla drewna sosnowego przez innych autorów.
- Całkowity skurcz liniowy badanego drewna w kierunku stycznym osiągnął 7,8%, w kierunku promieniowym 5,7% a wzdłuż włókien 0,9%. Całkowity skurcz objętościowy wyniósł 12,5%. Wszystkie powyższe wartości nie odbiegają od danych podawanych w literaturze dla drewna sosnowego.
- Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien badanego drewna wyniosła 22,67 MPa. Uzyskana wartość jest dużo niższa od średniej wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien podawanej dla sosny (55 MPa). Jedną z najważniejszych przyczyn niskiej wytrzymałości był silny skręt włókien, stwierdzony w próbce drewna poddanej testowi wytrzymałościowemu.
- Analiza elementarnego składu chemicznego badanego drewna wykazała, że zawartość węgla wyniosła 49,32%, wodoru 6,63%, azotu 0,02% oraz tlenu 44,03%. Otrzymane wyniki są zbliżone do danych, prezentowanych dla drewna sosnowego przez innych autorów.
- Na podstawie analizy krzywej termogravimetrycznej ustalono, że zawartość celulozy w badanym drewnie stanowi 43,38%, hemiceluloz 29,40% oraz ligniny 27,16%. W porównaniu do wartości podawanych dla drewna sosnowego w literaturze należy stwierdzić, że poziom celulozy jest zbliżony, hemiceluloz nieco wyższy, lecz nie przekraczający wartości maksymalnych, natomiast niski jest udział ligniny, którego wartość jest mniejsza od minimum dla drewna sosnowego podawanego w literaturze. W celu wyjaśnienia uzyskanego wyniku należałoby przeprowadzić

analizy składu chemicznego drewna sosen z Sokolicy bądź innych rejonów górskich, co mogłoby potwierdzić zjawisko tworzenia przez sosnę w takich warunkach tkanki drzewnej o niższej zawartości ligniny.

- Średnia grubość kory analizowanego krążka sosny wyniosła nieco ponad 1 mm, zaś jej udział w polu powierzchni krążka stanowił niecałe 6%, co jest wartością nieco niższą od podawanego udziału kory w miąższości dłużyc sosnowych.

PODZIĘKOWANIA. Autorzy składają serdecznie podziękowania: Dr. hab. inż. Krzysztofowi Mudrykowi – pracownikowi Katedry Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie, za umożliwienie przeprowadzenia testu wytrzymałościowego drewna oraz pomoc merytoryczną; Dr. inż. Klaudiuszowi Wypiorowi – kierownikowi Laboratorium Badań Właściwości Fizyko-Chemicznych Materiałów Niemetalowych, Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach; Mgr. inż. Magdalenie Kowalik – pracownikowi Laboratorium Badań Właściwości Fizyko-Chemicznych Materiałów Niemetalowych, Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach za wykonanie badania termograwimetrycznego próbki drewna; Dr. inż. Bartłomiejowi Gradowi – pracownikowi Katedry Ochrony Ekosystemów Leśnych Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie, za interpretację przebiegu krzywej termograwimetrycznej; Mgr. Katarzynie Jelskiej-Houda – pracownikowi Pracowni Analizy Elementarnej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, za przeprowadzenie analizy składu elementarnego próbki drewna.

## PIŚMIENNICTWO

- Bodziarczyk J., Karwowski K. 2018. Reliktowa sosna na Sokolicy – zapis wydarzeń po uszkodzeniu drzewa. *Pieniny – Przyroda i Człowiek*, **15**: 253–256.
- CSS San. 2008. Multi Scan v. 18.03 – Zaawansowany System Wprowadzania i Analizy Obrazów. Computer Scanning Systems, Warszawa 1993–2008.
- Duda J., Pazdrowski W. 1975. Procentowy udział twardzieli i bielu w 100 letnich sosnach zwyczajnych (*Pinus silvestris* L.) rosnących w różnych warunkach siedliskowych. *Sylvan*, **119**(11): 57–64.
- Galewski W., Korzeniowski A. 1958. Atlas najważniejszych gatunków drewna. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- GUS 2019. Rocznik Statystyczny Leśnictwa 2019. Zakład Wydawnictw Statystycznych, <http://stat.gov.pl> (dostęp 15.12.2020).
- Halik D. 2018. W350 Project będzie najwyższym wieżowcem z drewna, <https://exumag.com/w350-project-tokio/> (dostęp 30.12.2020).
- Krzysik F. 1974. Nauka o drewnie. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Meier E. 2019. The Wood Database, <https://www.wood-database.com> (dostęp 18.11.2019).
- Niedzielska B. 2001. Wiek sosen reliktowych na Sokolicy w Pienińskim Parku Narodowym. *Sylvan*, **145**(1): 57–62.
- Niedzielska B., Skrzyszewski J., Biel T. 2001. Podstawowe cechy drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w drzewostanach lokalnego pochodzenia na obszarze Karpat i Sudetów. *Acta Agraria et Silvicultura*, [seria:] *Silvestris*, **39**: 161–182.
- Novaes E., Kirst M., Chiang V., Winter-Sederoff H., Sederoff R. 2010. Lignin and Biomass: A Negative Correlation for Wood Formation and Lignin Content in Trees. *Plant Physiology*, **154**(2): 555–561, [www.plantphysiol.org/cgi/doi/10.1104/pp.110.161281](http://www.plantphysiol.org/cgi/doi/10.1104/pp.110.161281) (dostęp 30.12.2020).

- Olesen P. O. 1971. The Water Displacement Method. The Royal Veterinary and Agricultural University of Copenhagen.
- Paschalis P. 1980. Zmienność jakości technicznej drewna sosny pospolitej we wschodniej części Polski. *Sylvan*, **124**(1): 29–44.
- Prosiński S. 1969. *Chemia drewna*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Ratajczak E., Bidzińska G., Szostak A., Noskowiak A. 2011. Foresight w drzewnictwie Polska 2020. Obszar badawczy: Mechaniczny przerób drewna. Poznań, <https://www.itd.poznan.pl/pl/downloads/file/download/42> (dostęp 30.11.2020).
- Sowa J. 2019. Zasady kolekcjonowania zabsorbowanego węgla w drewnie gorszej jakości pochodzącego z posuszowych drzewostanów świerkowych i sosnowych. Sprawozdanie etapowe: Etap III. Kraków, [https://tbr.lasy.gov.pl/apex/f?p=102:3:::NO::P3\\_TEMAT:4104](https://tbr.lasy.gov.pl/apex/f?p=102:3:::NO::P3_TEMAT:4104) (dostęp 19.11.2019).
- Sowa J., Barszcz A., Wąsik R., Michalec K., Szewczyk J., Kulak D., Stańczykiewicz A., Pasiewicz W., Gach M., Kicińska A., Paluch P., Groborz J., Mateusiak Ł., Kowalski T., Bartnik Cz., Grad B., Majda D. 2018. Zasady kolekcjonowania zabsorbowanego węgla w drewnie gorszej jakości pochodzącego z posuszowych drzewostanów świerkowych i sosnowych. Sprawozdanie etapowe: Etap II. Kraków, [https://tbr.lasy.gov.pl/apex/f?p=102:3:::NO::P3\\_TEMAT:4104](https://tbr.lasy.gov.pl/apex/f?p=102:3:::NO::P3_TEMAT:4104) (dostęp 19.11.2019).
- Splawa-Neyman S., Owczarzak Z. 2020. Sosna (*Pinus sylvestris* L.), <https://www.itd.poznan.pl/pl/vademecum/sosna> (dostęp 19.11.2020).
- Stach R. 2020. Wieżowiec Mjøstårnet / Norwegia, [https://architektura.muratorplus.pl/technika/wiezowiec-mjostarnet-norwegia\\_10560.html](https://architektura.muratorplus.pl/technika/wiezowiec-mjostarnet-norwegia_10560.html) (dostęp 12.2020).
- Tomczak A., Jelonek T. 2012. Parametry techniczne młodocianego i dojrzałego drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). *Sylvan*, **156**(9): 695–702.
- Tomczak A., Jelonek T. 2013. Promieniowa zmienność właściwości drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) wyrosłej na gruntach porolnych. *Leśne Prace Badawcze*, **74**(2): 171–177.
- Witkowska J., Lachowicz H. 2012. Analiza zmienności gęstości umownej sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) wzdłuż wysokości pnia w zależności od wybranych czynników. *Przegląd Papierniczy*, **68**: 1–6.
- Witkowska J., Lachowicz H. 2013. Zmienność gęstości umownej drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w zależności od wybranych czynników. *Sylvan*, **157**(5): 336–347.

### *Lista cytowanych norm*

- PN-77/D-04101. 1978. *Drewno – Oznaczanie gęstości*.
- PN-82/D-0411. 1982. *Drewno – Oznaczanie skurczu i spęcznienia*. Wydawnictwa Normalizacyjne, Warszawa.
- PN-79/D-04102. 1980. *Drewno – Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien*. Wydawnictwa Normalizacyjne, Warszawa.
- PN-79/D-01011. 1980. *Drewno okrągłe – Wady*. Wydawnictwa Normalizacyjne, Warszawa.
- PN-D-95000. 2002. *Surowiec drzewny – Pomiar, obliczanie miąższości i cechowanie*. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa. ISBN 83-236-9147-9.
- Warunki techniczne – Wady drewna. 2020. Załącznik nr 3 do Zarządzenia nr 51 DGLP z dnia 30.09.2019. [http://drewno.zilp.lasy.gov.pl/drewno/Normy/3.\\_wady\\_drewna\\_-\\_ujednolicono\\_wg\\_zarz\\_54-2020.pdf](http://drewno.zilp.lasy.gov.pl/drewno/Normy/3._wady_drewna_-_ujednolicono_wg_zarz_54-2020.pdf) (dostęp 30.12.2020).



## SUMMARY

The paper presents the results of analyses of selected properties of pine wood from Sokolica. The material for the research was a disc (Photo 1) taken from the limb broken off from the tree during a rescue operation by a helicopter.

The presence of visible wood defects on the disc was analysed, the width of the sapwood zone was measured and its share on the radius and on the cross-section was calculated. The absolute and relative wood density, the linear shrinkage along the grain and in the radial and tangential directions the volumetric shrinkages were measured. The compressive strength along the grain was determined. The share of carbon, hydrogen, nitrogen and oxygen in the wood was determined. In addition, the share of basic wood-building chemicals, such as ascellulose, hemicelluloses and lignin, was determined. Moreover, the thickness of the bark was measured and its share in the cross-section of the tested disc was calculated.

Observations of cross-sections of the disc and its bark revealed the following wood defects (Photo 3): ovality, eccentric pith, compression wood, catfaces (necrosis) and grain slope.

The sapwood width was measured at 25 points (Photo 5) on each cross-section of the disc (50 measurements on both cross-sections) and the calculated mean was 7.70 mm. The average share of sapwood on the radius of the cross-section was 20.18%, which is approximately 1/5 of the radius, while on the cross-section area this share was 36.56%. All the studied features were characterized by high variability due to the ovality of the stem.

The absolute wood density (oven dry wood) was 0.478 g/cm<sup>3</sup>, the relative wood density was 0.426 g/cm<sup>3</sup> and the density of wet wood was 1.016 g/cm<sup>3</sup> (Photo 2). The volumetric wood shrinkage reached 12.51%, in the tangential direction it was 7.8%, in the radial direction – 5.7% and along the grain – 0.9%. The values of physical properties obtained during the study were similar to the data reported in the literature.

The compressive strength along the grain of the tested wood (Photo 7) was 22.67 MPa and it was much lower than the values reported for *Pinus sylvestris* wood in the literature (about 55 MPa). The much lower result can be explained by the presence of the grain slope in the tested wood sample (Photo 4, 6).

The analysis of the elementary chemical composition of the studied wood showed that it consisted of 49.32% carbon, 6.63% hydrogen, 0.02% nitrogen and 44.03% oxygen. It was also found that the content of cellulose in the wood was 43.38%, hemicellulose – 29.40% and lignin – 27.16%. The relatively low level of lignin in the studied wood turned out to be somewhat surprising, when compared to the literature data on *Pinus sylvestris* wood.



## Sosna zwyczajna na Sokolicy w Pieninach – konteksty estetyczne, symboliczne i kulturowe

*Pinus sylvestris* at Sokolica in Pieniny – aesthetic, symbolic and cultural contexts

JAKUB ŻMIDZIŃSKI

*Uniwersytet Artystyczny im. Magdaleny Abakanowicz w Poznaniu,  
Wydział Edukacji Artystycznej i Kuratorstwa, al. Marcinkowskiego 29, 61-745 Poznań,  
e-mail: jakub.zmidzinski@uap.edu.pl*

**Abstract.** The article is devoted to the cultural significance of the pine tree growing at the top of Sokolica. Initially, the author tracks its popularity based on information posted on internet portals. Then he outlines the history of the tree, distinguishing three periods in its life. The beginnings of the pine's popularity date back to the marking of the trail to the top of Sokolica in 1907. In the following sections, examples of both literary and photographic images of the tree are given. In the final part of the article, the author refers to the symbolic meanings and aesthetic experience (the art of bonsai) that this tree may evoke in people admiring it.

**Keywords:** nature – culture, mountains, tourism, bonsai, photography, tree symbolism

*Tak, tylko udrzewiony wiatr mógł tutaj zawisnąć i rósć.*

Jan Wiktor

*Ześ sie wykończyła, chyciła mie troska  
I ze zolu zbladły lica Sokolicy  
Bo zakła urośnie znów sośnina nowa  
Cęz sie bedzie stroić pięnińsko królowa?*

Michał Słowik-Dzwon

### SOSNA W SIECI

W ciągu ostatnich dwóch lat główne polskie portale informacyjne aż trzykrotnie obiegrała wiadomość o uszkodzeniach sosny rosnącej na szczycie Sokolicy. Nagłówki artykułów o tym informujących świadczą o sławie drzewa; przytoczmy ich brzmienie z jednego z najpopularniejszych portali – Wirtualnej Polski:

[10 września 2018]

Najsłynniejsza polska sosna uszkodzona bardziej, niż sądzono<sup>1</sup>.

[26 lutego 2019]

Słynna polska sosna z Sokolicy znów uszkodzona [nagłówek] i dalej:

Chodzi o słynną sosnę z Sokolicy, która jest symbolem Pienin. Charakterystyczny motyw często pojawia się na zdjęciach, widokówkach i folderach reklamowych<sup>2</sup>.

[6 stycznia 2021]

Symbol Pienin znowu uszkodzony. 500-letnia sosna ucierpiała podczas wichury<sup>3</sup> [nagłówek]

Inne portale również używały podobnych określeń. Drzewo to ma swoje hasło w internetowej encyklopedii Wikipedia<sup>4</sup>, a jego popularność wybiega poza kategorię częstego motywu pocztówkowego. Portal poświęcony sztuce bonsai w 2017 roku donosił:

Poniższe drzewo jest wręcz kultowe, stanowi charakterystyczny obiekt często umieszczany na widokówkach i innych pamiątkach z Pienin<sup>5</sup>.

Kilka lat wcześniej, w 2015 roku, z wynikiem 4549 głosów sosna uzyskała II miejsce w konkursie Drzewo Roku organizowanym przez Klub Gaja, na którego stronie czytamy, że jest to: „prawdopodobnie najbardziej znane drzewo w Polsce”<sup>6</sup>.

Ten wstępny i pobieżny przegląd obecności interesującej nas sosny w Internecie, potwierdzający jej wyjątkowość i sławę, warto uzupełnić o komentarze zamieszczone przez internautów pod powyższymi newsami. Choć są one bardziej świadectwem stanu emocji społecznych niż zainteresowania konkretnym drzewem i jako takie mogą zainteresować socjologa, mówią też coś o dominujących tendencjach w relacjach ludzi z naturą. Większość z nich odnosi się do politycznej sytuacji w Polsce lub dotyczy aktualnych sporów światopoglądowych. Aktywne są tu różne strony sporu, przy czym charakter wpisów jest zazwyczaj kpiarski. Gubi się w tym sam problem – zniszczenie kilkusetletniego drzewa:

Co tam 500 letnia sosna. Widziałem jak dzieciaki tłukły mające ponad 1 MILIARD lat kamienie. Otoczaki narzutowe. To dopiero niszczenie zabytku.

ZAJMIJCIE SIĘ POTRZEBUJĄCYMI LUDŹMI NIE GŁUPIM DRZEWKIEM [pisownia oryginalna]<sup>7</sup>.

Obok tego typu uwag, znajdowały się również sugestie, jak poradzić sobie ze zniszczeniami:

<sup>1</sup> <https://wiadomosci.wp.pl/najsłynniejsza-polska-sosna-uszkodzona-bardziej-niz-sadzono-korona-usunieta-6293886720554625a> (dostęp: 28.01.2021).

<sup>2</sup> <https://wiadomosci.wp.pl/słynna-polska-sosna-z-sokolicy-znow-uszkodzona-zniszczona-galaz-boczna-6353653558159489a> (dostęp: 28.01.2021).

<sup>3</sup> <https://turystyka.wp.pl/symbol-pienin-znowu-uszkodzony-500-letnia-sosna-ucierpiala-podczas-wichury-6594290468596512a> (dostęp: 28.01.2021).

<sup>4</sup> [https://pl.wikipedia.org/wiki/Sosna\\_na\\_Sokolicy](https://pl.wikipedia.org/wiki/Sosna_na_Sokolicy) (dostęp: 28.01.2021)

<sup>5</sup> <http://www.drzewabonsai.pl/2017/09/sosna-sokolica-pieniny.html> (dostęp: 28.01.2021).

<sup>6</sup> [http://swietodrzewa.pl/?page\\_id=6288](http://swietodrzewa.pl/?page_id=6288) (dostęp: 28.01.2021).

<sup>7</sup> <https://wiadomosci.wp.pl/słynna-polska-sosna-z-sokolicy-znow-uszkodzona-zniszczona-galaz-boczna-6353653558159489a> (dostęp: 28.01.2021).

Koniecznienie – kłosz, siatka, obudowa – ochronić Kochane Drzewko!

Proponuję posadzić obok kilka małych sosenek. Za 100 lat będą jak znalazł. Najlepiej odmiany odporne na wiatr...

Powinni sprowadzić dobrego ogrodnika i zaszczyć drzewko. Bo jak się złamie ostatnia gruba gałąź to po Sośnie. Parę zrazów na grubopędzie i sosenka by się odmłodziła. Zawali się to się zawali, taka jest natura, i po co to rozgrzebywać<sup>8</sup>.

11 września 2018 r. portal Wyborcza.pl Kraków donosił w materiale zatytułowanym: „Słynna sosna na Sokolicy już bez odłamanej gałęzi”:

Była symbolem Pienin – obok Trzech Koron i przełomu Dunajca. Słynna sosna reliktowa z Sokolicy została uszkodzona podczas akcji ratowniczej z użyciem śmigłowca. Specjaliści zajmujący się chirurgią drzew oraz uprawą bonsai po jej przebadaniu zdecydowali o usunięciu odłamanej korony. U stóp uszkodzonego drzewa ktoś zostawił czarną wstążkę i znicz<sup>9</sup>.

Autor tego doniesienia nie wiedział zapewne, że ów znicz i wstążka pojawiły się w związku z samobójczą śmiercią, do jakiej doszło w tamtym czasie na stokach Sokolicy i nie miały nic wspólnego ze zniszczeniami sosny. Niemniej to, że wziął je jako znak żałoby po zniszczeniu drzewa samo w sobie wydaje się znaczące. Od kilku lat bowiem zaobserwować można wyraźnie narastającą w skali globalnej popularność nowej fali myślenia ekologicznego, co związane jest z troską o klimat planety. Ową falę dobrze charakteryzuje pojęcie „biofilia” zaproponowane niegdyś przez Ericha Fromma, a upowszechnione przez socjobiologa Edwarda O. Wilsona, czyli „namiętna miłość życia i wszystkiego, co żyje”<sup>10</sup>. W filozofii zaś trendowi temu odpowiada sformułowanie „humanistyka nie-antropocentryczna”. Z perspektywy obserwatora emocji społecznych zauważyć można, że budzi ona coraz bardziej skrajne zachowania. Warto jednak przypomnieć, że myślenie ekologiczne ma w tradycji europejskiej podłoże franciszkańskie, a bliskie relacje z otaczającą przyrodą były w kulturze ludowej czymś naturalnym, o czym przekonamy się w dalszej części artykułu. Należy wnosić, że gdyby podobne uszkodzenia na Sokolicy nastąpiły o dwie dekady wcześniej, zapewne budziłyby również żywe zainteresowanie w całej Polsce, niemniej reakcje na owe zniszczenia miałyby bardziej merytoryczny charakter. Warto zatem zapytać: dlaczego niewielka, bezimienna sosna na szczycie jednego z pienińskich szczytów budzi takie zainteresowanie oraz dlaczego w przeszłości zyskała aż taką sławę?

Co ciekawe, sława ta zrodziła się stosunkowo niedawno, choć na Sokolicę wchodzono już około połowy XIX wieku, a jak podaje Krzysztof Koper: nazwa „Skała Sokola” widnieje na dokumencie z 1630 roku<sup>11</sup>. Z perspektywy medialnej popularności w historii tego drzewa należy wyróżnić trzy zasadnicze okresy.

<sup>8</sup> <https://turystyka.wp.pl/symbol-pienin-znowu-uszkodzony-500-letnia-sosna-ucierpiala-podczas-wichury-6594290468596512a> (dostęp: 28.01.2021).

<sup>9</sup> <https://krakow.wyborcza.pl/krakow/7,44425,23908740,pieniny-slynnna-sosna-na-sokolicy-juz-bez-odciete-j-galezi-zdjecia.html> (dostęp: 28.01.2021).

<sup>10</sup> K. Konopczyńska, A. Mikorzewska, A. Szadowiak, *Biofilia*, Global Compact Network Poland 2018 [online:] <https://ungc.org.pl/info/biofilia/> (dostęp: 20.01.2021).

<sup>11</sup> K. Koper, *Mały przewodnik historyczny po Pieninach*, Nowy Targ 2009, s. 46.



## TRZY BYTY SOSNY NA SZCZYCIE SOKOLICY

*Okres pierwszy: życie „ukryte” (w reliktowym lasku)*

Jak wykazują badania wieku pobliskich sosen, nasionko interesującego nas drzewa mogło zacząć puszczać korzonki pośród innych sosen w reliktowym zagajniku, usytuowanym na południowym stoku Sokolicy, już około 500–550 lat temu. Gdyby zaryzykować i przyjąć tę najbardziej w czasie odległą genezę, znaczyłoby to, że sosna ta mogła kiełkować około 1471 roku<sup>12</sup>. W kulturze europejskiej kształtował się wtedy Renesans – epoka wielkich przemian mentalnych, świadczy o nich choćby twórczość urodzonego właśnie w tym roku słynnego niemieckiego grafika, malarza, rysownika i teoretyka sztuki Albrechta Dürera. Prócz znanych obrazów olejnych o tematyce sakralnej, pozostawił on kapitalne, studyjne rysunki roślin i zwierząt, świadczące o nowym, bardziej analitycznym stosunku do natury. Interesująca nas sosna na podziwiającej ją oczy artystów – przede wszystkim fotografików – musiała poczekać jeszcze około 450 lat, będąc świadkiem ogromnych przemian cywilizacyjnych.

Skalistą ścianę Sokolicy podziwiano już jednak wcześniej, zapewne od momentu, kiedy pojawiła się moda na podróże w góry, a w Szczawnicy odkryto „źródła zdrowia”, czyli niezwykle wtedy popularne wody zdrojowe. Na pewno zaś okazja ku temu nadarzyła się od końca lat 30. XIX stulecia wraz z pierwszymi organizowanymi dla kuracjuszy spływami Dunajcem. Jednak z odległości kilkuset metrów niewielka sosna przyklejona do skały, w sąsiedztwie innych sosen, nie mogła być dobrze widoczna, a na pewno nie mogła budzić jakiegoś szczególnego wrażenia. Jeśli jednak już ktoś wspiął się na sam szczyt „matki” czy „królowej” Pienin – jak ją niegdyś nazywano – mógł w ogóle na to drzewko nie zwrócić uwagi. Do dziś na szczycie widnieje pieniek po sośnie, która rosła niedaleko naszej bohaterki, kilka metrów bliżej wejścia – dobrze to widać na zdjęciu, które można odnaleźć w Internecie<sup>13</sup>.

Oczywiście ta wycięta sosna nie była może aż tak spektakularna, ale na pewno wpływała na całościowy obraz szczytu. Drzewko to uległo uszkodzeniu w 1934 roku, co rychło musiało doprowadzić do jego uschnięcia, a o okolicznościach tego zdarzenia donosił – wydawany na szczeblu ministerialnym „Kwartalny Biuletyn Informacyjny”. Ze względu na język opisu warto przytoczyć jego obszernie fragmenty:

Zniszczenie sosny na Sokolicy w Pieninach.

Wśród tegorocznej kroniki wypadków wandalskiego i beznamiętnego niszczenia zabytków przyrody jeden szczególnie jest bolesny, zwłaszcza ze względu na osoby, które go popełniły i zasługuje na ostre napiętnowanie. Dowodzi on równocześnie, że idea ochrony przyrody nie dotarła jeszcze do niektórych warstw społeczeństwa, że krzewiciele jej wzniosłych zasad mają przed sobą olbrzymią, urodzajną a niezasiałą niwę. Myślę o wojsku, instytucji, która dla wielu chłopców jest szkołą życia, urabiającą ich na obywateli.

<sup>12</sup> W wielu artykułach podaje się szacunkowy wiek sosny na około 500–550 lat – por. np. R.M. Remiszewski, *Symbol Pienin uszkodzony*, „Prace Pienińskie” 2018, nr 28, s. 367.

<sup>13</sup> <https://mail.google.com/mail/u/0/?ui=2&ik=a831d7fe13&attid=0.2&permmmsgid=msg-f:1692696234360390708&th=177daa41c1b14434&view=att&disp=safe> (dostęp: 25.02.2021).



**Fot. 1.** Szczyt Sokolicy z jeszcze dwiema sosenkami; okaz z prawej strony został uszkodzony przez turystów w 1935 roku (Archiwum PPN)

**Photo 1.** Peak of Sokolica with two pines; one on right was damaged by tourists in 1935 (PNP Archives)

Naprawdę przykrość i żal niewysłowiony ogarnia każdego, kto wszedłszy na szczyt Sokolicy w Pienińskim Parku Narodowym zobaczy, że jedna z dwu najładniejszych sosen, stojących na szczycie, została okorowana przez żołnierzy. Opierała się steki lat wichurom i burzom, wzrastała wolno lecz uparcie w walce z niełitosnymi czynnikami atmosferycznymi, atakującymi ją już u samej kolebki jej dziejów, od chwili, gdy zapuściła kielki w szczelinę skalną, przyniesiona tu z pobliskiego drzewa-matki razem z setkami siostrzyc. Los szczęśliwy pozwolił jej zwyciężyć wszystkie przeciwności: i twardą walkę o byt i niedomagania życiowe. Niestety, napotkała na swej drodze dwu żołnierzy, którzy w dzień odpoczynku, po znoonej pracy urządzili sobie wycieczkę i dla «uwiecznienia» swej bytności na Sokolicy postanowili złożyć podpisy. Ponieważ nie znaleźli na nie miejsca na zapisanej całkowicie przez poprzedników poręczy, więc zdarli korę dokoła całego pnia najbliższej sosny i tam je wyryli, niszcząc w ten sposób zupełnie drzewo. (...) <sup>14</sup>.

Warto zwrócić uwagę, że autor owego artykułu, Jan Walas, obie sosny rosnące na szczycie uznał za godne uwagi. Paradoksalnie jednak możemy przypuszczać, że efektem wycięcia owej sosny było wyeksponowanie tej, którą obecnie opisujemy.

Wracając do jej historii sprzed okresu turystycznych wojaży na szczyt – choć w swych pejzażach pienińskich umieszczał Sokolicę już Józef Szalay<sup>15</sup>, a na fotografiach

<sup>14</sup> J. Walas, *Zniszczenie sosny na Sokolicy w Pieninach*, „Kwartalny Biuletyn Informacyjny” Wydawnictwo Biura Delegata Ministra W. R. i O. P. Do Spraw Ochrony Przyrody, rok V, styczeń 1935, nr 1 [za kwartał IV 1934 r., s. 1–2].

<sup>15</sup> *Album Szczawnickie* [grafika:] J. Szalay, [tekst:] Sz. Morawski], Wiedeń–Kraków 1858.

ojciec Stanisława Wyspiańskiego – Franciszek<sup>16</sup>, próżno tam szukać słynnego później motywu. Ówczesne ujęcia ukazują szczyt z perspektywy dna przełomu Dunajca.

Na pewno sytuacja zmieniła się radykalnie od momentu, kiedy prekursor współczesnego krajoznawstwa i autor licznych przewodników i opracowań Kazimierz Sosnowski, wyznakował w 1907 r. tzw. ścieżkę Madei, i w związku z tym zbudowano żelazną balustradę na szczycie<sup>17</sup>. Nie trzeba było już wtedy – jak pisał około roku 1860 Bogusz Zygmunt Stęczyński – trudzić koni ciężką wspinaczką:

A mnie, każde stąpienie konia, tu przenika,  
I trwoga i okropność w około spotyka;  
Żałuję nierozważny, że mi się zachciało  
Spinać po tych Pieninach ciekawie, zuchwało!<sup>18</sup>

Wyznaczenie szlaku i umocnienia na szczycie rozpoczynają drugi etap życia sosny.

### *Okres drugi: sosna jako ulubiony motyw fotograficzny Pienin*

Wraz z działaniami Sosnowskiego i wyznaczeniem w latach 1925–26 Sokolej Perci przez innego znanego krajoznawcę ks. Walentego Gadowskiego<sup>19</sup>, szczyt Sokolicy zaczęli odwiedzać coraz liczniejsi turyści, zachęceni do tego przez pojawiające się przewodniki. Wśród nich również te ilustrowane fotografiami. Da się tu wyznaczyć pierwszy – „czarno-biały” podokres fotograficznej popularności sosny. Wcześniej nikt z autorów przewodników ani podróżników o widoku ze szczytu Sokolicy nie wspominał. Wyjątkiem jest wiersz nokturnowy Zenona Przesmyckiego – Miriama „Noc na Sokolicy”, napisany u schyłku XIX wieku, ale poeta w swoim obrazie obecności sosny nie notuje, za to myli „wysmukłe świerki”<sup>20</sup>, których tam nie ma, z jodłami.

Warto przyjrzeć się krajoznawczym publikacjom samego Sosnowskiego, poświęconym regionowi Pienin. W pierwszym wydaniu z 1914 r. jego „Przewodnika po Beskidzie Zachodnim” czytamy:

Kto okiem rzuci na Sokolicę od strony Dunajca, mniema, iż na jej szczycie ten tylko znaleźć się może, kto ma sokole lub orle skrzydła do rozporządzenia. A przecież wyjść tam da się łatwo, w niedługim czasie i z niewielkim trudem, lecz od płn. strony. Najsmiglejsza to z pienińskich skalic; ku rzece prawie prostopadle 300 m spada, odbijając się w jej toni [...]. Widok w dal znacznie ze Sokolicy szczuplejszy niż z Trzech Koron, od płd.-zach. częściowo ich szczytami, od płn. całkiem lasem zasłonięty, natomiast widok na same Pieniny jest ze Sokolicy najponętniejszy. Całe to gniazdko rozkoszne ściele się dokoła w całym swym wdzięku i powabie (...)<sup>21</sup>.

<sup>16</sup> F. Wyspiański, [Pieniny][Album z fotografiami] Fotografował z natury – F. Wyspiański [w latach ok. 1870–1880].

<sup>17</sup> Por. *Historia rozwoju turystyki pienińskiej*, Pieniński Park Narodowy (online) <https://www.pieninypl.pl/1099/0/historia-rozwoju-turystyki-pienińskiej.html> (dostęp: 25.01.2021).

<sup>18</sup> Z.B. Stęczyński, *Tatry w dwudziestu czterech obrazach* [reprint], Kraków 1860 [Wrocław 1997], s. 42.

<sup>19</sup> Tamże.

<sup>20</sup> Por. Miriam [Z. Przesmycki], *Noc na Sokolicy*, [w:] tegoż, *Z czary młodości. Liryczny pamiętnik duszy (1881–1891)*, Wiedeń 1983, s. 22.

<sup>21</sup> K. Sosnowski, *Przewodnik po Beskidzie Zachodnim od Krynicy po Wisłę łącznie z Pieninami i terenami narciarskimi*, Kraków 1914, s. 187–188.

To zapewne pierwszy tak dokładny opis, podkreślający jednocześnie oryginalny widok, choć bardziej kameralny od panoramy z Trzech Koron. Sosnowski nie wspomina tu jednak o sośnie czy sosnach, a wykonane przez autora zdjęcie wypełniające sąsiednią kartę, ukazuje zbliżenie szczytu od strony południowo-zachodniej, tyle że wbrew podpisowi nie jest to Sokolica a Płaska Skała w Masywie Trzech Koron. Nawet największym autorytetom zdarzają się błędy... W wydanym dekadę później krajoznawczym opracowaniu „Beskidy Zachodnie” tego samego autora opis jest nieco skromniejszy, choć i tu pojawia się epitet określający Sokolicę jako „najśmielejszą” z pienińskich skał<sup>22</sup>, a tekst ilustruje wcześniej wspomniane, błędnie opisane zdjęcie<sup>23</sup>. W tym samym 1924 r., Sosnowski publikuje w „Wierchach” artykuł „Pieniny pod względem krajobrazowym i turystycznym”, w którym powtarza niemal słowo w słowo swój opis, ale ilustrację stanowi tu między innymi fotografia autorstwa St. Zwolińskiego obrazująca „Widok ze szczytu Sokolicy na zakręt Dunajca koło Przechodków Wielkich oraz na dolinę Leśnicy”<sup>24</sup>. Kadr obejmuje z lewej strony gałąź interesującej nas sosny. Jeszcze inny kadr zdobi III wydanie przewodnika Sosnowskiego z 1930 r., na nim również, w górnej części, widnieje fragment naszej bohaterki<sup>25</sup>. Dobrze to obrazuje wzrastającą świadomość wśród turystów jej fotogenicznego potencjału<sup>26</sup>. Potwierdza to również pochodzący z tego samego okresu, a dedykowany K. Sosnowskiemu, „Ilustrowany przewodnik po Pieninach i Szczawnicy” autorstwa Alhy, Marczaka i Wiktora. Zawiera on fotografię wykonaną (podobnie jak u Sosnowskiego) od strony zachodniej, ale obejmującą już całą sosnę<sup>27</sup>. Co ciekawe, pochodzący z Grywałdu współautor przewodnika Michał Marczak, opisując szczyt Sokolicy wspomina:

Dawniej rosły na Sokolicy szarotki, cis nie należał tu do rzadkości. Niestety, górale dla gości szczawnickich ogołocili skały z owych przemiłych kwiatów, zaś medycyna ludowa potrzebowała gałązek i jagód cisu do pewnego niedozwolonego prawem zabiegu. Dziś nie spotka się ani jednego ani drugiego<sup>28</sup>.

O reliktowych sosnach autor nie wspomina. Jak widać, sosna zwyczajna nie budziła jeszcze wtedy większego zainteresowania. Nie wspomina też o sośnie Marian Nunberg, autor relacji podróżniczej, zatytułowanej „Z Cieszyna do Szczawnicy” z 1929 r., ilustrowanej za to fotografią autorstwa Z. Grodzińskiego<sup>29</sup>, ukazującą turystów siedzących na szczycie Sokolicy niedaleko zamykającej kadr z prawej strony sosny<sup>30</sup>.

Dopiero po dwudziestu kilku latach, obecność sosny dokumentuje „Przewodnik turystyczny Pieniny” autorstwa Jana Rusieckiego i Marii Czarneckiej z 1953 r.:

<sup>22</sup> K. Sosnowski, *Beskid Zachodnie*, Kraków 1924, s. 123.

<sup>23</sup> Tamże, s. 124.

<sup>24</sup> K. Sosnowski, *Pieniny pod względem krajobrazowym i turystycznym*, „Wierchy” 1924, nr 2, s. 110.

<sup>25</sup> K. Sosnowski, *Przewodnik po Beskidach...*, wyd. III, tom. I, Kraków 1930, s. 143.

<sup>26</sup> Wydany nieco wcześniej (1928 r.) *Przewodnik po Pieninach* ks. Walentego Gadowskiego również nie wspomina o sośnie na szczycie Sokolicy, choć notuje, że widok stąd „więcej malowniczy” jak z Trzech Koron; W. Gadowski, *Przewodnik po Pieninach z mapą i ilustracjami*, Kraków 1928, s. 11.

<sup>27</sup> Alha [A. Hammerschlag], [M.] Marczak, [J.] Wiktor, *Ilustrowany przewodnik po Pieninach i Szczawnicy*, Kraków 1927.

<sup>28</sup> Tamże, s. 16.

<sup>29</sup> Najprawdopodobniej chodzi o znanego polskiego zoologa, późniejszego rektora UJ Zygmunta Grodzińskiego.

<sup>30</sup> M. Nunberg, *Z Cieszyna do Szczawnicy*, „Wierchy” 1929, nr 7, s. 78.

Sokolica jest najpiękniejszym, najbardziej efektownym ze szczytów oglądanych w czasie spływu Przełosem Dunajca. Sylwetkę jej skalnego wierzchołka z charakterystyczną sosną nad przepaścią łatwo zapamiętać dobrze już po pierwszym zobaczeniu<sup>31</sup>.

Zapomnieli jednak dodać, że aby ów widok zapamiętać, należy wspiąć się najpierw na szczyt. Również i ten przewodnik, choć to skromnie ilustrowana broszurka, zawiera fotografię pętli Dunajca sporządzoną spod szczytu Sokolicy, a jej kadr zamyka z lewej strony sosnowy konar<sup>32</sup>.

Bardziej ogólnie informuje o widoku z Sokolicy, pozbawiony ilustracji, przewodnik Zbigniewa Kreska „Szlaki Pienin” z 1980 r.:

...na szczycie spotykamy wychylające się ku przepaści sosny reliktowe – najczęstszy temat pienińskich widokówek<sup>33</sup>.

W podobnym duchu ujmuje interesujące nas zagadnienie klasyczny już przewodnik Józefa Nyki. W wydaniu IX z 2003 r. czytamy:

Skąły Sokolicy porasta obficie chryzantema Zawadzkiego, kwitnąca aż do połowy jesieni. Zdobiące grań i znane ze zdjęć sosny zwyczajne są relikdami z wczesnego holocenu, kiedy w Karpatach panowały bory sosnowe, później wraz ze zmianą klimatu wyparte przez lasy jodłowe, bukowe i świerkowe na niedogodne dla tych gatunków siedliska skalne. Schnące ostatnio drzewka czereśniowe są synantropami, przywleczonymi tu przez turystów<sup>34</sup>.

Co ciekawe, toż wydanie zdobi okładka ze zdjęciem wykonanym ze szczytu Sokolicy w kierunku masywu Trzech Koron, jednak nie obejmujące reliktovej sosny – czy była ona już wtedy tak znana, że wydawca chciał uniknąć powielania zbyt popularnego motywu? Wygląda na to, jakby sosna zyskiwała popularność wbrew zainteresowaniu przyrodników i krajoznawców, a zawdzięczała ją rozpowszechnieniu fotografii i modzie na wysyłanie widokówek.

Sosna zaczyna pojawiać się nie tylko na widokówkach, fotografiach umieszczonych w przewodnikach czy opracowaniach krajobrazowych, ale też i w albumach fotograficznych. Na początku warto wspomnieć o dwóch książkach wydanych w 1957 r., mających jedynie częściowo charakter albumowy. Jan Jerzy Karpiński opublikował wtedy opracowanie „W Pieninach”, gdzie umieścił m.in. zdjęcie swego autorstwa zatytułowane: „Sosna na skałce”, z drzewem ujętym od dołu, tło zaś ginie we mgle<sup>35</sup>. Przy okazji autor, w tonie gawędziarskim, wspomina o swojej wyprawie w celu pozyskania igieł reliktowych sosen na szczyt Głowy Cukru!<sup>36</sup> Z kolei „Dwa przełomy” Jana Jerzego Karpińskiego i Tadeusza Szczęsnego, które powielają tę samą fotografię, mając charakter bardziej edukacyjno-przyrodniczy nieco więcej miejsca poświęcają samemu fenomenowi sosen reliktowych. Możemy tam przeczytać, że:

Sosna pienińska tworzy niewątpliwie osobną rasę sosny pospolitej, wyróżniającą się niezwykłą odpornością na wpływy zewnętrzne<sup>37</sup>.

<sup>31</sup> J. Rusiecki, M. Czarniecka, *Pieniny. Przewodnik turystyczny*, Warszawa 1953, s. 28.

<sup>32</sup> Tamże, s. 8.

<sup>33</sup> Z. Kreska, *Szlaki Pienin. Przewodnik turystyczny*, Warszawa–Kraków 1980, s. 55.

<sup>34</sup> J. Nyka, *Pieniny. Przewodnik*, Latchorzew 2003, s. 185.

<sup>35</sup> J.J. Karpiński, *W Pieninach*, Warszawa 1957, s. 94.

<sup>36</sup> Por. tamże, s. 95–96.

<sup>37</sup> J.J. Karpiński, T. Szczęśny, *Dwa przełomy*, Warszawa 1957, s. 51.



Pierwsze wydanie klasycznego już albumu Edwarda Hartwiga miało miejsce w roku 1966. Motyw sosny musiał być już wtedy na tyle znany, że artysta w ogóle zrezygnował z popularnego z nią ujęcia pejzażu. Mamy zatem dwie fotografie szczytu Sokolicy ujętego od dołu, na których wśród drzew możemy dopatrzeć się delikatnego rysunku sosny (il. 112, 113), następnie zbliżony kadr fragmentu Dunajca ze szczytu Sokolicy zamknięty od prawej strony konarami sosen znajdujących się na prawo od interesującego nas drzewka (il. 114), w końcu trafiamy na rozkładówkę ukazującą splątane, rozłożyste konary siostrzanej sosny, znajdującej się na prawo (płn.-zach.) od bohaterki niniejszego szkicu (il. 117). W końcu duże zbliżenie „szczytowego spiętrzenia Sokolicy” ujętej od dołu, na którym widnieją sosny, łącznie z tą właściwą (il. 119)<sup>38</sup>.

W zdecydowanie skromniejszym albumie Zdzisława Małka znajdziemy zarówno fotografię popularnej sosny, ujętej na tle masywu Trzech Koron, jak i jej towarzyszkę ze szczytu, zapewne tę samą, którą fotografował Hartwig<sup>39</sup>. Album Małka zapowiada już nową epokę w historii prezentacji pienińskiej fotografii – zawiera kilka zdjęć barwnych.

Wraz z upowszechnieniem się fotografii kolorowej rozpoczyna się drugi – „barwny” podokres fotograficznej popularności sosny. Powielana w tysiącach wizerunków, przede wszystkim na widokówkach, ale i na materiałach promocyjnych i reklamowych, na szyldach i logo różnych firm, instytucji czy stronach internetowych, niewielka reliktowa sosna urasta do jednego z trzech: obok charakterystycznego rysunku masywu Trzech Koron i pętli tworzonej przez wody Dunajca – symboli Pienin.

Dzięki podnoszącej się jakości druku mogły pojawiać się kolejne, barwne albumy z pienińskimi pejzażami. Przyjrzymy się bliżej jednemu z nich, wydanemu w 1996 r. i zbierającemu prace trzech artystów Dionýza Dugasa, Jana B. Brzezińskiego i Marka Strzałkowskiego. Interesująca nas sosna jest tu reprezentowana w pełnej krasie na rozkładówce: jej górny konar Dugas umiejscowił pomiędzy masywem Trzech Koron a widniejącym w oddali pasmem Tatr. Drugie ujęcie ze szczytu Sokolicy autorstwa Brzezińskiego powieli niemal kadr Hartwiga z fragmentem przełomu zwieńczonym z prawej strony gałęziami siostrzanej sosny<sup>40</sup>. Porównanie fotografii z lat 60. XX w. i współczesnych ukazuje jednak różnice w samym pokroju sosny, która w międzyczasie została zubożona o jedną gałąź. Na zdjęciu z 1973 roku widnieje sosna z uschniętą gałęzią pomiędzy dwoma, do niedawna jeszcze zielonymi<sup>41</sup>. Wygląda na to, że utrata owej środkowej gałęzi doprowadziła do ukształtowania się „klasycznego” – najbardziej spopularyzowanego wizerunku sosny z dwiema gałęziami, kojarzącego się z formami drzew bonsai. Zapewne do tego faktu nawiązywał w swoim wierszu Michał Słowik-Dzwon, o czym jeszcze będzie wspomniane.

Wizerunek sosny zagościł również na różnego rodzaju materiałach promocyjnych i reklamowych, książeczkach edukacyjnych wydawanych przez Pieniński Park

<sup>38</sup> E. Hartwig, *Pieniny*, Słowo wstępne J. Wiktor, Warszawa 1966.

<sup>39</sup> Z. Małek, J. Nyka, *W Pieninach*, Warszawa 1968, s. 58–59, 128.

<sup>40</sup> *Pieniny*, [tekst:] J. Kolbuszewski, [zdjęcia:] D. Dugas, J.B. Brzeziński, M. Strzałkowski, Warszawa–Prešov 1996, r. VIII, il. 2, 7.

<sup>41</sup> [autor nieznany] <https://fotopolska.eu/1376571,foto.html> (dostęp: 25.02.2021).



**Fot. 2.** Utrata środkowej gałęzi doprowadziła do ukształtowania się najbardziej spopularyzowanego wizerunku sosny, fot. 1973 r. (zbiory fotopolska.eu)

**Photo 2.** Loss of middle limb led to formation of most popularized image of pine, photo 1973, (fotopolska.eu collection)

Narodowy. Jako wdzięczny temat powielany tysiące razy przez turystów tłumnie odwiedzających szczyt Sokolicy, zazwyczaj ujmowany w ten sposób, by jej górny konar wypełnił lukę między masywem Trzech Koron a Facimiechem, nad przełęczą Wyżni Łazek. W niezliczonych wariantach sezonowych, pogodowych i świetlnych, sosna stała się rzeczywiście niezwykle rozpoznawalną ikoną – być może mają rację redaktorzy portalu Klubu Gaja uważając, że jest to najbardziej znane drzewo w Polsce. Podobnego zdania był górski fotograf Karol Nienartowicz, który na swojej stronie internetowej pisał:

Powykręcane drzewo rośnie jakby wbrew prawom natury i wbrew pogodzie. Gęstwina korzeni oplata nagą skałę, a powykręcane gałęzie dowodzą wielkiej woli życia. Ten wspaniały widok to wizytówka Pienin, a za granicą nierzadko wizytówka Polski. Pienińska sosna jest prawie tym dla polskich gór czym Matterhorn dla Alp Szwajcarii, Neuschwanstein dla Bawarii czy Bled dla Słowenii – rozpoznawalnym symbolem i magnesem przyciągającym turystów<sup>42</sup>.

Było tak aż do 6 września 2018 roku. Data ta wyznacza trzeci etap życia sosny.

### *Okres trzeci: sosna okaleczona*

W dobie Internetu informacje o kolejnych uszkodzeniach znanego drzewa powielane są błyskawicznie, ale mowa nie tylko o uszkodzeniach. Faktem medialnym stała się

<sup>42</sup> <https://www.karolnienartowicz.com/10-najpiekniejszych-szlakow-w-pieninach/> (dostęp: 07.03.2021).

również operacja odcięcia naderwanej gałęzi, jej badania i konserwacja oraz ekspozycja na wystawie przyrodniczej w budynku Dyrekcji Pienińskiego Parku Narodowego. Wydaje się zatem, że pomimo kalectwa i zagrożenia życia, popularność sosny nie maleje, choć ma już inny niż dawniej charakter. Wspomniany powyżej fotograf Karol Nienartowicz, w swoim poście z 17 lutego 2021 roku, umieszczając serię swoich dawnych zdjęć wykonanych ze szczytu Sokolicy z sosną w roli głównej, przedwcześnie traktuje sosnę jako już obumarłą:

Świętej pamięci, nieodżałowana sosenka na Sokolicy. Cieszę się, że zdążyłem zrobić jej kilka portretów w dobrych warunkach! I współczuję tym, którzy nie zdążyli...

Edit: Według mnie było to jedno z najatrakcyjniejszych miejsc w polskich górach w ogóle. Gdybym miał pokazać zagranicznemu koledze po fachu tylko jedno ikoniczne miejsce w PL, to wybrałbym właśnie Sokolicę. Ale tę sprzed września 2018 roku...<sup>43</sup>.

Nadal fotografowana, jednak zdjęcia te mają teraz nie tylko estetyczny walor. Sytuacja jest zatem przedziwna: wciąż jako symbol funkcjonuje na widokówkach i innych materiałach wizualnych sosna sprzed uszkodzenia, podczas gdy żywe drzewko wygląda już znacznie skromniej. Warto jednak zauważyć, że pojawiły się już na widokówkach ujęcia ze zniszczoną sosną. Przy okazji warto również przypomnieć, że przy operacji odcinania nadłamanej gałęzi uczestniczyli specjaliści od bonsai. Ta informacja rzuca pewne światło na wyjaśnienie przyczyn tak niezwyklej kariery drzewa – przyjdzie nam jeszcze do tego powrócić.

#### LITERACKIE ODCZYTANIA SYMBOLIKI SOSNY

Popularność sosny uwiecznionej na materiałach fotograficznych pociągnęła za sobą tworzenie wizji literackich. Podobnie jednak jak w przypadku malarstwa pejzażowego, które było właściwie wtórne wobec fotografii i nie wydało jakiś wybitnych dzieł, choć jest motywem często wykorzystywanym przez miejscowych artystów, czy uczniów podpienińskich szkół przy okazji np. konkursów plastycznych<sup>44</sup>, niewielu pisarzy odmalowało jej specyfikę w swoich utworach. Językiem prozy pisał o niej Jan Wiktor i badacz twórczości Władysława Orkana Józef Dłużyk<sup>45</sup>, a Tadeusz Z. Bednarski sugerował nawet, że inspiracje do swych obrazów powieściowych na Sokolicy czerpał Witkacy<sup>46</sup>. W swoich przyrodniczych esejach wspomina o niej Ludwik Frey.

Poetyckie pejzaże ze szczytu Sokolicy nie są tak częste jak z Trzech Koron, niemniej, jak wskazuje wymieniony już nokturn Miriama, pojawiały się już w XIX wieku<sup>47</sup>. Warto tu przywołać te z nich, które odnoszą się bezpośrednio do sosny. Znany polski

<sup>43</sup> <https://www.facebook.com/KarolNienartowiczMountainPhotographer> (dostęp: 07.03.2021).

<sup>44</sup> Por. np. pracę Julii Zborowskiej z Gimnazjum im. Jana Pawła II w Krościenku n. D., która zajęła I miejsce w konkursie „Natura w mozaice” z 2016 r. [online:] <https://www.pieniny.pl/pl/983/643/otwarcie-wystawy-pokonkursowej-%E2%80%93-%E2%80%9Enatura-w-mozaice%E2%80%9D.html> (dostęp: 28.01.2021).

<sup>45</sup> Zob. J. Dłużyk, cyt. za: T.Z. Bednarski, *Spotkania w dawnej i niedawnej Szczawnicy*, Kraków 2012, s. 194.

<sup>46</sup> Zob. tamże, s. 145–148. W teście książki na s. 148 widnieje rysunek autora książki przedstawiający sosnę z Sokolicy, a na s. 197 fotografia Leszka Długosza na tle wspomnianej sosny.

<sup>47</sup> Pisałem o tym w podrozdziale *Na skrzydłach sokola. Skamieniała królowa* mojej monografii *Pieniny w literaturze polskiej*, Poznań 2010, s. 226–232.

profesor chemii i miłośnik gór, Iwo Pollo, w swoim cyklu wierszy poświęconych krajoznawcy Tadeuszowi Staichowi umieścił tryptyk „Pieniny”. W drugiej jego części uznaje drzewo na Sokolicy za „klucz” w zapisie nutowym na melodię graną przez wiatr – to ona nadaje właściwy ton całemu koncertowi:

Kapela jest wiatr  
 według pienińskiego zapisu  
 wygięta sosna –  
 klucz –  
 nad przepaścią Sokolicy  
 wznosi się ton  
 na Czerteziki i Ociemne  
 opada  
 w nagłych przełęczach  
 niespodziewana odpowiedź  
 niewidocznego potoku.  
 Słuchać i iść<sup>48</sup>.

Ten poetycki obraz łączący odczucia akustyczne i wizualne, które zawsze towarzyszą doświadczeniu gór, stanowi ciekawy wariant motywu muzyki generowanej przez górski wiatr, który obecny jest w znacznie szerszym wymiarze w prozie górskiej, szczególnie u Stanisława Vincenza<sup>49</sup>. Wiersz poświęcony sośnie pojawił się niedawno wydanym albumie Jana Gwóździa „Sonety pienińskie w fotografiach”<sup>50</sup>.

Sosna na Sokolicy stała się motywem poezji przede wszystkim miejscowych twórców. W wierszu Heleny Wolskiej drzewko jawi się jako symbol dumy i godności, bo swoją siłę czerpie ze skały – zacytujmy dwie strofy z tego 7-strofowego utworu:

Choć skała jednolita,  
 Pod nią przepaść głęboka,  
 Sosenka na to patrzy,  
 jakby bujała w obłokach.  
  
 Zapuszcza swoje korzenie  
 Głęboko do serca skały,  
 Podnosi głowę do góry,  
 By wichry w niej szumiły<sup>51</sup>.

Niewzruszona skała udziela tu swej siły wątłemu drzewku. Obrazem losu człowieka trwającego wbrew nadziei nad przepaścią jest sosna w wierszu Kazimierza Majerczaka<sup>52</sup>. W gwarowym wierszu Andrzeja Dziedziny-Wiwra, przytaczanym we fragmentach przez Ludwika Freya, sosna jawi się jako konieczny i zarazem wieczny element pejzażu szczytu Sokolicy<sup>53</sup>. Już po uszkodzeniu drzewa dwustrofowy wiersz napisała

<sup>48</sup> I. Pollo, *Pieniny II*, [w:] tegoż, *Ku Tatrom, Podhalu i góralszczyźnie. Pamięci Tadeusza Staicha*, Lublin 1993, s. 14.

<sup>49</sup> Por. S. Vincenz, *Na wysokiej poloninie. Barwinkowy wianek*, Sejny 2005. Obszerne opracowanie tego motywu u Vincenza – por. J. Żmidziński, *Wzór nieznany. Stanisław Vincenz a muzyka*, Wrocław-Poznań 2018, s. 220–226.

<sup>50</sup> J. Gwóźdź, *Sonety pienińskie w fotografiach* [fot.] Z. Lach, S. Mężyk, J. Gwóźdź, Nowy Sącz 2020, s. 39.

<sup>51</sup> H. Wolska, *Sokolica*, „Prace Pienińskie” 1992, nr 4, s. 63.

<sup>52</sup> K. Majerczak, *Trwanie na Sokolicy*, „Prace Pienińskie” 2013, nr 23, s. 40.

<sup>53</sup> Zob. L. Frey, *Sosny strażniczki przełomu Dunajca*, „Polski Region Pieniny”, 2015, nr 1(12), s. 80, 87.

Krystyna Aleksander<sup>54</sup>. Z wszystkich tych utworów wyróżnia się pisany gwarą wiersz Michała Słowika-Dzwona zatytułowany „Sosna pienińska”, który odczytywać można jako prorocstwo tego, co się niedawno stało. W pierwszych strofach poeta maluje obraz wzrastającego na „ścęńbie skalny” wbrew halnym wiatrom i błyskawicom drzewa, które rośnie, by „ubrać” nagą skałę. Stało się ono baczną obserwatorką wpływów Dunajcem, rachującą – co należy czytać jako zapisującą w pamięci – kolejne flisackie czółna. Siła jej piękna, opisana w czwartej strofie, polega na jej odmienności:

Choć tako pokraka, to wsyćkiw pokusi  
Wto przysed w Pięny, to je kochać musi!<sup>55</sup>

Ostatnie dwie strofy mają charakter elegijny – trudno powiedzieć, w którym dokładnie roku powstał wiersz tego pisarza, żyjącego między 1907 a 1980 rokiem. Musiał się tu odnieść do wcześniejszego zniszczenia drzewa, zapewne do uschnięcia środkowej gałęzi, o czym już wspomniano. Poeta odebrał to jako zapowiedź zbliżającego się kresu drzewa:

Ześ sie wykończyła, chyciła mie troska  
I ze zolu zbladły lica Sokolicy  
Bo zakła urośnie znów sośnina nowa  
Cęz sie bedzie stroić pienińsko królowa?<sup>56</sup>

W charakterystycznej dla poezji ludowej konwencji personifikacji elementów natury autor obdarza świadomością nie tylko drzewo, ale i skałę – cały świat natury zdaje się ożywiony, a poeta, jako jej część, w obrazie rychłego upadku drzewa widzi swój bliski kres:

Teroz cie na koniec pieśnią wycaluję  
Zakła ciebie halny do przepaści praśnie  
Ze cie nie zabocę, to ci obiecuję  
A ty sie mi moze choć przybocys na śnie  
Bo i mie kiedysi pod trownicek rzuca  
Kciołbyw z tobą lezeć... niek ną wierški huca...<sup>57</sup>

– kończy pragnieniem pośmiertnego zjednięcia się z pienińskim drzewem – jakby na wieczną pieczęć łączącą go z umiłowanymi górami. Sokolica zdaje się bardzo ważnym punktem topograficznym w poetyckim świecie Słowika-Dzwona. Świadczy o tym wiele wzmianek, już choćby młodzieńczy wiersz – manifest, zatytułowany „Pienin sokole”<sup>58</sup> czy opis szczytu Sokolicy wyjęty ze zbójnickiej opowieści „Turowy róg”:

Do stromego grzbietu skały przyczepiły się pokrzywione sosny pienińskie. Wygladają jakby je kto przeklął, przepomścił – a żeby was pokręciło... Do graniowego szczytu Sokolicy ino ciut, nie dalno. Z tej strony Sokolica jak cudnie rozkoszna dziewczka, powabna i milna a ucieszna. Warkocze bujnych włosów to lasy ciemne, szumiące. Na plecy zarzuciła rańtuch zielonych polan i połazin, pełnych kwiatów krasiastych: dziewięcisiłów ząbkatych, mchów

<sup>54</sup> K. Aleksander, [bez tytułu], „Prace Pienińskie” 2018, nr 28, s. 371.

<sup>55</sup> M. Słowik-Dzwon, *Sosna pienińska*, [w:] tegoż, *Moja pieśnicka*, [wybór, wstęp i oprac.] A. Kudasik, Kraków [2001], s. 20.

<sup>56</sup> Dz. cyt. M. Słowik-Dzwon, *Sosna pienińska...*, s. 21.

<sup>57</sup> Tamże.

<sup>58</sup> Por. M. Słowik-Dzwon, *Pienin sokole*, „Z Doliny Grajcarka” 1991 (wyd. świąt.), s. 6.



gładziutkich jak aglijskie gorsety. Miło pogłaskać te włosy, pocałować kwiaty, przytulić się do zahradowych łąk i uboczy<sup>59</sup>.

Sosny zdają się tu być integralną częścią górskiej natury, współtworzonej przez ożywione i nieożywione elementy, która nabiera nawet odcienia erotycznego, podkreślającego intymną bliskość z przyrodą. Na długie lata przed nowoczesnymi trendami ekologicznymi Słowik-Dzwon zdaje się wołać w całej swojej twórczości: jestem zjednoczony ze światem natury – światem Pienin najbardziej jak to możliwe. W takiej wizji góry zdają się domem, a drzewo bytem rodzinnym.

Bezwzględnie też literacki charakter mają rozważania o sosnach zawarte w największym, krajoznawczo-historycznym opracowaniu dotyczącym Pienin, autorstwa znanego prozaika i miłośnika tych stron Jana Wiktora. W jego monografii „Pieniny i Ziemia Sądecka” pojawia się ustęp poświęcony sosnom, włożony w rozważania o ochronie cudów pienińskiej przyrody i potrzebie utworzenia parku narodowego dla ochrony:

...choćby owych sosen, cudem rosnących na stromych ścianach Sokolicy, mających kształt udrzewionego wiatru, który wszczepił się w skałę, rozwiany gałęziami nad przepaścią. Tak, tylko udrzewiony wiatr mógł tutaj zawisnąć i rósć. Co za wysiłek w skurczach szarych pni podartych, co za męka i rozpacz w pokręconych konarach, zszamotanych podmuchami lecącymi z południa, zachodu, północy...<sup>60</sup>.

#### CZY TYLKO EGZOTYCZNY POKRÓJ NA TLE GÓRSKIEGO PEJZAŻU?

Próbując zgłębić zagadkę popularności sosny na Sokolicy warto wrócić do pytania, gdzie leży zasadnicza przyczyna aż takiego rozgłosu? Dotychczas przedstawione argumenty zdają się nie wyjaśniać wszystkiego. Owszem, rozwijająca się turystyka górską i wzrost świadomości ekologicznej, piękno pejzażu w tle, tak bardzo zmiennego zależnie od pory dnia i roku przy wyjątkowej niezmienności wiecznie zielonego drzewa, nadto dziwność kształtu i wrośnięcie w skałę – wszystko to wręcz zachęca do snucia przeróżnych refleksji i powielania wizerunku w tysiącach wariantów. Dodać należy jeszcze symbolikę kulturową drzew, do której odwołuje się w swych artykułach znawca przyrody pienińskiej Ludwik Frey, poświęcając w swym szkicu o drzewach pienińskich również kilka zdań reliktowym sosnom:

Symbolem Pienin jest drzewo tego gatunku o niezwykłym kształcie, rosnące na Sokolicy (...). Zdaje się strzec gór i Dunajca, spoglądając na rzekę z trzystumetrowej skały. (...). Ponieważ żyją w warunkach niezbyt sprzyjających rozwojowi, przyjmują dość dziwaczny wygląd. Odnaczają się prawie karłowatym wzrostem i są mocno powykręcane<sup>61</sup>.

W innym artykule, przytaczając przykłady dawnego kultu i wykorzystania sosny w różnych częściach świata, Frey słusznie stwierdza: „Jak widać sosna zwyczajna to drzewo całkiem... niezwykajne!<sup>62</sup>”.

<sup>59</sup> M. Słowik-Dzwon, *Turowy róg. Epopeja pienińska*, Kraków 2003, s. 70.

<sup>60</sup> J. Wiktor, *Pieniny i Ziemia Sądecka*, wyd. III uzup., Kraków 1965, s. 103–104.

<sup>61</sup> L. Frey, *Drzewa piękne – w Pieninach i nie tylko*, „Prace Pienińskie” 2017, nr 27, s. 80.

<sup>62</sup> L. Frey, *Sosny – strażniczki...*, dz. cyt., s. 87.

To banalne z pozoru stwierdzenie uzasadnia pewne intuicje związane z odbiorem sosny: w spotkaniu z nią, prócz całego kontekstu, odnajdujemy bowiem zarówno to, co dobrze znane i oswojone – gatunek ten stanowi przecież podstawę gospodarki leśnej w naszym kraju, z drugiej jej niezwykle pokrój wydaje się bardzo egzotyczny.

Przyjrzyjmy się oprawie fotograficznej cytowanego artykułu – ilustrują go zdjęcia autorstwa Marka Majerczaka, który od lat fotografuje pienińskie pejzaże. Oczywiście główna bohaterka i tu wiezie prym, ale oglądamy również inne, przedziwne sosny pienińskie. Sam artysta-fotografik jest autorem innego artykułu poświęconego Sokolicy, ilustrowanego również zdjęciami swojego autorstwa. Stwierdza tam, że widok, jaki się roztacza ze szczytu „królowej Pienin” jest „jednym z najpiękniejszych na świecie”<sup>63</sup>. Ważnym jego aspektem jest według Majerczaka właśnie sosna:

Niby pospolita sosna zwyczajna jakich wiele, jednak z racji swojego wieku, a przede wszystkim kształtu należy do najbardziej znanych drzew w Polsce. Jej fotogeniczność sprawia, że zagościła w wielu publikacjach, począwszy od specjalistycznych podręczników, po kalendarze i widokówki. Swoją osobliwy kształt zawdzięcza lokalizacji – uczepliła się korzeniami wapiennej skały, zawisała nad stumetrową przepaścią, walczy z wiatrem, mrozem, upałem... Stąd ten jej wręcz karłowaty, ale jakże nietypowy wygląd<sup>64</sup>.

Na jedną fotografię ilustrującą zacytowany tekst warto zwrócić szczególną uwagę: z oświetlanego porannym słońcem morza mgieł wyłania się charakterystyczna, szczytowa część Sokolicy<sup>65</sup> – jej południowa krawędź rzuca niemal pionowy cień w dół, od północy natomiast szczyt zdobi koronka drzew, której ciemne kształty rysują się na tle dalszych mgieł. Z samego czubka szczytu opada w przepaść niewielki, jakby się zdawało z tej odległości (zdjęcie jest wykonane od strony Masywu Trzech Koron), krzaczek – to nasza sosna.

Uświadamia to, że choć widoczna z poziomu Dunajca, a przy odpowiednim sprężeniu optycznym również z innych pienińskich szczytów – dopiero na samej Sokolicy czaruje swym wyglądem. W zależności od ujęcia, fotograficy eksponowali w nieskończonej wręcz ilości wariantów na tle nieba jej górny, rozdwojony konar<sup>66</sup> lub dolny na tle przepaści. Szczególnie jednak ten górny konar budzić może skojarzenia ze sztuką bonsai, a przez to z estetyką dalekowschodnią – nic dziwnego zatem, że bonsaiści od dawna interesowali się tą sosną. Na jednym z blogów poświęconych bonsai we wpisie z 2017 roku czytamy:

Sokolica to szczyt położony w Pieninach. Na jej szczycie znajdują się sosny, które są od lat natchnieniem dla wielu twórców drzewek bonsai. Sosny rosną na skałach opadających pionowo do Dunajca. Są to bardzo stare jak na swoje rozmiary drzewa, które miniaturyzacji zostały poddane przez niekorzystne warunki wzrostu. [...] Poniższe drzewo jest wręcz kultowe<sup>67</sup>.

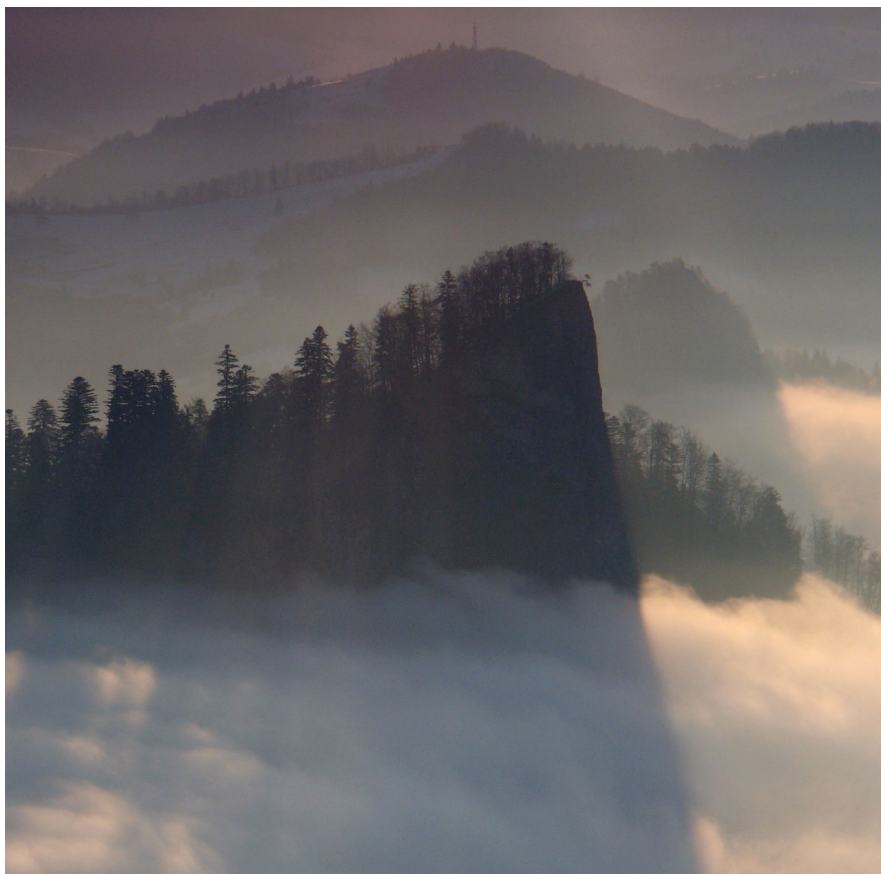
<sup>63</sup> M. Majerczak, *Sokolica – królowa Pienin*, „Polski Region Pieniny” 2013, nr 2(5), s. 56.

<sup>64</sup> Tamże, s. 60–61.

<sup>65</sup> Tamże, s. 56–57.

<sup>66</sup> Tamże, s. 59.

<sup>67</sup> *Sosna z Sokolicy* [wpis z 26.09.2017], Drzewa bonsai [online] <http://www.drzewabonsai.pl/2017/09/sosna-sokolica-pieniny.html> (dostęp: 30.01.2021).



**Fot. 3.** Ze szczytu Sokolicy opada w przepaść niewielki krzaczek – to nasza sosna (fot. M. Majerczak, 2021 r.)

**Photo 3.** Small bush descends from top of Sokolica into precipice – this is our pine (photo by M. Majerczak, 2021)

Gdyby chcieć przypisać „klasyczną” formę naszej sosny do któregoś ze stylów bonsai, najbliższą byłoby jej do stylu kaskadowego („Kengai”), charakteryzującego się tym, że pień drzewa zwisa z występów skalnych: „Bonsai o kształcie kaskady winno mieć wijący się pień, przypominający pień drzewa miotanego wiatrem i będącego jego pierwowzorem”<sup>68</sup>. Miałyby też coś ze stylu ukształtowanego przez wiatr („Fukinagashi”). Sosnę z Sokolicy można by potraktować wręcz jako łączący różne style, naturalnie utworzony archetyp, na którym mogliby się wzorować hodowcy drzewek bonsai. Choć sztuka ta pochodzi z Chin, rozwinęła się głównie w Japonii. Nieprzypadkowo więc może Kazimierz Sosnowski w przedmowie do pierwszego wydania wspomnianego już przewodnika pisał:

<sup>68</sup> *Styl Kengai* [wpis z 20.09.2015], Wiedza [online] <http://www.Incc.ch/uprawa-bonsai/styl-kengai> (dostęp: 10.02.20210).

Wszystko zawodzi, wszystko przemija w szybkim tempie, lecz piękność przyrody jest niezmienna i wiecznotrwała! Japońska religia, szintoizm, każe zamiast odprawiania modlitw wstępować na szczyty wysokich gór i podziwiać piękność przyrody<sup>69</sup>.

Całą ową przedmowę potraktować można jako manifest turystyki górskiej, która zyskuje tu rangę niemal sakralną, stając się wariantem współczesnej, świeckiej religii<sup>70</sup>. Gdyby chcieć zrekonstruować uczucia, jakie potencjalnie może wywołać obraz sosny na szczycie Sokolicy, musielibyśmy brać pod uwagę również aspekt sakralny w swym pierwotnym, epifanicznym znaczeniu. Już samo doświadczenie szczytu miało dla romantyków i ich spadkobierców wymiar niemal mistyczny<sup>71</sup>. Sosna o przedziwnym, egzotycznym kształcie, który może podświadomie (lub świadomie) kojarzyć się z estetyką dalekowschodnią, akcentującą sakralny wymiar natury, jest tu dodatkowym czynnikiem wzmacniającym owo przeżycie. Rumuński religioznawca Mircea Eliade, snując rozważania o symbolach roślinnych w różnych kulturach wspomina, że „w mitologii chińskiej cudowne drzewo rośnie w środku wszechświata, tam gdzie powinna się znajdować doskonała stolica”<sup>72</sup> – mamy tu zatem wariant *axis mundi*: osi świata. Juan Eduardo Cirlot dodaje, że sosna, „jak inne drzewa wiecznie zielone, jest symbolem nieśmiertelności”<sup>73</sup>, a w innym miejscu: „w sensie szerszym drzewo przedstawia życie kosmosu, jego gęstość, wzrost, bujność, rodzenie i odradzanie się”<sup>74</sup>. Dlatego też zapewne tak lubimy się nimi otaczać, podziwiać je – jak pisze w „Elegiach duinejskich” Rainer Maria Rilke:

Zostanie nam może  
jakiś drzewo na stoku, byśmy je co dzień  
ogłądali na nowo<sup>75</sup>.

Wpatrując się w drzewo, patrzymy w bliski nam i zarazem odległy byt, w małym ogarniamy całość!

To prastare drzewo, jakim jest sosna zwyczajna, dzięki swym wielorakim właściwościom, w wielu częściach świata traktowane było jako drzewo święte<sup>76</sup>. Dziś daleko już odeszliśmy od tych dawnych porządków, ale jak się wydaje, bliskie relacje z drzewami nie odeszły w niepamięć, choć są bardziej zindywidualizowane. Ostatni swój wiersz, autor znanych poezji tatrzańskich Jarosław Iwaszkiewicz, poświęcił jednej z dziewięciu

<sup>69</sup> K. Sosnowski, *Przewodnik po Beskidzie...*, dz. cyt., s. III.

<sup>70</sup> Por. J. Żmidziński, *Przewodnik jako scenariusz rytuałów turystycznych (na podstawie dawnych bedekerów pienińskich)*. *Narodziny pewnej religii*, „Napis” 2010, nr 16, s. 477–493 [online] [http://bazhum.muzhp.pl/media/files/Napis\\_Pismo\\_poswiecone\\_literaturze\\_okolicznosciowej\\_i\\_uzytkowej/Napis\\_Pismo\\_poswiecone\\_literaturze\\_okolicznosciowej\\_i\\_uzytkowej-r2010-t16-s477-493/Napis\\_Pismo\\_poswiecone\\_literaturze\\_okolicznosciowej\\_i\\_uzytkowej-r2010-t16-s477-493.pdf](http://bazhum.muzhp.pl/media/files/Napis_Pismo_poswiecone_literaturze_okolicznosciowej_i_uzytkowej/Napis_Pismo_poswiecone_literaturze_okolicznosciowej_i_uzytkowej-r2010-t16/Napis_Pismo_poswiecone_literaturze_okolicznosciowej_i_uzytkowej-r2010-t16-s477-493/Napis_Pismo_poswiecone_literaturze_okolicznosciowej_i_uzytkowej-r2010-t16-s477-493.pdf) (dostęp: 2.02.2021).

<sup>71</sup> Por. np. E. Kolbuszewska, *Romantyczne przeżywanie przyrody. Znaczenia, wartości, style zachowań*, Wrocław 2007.

<sup>72</sup> M. Eliade, *Traktat o historii religii*, przeł. J. Wierusz-Kowalski, Łódź 1993, s. 289.

<sup>73</sup> J.E. Cirlot, *Słownik symboli*, przeł. I. Kania, Kraków 2000, s. 382.

<sup>74</sup> Tamże, s. 114.

<sup>75</sup> R.M. Rilke, *Elegie duinejskie. Pierwsza elegia*, [w:] tegoż, *Poezje. Gedichte*, przeł. M. Jastrun, Kraków 1993, s. 185.

<sup>76</sup> Por. M. Ziółkowska, *Sosna*, [w:] tejże, *Gawędy o drzewach*, Warszawa 1988, s. 219–226.

sosen rosnących przed jego domem w Stawiskach – przeznaczonej do wycięcia Uranii. Otwierają go słowa:

Uranio, siostrze, sosno – tak ciebie nazywam  
Bo palcem pnia swojego ukazujesz niebo.<sup>77</sup>

Parafrazując słowa poety zapytać możemy: a co ukazuje bezimienna sosna na szczycie Sokolicy? Dla każdego zapewne coś innego, ale też porusza w nas wszystkich podobne struny, niezależnie skąd przybywamy podziwiać pienińskie pejzaże. Jest bowiem swojska, ale i uniwersalna, mała i zarazem wielka, dziwnie poskręcana i zarazem pięknie ukształtowana, rosnąc na skraju, jest w centrum świata. Mieści w sobie wszystkie te przeciwstawne cechy, dając nam możliwość obcowania z naturalnym pięknem, o ile tylko w tym obecnie zaśmieconym wizualnie świecie potrafimy je dostrzec.

#### SUMMARY

The first part of the article, entitled “The Pine on the Web” describes the popularity of the Sokolica pine in news portals over the past few years. It was caused by several cases of damage to the tree, which were reported by the most important portals, such as Onet or Wirtualna Polska. The quoted comments of Internet users also show how emotional responses were generated by information about the destruction of this “iconic” tree. It is related to a new wave of ecological thinking.

Its history can be divided into three periods, which is discussed in the next part of the text. The first period is a life “hidden” in a relic forest that began nearly 550 years ago. Attention was paid to the pine only when the trail to the top of Sokolica was marked in 1907. However, until 1934 another pine tree grew nearby, and only after it had been thoughtlessly destroyed by two soldiers – tourists, the pine in question became more exposed. The second period is the time of growing popularity of the pine motif, was popularized thanks to photography. The pine from Sokolica, present in amateur photos, postcards, albums and posters became a recognizable motif, and it gained the status of a symbol of the Pieniny Mountains on a national scale. Mountain guidebooks illustrated with photographs were also of great importance, starting with sightseeing publications by Kazimierz Sosnowski. The first guidebook clearly emphasizing the landscape values of the pine on Sokolica was the brochure “Pieniny Tourist Guidebook” by Jan Rusiecki and Maria Czarnecka from 1953. Since then, it has been mentioned by almost all available travel publications and albums, often illustrating the content with photographs, first in black and white, and since the late 1960s in colour. The date of the tragic event when the tree was damaged September 6, 2018 marks the third stage of the pine’s history, which continues to this day.

The next part of the article deals with literary visions of the pine’s symbolism. Poems about the tree were written mainly by local poets, and the most interesting, entitled “Pieniny Pine”, was written by Michał Słowik-Dzwon. The poet describes

<sup>77</sup> J. Iwaszkiewicz, *Urania*, [w:] tegoż, *Muzyka wieczorem*, Warszawa 1980, s. 5.



the tree just after the damage it suffered in the past, most likely the loss of one of the branches. Here, Słowik-Dzwon announces the imminent death of the tree, expressing a very close, even intimate relationship with it. It happened most likely in the 1970s – since the middle branch withered, the tree has gained a “classic” form. In his travel literature, the most interesting description of the pine was written by Jan Wiktor, who metaphorically described it as “a tree-bound wind”.

However, the popularity of this theme is based not only on the attractiveness of the pine immersed in the unusual landscape of the Pieniny. The last part of the article deals with the symbolic and aesthetic aspects connected with the pine tree. The naturalist Ludwik Frey and the artist-photographer Marek Majerczak wrote about it. Polish bonsai enthusiasts have also been interested in the tree for a long time. This pine appears as a naturally formed archetype for farm trees, combining two styles: cascading (“Kengai”) and wind-shaped (“Fukinagashi”). A deeper insight into the symbolism of trees, especially pine trees, in combination with its location on a mountain peak, additionally reveals connotations related to universal religious symbolism. In reference to authors such as Mircea Eliade or Juan Eduardo Cirlot, it should be stated that the pine at Sokolica combines many opposing features, including those of an epiphany character. The strength of its influence lies not only in the unusual location and exotic shape, which it has obtained as a result of the influence of nature for half a thousand years of its life. Its strength is based on combining opposing features with which we commune while gazing at a small, inconspicuous tree growing on the Pieniny rock. It is a paradoxical being.



**Sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L.  
w działaniach ochronnych  
Pienińskiego Parku Narodowego – rys historyczny**

*Pinus sylvestris* L. included in protective measures conducted  
by Pieniny National Park – historical background

KRZYSZTOF KARWOWSKI<sup>1</sup>, JAN BODZIARCZYK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Pieniński Park Narodowy, ul. Jagiellońska 107b, 34-450 Krościenko nad Dunajcem,  
e-mail: kkarwowski@pieniny pn.pl*

<sup>2</sup>*Uniwersytet Rolniczy im. H. Kollątaja w Krakowie, Wydział Leśny,  
Katedra Bioróżnorodności Leśnej, al. 29 Listopada 46,  
31-425 Kraków, e-mail: rlbodzia@cyf-kr.edu.pl*

**Abstract.** This article presents issues concerning the protection of relic pine forests as well as a focus on forest restoration activities carried out using the local pine ecotype in the Pieniny National Park over the last 90 years. The description gives attention mainly to unpublished documents stored in the PPN archive: reports from meetings of the pre-war Park's Commission, chronicles, forest management plans, reports of the Park's activities written by its directors and the latest Park's management plan. The analysis shows that *Pinus sylvestris*, since the creation of the national park, was the most important species of trees, not only as a relict growing under specific habitat conditions, but also as a species that was widely used to regenerate open spaces that resulted from clear cuttings made at the turn of the 19th and 20th centuries. It was to ensure that the planting material was of local origin.

**Keywords:** nature protection, relic pine forests, silviculture, renaturalization, PPN archive

## WSTĘP

W Polsce sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* jest głównym gatunkiem lasotwórczym, ale na obszarze Pienińskiego Parku Narodowego zajmuje niewielką powierzchnię, znacznie ustępując jodle pospolitej *Abies alba*, bukowi zwyczajnemu *Fagus sylvatica* i świerkowi pospolitemu *Picea abies*, ale także innym gatunkom, zwłaszcza liściastym. Tylko modrzew europejski *Larix decidua* posiada mniejszy udział powierzchniowy.

W Parku drzewostany z przewagą sosny zajmują w sumie ok. 47 ha<sup>1</sup>, co stanowi 2% całego obszaru, którego powierzchnia wynosi 2371,75 ha. Stąd też sosna zwyczajna w lasach pienińskich nie odgrywa ważnej roli ani w drzewostanach, ani w zbiorowiskach leśnych, ale jej obecność w krajobrazie Pienin dobrze się zaznacza. Jej szczególne znaczenie uwidacznia się w specyficznych zbiorowiskach leśnych, określanych jako reliktowe laski sosnowe<sup>2</sup>, zaliczane wg kryteriów fitosocjologicznych do związku *Erico-Pinion*. W granicach Parku zbiorowisko to zajmuje niewielki obszar, bo zaledwie 5,16 ha, co stanowi 0,22% obszaru PPN<sup>3</sup>, ale dobrze wyróżnia się pod względem składu gatunkowego roślin<sup>4</sup>. Stanowi przede wszystkim ostoję najstarszych sosen w Polsce, które osiągają ponad 550 lat<sup>5</sup>. Drzewa przybierają karłowaty pokrój, a rosnąc na stromych wapiennych skałkach, budzą powszechny podziw u zwiedzających Pieniny. W innych zbiorowiskach leśnych Pienin sosna zwyczajna jest gatunkiem domieszkowym<sup>6</sup>. Pomimo niewielkiego aktualnie znaczenia w drzewostanach, gatunek ten odegrał ważną rolę w okresie odnawiania i zalesiania dawnych zrębów i halizn, gdzie wprowadzany był jako przedplon.

W prezentowanej pracy, w oparciu o dostępne materiały archiwalne, przedstawiono działania ochronne i hodowlane prowadzone w ciągu ostatnich 90 lat na obszarze Pienińskiego Parku Narodowego. Opisano znaczenie i udział sosny w drzewostanach oraz działania z zakresu hodowli lasu, w szczególności wprowadzanie sosny do ekosystemów leśnych i na dawne zręby, które przez dłuższy czas pozostawały nieodnowione. W dotychczasowych publikacjach lub zachowanych archiwalnych dokumentach brakuje szczegółowych informacji na ten temat. Po zapoznaniu się z licznymi, chociaż rozproszonymi materiałami uznaliśmy, że warto tę wiedzę uzupełnić o fakty mało znane, lecz ważne dla zrozumienia współczesnego kształtu szaty roślinnej Pienin.

Użyte słownictwo, z racji cytowania planów urzędzeniowych, kronik czy sprawozdań sprzed kilkudziesięciu lat, zachowano w dosłownym brzmieniu, stąd też niektóre sformułowania mogą być nie w pełni zrozumiałe, gdyż wchodzą w zakres

<sup>1</sup> Dane przybliżone ze względu na różne lata wydań poniższych opracowań: 1) *Dokumentacja do Planu ochrony Pienińskiego Parku Narodowego na lata 2011–2030. Operat generalny*, Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej w Krakowie, [2010], 289 s. – dla gruntów Skarbu Państwa (19,44 ha); 2) *Uproszczone plany urzędzenia lasów na lata 2017–2026*, KRAMEKO, Kraków [2016] – dla gruntów prywatnych w poszczególnych obrębach (8,48 ha); 3) *Uproszczone plany urzędzenia lasów wspólnot leśnych, lasów gminnych i parafialnych na lata 2005–2014*, Biuro Urządzania Lasu Zdzisław Jagiełło, Kraków [1998] – operaty dla poszczególnych wsi dla lasów gminnych, parafialnych, spółek i wspólnot leśnych (19,46 ha) (Archiwum PPN).

<sup>2</sup> W artykule stosowane są dwa podobne wyrażenia: „reliktowe” lub „kserotermiczne laski sosnowe” – jako nazwę zbiorowiska roślinnego oraz „górskie reliktowe laski sosnowe” – jako nazwę siedliska przyrodniczego według nomenklatury programu Natura 2000.

<sup>3</sup> E. Chećko, *Mapa roślinności Pienińskiego Parku Narodowego w liczbach*, [w:] R. Kaźmierczakowa (red.), *Charakterystyka i mapa zbiorowisk roślinnych Pienińskiego Parku Narodowego*, „Studia Naturae” 2004, nr 49, s. 332, tab. 3; licząc obszary leśne PPN (1635,87 ha) reliktowe laski sosnowe zajmują 0,31% ich powierzchni.

<sup>4</sup> E. Pancer-Kotejowa, *Zbiorowiska leśne Pienińskiego Parku Narodowego*, „Fragmenta Floristica et Geobotanica” 1973, nr 19, z. 2, s. 232–234.

<sup>5</sup> B. Niedzielska, *Wiek sosen reliktowych na Sokolicy w Pienińskim Parku Narodowym*, „Sylwan” 2001, nr 145, z. 1, s. 57.

<sup>6</sup> J. Bodziarczyk, *Sosna zwyczajna Pinus sylvestris w Pienińskim Parku Narodowym – warunki występowania i jej znaczenie w zbiorowiskach roślinnych*, „Pieniny – Przyroda i Człowiek. Monografie”, t. 17, s. 15–17.

typowej nomenklatury z gospodarki leśnej. Z kolei niektóre pojęcia stosowane w ujęciu historycznym uległy modyfikacjom i nie w pełni odpowiadają aktualnym definicjom, stosowanym zwłaszcza w praktycznych naukach leśnych.

Zebrany materiał, pomimo pewnych luk i ograniczeń, wynikających z przerywanej chronologii różnymi okolicznościami historycznymi (II wojna światowa), przedstawia pierwsze próby umiejętnego wykorzystania przez pracowników Pienińskiego Parku Narodowego lokalnego ekotypu sosny w prowadzeniu zabiegów ochronnych, mających na celu odtworzenie ekosystemów leśnych na haliznach pozostałych po zrębach powstałych na przełomie XIX i XX w. W pracy zwrócono także uwagę na problem ochrony reliktowych stanowisk sosny i specyficznych zbiorowisk ze związku *Erico-Pinion*, których to walory od zawsze były predestynowane do ochrony ścisłej (biernej).

## MATERIAŁ I METODY

Informacje dotyczące działań w zakresie ochrony i hodowli sosny zwyczajnej w ciągu ostatnich dekad uzyskano z protokołów przedwojennej Komisji Parku, maszynopisów „Sprawozdań Dyrektorów PPN” z lat 1955–1985, „Kronik PPN” z lat 1962–2004, „Planów urządzenia PPN” z lat 1969–1998 oraz „Planu ochrony PPN” na lata 2001–2020 i uaktualnionej jego wersji na lata 2012–2031. Z wymienionych opracowań wykorzystano dane dotyczące uprawy sosny, prowadzonych zalesień i odnowień oraz udziału w drzewostanach w różnych okresach około 90-letniego istnienia Parku. Do opisu reliktowych lasków sosnowych, ich roli w środowisku przyrodniczym Parku, w tym także słynnej sosny z Sokolicy, korzystano dodatkowo z dostępnych publikacji, między innymi przedwojennych roczników „Ochrona Przyrody”, ale także współczesnych opracowań naukowych.

## OPIS DZIAŁAŃ Z ZAKRESU CZYNNEJ OCHRONY

### *Okres międzywojenny (1932–1939)*

Dyrekcja Parku Narodowego w Pieninach od samego początku doceniała rolę i ważność sosny zwyczajnej w środowisku przyrodniczym Pienin. Tuż po utworzeniu Parku kierownik inż. Tadeusz Owczarzak, na pierwszym spotkaniu Komisji Parku w 1933 roku, zwrócił uwagę na skład gatunkowy drzewostanów pienińskich:

Panujący drzewostan tworzy jodła z domieszką świerka, wprowadzonego miejscami sztucznie; pojedynczo i grupami występuje na skałach i eksponowanych urwiskach sosna pospolita<sup>7</sup>.

Z kolei członek tejże Komisji inż. Józef Kostyrko (kierownik Działu rezerwatów Zakładu Doświadczalnego Lasów Państwowych) w referacie na temat przysposobienia Parku jako terenu do prac badawczych wyeksponował informację, że:

<sup>7</sup> Protokół z posiedzenia Komisji Parku Narodowego w Pieninach w dniach 3-go i 4-go października 1933 r. w Krościenku nad Dunajcem, „Ochrona Przyrody” 1933, nr 13, s. 145.



(...) zbierane są już w roku bieżącym przez Kierownictwo Parku szczegółowe materiały, dotyczące niektórych pomników przyrody, a więc okazów cisa, sawiny, sosen, gniazd puhaczy i t. p.<sup>8</sup>.

Z przytoczonych wypowiedzi członków Komisji Parku można wnioskować o zwróceniu uwagi na rolę sosny występującej na siedliskach naturalnych Pienin. Prawdopodobnie znano już wówczas wyniki publikacji Kulczyńskiego z 1928 roku<sup>9</sup> i zdawano sobie sprawę z ważności sosny zwyczajnej, szczególnie rosnącej na stanowiskach reliktowych. Jednak dopiero po wielu latach, w zapisach ostatniego „Planu urządzenia PPN” i „Planu ochrony PPN” (na okres 1989–1998), oficjalnie zaliczono reliktowe laski sosnowe do tzw. „populacji specjalnej troski”.

W myśl pierwszych zaleceń o konieczności szczególnego traktowania sosny zwyczajnej, przystąpiono do konkretnych prac hodowlano-ochronnych na obszarze Parku. W 1934 roku nowy kierownik inż. Józef Türkott poinformował, że przeprowadzono zbiór 18 kg nasion: sosny pienińskiej, jodły, modrzewia, wiązu i jaworu, a w 1935 roku 63,8 kg nasion świerka, sosny, jodły, modrzewia, wiązu, jaworu, klonu i lipy. Sadzonki wyhodowane z nasion sosny i modrzewia stosowano jako „przedplon przy zalesianiu powierzchni dawnych zrębów, stanowiących rozległe halizny”<sup>10</sup>.

W 1936 roku prace odnowieniowe lasu na haliznach zostały wykonane wyłącznie przy użyciu nasion i sadzonek pienińskiego pochodzenia na ogólnej powierzchni 32 ha, w tym jodłą, jaworem, bukiem i sosną odnowiono 10,75 ha<sup>11</sup>. Odnowienia z dużym prawdopodobieństwem prowadzone były także w miejscach zrębów zupełnych, stosowanych na przełomie XIX i XX w. i odnawiane także świerkiem (Fot. 1 i 2)<sup>12</sup>.

Kilka lat później, w sprawozdaniu kolejnego kierownika Parku Narodowego w Pieninach inż. Stanisława Smólskiego, znalazło się stwierdzenie wiele mówiące o ówczesnym podejściu do zagadnień czynnej ochrony:

Wiosną 1937 uzupełniono uprawy na Nowej Górze, Kirze oraz w Pieninach Czorsztyńskich na Ułach i Upszarze. Na stromych skalistych stokach i urwiskach skalnych sadzono sosnę pienińską, na glebach zaś głębszych i posiadających przedplon – jodłę i buk, na miejscach silnie naświetlonych – jawor oraz miejscami świerk. Dzięki temu przez stale roczne prace odnowieniowe Pieniny odzyskują swój właściwy wygląd i charakter.

Jest to kolejny dowód na zalesianie lub odnawianie zrębów sosną zwyczajną, wykorzystywaną nie tylko jako przedplon, ale także jako gatunek docelowy, być może wprowadzany również w potencjalnym siedlisku reliktowych lasków sosnowych (Fot. 3).

Z opisu lasów pienińskich, znajdujących się poza parkiem narodowym wynika, że sosna zwyczajna w drzewostanach notowana była pojedynczo jako gatunek

<sup>8</sup> Tamże, s. 152; pisownia oryginalna.

<sup>9</sup> S. Kulczyński, *Die Pflanzenassoziationen der Pieninen*, „Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences. Classe Mathematique”, ser. B, 1928, Supplement 2[1927], s. 57–203.

<sup>10</sup> *Protokół zebrania Komisji Parku Narodowego w Pieninach 27 i 28 lipca 1935 r. w Krościenku n/D. oraz w Zakopanem*, „Ochrona Przyrody” 1935, nr 15, s. 253.

<sup>11</sup> J. Kostyrko, *Działalność Administracji Lasów Państwowych na polu ochrony przyrody w r. 1936. Pieniński Park Narodowy*, „Ochrona Przyrody” 1936, nr 16, s. 240.

<sup>12</sup> S. Smólski, *Pieniński Park Narodowy*, Zakład Ochrony Przyrody PAN, Wydawnictwa Popularnonaukowe, nr 18, Kraków 1960, s. 95.



**Fot. 1.** Jeden z wielu zrębów zupełnych powstały na początku XX w. na południowych zboczach Czertezika. Na wyższych półkach skalnych widoczne są skupiska reliktowych sosen, które ocalały dzięki niedostępności; fototypia A. Trybalskiego prawdopodobnie z fotografii A. Szuberta, ok. 1910 r. (Archiwum PPN)

**Photo 1.** One of many open spaces resulting from deforestation made at beginning of 20th century on southern slopes of Czertezik. Groves of relic pines, which survived due to inaccessibility of cliffs, can be seen on upper rock shelves; picture probably taken by A. Szubert, c. 1910 and reproduced in phototype by A. Trybalski (PNP Archives)



**Fot. 2.** Kilkadziesiąt lat później te same zbocza Czertezika po zalesieniu zrębu, pocztówka z lat 40. XX w. (Archiwum prywatne J. Bodziarczyka)

**Photo 2.** A few decades later, same slopes of Czertezik after afforestation, postcard from 1940s (Private Archives of J. Bodziarczyk)

domieszkowy. Istnieje dokumentacja potwierdzająca, że miała znaczący udział w uprawach już w latach 30. XX w., ale tylko jako przedplon przed wprowadzeniem w późniejszym czasie gatunków docelowych takich jak jodła i buk<sup>13</sup>. W okresie tym preferowano zalesianie lub odnawianie zdegradowanych halizn i wyjałowionych

<sup>13</sup> *Plan gospodarczy dla lasów majątku Czorsztyń położonych w powiecie Nowy Targ własności Mariana Drohojowskiego opracowany na okres 1937/8–1946/7, Czorsztyń 1938, m-pis, s. 7. (Archiwum PPN).*



**Fot. 3.** Dobrze zachowane sosnowe laski reliktowe pod Czertezikiem, które prawdopodobnie były źródłem pozyskiwanych nasion, fotografia z publikacji M. Zajączkowskiego, *O południowej granicy zasięgu sosny pospolitej w Polsce i o występowaniu reliktovej sosny w Karpatach Polskich*, „Prace Rolniczo-Leśne” nr 20, Kraków 1936 r.

**Photo 3.** Well-preserved relic pine forests at bottom of Czertezik, probably served as source of seeds, photo from publication of M. Zajączkowski, *O południowej granicy zasięgu sosny pospolitej w Polsce i o występowaniu reliktovej sosny w Karpatach Polskich*, „Prace Rolniczo-Leśne”, No. 20, Kraków 1936

zrębów sadzonkami sosny z domieszką jaworu, wiązu i modrzewia<sup>14</sup>. Działania w tym zakresie w lasach chronionych przez Park oraz w sąsiadujących lasach gospodarczych były podobne.

Można przypuszczać, że wyniki badań wspomnianego wcześniej Kulczyńskiego<sup>15</sup>, który jako pierwszy zwrócił uwagę na reliktowe laski sosnowe w Pieninach, potem kontynuowane przez Zajączkowskiego w całych Karpatach<sup>16</sup>, miały istotne znaczenie w podejściu władz Parku do szczególnego traktowania sosny. Zainteresowanie stanowiskami sosny karpackiej, a zwłaszcza ich ochronę, propagował także Andrzej Środoń, który w 1937 roku pisał:

Sosna pospolita rosnąca w polskich Karpatach na pierwotnych stanowiskach powinna obok limby, kosówki, modrzewia i cisa podlegać bezwzględnej ochronie<sup>17</sup>.

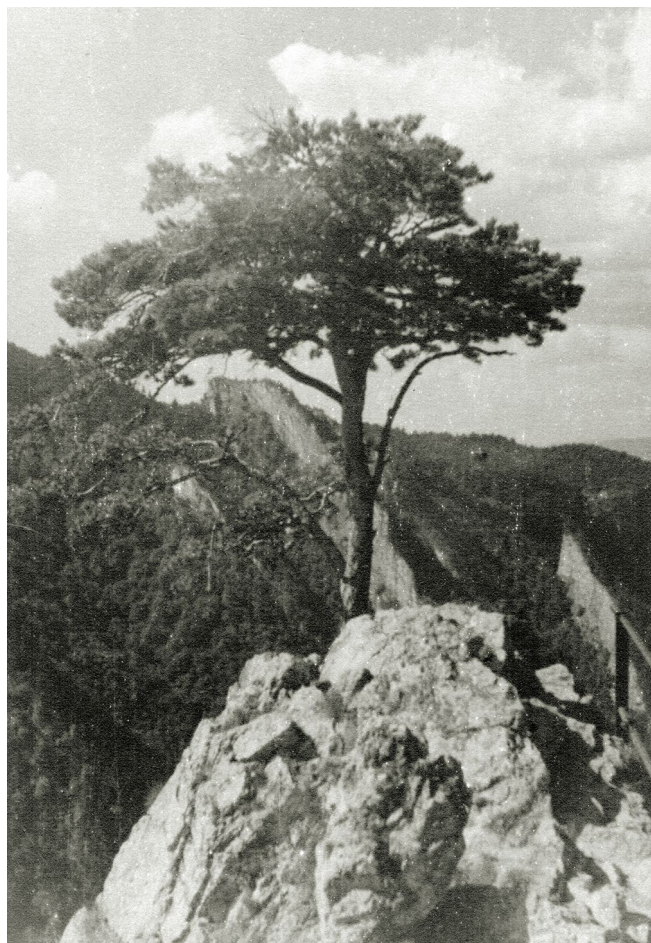
<sup>14</sup> Tamże, s. 13.

<sup>15</sup> S. Kulczyński, *Die Pflanzensoziationen...*, dz. cyt.

<sup>16</sup> M. Zajączkowski, *O południowej granicy zasięgu sosny pospolitej w Polsce i o występowaniu reliktovej sosny w Karpatach Polskich*, „Prace Rolniczo-Leśne” 1936, nr 20, 51 s.; *Die Reliktforme in den polnischen Karpathen*, „Acta Societas Botanicorum Poloniae” 1936, nr 13, s. 1–22.

<sup>17</sup> A. Środoń, *O ochronę pierwotnego lasu sosnowego (Pinus silvestris L.) w uroczysku Bór w Gorganach*, „Ochrona Przyrody” 1937, nr 17, s. 340.





**Fot. 4.** Sosna relikтовая na Sokolicy, której uszkodzenie w 1934 roku opisał Józef Walas, fot. A. Nowak, pocztówka z ok. 1930 r. (Archiwum PPN)

**Photo 4.** Relic pine at Sokolica. Damage to tree was described in 1935 by Józef Walas, photo A. Nowak, postcard from about 1930 (PNP Archives)

W trzy lata po powstaniu Parku Narodowego w Pieninach, szerokim echem odbiła się sprawa zniszczenia jednej z sosen rosnącej na szczycie Sokolicy, które już wówczas traktowane były w sposób szczególny<sup>18</sup>. Opisano wtedy przypadek zniszczenia sosny przez dwóch turystów – żołnierzy, którzy okorowali pień sosny, by wryć swoje inicjały (Fot. 4). Zdarzenie to zrelacjonował i napiętnował badacz roślinności Skalic Nowotarskich Józef Walas:

(...) Naprawdę przykrość i żal niewysłowiony ogarnia każdego, kto wszedłszy na szczyt Sokolicy w Pienińskim Parku Narodowym zobaczy, że jedna z dwu najładniejszych sosen,

<sup>18</sup> J. Walas, *Zniszczenie sosny na Sokolicy w Pieninach*, „Kwartalny Biuletyn Informacyjny” 1935, nr 5, z. 1, s. 1–2.

stojących na szczycie, została okorowana przez żołnierzy. (...) Ponieważ nie znaleźli na nie miejsca na zapisanej całkowicie przez poprzedników poręczu, więc zdarli korę dookoła całego pnia najbliższej sosny i tam je wyryli, niszcząc w ten sposób zupełnie drzewo. (...)

Zdarzenie to wywołało powszechne oburzenie, a sprawą zainteresował się wybitny botanik prof. Władysław Szafer, który pod artykułem Walasa uzupełnił informację o konsekwencjach wychowawczych zdarzenia:

Władza wojskowa, do której się w tej sprawie odniosłem, ukarała przykładnie winnych, co tutaj z uznaniem podnoszę; dlatego też z powyższej notatki skreśliłem nazwiska winnych, oraz oddział wojskowy, do którego należą.

O wyjątkowym pietyzmie sosen porastających wapienne szczyty Pienin świadczy również wypowiedź nieznanego autora (prawdopodobnie Stanisława Smólskiego – kierownika Parku w latach 1936–1939) na 30-lecie Parku (1962) na temat reliktowych lasków sosnowych i sosny rosnącej na Sokolicy. Pomimo upływu kilkudziesięciu lat od zniszczenia sosny na Sokolicy, wciąż pamiętano o tym incydencie i z ogromnym szacunkiem odnoszono się do wartości przyrodniczej zbiorowisk z udziałem sosny:

Jedną z największych osobliwości przyrodniczych Pienin są ich laski sosnowe. Porastają one niedostępne ławki i grzbiecnie skalne, strome południowe zbocza oraz wieńczę szczytu prawie każdej większej skałki. Historia występowania sosny w Pieninach jest bardzo długa. Rosła ona tutaj jeszcze przed epoką lodową a po niej lasy sosnowe pokrywały niegdyś całe Pieniny. Wyparły je dopiero później cieniste lasy bukowo-jodłowe i zepchnęły na skalne granie i półki, na które jodła i buk nie zdołały się już wdrzeć.

Dziś wieńczy ona dumnie szczyty skalne. Smagana wichrami, palona gorącymi promieniami słońca, tkwi niezłomnie na swoich twierdzach, skąd usunąć ją może tylko złośliwość ludzka. I tak zginęła na szczycie Sokolicy najokazalsza sosna w Pieninach na skutek bezmyślnego wycięcia kory przez turystów<sup>19</sup>.

Podczas okupacji niemieckiej teren Parku Narodowego w Pieninach włączono do miejscowego nadleśnictwa. Niestety brak szczegółowych danych z tego okresu co do sposobu prowadzenia gospodarki. Wiadomo tylko, że lasy Parku były eksploatowane w sposób rabunkowy<sup>20</sup>, co potwierdzają także ustne przekazy oraz dawne fotografie. Prawdopodobnie nie pozyskiwano drewna z reliktowych lasków z uwagi na słabą jakość techniczną pni i niedostępność.

### *Okres powojenny (1945–1968)*

Po II wojnie światowej kontynuowano gospodarkę hodowlaną z okresu wcześniejszego. Efektem zalesiania zrębów lub nieużytków na siedliskach lasów bukowo-jodłowych są powstałe w tamtym okresie drzewostany z dominacją sosny, czyli tzw. „sośniny”<sup>21</sup>. Drzewostany świerkowe i sosnowe powstały na Upszarze, Macelowej Górze i w rejonie Pienińskiego Potoku (po pożarze)<sup>22</sup>. W Pienińskim Parku Narodowym do 1969 roku lasy nie miały opracowanego planu gospodarczego. Przestrzegano

<sup>19</sup> *Przyroda Pienin*, autor nieznan (prawdop. S. Smólski), m-pis, 4 s. (Archiwum PPN).

<sup>20</sup> S. Smólski, *Pieniński Park Narodowy...*, dz. cyt., s. 95.

<sup>21</sup> K. Zarzycki, *Rośliny naczyniowe Pienin. Rozmieszczenie i warunki występowania*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa–Kraków 1981, s. 34.

<sup>22</sup> Z. Jagiełło, *Operat ochrony ekosystemów leśnych. Tom 1. Elaborat, [w:] Plan ochrony Pienińskiego Parku Narodowego na okres 1.01.2001 do 31.12.2020 r.*, Kraków–Krościenko n.D. [2000], s. 10 (Archiwum PPN).



jednak zasad ochronnych i w rezerwach ścisłych zabronione były wszelkie czynności gospodarcze. Jedynie w wypadku wielkich klęsk, np. wielkopowierzchniowych wiatrolomów, prowadzono użytkowanie sanitarne, polegające na usunięciu powalonych drzew i sztucznym odnowieniu powierzchni pokłeskowych<sup>23</sup>.

Na obszarach ochrony częściowej – w latach 1960, 1966 i 1967 – odnowiono 11,61 ha halizn i płazowin<sup>24</sup>, powstałych po uszkodzeniach przez opieńkę, okiść lub wiatr. Odnowienie prowadzono tylko z lokalnego materiału sadzeniowego, pozyskiwanego wyłącznie na terenie Parku<sup>25</sup>. W referacie na II Komisję Techniczno-Naukową do pierwszego planu urządzeniowego, istnieje zapis mówiący o pozyskiwaniu nasion drzew we własnym zakresie, w tym 2–3 kg sosny<sup>26</sup>. Potwierdza to także zapis w „Sprawozdaniu z wykonania zadań gospodarki leśnej i turystyki za 1967 rok”, z którego wynika, że w szkółkach produkowano sadzonki niemal wszystkich gatunków drzew niezbędne do sadzenia, w tym sosnę<sup>27</sup>. Informacja ta powtórzona została w 1968 roku<sup>28</sup>.

Z zestawienia powierzchni drzewostanów według gatunków panujących wynika, że w 1968 roku, czyli na koniec omawianego okresu, na terenie Pienińskiego Parku Narodowego oszacowano 1,72 ha płazowin z sosną, 5,07 ha wykazano drzewostanów z panującą sosną w wieku 21–30 lat, 4,15 ha w wieku 31–40 lat, 2,72 ha w wieku 51–60 lat, 1,38 ha w wieku 71–80 lat i 0,18 ha w wieku 121–140 lat<sup>29</sup> (Fot. 5). Prawdopodobnie ostatnia liczba odnosi się do reliktowych lasków sosnowych, a klasa wieku 121–140 z całą pewnością nie odzwierciedlała prawdziwego wieku sosen.

Z zestawienia zapasu drzewostanów Skarbu Państwa według gatunków panujących wynika, że na płazowinach, zrębach i haliznach oszacowano w sumie 101 m<sup>3</sup> masy drzewnej sosny, a na powierzchni zalesionej 2100 m<sup>3</sup>; mniej było tylko jaworu, modrzewia, lipy i wierzby. Dla porównania – zapas przeważających drzewostanów jodłowych wynosił 220.253 m<sup>3</sup><sup>30</sup>.

Nie zalesiano wówczas halizn i płazowin w obszarach objętych ochroną ścisłą, które łącznie zajmowały powierzchnię 22,23 ha. Wiele do myślenia daje jednak zapis, że:

<sup>23</sup> Ok. 1950 r., na wniosek komisji polsko-czechosłowackiej zajmującej się problemem zwalczania kornika w Pieninach, wycięto w rejonie Trzech Koron w rezerwie ścisłym pewną ilość opanowanych drzew i posuzu jodłowego i czynnego; *Plan Urządzenia Gospodarstwa Leśnego Pienińskiego Parku Narodowego na okres od 1.1.1979 r. do 31.12.1988 r. Tom I. Opisanie ogólne*, Zarząd Ochrony Przyrody w Warszawie [1978], m-pis, s. 12–13 (Archiwum PPN).

<sup>24</sup> Halizna – nieodnowiony lub źle odnowiony zrąb zupełny lub powierzchnia leśna pozbawiona drzewostanu przez czas dłuższy niż 5 lat; płazowina – grunt leśny porośły z rzadka drzewami nietworzącymi zwarcia; *Słownik encyklopedyczny leśnictwa, drzewnictwa, ochrony środowiska, łowiectwa oraz dziedzin pokrewnych*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 1996, s. 157, 351.

<sup>25</sup> *Plan Urządzenia Gospodarstwa Leśnego Pienińskiego Parku Narodowego na okres od 1.1.1979 r. do 31.12.1988 r. Tom I. Opisanie ogólne*, Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Krakowie, [Kraków 1978], m-pis, s. 18 (Archiwum PPN).

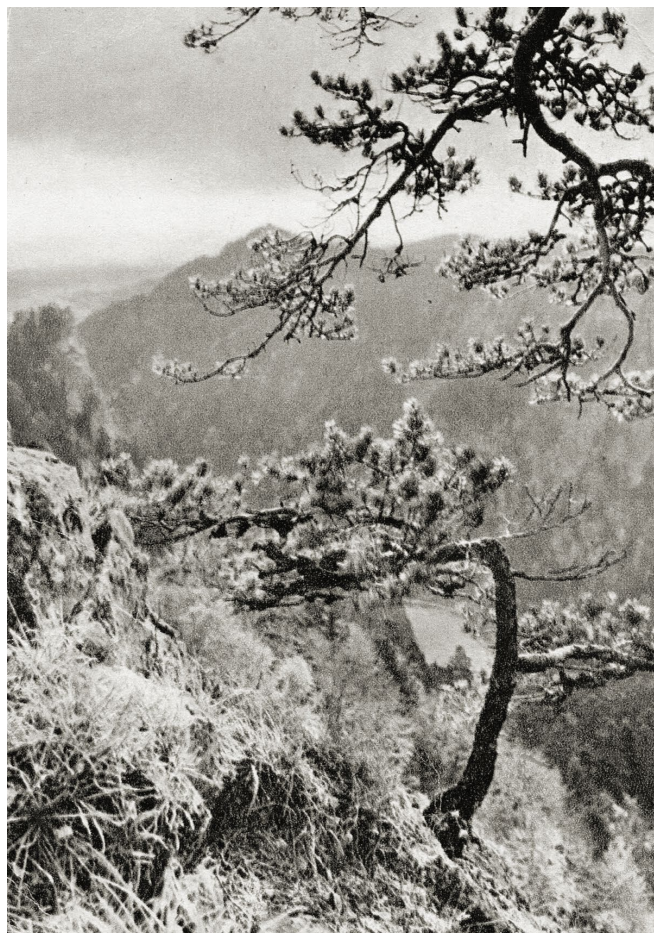
<sup>26</sup> *Referat na II Komisję Techniczno-Naukową dla Pienińskiego Parku Narodowego* [zał. do I tomu *Planu Urządzenia Gospodarstwa Leśnego na okres 1.01.1969–31.12.1978*], m-pis, s. 23–25 (Archiwum PPN).

<sup>27</sup> *Sprawozdanie z wykonania zadań gospodarki leśnej i turystyki za 1967 rok*, [1968], m-pis, s. 1 (Archiwum PPN).

<sup>28</sup> *Sprawozdanie z wykonania zadań gospodarczo-leśnych i turystyki za 1968 rok*, Krościenko n.D., 12.02.1969, m-pis, s. 1 (Archiwum PPN).

<sup>29</sup> *Referat na II Komisję...*, dz. cyt., s. 50–51.

<sup>30</sup> Tamże, s. 54–55.



**Fot. 5.** W latach 50. i 60. XX w. zbiorowisko reliktowych lasków sosnowych najczęściej traktowano jako płazowinę lub haliznę przeznaczoną do odnowienia, fot. T. Biliński, pocztówka z okresu 1959–1965, Biuro Wydawnicze „Ruch” (Archiwum PPN)

**Photo 5.** In 1950s and 1960s, relic pine forests were mostly used as glades for forest renewal, photo: T. Biliński, postcard from period 1959–1965, Publishing Office “Ruch” (PNP Archives)

(...) halizny obejmują w zdecydowanej większości powierzchnie na bardzo stromych stokach o rumoszewej glebie, silnie zakrzewione, które nie zakwalifikowano do nieużytków, gdyż zalesianie ich jest trudne ale absolutnie możliwe<sup>31</sup>.

Wskazywałyoby to na możliwość – według ówczesnych planów urzędniowych – wykonania zabiegów w obszarach ze stanowiskami reliktowych lasków sosnowych. Istotny był jednak zapis, z którego wynikało, że dla każdego pododdziału powierzchni leśnej należy na podstawie mapy fitosocjologicznej najpierw określić panujący zespół lub zbiorowisko roślinne i dopiero na tej podstawie wpisać do opisów odpowiedni

<sup>31</sup> Tamże, s. 26.

typ gospodarczy drzewostanu<sup>32</sup>. Ponadto decyzje o zalesianiu części halizn miały być podejmowane komisyjnie z udziałem entomologa z uwagi na zachowanie „rezerwatów dla Niepyłaka Apollo i badania przyczyn jego zmniejszania się”<sup>33</sup>.

#### *Okres planów urzędzeniowych (1969–1998 r.)*

Według ujęcia typologicznego zasadniczym typem siedliskowym na terenie Pienińskiego Parku Narodowego jest las górski z niewielkimi powierzchniami lasu łęgowego górskiego (na terasach zalewowych wzdłuż brzegów Dunajca). Ze względu jednak na duże zróżnicowanie siedliskowe, w kolejnych planach urzędzeniowych (1968, 1978 i 1988 roku), wykorzystywano mapę zbiorowisk roślinnych, na której wyodrębnione były „kserotermiczne laski sosnowe *Pinus sylvestris-Carex alba*”<sup>34</sup>. Na kolejnej mapie fitosocjologicznej, opracowanej w latach 1996–1999, również znalazły się wydzielone reliktowe laski sosnowe z dokładnym podaniem lokalizacji i wielkości powierzchni jaką zajmowały<sup>35</sup>.

Pierwszy 10-letni „Plan urzędzeniowy dla Pienińskiego Parku Narodowego na okres od 1.01.1969 do 31.12.1978 r.” powstał w 1968 roku. W latach 1971–74 i w 1976 roku w Parku zalesiono 20,98 ha halizn i płazowin, ale – podobnie jak w poprzednim dziesięcioleciu – prace te wykonano tylko na terenach ochrony częściowej. Wynika z tego, że uważane za halizny i płazowiny m.in. reliktowe laski sosnowe nie były zalesiane<sup>36</sup>.

W drugim „Planie Urządzenia Pienińskiego Parku Narodowego na okres od 1.01.1979 do 31.12.1988 r.”, opracowanego w 1978 r., drzewostany sosnowe opisywano następująco:

(...) zajmują 1,4% powierzchni leśnej Parku, z masą 0,9% sumarycznego zapasu. Sosna występuje w Pieninach z natury na szczytach skałek wapiennych, brzegach półek skalnych i w tym podobnych warunkach kserotermicznych. (...) Sosna utrzymała się jednak, podobnie jak miejscami w Tatrach, na suchych stosunkowo ciepłych wapiennych skałkach. (...) Naturalne zgrupowania rodzimej sosny nie były z reguły wydzielone jako odrębne oddziały. Jednym z wyjątków jest pododdział 11c o powierzchni 0,18 ha<sup>37</sup>.

Zbiorowisko kserotermicznych lasków sosnowych traktowane było jako nieużytki i nie wiadomo, ile spośród nich objęto zalesieniami w celu „uproduktywnienia” lasu. Dopiero w planie na okres 1979–1988 ustalono, że:

Nieużytki (...) to w głównej mierze (77,92 ha) naturalne urwiska i usypiska skalne porośnięte kępami charakterystycznej roślinności. Skały te są naturalnym elementem krajobrazu Pienin

<sup>32</sup> Tamże, s. 39.

<sup>33</sup> M. Szela, *Koreferat na II posiedzenie Komisji Techniczno-Naukowej Pienińskiego Parku Narodowego*, (zał. do I tomu *Planu Urządzenia Gospodarstwa Leśnego na okres 1.01.1969–31.12.1978*), m-pis, s. 5 (Archiwum PPN).

<sup>34</sup> K. Grodzińska, A. Jasiewicz, E. Pancer-Kotejowa, K. Zarzycki, *Mapa zbiorowisk roślinnych Pienińskiego Parku Narodowego. 1965–1968. Skala 1:10.000*, Zakład Ochrony Przyrody i Zasobów Naturalnych PAN, Instytut Botaniki PAN, Kraków 1981.

<sup>35</sup> E. Pancer-Kotejowa, R. Kaźmierczakowa, *Mapa fitosocjologiczna roślinności leśnej Pienińskiego Parku Narodowego. Skala 1:10.000* (Archiwum PPN).

<sup>36</sup> *Plan Urządzenia Gospodarstwa Leśnego Pienińskiego Parku Narodowego na okres od 1.01.1979 r. do 31.12.1988 r. Tom I. Opisane ogólne*, Zarząd Ochrony Przyrody w Warszawie [1978], m-pis, s. 18 (Archiwum PPN).

<sup>37</sup> Tamże, s. 114–115.

i podlegają ochronie w takim stanie jaki przetrwał od wieków do dziś. Wszelkie próby zalesiania i uproduktywnienia tych terenów byłyby niemożliwe do przeprowadzenia (...) a także szkodliwe ze względów naukowych, estetycznych itp.<sup>38</sup>.

W trzecim planie urządzeniowym na okres 1989–1998, dla sosny jako gatunku dominującego, zwiększono powierzchnię ochrony ścisłej z 3,50 ha do 5,68 ha, a powierzchnia ochrony częściowej uległa zmniejszeniu z 7,60 ha do 6,63 ha<sup>39</sup>.

W latach 1996–1999 ponownie wykonano mapę zbiorowisk roślinnych dla całego obszaru Parku, bez względu na kategorię własności. W operacie ochrony ekosystemów leśnych opisano m.in. reliktowe laski sosnowe<sup>40</sup>.

Inicjatorem i realizatorem bardziej ekologiczno-ochronnego niż urządzeniowo-leśnego postrzegania lasu w Pienińskim Parku Narodowym był dyrektor Andrzej Szczocarz (1985–1998), wspierany przez prof. Kazimierza Zarzyckiego z Instytutu Botaniki PAN w Krakowie oraz prof. Elżbietę Pancer-Kotejową z Katedry Botaniki Leśnej i Ochrony Przyrody Wydziału Leśnego Akademii Rolniczej w Krakowie. Wtedy pewne gatunki lub lokalne populacje, z uwagi na ich rzadkość, biologię, rolę bioce-notyczną, znaczenie naukowe lub praktyczne, zaliczono do „gatunków (lub populacji) specjalnej troski”. Do grupy tej zaliczono m.in. dziewięć gatunków drzew i krzewów, w tym stanowiska naskalne sosny zwyczajnej<sup>41</sup>.

#### *Próby wprowadzania sosny zwyczajnej do odnowień w latach 1996–2005*

W 1996 roku w oddziale 41, położonym na wschodnich stokach Macelowej Góry, pozyskano 10 kg szyszek sosny, z których otrzymano 0,18 kg nasion. Wysiano je do gruntu i do doniczek na szkółce. Siewy te miały zapewnić ciągłość materiału sadzeniowego używanego do odnowień, poprawek i zalesień, jako przedplon na siedliskach trudnych dla rozwoju podstawowych gatunków lasotwórczych. Miały też posłużyć do wzbogacenia składu gatunkowego niektórych upraw<sup>42</sup>. Szczegóły zawarto w tabeli I.

Z relacji ówczesnego dyrektora PPN Andrzeja Szczoczara wynika, że sosna wyhodowana na szkółce była wykorzystywana także do obsadzania różnych obiektów w miejscowościach graniczących z otuliną Parku oraz otoczenia pawilonów wystawowych należących do PPN<sup>43</sup>. Z obserwacji wynika, że rodzima sosna, której nasiona pozyskiwano na Macelowej Górze, zawsze cechowała się dobrym stanem zdrowotnym we wszystkich stadiach rozwojowych od nasion, poprzez sadzonki w szkółce, do drzewek na uprawie lub odnowieniu, w przeciwieństwie do modrzewia i jodły, które często

<sup>38</sup> *Plan Urządzenia Gospodarstwa Leśnego...*, dz. cyt., s. 119.

<sup>39</sup> *Plan urządzenia gospodarstwa rezerwowego Pienińskiego Parku Narodowego na okres 1.01.1989 r. – 31.12.1998 r. Tom I. Opisanie ogólne*, Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Krakowie [1988], m-pis, s. 90 (Archiwum PPN).

<sup>40</sup> Z. Jagiełło (opr.), *Operat ochrony ekosystemów leśnych. Tom 1. Elaborat*, k-pis, Kraków–Krościenko n.D. [2000], s. 21 (Archiwum PPN).

<sup>41</sup> *Kronika Pienińskiego Parku Narodowego. Tom XXV. 1985–1989*, Pieniński Park Narodowy, Krościenko n.D. 1992, k-pis, s. 30 (Archiwum PPN).

<sup>42</sup> *Kronika Pienińskiego Parku Narodowego. Tom XXII. 1996*, Pieniński Park Narodowy, Krościenko n.D. 1998, k-pis, s. 29 (Archiwum PPN).

<sup>43</sup> Wywiad K. Karwowskiego z dyr. A. Szczoczarem 13.04.2021 r. w Mokrzysku k. Brzeska (woj. małopolskie).

**Tabela I.** Pozyskanie nasion, wielkość siewu, liczba sadzonek i wysadzeń sosny zwyczajnej na terenach objętych czynną ochroną w Pienińskim Parku Narodowym w latach 1996–2005<sup>44</sup>

**Table I.** Seed harvesting, sowing surface, number of seedlings and young trees of *Pinus sylvestris* planted in active protected areas of Pieniny National Park between 1996 and 2005

Rok Year	Pozyskanie nasion szyszki/nasiona [kg] Seed collection cones/seeds [kg]	Siew grunt/doniczki [ar/szt.] Sowing ground/pots [acres/pieces]	Sadzonki grunt/doniczki [szt.] Seedlings ground/pots [pieces]	Wysadzenia na uprawach i odnowieniach [szt.] Number of young trees planted [pieces]
1996	10/0,18	0,46/1000	–	–
1997	–	–	4200/950	–
1998	–	0/1700	2000/1000	430
1999	20/0,3	0,44/0	1000/1950	1040
2000	75/1	0,37/90	0/1040	1870
2001	–	0,60/*	4000/2840	350
2002	30/*	0,40/*	6500/1850	250
2003	80/3	0,81/*	7340/2340	3860
2004	–	–	4200/200	2200
2005	–	–	0/0	0/0

\* brak danych / lack of data

ulegały chorobom i uszkodzeniom. Sosna sadzona w dobrych warunkach środowiskowych jednak zbyt szybko wzrastała i łatwo ulegała złamaniu pod wpływem wiatru lub od okiści<sup>45</sup>. Można przypuszczać, że powodem tego jest specyficzny fenotyp, przystosowany do trudnych, wręcz ekstremalnych warunków wzrostu i rozwoju na skałach.

Od 2001 roku skład gatunkowy zakładanych upraw planowany był w oparciu o wytyczne projektu nie zatwierdzonego jeszcze „Planu ochrony PPN” na lata 2001–2020 oraz o warunki mikrosiedliskowe i wymagania siedliskowe gatunków<sup>46</sup>. Od tego też roku zaczęto uwzględniać wielkość powierzchni zajmowanych przez poszczególne zbiorowiska leśne na obszarze całego Parku bez względu na rodzaj własności.

Przełomowym okresem zakończenia odnawiania sosną były lata 2003–2005. W 2003 roku sadzonki sosny wysiane w doniczkach uległy osutce sosny. W celu ograniczenia rozprzestrzeniania się choroby w 2004 roku zniszczono 1990 doniczek, pozostawiając jedynie 360<sup>47</sup>. W kolejnym okresie (wiosna i jesień 2004) wysiano nasiona sosny najśłabszej jakości (III klasa), w ilości znacznie przekraczającej normy siewu. Pomimo

<sup>44</sup> Na podstawie *Kronik Pienińskiego Parku Narodowego* za lata 1996–2005.

<sup>45</sup> Informacja ustna od leśniczego Obrębu Ochronnego „Zielone Skałki” Stanisława Złydaszyka.

<sup>46</sup> *Kronika Pienińskiego Parku Narodowego. Tom XXVII. 2001*, Pieniński Park Narodowy, Krościenko n.D. 2003, k-pis, s. 22–26 (Archiwum PPN).

<sup>47</sup> *Kronika Pienińskiego Parku Narodowego. Tom XL. 2004*, Pieniński Park Narodowy, Krościenko n.D. 2006, k-pis, s. 32 (Archiwum PPN).



to ilość wschodów była znikoma. Siewy zostały uznane za przepadłe. Nasiona sosny wysiane wiosną w doniczkach nie wzeszły w ogóle<sup>48</sup>.

#### *Okres planu ochrony (od 2001 r.)*

Czwarty plan urzędniowy na okres 1999–2008 już nie powstał, ponieważ w parkach narodowych miały obowiązywać 20-letnie plany ochrony. Pierwszy, nieformalny jeszcze plan, opracowano w 2000 roku, który miał funkcjonować w okresie 2001–2020. Pojawiające się w tym okresie ciągłe zmiany w prawie ochrony przyrody spowodowały, że nie wszedł on w życie i przez długi czas obowiązywały tzw. „Roczne zadania ochronne”. Dopiero rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 1 lipca 2014 r. zatwierdzono „Plan ochrony Pienińskiego Parku Narodowego na lata 2012–2031”<sup>49</sup>.

W planie znalazły się dane porównawcze z poprzednich lat oraz wytyczne na lata kolejne, między innymi dla reliktowych lasków sosnowych lub drzewostanów z dominującą sosną zwyczajną, określanych jako tzw. „sośniny”. W „Planie ochrony” zbiorowiska reliktowych lasków sosnowych scharakteryzowano na podstawie wyników badań zespołu botaników pod kierownictwem prof. Elżbiety Pancer-Kotejowej i przedstawione w 2004 r. w oddzielnej publikacji<sup>50</sup>. Szczegółowy opis fitosocjologiczny zbiorowiska znajduje się w artykule J. Bodziarczyka niniejszej monografii<sup>51</sup>.

Autorzy opracowujący „Mapę fitosocjologiczną zbiorowisk leśnych Pienińskiego Parku Narodowego” wysoko ocenili to zbiorowisko pod względem wartości przyrodniczych, zalecając jego monitoring (Fot. 6). Ponieważ zbiorowisko to zajmuje niewielkie płaty i rozmieszczone jest tylko na kilku punktach sieci stałych powierzchni badawczych, zalecono zatem założenie dodatkowych powierzchni monitoringowych, poza regularną siecią<sup>52</sup>.

Wykorzystując wspomnianą sieć stałych powierzchni badawczych dokonano pomiaru drzewostanów na całym obszarze Parku, określając między innymi udział powierzchniowy i miąższościowy sosny (jako gatunku panującego) dla trzech rodzajów ochrony (Fot. 7). W ochronie ścisłej udział powierzchniowy i miąższościowy wyniósł odpowiednio 6,76 ha i 1380 m<sup>3</sup>, dla ochrony czynnej 12,05 ha i 3740 m<sup>3</sup> oraz dla ochrony krajobrazowej 0,62 ha i 90 m<sup>3</sup>. Przeciętna zasobność drzewostanów z panującą sosną wyniosła 268 m<sup>3</sup>/1 ha, przyrost roczny 3,9 m<sup>3</sup>, a wiek 85 lat. Dla porównania zasobność dla drzewostanów z panującą jodłą osiągnęła 528,5 m<sup>3</sup>/1 ha, przyrost roczny 4,7 m<sup>3</sup> i wiek 131 lat<sup>53</sup>.

<sup>48</sup> Tamże, s. 34.

<sup>49</sup> *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 lipca 2014 r. w sprawie ustanowienia planu ochrony dla Pienińskiego Parku Narodowego*, Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej, Warszawa, 31 lipca 2014 r. poz. 1010.

<sup>50</sup> J. Bodziarczyk, E. Pancer-Koteja, *Naturalne i wtórne sośniny...*, dz. cyt., s. 123–130.

<sup>51</sup> J. Bodziarczyk, *Sosna zwyczajna...*, dz. cyt., s. 11–34.

<sup>52</sup> E. Pancer-Kotejowa (kier. zesp.), *Opracowanie mapy fitosocjologicznej zbiorowisk leśnych Pienińskiego Parku Narodowego*, [w:] *Dokumentacja do Planu ochrony Pienińskiego Parku Narodowego na lata 2012–2031 r.*, Katedra Botaniki Leśnej i Ochrony Przyrody, Wydział Leśny AR w Krakowie, Kraków 1999, k-pis, s. 10–11 (Archiwum PPN).

<sup>53</sup> Tamże, s. 48.



**Fot. 6.** Reliktowe laski sosnowe na grani Czertezika – zdjęcie współczesne (fot. M. Majerczak)

**Photo 6.** Relic pine forests at crest of Czertezik – contemporary (photo by M. Majerczak)

Po wejściu Polski do Unii Europejskiej i konieczności wskazania siedlisk przyrodniczych w ramach sieci Natura 2000, reliktywne laski sosnowe określono jako „górskie reliktywne laski sosnowe (*Erico-Pinion*)” i oznaczono kodem 91Q0<sup>54</sup>.

#### KONKLUZJA

Nie ulega wątpliwości, że wyniki badań naukowych Kulczyńskiego z 1928 roku, który jako pierwszy zwrócił uwagę na reliktywne laski sosnowe w Pieninach, kontynuowane następnie przez Zajączkowskiego w całych Karpatach Zachodnich, odegrały ważną rolę w podejściu władz Parku do szczególnego traktowania sosny zwyczajnej. Niewątpliwie gatunek ten wykorzystywany był głównie od odnowienia lub zalesienia

<sup>54</sup> W. Mróz, J. Perzanowska 2004, *Górskie reliktywne laski sosnowe*, [w:] *Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny*, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2004, t. 5, s. 281.



**Fot. 7.** Drzewostan sosnowy na Macelowej Górze jako skutek odnawiania dawnych zrębów sosną zwyczajną w okresie powojennym (fot. G. Vončina, 5.05.2021 r.)

**Photo 7.** Pine forest at Macelowa Góra, resulting from renewal of glades in post-war period (photo by G. Vončina, 5.05.2021)

dawnych zrębów i halizn, co powszechnie było także praktykowane w innych regionach górskich, zwłaszcza po II wojnie światowej. Na uwagę zasługuje jednak fakt, że konsekwentnie wykorzystywano w granicach Parku lokalny ekotyp sosny. Można przypuszczać, że zabiegi takie miały miejsce także przy restytucji reliktowych lasków sosnowych, które traktowane były w sposób wyjątkowy. Przykładem może być tutaj Macelowa Góra, o której Kulczyński w swoim opracowaniu w ogóle nie wspomina, a aktualnie jej główna grań porośnięta jest przez zbiorowiska uznawane za reliktowe laski sosnowe<sup>55</sup>.

Wyniki badań Pancer-Kotejowej<sup>56</sup>, która szczegółowo scharakteryzowała zbiorowiska z reliktową sosną zwyczajną oraz opisała ich znaczenie ekologiczne, utrwaliły w sposób jednoznaczny wartość naukową i przyrodniczą tych rzadkich w Polsce zbiorowisk leśnych, co znalazło uznanie poprzez zamieszczenie wyróżnionej jednostki syntaksonomicznej w „Przewodniku do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski”<sup>57</sup>.

<sup>55</sup> E. Pancer-Kotejowa, R. Kaźmierczakowa (red.), *Mapa roślinności Pienińskiego Parku Narodowego. 1:10.000*, [zał. do:] R. Kaźmierczakowa (red.), *Charakterystyka i mapa zbiorowisk roślinnych Pienińskiego Parku Narodowego*, „Studia Naturae” 2004, nr 49.

<sup>56</sup> E. Pancer-Kotejowa, *Zbiorowiska leśne Pienińskiego Parku Narodowego*, „Fragmenta Floristica et Geobotanica” 1973, nr 19, z. 2, s. 197–258.

<sup>57</sup> W. Matuszkiewicz, *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013, s. 338.

## SUMMARY

The article describes activities focused on the protection and cultivation of *Pinus sylvestris* that has been carried out by the Pieniny National Park for the last 90 years. The study mainly uses archival materials preserved in the form of manuscripts, reports from the Park's Commission, as well as documentation gathered in the Park's archives and collections.

Currently, *Pinus sylvestris* does not play any significant role in the species composition of the Pieniny forests. Stands with the domination of *Pinus sylvestris* cover about 47 hectares, which is only 2% of the total Park's area (Photo 3, 5–7). However, the role and importance of *Pinus sylvestris* remains extremely high as a basic component of relic pine forest, which are regarded as the oldest pine communities in Poland, reaching an age of more than 550 years. Since the Pieniny National Park was established, a great importance has been attached to those characteristic pines with stunted trunks and umbrella-like crowns growing at the top of Sokolica. This definitely confirms the awareness of the great natural value of these trees (Photo 4).

Employees of the Pieniny National Park competently used the local ecotype of pine when implementing protective measures aimed at regenerating forest ecosystems in open spaces that remained after clearcuttings were carried out at the turn of the 19th and 20th centuries (Photo 1, 2). Since the 1930s, the seeds of native pines were gathered, sown in nurseries and seedlings were planted as a forecrop for the target forest species, but also as a target species in the areas without natural stand cover. The work compiles figures illustrating the size and scope of the silviculture carried out using seeds and seedlings obtained from native pines during different periods of the last 90 years (Tab. I).





## **Recenzenci rozdziałów**

dr hab. Urszula Bielczyk, prof. UP  
prof. dr hab. inż. Tadeusz Kowalski  
dr inż. Stanisław Kucharzyk  
dr hab. Katarzyna Marcysiak  
prof. dr hab. inż. Stefan Skiba  
dr hab. inż. Arkadiusz Tomczak, prof. UPP  
dr hab. inż. Zbigniew Wilczek, prof. UŚ  
dr hab. inż. Sławomir Wilczyński, prof. URK  
dr hab. inż. Jacek Zakrzewski, prof. SGGW  
prof. dr hab. Alicja Zemanek  
dr hab. inż. Tomasz Zielonka, prof. UP



## Wskazówki dla autorów

**Teksty** winny być przesłane na nośniku cyfrowym w formacie edytora MS Word.

**Rozdziały** monografii nie powinny przekraczać 22 stron (wraz z tabelami i rysunkami), a doniesienia do 5 stron znormalizowanych (1800 znaków ze spacjami / 1 str.). W wyjątkowych przypadkach tekst może być obszerniejszy, ale wymaga to uzgodnienia z redaktorem naukowym serii monograficznej.

**Pierwsza strona rozdziału** powinna zawierać w kolejnych wierszach: tytuł rozdziału w przyjętym języku (polski, słowacki lub angielski), następnie tytuł w języku angielskim lub polskim, imię i nazwisko autora(-ów), afiliację, abstrakt w języku angielskim (do 100 słów) oraz słowa kluczowe (bez powtórzeń słów z tytułu). Tekst zasadniczy powinien być wyrównany do lewej strony, bez dzielenia wyrazów. Nazwy gatunkowe i rodzajowe powinny być pisane kursywą. Na końcu rozdziału (po piśmiennictwie) winno znaleźć się streszczenie (maks. 1,5 str.) w języku angielskim lub polskim (jeśli artykuł jest w obcym języku), w którym należy powołać się na zamieszczone w tekście tabele, ryciny i fotografie.

**Tytuły podrozdziałów** winny znajdować się w oddzielnych wierszach, bez numeracji. Dopuszcza się 3-stopniowy podział tekstu: TYTUŁ PODROZDZIAŁU I STOPNIA, *Tytuł podrozdziału II stopnia*, Tytuł podrozdziału III stopnia.

**Tabele** należy przygotować w osobnych plikach w formacie \*.XLS (Excel) lub \*.DOC/DOCX (MS Word). Tabele winny być zaopatrzone w kolejne numery rzymskie z dwujęzycznymi (polskimi i angielskimi) tytułami i opisami kolumn.

**Ryciny** (wykresy) winny być zaopatrzone w kolejne numery arabskie, a ich tytuły i objaśnienia (dwujęzyczne) zestawione na osobnej stronie. Ryciny należy przesłać w jednym z następujących formatów: \*.CDR, \*.EPS, \*.PDF, \*.TIF/PSD, \*.JPG lub \*.XLS. Dla rycin z grafiką wektorową preferowany jest format \*.CDR, \*.EPS/PS, \*.PDF, PNG lub wykresy w Excelu. Należy unikać sporządzania tabel i rysunków o dużych rozmiarach (większe niż A4) oraz ograniczyć ich liczbę do niezbędnego minimum. Objaśniając na rycinie szczegóły, należy stosować symbole (np. A, B), a szczegółowy opis zamieścić w podpisie pod ryciną (po polsku i po angielsku).

**Fotografie** powinny mieć swoją numerację (liczby arabskie) zgodnie z kolejnością cytowania w tekście.

**Tabele, ryciny i fotografie** winny być zapisywane w osobnych plikach (nie włączane w tekst) w formatach jak wyżej.

**Piśmiennictwo** (styl harwardzki) zestawione w porządku alfabetycznym autorów powinno zaczynać się od nowej strony i zawierać pozycje cytowane. Tytuły prac pisane alfabetem łacińskim powinny być podane w ich oryginalnym brzmieniu. Prace pisane cyrylicą winny być transliterowane na alfabet łaciński zgodnie z zasadami międzynarodowymi. Przykład zestawienia piśmiennictwa obowiązującego od XVII tomu:

Kondracki J. 1981. Geografia fizyczna Polski. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 358 s.

Vončina G. 2020. Krzewik miecherowaty *Thamnobryum neckeroides* (Bryophyta, Neckeraceae) w Pienińskim Parku Narodowym, [w:] J. Bodziarczyk (red.), Pieniny – Przyroda i Człowiek. Monografie. Tom XVI, Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków, s. 105–110.

Sokołowski A.W. 1983. Konieczność zwiększenia powierzchni Białowieskiego Parku Narodowego. Parki Narodowe i Rezerwy Przyrody, 4(2): 29–37.

Kilka prac jednego autora publikowanych w tym samym roku należy odróżnić małymi literami po roku wydania. Prace cytuje się w tekście: Szafer (1972) lub (Szafer 1972). Jeżeli praca ma więcej niż dwóch autorów, należy cytować: Pawłowski i in. (1974). Cytując w tekście kilka prac obok siebie, należy zachować kolejność chronologiczną, a w wypadku publikacji wydanych w tym samym roku – alfabetyczną, np. (Borkowski 2004, Wójcik 2010), oddzielając pozycje bibliograficzne przecinkiem lub średnikiem (Borkowski, Cykowska 2005; Wachowicz 2015).

W pracach humanistycznych można stosować przypisy na ogólnie przyjętych zasadach.

Redakcja nie zwraca przesłanych materiałów. Wszelkie pytania dotyczące serii monograficznej należy kierować na adres Redakcji.

Niniejszą monografię należy cytować:

Bodziarczyk J. (red.) 2021. Pieniny – Przyroda i Człowiek. Monografie. Tom XVII, Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków.



*Monografia* w całości poświęcona jest reliktowej sosnie rosnącej na szczycie Sokolicy, a właściwie jednej gałęzi, która uległa złamaniu na skutek niešťczęśliwego zdarzenia we wrześniu 2018 roku.

Na treść tomu składają się prace wprowadzające o charakterze ogólnym, ukazujące warunki życia sosny i jej znaczenie w zbiorowiskach roślinnych Pienin, oraz prace szczegółowe odkrywające „mikrokosmos” słynnej sosny.

W dwóch pracach opisano organizmy zasiedlające złamaną gałąź. W pierwszej scharakteryzowano grzyby patogeniczne oraz szczegółowo przedstawiono interakcje biotyczne zachodzące między nimi. Wskazano głównego sprawcę odpowiedzialnego za powstanie zgnilizny. W drugiej pracy przybliżono świat porostów na tle sosny w Pieninach oraz w przyległych pasmach górskich, a także innych regionach Polski.

Znaczną część *Monografii* wypełniają treści poświęcone zbadaniu struktury wewnętrznej złamanego pędu. W pierwszej pracy zbadano szczegóły budowy morfologicznej i anatomicznej igieł oraz porównano je z cechami sosen z innych regionów Polski oraz z reliktowymi stanowiskami z południowej Europy i południowo-zachodniej Azji. W kolejnych pracach przedstawiono wiek złamanego pędu oraz bezwzględnie datowaną chronologię szerokości słoów rocznych, a także wpływ warunków klimatycznych na zmienność przyrostów grubości. Scharakteryzowano również szczegóły budowy anatomicznej drewna złamanego pędu. Sporo miejsca poświęcono także opisaniu najważniejszych cech fizycznych drewna oraz jego składu chemicznego.

Ciekawym uzupełnieniem *Monografii* jest literacki tekst poświęcony wartościom estetycznym i symbolicznym sosny z Sokolicy. Tom zamyka opracowanie opisujące działania z zakresu czynnej ochrony sosny zwyczajnej oraz reliktowych łasków sosnowych w Pieninach, przed i po utworzeniu parku narodowego.

*Monografię* urozmaicają liczne fotografie dokumentujące wyniki prac badawczych, ale także zdjęcia archiwalne i współczesne ukazujące reliktove sosny w środowisku przyrodniczym Pienin.

Jan Bodziarczyk

ISBN 978-83-66602-26-7



9 788366 602267