

Prądnik. Prace Muz. Szafera	32	65–78	2022
-----------------------------	----	-------	------

REMIGIUSZ PIELECH<sup>1,2\*</sup>, KACPER FOREMNIK<sup>1</sup>,  
BARTŁOMIEJ SURMACZ<sup>1</sup>, JERZY SZWAGRZYK<sup>1</sup>,  
ZBIGNIEW MACIEJEWSKI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Katedra Bioróżnorodności Leśnej, Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,  
al. Adama Mickiewicza 21, 31-125 Kraków

<sup>2</sup>Fundacja Badań nad Bioróżnorodnością, ul. Terenowa 4C/6, 50-231 Wrocław

<sup>3</sup>Roztoczański Park Narodowy, ul. Plażowa 2, 22-470 Zwierzyniec

\*e-mail: remekpielech@gmail.com

## PRZEBUDOWA DRZEWOSTANU JAKO NARZĘDZIE CZYNNEJ OCHRONY W PARKACH NARODOWYCH

### Forest stand conversion as tool for active conservation in national parks

**Abstract.** We tested the effectiveness of forest stand conversion in former Scots pine plantations located in Roztocze National Park, SW Poland. We compared three 0.5 ha plots subjected to selective thinning of planted pine trees with control plots that have been excluded from any kind of human-induced interventions for more than a half-century. We compared spatial patterns in the distribution of trees, as well as patterns of regeneration of young trees. The study showed that management activities were unsuccessful in modifying spatial patterns in the distribution of trees; however, there were positive changes in the regeneration of young trees, mainly those consistent with habitat type. We conclude that forest stand conversion practices constitute a useful tool for the conversion of former plantations in protected areas. On the other hand, the success of planned conversion highly depends on the method used. Methods commonly used in forestry, like selective thinning, are not always optimal when biodiversity conservation is a priority.

**Key words:** forest regeneration, forest stand conversion, protected area, Roztocze National Park, *Pinus sylvestris*, Scots pine, selective thinning, spatial patterns

## WSTEP

Znaczne obszary Europy są dziś pokryte przez monokultury drzew iglastych. Jest to następstwem intensywnych wyrębów lasów, jakie miały miejsce do końca XVIII wieku w różnych obszarach kontynentu (Zerbe, 2002), które, ze względu na pilne zapotrzebowanie na drewno, zaczęto ponownie zalesiać. W tym celu wybierano gatunki, które dają drewno dobrej jakości, mają szybkie przyrosty oraz niewygórowane wymagania siedliskowe. Powyższe warunki dobrze spełniały sosna pospolita (*Pinus sylvestris* L.)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wszystkie nazwy naukowe użyte w tekście zgodne są z The World Flora Online (WFO), [www.worldfloraonline.org](http://www.worldfloraonline.org), dostęp: 12.10.2022

oraz świerk pospolity (*Picea abies* (L.) H.Karst.), przy czym sosna nadawała się doskonale do zalesień na obszarach nizinnych, a świerk sadzono głównie w górach (Barzdajn i in., 1999). Dzięki ogromnemu znaczeniu gospodarczemu, sosna pospolita stała się najbardziej rozpowszechnionym gatunkiem drzewa w Europie. Znaczne obszary Polski są dziś pokryte przez jednogatunkowe i jednowiekowe uprawy sosny (Aleksandrowicz-Trzcńska i in., 2017).

Popularność sosny pospolitej w leśnictwie sprawiła, że gatunek ten był sadzony nie tylko na siedliskach borowych zbliżonych do jego naturalnego występowania, ale także na siedliskach potencjalnego występowania innych typów lasu, takich jak grądy, dąbrowy, buczyny, a nawet łągi (Dobrowolska, 2006). Obecnie podejmuje się wiele wysiłków zmierzających do przebudowy takich drzewostanów i wprowadzenia drzew zgodnych z typem siedliska w celu poprawy stabilności ekosystemów leśnych oraz ochrony różnorodności biologicznej w lasach (Felton i in., 2010). Ponadto przebudowa monokultur sosnowych w drzewostany mieszane daje też wymierne korzyści gospodarcze, zwiększając produktywność ekosystemów leśnych oraz ich odporność na biotyczne i abiotyczne zagrożenia (Bielak i in., 2014; Jactel i in., 2017). Zaleca się, by przebudową objąć drzewostany, które zostały uszkodzone przez wiatr, śnieg, pożary, gradacje owadów, a także drzewostany całkowicie lub częściowo niezgodne z możliwościami produkcyjnymi siedliska (Jaworski, 2000). W Polsce przebudowa drzewostanów jest również obowiązkiem prawnym zapisanym w ustawie o lasach, którym objęte są drzewostany w wieku ponad 20 lat o składzie gatunkowym niezgodnym z siedliskiem oraz drzewostany trwale uszkodzone.

Chociaż zabiegi przebudowy realizowane są głównie w drzewostanach gospodarczych Lasów Państwowych, mogą mieć również duże znaczenie na obszarach chronionych. Wiele parków narodowych w Polsce obejmuje obszary dawnych gospodarczych monokultur, które dzięki pozostawionym w nich nasiennikom oraz obecności gatunków drzew właściwych danemu siedlisku, podlegają obecnie w toku sukcesji i regeneracji spontanicznemu unaturalnieniu, tj. przemianom w kierunku lasów naturalnych zgodnych z typem siedliska (Maciejewski, 2011). Aby przyspieszyć ten proces, unaturalnianie zbiorowisk leśnych wspomaga się niekiedy zabiegami gospodarczymi z zakresu przebudowy. W niniejszej pracy prezentujemy badania przeprowadzone w Roztoczańskim Parku Narodowym (RPN), w którym dawne gospodarcze lasy sosnowe zostały włączone w obecne granice parku i stanowią około 30% jego powierzchni leśnej. Służby parku podejmują działania zmierzające do zwiększenia stopnia naturalności tych drzewostanów poprzez zabiegi przebudowy dawnych monokultur sosnowych, według wcześniej opracowanych planów (Żybura, 2008), a równocześnie prowadzone są badania naukowe i monitoringowe mające na celu ocenę ich efektywności w zakresie przemiany struktury drzewostanu oraz składu gatunkowego w stosunku do naturalnych zespołów leśnych, mogących potencjalnie występować na tych siedliskach.

Celem prezentowanych badań była ocena efektywności działań zmierzających do wspierania spontanicznych procesów przebudowy wybranych, półnaturalnych drzewostanów w Roztoczańskim Parku Narodowym. Takie prace są prowadzone w RPN w drzewostanach pochodzących z nasadzeń (sztucznego odnowienia) sosny pospolitej w miejsce wyciętych w przeszłości drzewostanów naturalnych. Jednym z celów ochrony, zapisanym w Planie Ochrony RPN, jest „przeciwdziałanie przekształceniom i zaburzeniom pochodzenia antropogenicznego – przywrócenie przekształconym drzewostanom składu gatunkowego zgodnego z siedliskiem, zwłaszcza na siedliskach zajmowanych docelowo przez buczyny,

grądy i jedliny oraz związanych z nimi charakterystycznych gatunków” (Plan ochrony RPN, 2018). Choć takie zadania są realizowane od dawna w parkach narodowych oraz Lasach Państwowych, wciąż wiele aspektów podejmowanych działań i stosowanych metod wymaga dalszego udoskonalania, by osiągnąć zamierzone cele. W prezentowanych badaniach zabiegi z zakresu przebudowy drzewostanu zostały ocenione na podstawie dwóch głównych składowych, tj. wzorca przestrzennego rozmieszczenia drzew oraz charakterystyki odnowienia naturalnego. Cechy te mogą posłużyć jako wskaźniki efektywności prowadzonych zabiegów z zakresu renaturyzacji drzewostanów antropogenicznego pochodzenia oraz zbliżania się ich do naturalnych ekosystemów leśnych. W szczególności staraliśmy się odpowiedzieć na następujące pytania:

- 1) Czy przeprowadzone zabiegi z zakresu przebudowy powodują zacieranie regularnego rozmieszczenia drzew, będącego następstwem ich regularnego sadzenia?
- 2) Czy prowadzone zabiegi z zakresu przebudowy stymulują naturalne odnowienie gatunków drzewiastych zgodnych ze składem gatunkowym „potencjalnego zespołu” leśnego na badanym typie siedliska?

## METODY

### Charakterystyka powierzchni badawczych

Badania prowadzono na terenie Roztoczańskiego Parku Narodowego na sześciu półhektarowych (50 × 100 m) powierzchniach badawczych. Położone są one w trzech lokalizacjach reprezentujących drzewostany sztucznego pochodzenia z przewagą sosny, założone na siedliskach borowych oraz lasowych (ryc. 1) – po dwie (tzw. powierzchnie bliźniacze, podobne do siebie względem typu siedliska, genezy oraz cech drzewostanu), z których na jednej prowadzi się zabiegi zmierzające do przebudowy drzewostanów (5A, 6A, 8A), natomiast druga to powierzchnia kontrolna pozostawiona bez zabiegów (5, 6, 8). Powierzchnie kontrolne zostały założone w latach 1971–1973 przez zespół naukowców z UMCS w Lublinie pod kierownictwem prof. Krystyna Izdebskiego do badań produktywności zespołów leśnych na Roztoczu Środkowym (Izdebski i in., 1976, 1977). Od czasu ich utworzenia, powierzchnie kontrolne nie podlegały żadnym zabiegom gospodarczym, ponieważ zostały wyłączone z użytkowania jako powierzchnie badawcze najpierw w planach urzędzeniowych Nadleśnictw Zwierzyniec i Kosobudy, a następnie w planach RPN (Maciejewski, 2011). Z kolei powierzchnie poddane zabiegom przebudowy zostały założone w 2007 roku przez dr. Zbigniewa Maciejewskiego i prof. Jerzego Szważyka w ramach projektu pn. „Porównanie dynamiki gatunków drzewiastych oraz roślin runa na terenach objętych ochroną czynną i bierną w Roztoczańskim Parku Narodowym”, realizowanego w latach 2008–2011. Zabiegi z zakresu przebudowy realizowano głównie poprzez stopniowe usuwanie z nich sosny. W tabeli 1 przedstawiono informacje dotyczące gleb i typów siedliskowych oraz intensywności cięć w obrębie powierzchni badawczych.

### Prace terenowe

Badania dotyczące przestrzennego wzorca rozmieszczenia drzew zostały przeprowadzone z wykorzystaniem technologii Field-Map (Institute of Forest Ecosystem Research - IFER, Jílové u Prahy, Republika Czeska, <https://www.ifer.cz/>). Field-Map to zaawansowany zestaw służący do terenowych pomiarów dendrometrycznych, na który składają się: baza danych (obsługiwana w terenie za pomocą oprogramowania Field-Map

Tabela 1. Charakterystyka powierzchni badawczych

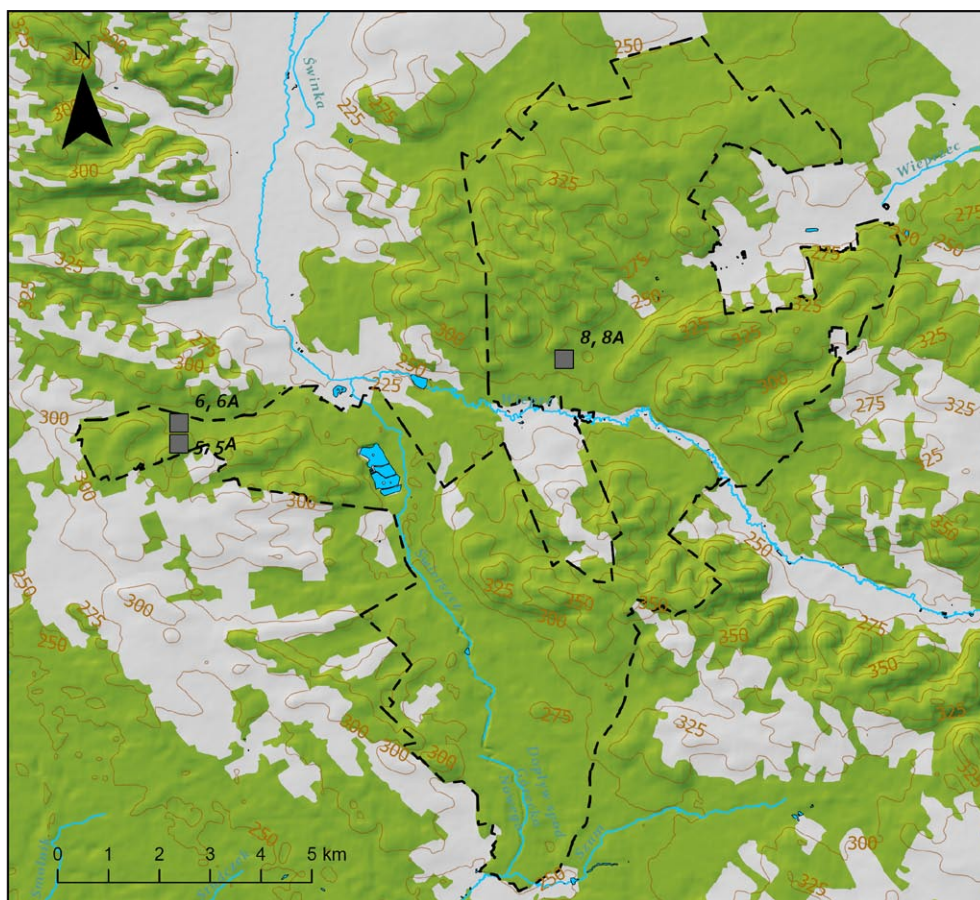
Table 1. Characteristics of sample plots

Powierzchnia badawcza Sample plot	Typ powierzchni Type of plot	Typ siedliskowy Type of forest habitat*	Podyp gleby Soil sub-type	Intensywność cięć (liczba usuniętych drzew/pole przekroju pierśnicowego [m <sup>2</sup> ]) Intensity of the removed trees (number of removed trees/basal area [m <sup>2</sup> ])
5	kontrolna control	Lwyżów	rędziny brunatne Calcaric Cambisols	-
5A	podlegająca przebudowie subjected to conversion	Lwyżów	rędziny brunatne Calcaric Cambisols	50/6,63
6	kontrolna control	BMśw	bielicowe właściwe Albic Podzols	-
6A	podlegająca przebudowie subjected to conversion	BMśw	bielicowe właściwe Albic Podzols	23/1,52
8	kontrolna control	Bśw	bielicowe właściwe Albic Podzols	-
8A	podlegająca przebudowie subjected to conversion	Bśw	bielicowe właściwe Albic Podzols	46/4,07

\*Abbreviations used in the table refer to the forest habitat classification system used in Polish forestry. Lwyżów - Upland mesic broadleaved forest; BMśw - Mesic mixed forest; Bśw - Coniferous mesic forest.

Data Collector) z funkcjonalnością GIS, urządzenia optyczne z dalmierzem i kompasem oraz średnicomierz (klupa) współpracujący z bazą danych za pośrednictwem standardu Bluetooth. Technologia Field-Map pozwala na precyzyjny i efektywny pomiar struktury drzewostanu, tworząc jednocześnie bazę danych przestrzennych z rozmieszczeniem drzew.

Prace terenowe prowadzono w lipcu i sierpniu 2021 roku na opisanych wyżej powierzchniach. Pomiarami objęto wszystkie stojące drzewa żywe i martwe o pierśnicy większej lub równej 7 cm. Lokalizacja każdego drzewa została określona względem sieci punktów referencyjnych za pomocą dalmierza i kompasu technologii Field-Map. Badania odnowienia prowadzono na 0,5 m<sup>2</sup> kołowych powierzchniach próbnych, rozmieszczonych zgodnie ze schematem przedstawionym na rycinie 3. Łącznie pozyskano dane z 364 powierzchni próbnych, na których zliczano wszystkie siewki (osobniki powstałe



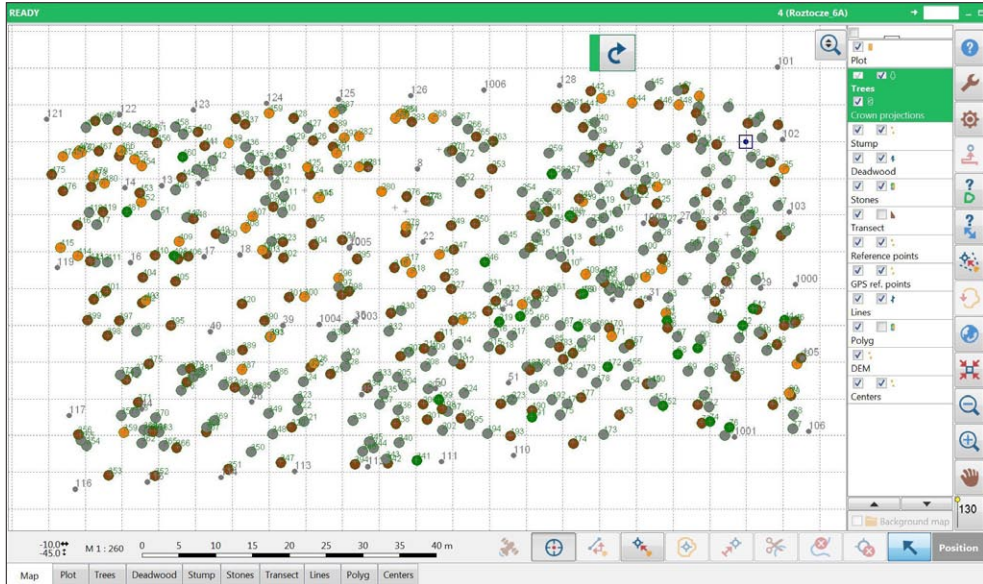
Ryc. 1. Lokalizacja powierzchni badawczych na terenie Roztoczańskiego Parku Narodowego

Fig. 1. Locations of sample plots in Roztocze National Park

w roku prowadzenia pomiarów), naloty (osobniki w wieku powyżej roku i jednocześnie o wysokości  $h < 0,5$  m) oraz podrosty ( $h > 0,5$  m, pierśnica  $< 7$  cm). Przykładowe kołowe powierzchnie próbnego prezentuje rycina 4.

### Analiza danych

Analizy przestrzennych wzorców rozmieszczenia drzew pozwalają na określenie, czy drzewa na powierzchniach badawczych rozmieszczone są w sposób całkowicie losowy, czy też regularny lub skupiskowy. Rozmieszczenie drzew pozwala na wnioskowanie dotyczące stopnia naturalności drzewostanu. Regularne rozmieszczenie drzew jest charakterystyczne dla drzewostanów antropogenicznych, tj. pochodzących z sadzenia. Losowe rozmieszczenie drzew, a rzadziej także wzorec skupiskowy są z kolei typowe dla drzewostanów naturalnych. Jeżeli zatem zabiegi przebudowy drzewostanów w RPN



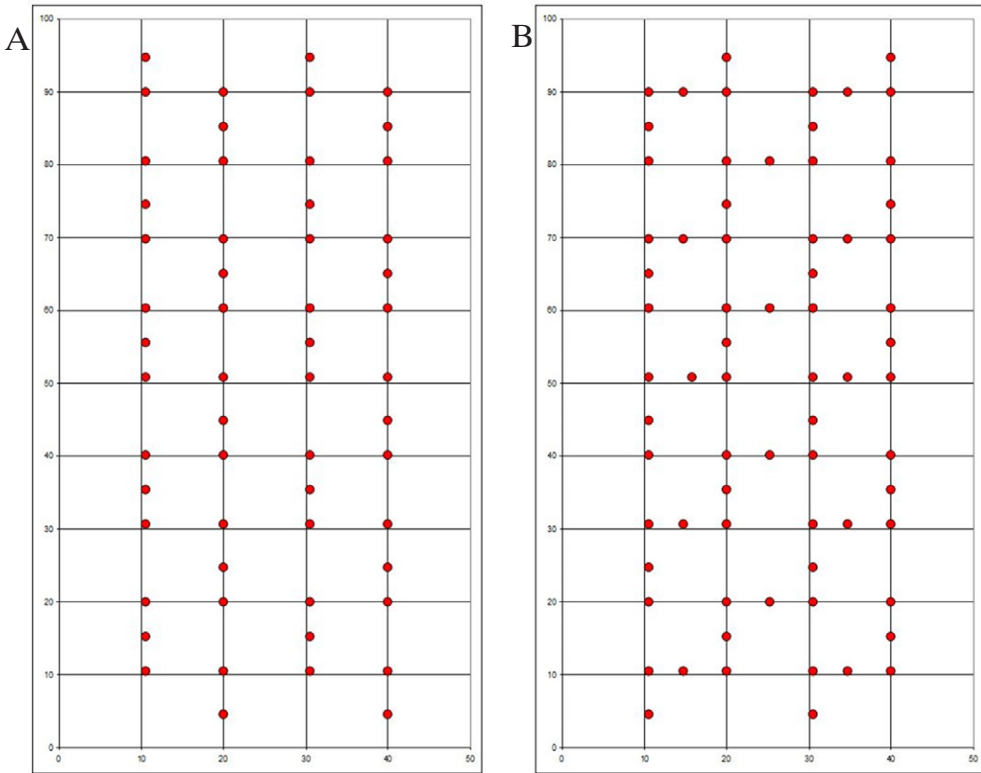
Ryc. 2. Baza danych programu Field-Map Data Collector wykorzystana podczas pomiarów wzorców przestrzennego rozmieszczenia drzew. Mapa prezentuje rozmieszczenie drzew na powierzchni badawczej 6A

Fig. 2. Field-Map Data Collector database used for measurements of the spatial patterns of trees. Map presents distribution of trees in sample plot 6A

przynoszą oczekiwane rezultaty polegające na ich unaturalnieniu, należy spodziewać się zmian przestrzennego wzorca rozmieszczenia drzew w kierunku od regularnego do losowego lub skupiskowego.

W celu określenia przestrzennych wzorców rozmieszczenia drzew wykorzystano indeks R Clarka-Evansa. Idea wskaźnika Clarka-Evansa polega na porównaniu obliczonej średniej odległości od wybranych drzew do ich najbliższych sąsiadów z analogiczną wartością obliczoną przy założeniu losowego rozmieszczenia (Brzeziecki, 2004). Dla lepszego odwzorowania rozmieszczenia drzew na ograniczonej obszarowo powierzchni badawczej potrzebne jest dokonanie korekty tzw. efektu brzegowego (Nagel, 1999; Pommerening & Stoyan, 2006). Wskaźnik Clarka-Evansa ocenia drzewostan w sposób całościowy, tzn. jest wypadkową rozmieszczenia wszystkich drzew występujących w danym drzewostanie i pozwala na zaliczenie rozmieszczenia drzew do jednego z trzech podstawowych typów: losowego, równomiernego bądź skupiskowego. Wskaźnik R może przyjmować następujące wartości:  $R=1$  w przypadku pełnej losowości rozmieszczenia;  $R<1$  w przypadku tendencji w kierunku skupiskowości;  $R>1$  w przypadku tendencji w kierunku równomierności.

Analizę wpływu zabiegów przebudowy na odnowienie drzewostanów wykonano poprzez porównanie liczebności nalotów i podrostów poszczególnych gatunków, pomiędzy powierzchniami badawczymi poddanymi przebudowie a powierzchniami kontrolnymi. Wszystkie analizy statystyczne wykonano w środowisku R (R Core Team, 2021).



Ryc. 3. Rozmieszczenie kołowych powierzchni próbnych ( $0,5 \text{ m}^2$ ) w obrębie powierzchni badawczych na siedliskach borowych (A) i lasowych (B)

Fig. 3. Distribution of small circle plots ( $0,5 \text{ m}^2$ ) within study plots in coniferous (A) and deciduous (B) habitats

## WYNIKI

Wskaźnik Clarka-Evansa osiągnął wyższe wartości dla powierzchni z przeprowadzonymi zabiegami niż dla powierzchni kontrolnych we wszystkich analizowanych parach powierzchni bliźniaczych (ryc. 5). Choć są różnice bardzo niewielkie, kierunek zmian jest jednakowy dla wszystkich badanych drzewostanów. Wskazuje to, że przeprowadzone zabiegi mogą mieć istotny wpływ na przestrzenne rozmieszczenie drzew. Kierunek zmian jest jednak odmienny od oczekiwanego, ponieważ sugeruje utrwalanie regularnego wzorca rozmieszczenia drzew. Jednakże tylko na powierzchniach reprezentujących siedliska lasowe (5 i 5A) wartość wskaźnika R jest wyższa od 1, co świadczy o zachowaniu regularnego rozmieszczenia drzew, będącego efektem ich sadzenia, pomimo upływu ponad stu lat od jego założenia. Na pozostałych powierzchniach wartość tego wskaźnika wskazuje na losowość rozmieszczenia drzew w drzewostanie.

Na rycinie 6 przedstawiono porównanie liczebności nalotów i podrostów na powierzchniach poddanych przebudowie oraz powierzchniach kontrolnych. Na powierzchni 5A – w stosunku do powierzchni kontrolnej – znacząco większa jest ogólna liczba nalotów



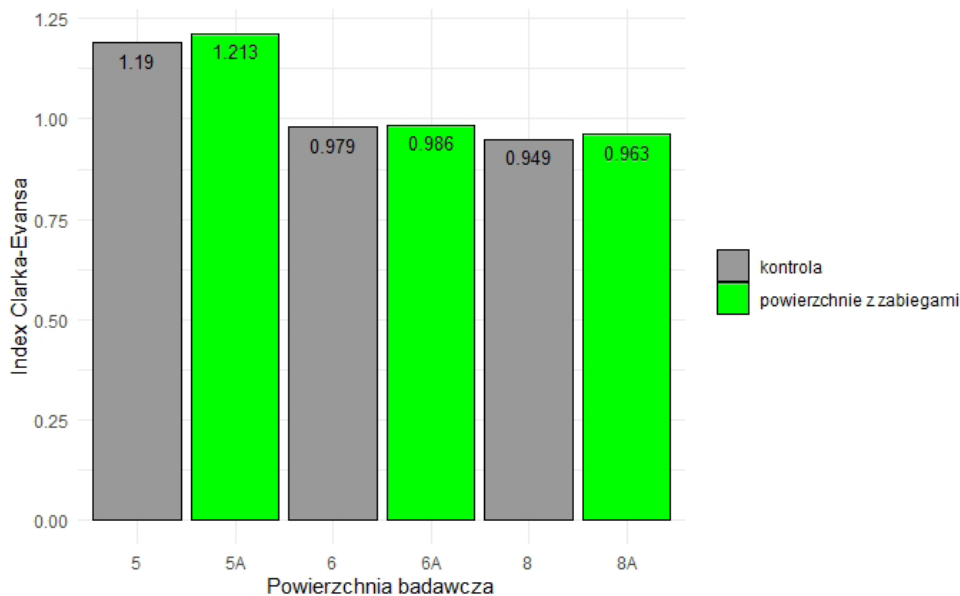
Ryc. 4. Przykłady kołowych powierzchni próbnych wykorzystanych do pomiarów odnowienia

Fig. 4. Examples of circle plots used for measurements of tree seedlings and saplings

i podrostów buka oraz grabu – gatunków typowych dla żyznej buczyny karpackiej *Dentario glandulosae-Fagetum* w odmianie wschodnio-karpackiej, która jest typowa dla Roztocza (Izdebski i in., 1992) i jednocześnie jest tzw. zespołem roślinności potencjalnej dla siedliska lasu wyżynnego w RPN (Izdebski i in., 1997). Liczniejsza obecność nalotu i podrostu grabu na powierzchni 5A jest zjawiskiem ciekawym z punktu widzenia ekologii tego gatunku, ponieważ w drzewostanie na powierzchni 5A jest znacznie mniej dojrzałych drzew grabu niż na powierzchni kontrolnej 5. Jednakże strategia rozsiewania się tego gatunku pozwala na jego propagację na znaczne odległości (Faliński & Pawlaczyk, 1993). Mała liczba podrostów jodły na obu powierzchniach badawczych przy stosunkowo dużej liczbie głównie bardzo młodych nalotów tego gatunku świadczy o dużej presji zwierzyny.

Na powierzchni 6A – w stosunku do powierzchni kontrolnej – znacząco więcej jest nalotu sosny oraz nieco więcej nalotu jodły, przy małej reprezentacji buka. Jest to również zgodne z oczekiwanymi przemianami drzewostanów na badanym siedlisku boru mieszanego, na którym przewidywanym typem roślinności potencjalnej jest zespół wyżynnego jodłowego boru mieszanego *Abietetum polonicum*, dla którego gatunki te są typowe (Izdebski i in., 1997). Na powierzchni 8A – w porównaniu do powierzchni kontrolnej 8 – obok sosny i jodły występuje liczne odnowienie dębu bezszypułkowego i kruszyny pospolitej. Te dwa ostatnie gatunki nie występują obecnie w odnowieniu na powierzchni kontrolnej. Ponadto nieco mniejsza jest liczebność nalotu sosny, a nalotu jodły całkowicie brak. Ten kierunek odnowień jest również zgodny z oczekiwanym, ponieważ według badań Izdebskiego (Izdebski i in., 1992; Izdebski i in., 1997) badane drzewostany powinny przekształcić się potencjalnie w zespół kontynentalnego boru mieszanego (*Quercu robori-Pinetum*).



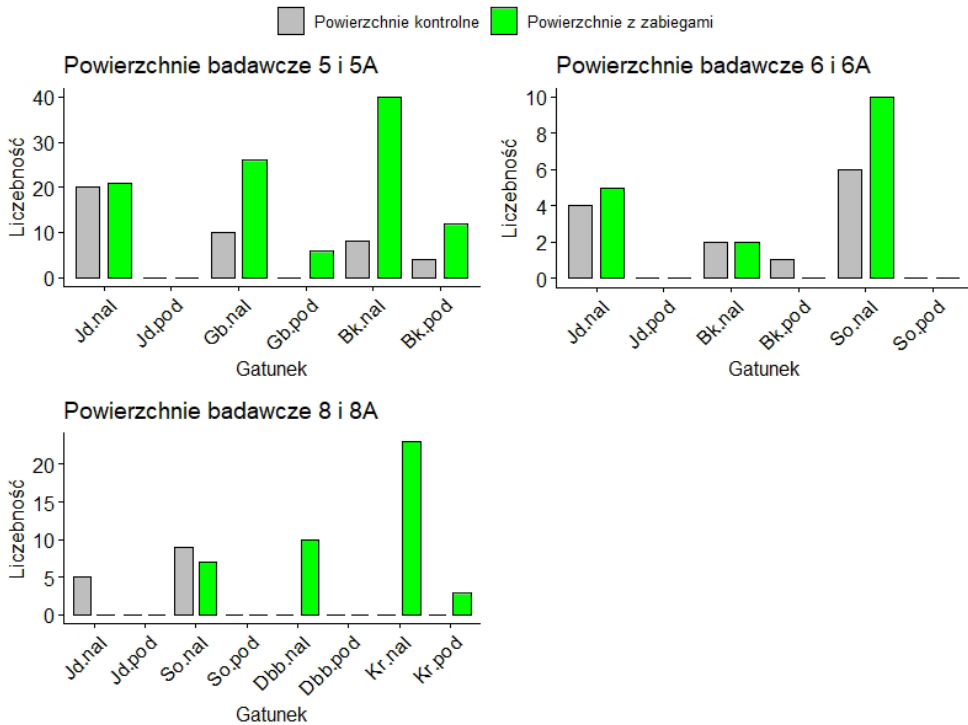


Ryc. 5. Porównanie wartości indeksu R Clarka-Evansa dla powierzchni, na których prowadzono zabiegi przebudowy oraz powierzchni kontrolnych

Fig. 5. Comparison of Clark-Evans R indices for sample plots subjected to stand conversion and control plots

## DYSKUSJA

Prezentowane badania potwierdzają pozytywny wpływ przebudowy drzewostanów na przebieg naturalizacji dawnych upraw sosny w RPN. Wpływ ten jest jednak różny w przypadku obu badanych komponentów, tj. przestrzennego wzorca rozmieszczenia drzew oraz odnowienia. Wykonane zabiegi nie wpłynęły w oczekiwany sposób na wzorce przestrzennego rozmieszczenia drzew. Wykorzystane miary, tj. wartości indeksu Clarka-Evansa, nie różniły się znacząco pomiędzy powierzchniami poddanymi zabiegom przebudowy a powierzchniami kontrolnymi. Wynik ten jest sprzeczny z wcześniejszymi założeniami, a jego zrozumienie wymaga prześledzenia metod, jakie stosowano w celu przebudowy drzewostanów gospodarczych w RPN w obrębie badanych drzewostanów. Usuwanie sosny na tych powierzchniach odbywało się bowiem w sposób wybiórczy, wykorzystując powszechnie stosowaną w celach gospodarczych trzebież selekcyjną. Jedną z cech trzebieży selekcyjnej jest usuwanie drzew w taki sposób, aby zmniejszyć konkurencję w strefie koron i korzeni oraz zapewnić pozostałym na powierzchni drzewom dobre warunki dla dalszego wzrostu. Takie działanie jest bardzo pożądane z gospodarczego punktu widzenia, jednak jego skutkiem jest utrzymywanie podobnych odległości pomiędzy drzewami pozostawionymi na powierzchni, co z kolei sprzyja utrzymywaniu się regularnego wzorca rozmieszczenia drzew (Nuutinen i in., 2021). Potwierdzają to wyniki naszych badań; dla wszystkich powierzchni poddanych zabiegom średnia wartość



Ryc. 6. Porównanie liczebności odnowienia pomiędzy powierzchniami poddanymi przebudowie oraz powierzchniami kontrolnymi. Skrót użyty przy oznaczeniach gatunków: nal – nalot, pod – podrost

Fig. 6. Comparison of frequencies of saplings between converted and control plots. Species codes: Jd – silver fir, Gb – European hornbeam, Bk – European beech, So – Scots pine, Dbb – common oak, Kr – alder buckthorn. Suffixes: nal – short saplings, pod – tall saplings

wskaźnika Clarka-Evansa jest wyższa, niż dla porównywanych powierzchni kontrolnych, co sugeruje że sposób dotychczasowego postępowania nie tylko utrwała, ale nawet pogłębia regularność w rozmieszczeniu drzew. Bardziej dogłębna analiza wzorców przestrzennych, przeprowadzona w ramach równolegle prowadzonych przez nas badań, uwzględniająca również różne skale przestrzenne, pokazuje, że wzorce przestrzennego rozmieszczenia drzew przebudowywanych drzewostanów wykazują pewne pozytywne zmiany w kierunku skupiskowości (Pielech i in., 2022). Są one jednak bardzo subtelne. Należy zatem przyjąć, że jeśli przebudowa drzewostanu ma służyć celom ochrony przyrody, a nie celom gospodarczym, techniki wzorowane na tych stosowanych w leśnictwie, takie jak trzebież selekcyjna, nie są najlepszym rozwiązaniem. Przebudowa drzewostanu w parkach narodowych powinna zmierzać do stworzenia jak największej różnorodności przestrzennej, uwzględniającej duże gniazda, małe luki, strefy przejściowe (ekotony) oraz obszary bez zabiegów. Takie przestrzenne zróżnicowanie, będące efektem zróżnicowanej intensywności zabiegów, doprowadzi do zwiększenia różnorodności warunków środowiskowych dla zasiedlających ekosystem leśny organizmów, a także do stworzenia miejsc o różnym natężeniu konkurencji między- oraz wewnątrzgatunkowej.

Zupełnie inaczej prezentują się wyniki dotyczące naturalnego odnowienia. W tym przypadku działania z zakresu przebudowy przyniosły wyraźne, pozytywne efekty. Na powierzchni 5A – w stosunku do powierzchni kontrolnej – znacząco większa jest liczba nalotów i podrostów gatunków typowych dla żywej buczyny karpackiej – zespołu leśnego, który jest uważany za typ roślinności potencjalnej na siedlisku lasu wyżynnego, zajmowanego obecnie przez zbiorowiska zastępcze z sosną jako gatunkiem głównym (Izdebski i in., 1992; Izdebski i in., 1997). Na powierzchni 6A znacząco więcej jest nalotu sosny oraz nieco więcej nalotu jodły. Na powierzchni 8A, w porównaniu z powierzchnią kontrolną 8, występuje liczne odnowienie dębu bezszypułkowego i kruszyny pospolitej. Gatunki te nie występują w odnowieniu na powierzchni kontrolnej. Ponadto na powierzchni kontrolnej nieco mniejsza jest liczebność nalotu sosny, a nalotu jodły całkowicie brak. Sytuacja taka wynika najprawdopodobniej z obecności, na prawie całej powierzchni kontrolnej, silnie zwartej drugiego piętra drzewostanu, złożonego głównie z ocieniającego dno lasu buka. To drugie piętro zostało w przeszłości usunięte prawie w całości na powierzchni objętej zabiegami.

## WNIOSKI

Zabiegi z zakresu przebudowy drzewostanu mogą być dobrym narzędziem przyspieszającym naturalizację drzewostanów pochodzących z sadzenia, które obecnie znajdują się w obszarach chronionych. Jednak dla osiągnięcia pożądanego wyniku kluczowe jest zastosowanie odpowiednich metod. Praktyki stosowane w lasach gospodarczych mają na celu produkcję dobrej jakości surowca drzewnego i nie są najlepszym rozwiązaniem tam, gdzie chodzi o ochronę naturalności i bioróżnorodności. Przebudowa drzewostanów gospodarczych w parkach narodowych powinna zmierzać nie tylko do uzyskania oczekiwanego składu gatunkowego zgodnego z potencjalną roślinnością naturalną w danych warunkach siedliskowych, lecz również do uzyskania rozmieszczenia przestrzennego drzew i zróżnicowania całych ekosystemów leśnych, właściwego dla lasów naturalnych tego regionu.

Warto podkreślić, że zabiegi z zakresu przebudowy drzewostanów mają za zadanie jedynie przyspieszenie procesów, które w naturze zachodzą naturalnie bez udziału człowieka. Ponadto szansą na naturalizację zbiorowisk leśnych w parkach narodowych są również naturalne zaburzenia, takie jak wiatrołomy i wiatrowały.

### **Podziękowania**

Badania były dofinansowane ze środków funduszu leśnego przez Lasy Państwowe (Umowa nr EŻ.0290.1.16.2021)

## PIŚMIENNICTWO

- Aleksandrowicz-Trzcińska, M., Drozdowski, S., Wołczyk, Z., Bielak, K., & Żybura, H. (2017). Effects of Reforestation and Site Preparation Methods on Early Growth and Survival of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) in South-Eastern Poland. *Forests*, 8(11), 421. Retrieved from <https://www.mdpi.com/1999-4907/8/11/421>
- Barzdajn, W., Ceitel, J., Danielewicz, W., & Zientarski, J. (1999). *Leśnictwo proekologiczne*. Poznań: Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu.
- Bielak, K., Dudzińska, M., & Pretzsch, H. (2014). Mixed stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst] can be more productive than monocultures. Evidence from over 100 years of observation of long-term experiments. *Forest Systems*, 23(3), 573–589. doi:<https://doi.org/10.5424/fs/2014233-06195>
- Brzeziecki, B. (2004). Biogrupy drzew w lesie naturalnym: czy prof. Włoczewski miał rację? [Tree biogroups in natural forests: was prof. Włoczewski right?]. *Sylvan*, 7, 3–10.
- Dobrowolska, D. (2006). Oak natural regeneration and conversion processes in mixed Scots pine stands. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 79(5), 503–513. doi:10.1093/forestry/cpl034
- Faliński, J. B., & Pawlaczyk, P. (1993). Zarys ekologii. W: S., Białobok (red.), *Grab zwyczajny Carpinus betulus* L. T. 9 (s. 157–263). Poznań – Kórnik: Sorus.
- Felton, A., Lindbladh, M., Brunet, J., & Fritz, Ö. (2010). Replacing coniferous monocultures with mixed-species production stands: An assessment of the potential benefits for forest biodiversity in northern Europe. *Forest Ecology and Management*, 260(6), 939–947. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.06.011>
- Izdebski, K., Czarnecka, B., Grądziel, T., Lorens, B., & Popiołek, Z. (1992). *Zbiorowiska roślinne Roztoczańskiego Parku Narodowego na tle warunków siedliskowych*. Lublin: Wydawnictwo UMCS Lublin.
- Izdebski, K., Grądziel, T., Lorens, B., & Popiołek, Z. (1997). *Potencjalna roślinność naturalna Roztoczańskiego Parku Narodowego*. Zwierzyniec: Wydawnictwo Roztoczańskiego Parku Narodowego
- Izdebski, K., Kimsa, T., Kozak, K., Michna, E., Popiołek, Z., Strączek, A., & Zienkiewicz, A. (1976). Influence of habitats of two forest ecosystems on productivity of pine stands in Central Roztocze. Part I. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska*, s. C, 32, 1–43.
- Izdebski, K., Kimsa, T., Kozak, K., Michna, E., Popiołek, Z., Strączek, A., & Zinkiewicz, A. (1977). The effect of habitats in two forest ecosystems on the productivity of pine stands in Central Roztocze. *Ekologia Polska*.
- Jactel, H., Bauhus, J., Boberg, J., Bonal, D., Castagneyrol, B., Gardiner, B., ... & Brockerhoff, E. G. (2017). Tree Diversity Drives Forest Stand Resistance to Natural Disturbances. *Current Forestry Reports*, 3(3), 223–243. doi:10.1007/s40725-017-0064-1
- Jaworski, A. (2000). Zasadę hodowli lasów górskich na podstawach ekologicznych. W: *Nowoczesne metody gospodarowania w lasach górskich* (s. 80–228). Warszawa: CILP.
- Maciejewski, Z. (2011). Spontaneous regeneration of a Carpathian beech forest in planted pine stands on the Roztocze Highlands (Roztocze National Park, south-east Poland). *Polish Journal of Ecology*, 59(2), 235–248.
- Nagel, J. (1999). *Konzeptionelle Überlegungen zum schrittweisen Aufbau eines waldwachstumskundlichen Simulationssystems für Nordwestdeutschland* (Vol. 128). Frankfurt am Main: Sauerländer's Verlag.

- Nuutinen, Y., Miina, J., Saksa, T., Bergström, D., & Routa, J. (2021). Comparing the characteristics of boom-corridor and selectively thinned stands of Scots pine and birch. *Silva Fennica*, 55(3), id10462. doi:doi:10.14214/sf.10462
- Pielech, R., Maciejewski, Z., Foremnik, K., Surmacz, B., & Szwagrzyk, J. (2022). Effect of Stand Conversion on Forest Stand Structure in Planted Scots Pine Forests. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4186772> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4186772>.
- Plan ochrony RPN. (2018). *Plan ochrony dla Roztoczańskiego Parku Narodowego, Specjalnego Obszaru Ochrony Siedlisk Roztocze Środkowe (kod obszaru: PLH060017) oraz dla części Obszaru Specjalnej Ochrony Ptaków Roztocze (kod obszaru: PLB060012) pokrywającej się z obszarem Roztoczańskiego Parku Narodowego*.
- Pommerening, A., & Stoyan, D. (2006). Edge-correction needs in estimating indices of spatial forest structure. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(7), 1723–1739. doi:10.1139/x06-060
- R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Zerbe, S. (2002). Restoration of natural broad-leaved woodland in Central Europe on sites with coniferous forest plantations. *Forest Ecology and Management*, 167(1), 27–42. doi:[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00686-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00686-7)
- Żybura, H. (2008). Przebudowa drzewostanów sosnowych na siedliskach lasu mieszanego świeżego i lasu mieszanego wyżynnego Roztoczańskiego Parku Narodowego. W: *Roztoczańskie Spotkania: wykłady otwarte z lat 2004–2005*, T. 5, (s. 199–120) Zwierzyniec: Wydawnictwo Lipiec.

## SUMMARY

Large areas of Europe are covered by coniferous monocultures. This constitutes a legacy of extensive clearcuts that had occurred by the end of the 18th century in different parts of this continent. In order to increase stability and biodiversity conservation, many efforts have been made to convert these monocultures into forests consistent with habitat types. The aim of this study was to assess the effectiveness of forest stand conversion activities in seminatural forests in Roztocze National Park (RPN), Poland. Specifically, we asked the following questions:

- 1) Does forest stand conversion reduce regularity in tree distribution, which was an effect of regular planting?
- 2) Does forest stand conversion stimulate the natural regeneration of tree species that are consistent with predictions regarding potential vegetation?

The study was conducted in RPN based on six 0.5-ha ( $50 \times 100$  m) permanent plots. They are located in three different sites in forests dominated by Scots pine, which was planted in both coniferous and deciduous habitat types (fig. 1), in pairs forming twin plots. Each pair consisted of one plot subjected to management activities (5A, 6A, 8A) and one control plot (5, 6, 8). Field works were conducted in July and August 2021. We used Field-Map technology to measure the positions and diameters at breast height (DBH) for all live and dead trees with DBHs above 7 cm. Forest regeneration was studied on 0.5 m<sup>2</sup> circular sample plots distributed following schemes presented in fig. 3. In total, we counted and measured seedlings, short saplings and tall saplings on 364 circular sampling plots.

To analyse spatial patterns in tree distribution, we used the Clark-Evans R index, which allows for the assignment of the studied plots to one of three patterns: random ( $R=1$ ), clustered ( $R<1$ ) or regular ( $R>1$ ). In addition, we compared frequencies of short and tall saplings of all species recorded.

Values of Clark-Evans indices were higher for all converted plots than for control plots. Although the differences were small, the tendency is consistent across all three pairs of permanent plots (fig. 5). It shows that management activities affected spatial patterns of trees; however, the trajectory is opposite to our initial expectations and suggests that regularity has been maintained. There were expected differences in the numbers of young trees, and a greater abundance of species consistent with habitat types was recorded in converted plots.

Forest stand conversion activities can be an efficient tool for accelerating the naturalization of former Scots pine plantations in protected areas. However, thinning techniques used in production forests can maintain regularity and therefore may not be the best choice. If forest naturalization and biodiversity conservation is a priority, alternative thinning methods need to be developed. Forest conversion in national parks should focus not only on the conversion of tree species composition but also on the spatial variability of forest ecosystems.