

## Ocena naturalnego i sztucznego odnowienia drzewostanów sosnowych *Pinus sylvestris* L. w Nadleśnictwie Nowa Dęba<sup>1</sup>

Evaluation of the natural and artificial regeneration of Scots pine *Pinus sylvestris* L. stands in the Forest District Nowa Dęba

Justyna Długosiewicz<sup>2</sup>, Stanisław Zajac<sup>3</sup>, Emilia Wysocka-Fijorek<sup>4\*</sup>

<sup>2</sup>Nadleśnictwo Nowa Dęba, ul. Wł. Sikorskiego 2, 39-460 Nowa Dęba; <sup>3</sup>Instytut Nauk Leśnych w Filii Uniwersytetu Łódzkiego w Tomaszowie Mazowieckim, ul. Konstytucji 3 Maja 65/67, 97-200 Tomaszów Mazowiecki; <sup>4</sup>Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

\*Tel. +48 22 7153813, e-mail: e.wysocka-fijorek@ibles.waw.pl

**Abstract.** The main purpose of this article was to highlight the potential for enhancing positive silvicultural effects and their dependency on the management method in Scots pine *Pinus sylvestris* L. stands. We therefore assessed the impact of natural and artificial regeneration on vitality and health, compaction, surface coverage and seedlings height. Another important goal was to assess the severity of damage in the selected forest sites.

A comparative analysis was carried out based on results from field work conducted in the autumn 2010 in the Forest District Nowa Dęba. As part of this field work, also the breeding quality of the analyzed pine renewals was assessed.

The obtained results indicate that natural regeneration of Scots pine under the conditions of a fresh coniferous forest as well as a fresh mixed coniferous forest is the most reasonable management practice. In wet mixed coniferous forests however, the naturally regenerating Scots pine seedlings are of lower silvicultural quality and growth parameter values compared to those in artificially regenerated stands. In fresh mixed broadleaved forests, naturally regenerated Scot pine trees showed slightly lower silvicultural quality and vitality than artificially regenerated trees. Our results indicate furthermore that there are indeed conditions under which the restoration of Scots pine in the Nowa Dęba Forest District using natural regeneration is preferable. We also found that the employed method of renewing has a significant impact on pine growth parameters in the moist mixed coniferous forest habitat. Naturally renewing pines are characterized by a lower overall viability, but at the same time natural regeneration provides a larger number of individuals with the best viability (1st vitality class), which can be a valuable selection basis for trees used in breeding.

**Keywords:** Scots pine, natural regeneration, artificial regeneration, silvicultural quality of regeneration, height of trees, density  
**Słowa kluczowe:** sosna zwyczajna, odnowienie naturalne, jakość hodowlana odnowienia, wysokość, zagęszczenie

<sup>1</sup>Artykuł powstał na podstawie pracy doktorskiej Justyny Długosiewicz pt. „Ekonomiczno-hodowlana efektywność naturalnego i sztucznego odnowienia drzewostanów sosnowych”, zrealizowanej na Wydziale Leśnym SGGW w Warszawie.

### 1. Wstęp

W literaturze przedmiotu poświęcono wiele miejsca zagadnieniom związanym z odnawianiem sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. O możliwościach odnawiania jej w sposób naturalny pisali m.in. Ilmurzyński i Mierzejewski (1956), Mierzejewski (1975), Jastrzębski (1975), Okoń (2016). Prowadzono liczne badania m.in. nad wpływem sposobu przygotowania gleby (Andrzejczyk, Drozdowski 2003; Andrzejczyk, Augustyniak 2007; Pigan 2010), sposobu cięć (Andrzejczyk 2000; Andrzejczyk et al. 2009), warunków siedliskowych (Dobrowolska 2010; Gmyz, Skrzyszewski 2010) oraz zabiegów pielęgnacyjnych i ochronnych (Aleksandrowicz-Trzcńska 2008; Kopeć 2011) na wzrost i rozwój odnowień naturalnych i sztucznych sosny. Podejmowana była także problematyka dotycząca odnowień naturalnych sosny na obszarach, na których wystąpiły zaburzenia, jak np. pożar czy huragan (Hawryś et al. 2004; Dobrowolska 2008), czy też w lukach drzewostanu (Dobrowolska 2007). Jest również wiele publikacji naukowych dotyczących odnowienia sztucznego sosny zwyczajnej, uwzględniających m.in. porę i sposób sadzenia, rodzaj materiału sadzeniowego, technologię jego produkcji

wolska 2010; Gmyz, Skrzyszewski 2010) oraz zabiegów pielęgnacyjnych i ochronnych (Aleksandrowicz-Trzcńska 2008; Kopeć 2011) na wzrost i rozwój odnowień naturalnych i sztucznych sosny. Podejmowana była także problematyka dotycząca odnowień naturalnych sosny na obszarach, na których wystąpiły zaburzenia, jak np. pożar czy huragan (Hawryś et al. 2004; Dobrowolska 2008), czy też w lukach drzewostanu (Dobrowolska 2007). Jest również wiele publikacji naukowych dotyczących odnowienia sztucznego sosny zwyczajnej, uwzględniających m.in. porę i sposób sadzenia, rodzaj materiału sadzeniowego, technologię jego produkcji

Wpłynęło: 28.09.2018 r., zrecenzowano: 27.11.2018 r., zaakceptowano: 20.05.2019 r.

czy rodzaj rębni (Rudnicki 1954; Białobok et al. 1993; Barzdajn 2006; Buraczyk, Szeligowski 2008; Buraczyk et al. 2012; Sewerniak et al. 2012).

Powstały liczne opracowania dotyczące m.in. wpływu poszczególnych czynników (abiotycznych i biotycznych) na wzrost i rozwój sosny zwyczajnej w różnych regionach geograficznych (Barzdajn et al. 1996; Kowalczyk et al. 2000; Paluch 2004; Boiko 2008; Zachara et al. 2011). Porównywano także cechy wzrostowe upraw, młodników i podrostów różniących się sposobem odnowienia (Wolski, Robakowski 2008).

Celem pracy jest ocena wpływu sposobu odnowienia naturalnego i sztucznego na wzrost, żywotność, zdrowotność, zagęszczenie, stopień pokrycia powierzchni oraz wysokości odnowień. Ważnym celem jest także ocena stopnia nasilenia uszkodzeń nalotów i upraw sosnowych w wybranych typach siedliskowych lasu. Realizacja przyjętych celów badań ma za zadanie dostarczenie argumentów za zwiększeniem udziału optymalnego (naturalnego lub sztucznego) sposobu odnowienia drzewostanów sosnowych w Polsce.

## 2. Teren badań

Badaniami objęto naloty i uprawy sosnowe, a także te z przeważającym udziałem sosny zwyczajnej, zlokalizowane na terenie Nadleśnictwa Nowa Dęba (Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Lublinie).

Nadleśnictwo Nowa Dęba gospodaruje na powierzchni blisko 25,7 tys. ha, z czego powierzchnia leśna wynosi 21,7 tys. ha. Składa się z trzech obrębów leśnych: Buda Stalowska, Dęba i Babule. Lasy nadleśnictwa tworzą duże i zwarte kompleksy leśne w zasięgu występowania wszystkich gatunków lasotwórczych. Przeciętna zasobność drzewostanów nadleśnictwa wynosi 200 m<sup>3</sup>/ha. Udział gatunków w drzewostanie jest odzwierciedleniem występujących tu siedlisk, dlatego też najważniejszym i najliczniej występującym gatunkiem jest sosna zwyczajna. Drzewostany z panującą sosną zwyczajną zajmują 80,6% powierzchni nadleśnictwa i stanowią 85,5% zapasu. Gatunek ten tworzy drzewostany wszystkich klas wieku (największą powierzchnię zajmują drzewostany IVa klasy wieku) oraz osiąga przeciętnie Ia–II bonitację, zasobność 212 m<sup>3</sup>/ha i przeciętny wiek 57 lat. Ważnym elementem prowadzonej gospodarki leśnej nadleśnictwa jest także fakt, że lasy ochronne zajmują 75,6% powierzchni leśnej. Głównie są to lasy o szczególnym znaczeniu dla bezpieczeństwa i obronności państwa i wodochronne w strefach ochronnych ujęć wody i źródeł wody.

Na terenie Nadleśnictwa Nowa Dęba wyróżniono 40 typów i podtypów gleb, które wytworzyły się na czwartorzędowych utworach geologicznych pochodzenia eolicznego i rzeczno. Największy udział powierzchniowy zajmują gleby rdzawe biellicowe (RD) – 27,4%, biellicowe właściwe (Bw) – 26,5%, mineralno–murszowe (MRm) – 6,9%, rdzawo brunatne (RDbr) – 6,3% i glejo–biellicowe murszaste (Bgms) – 6,2%. Obszar zasięgu działania nadleśnictwa leży w zlewni rzeki Wisła i jej dopływów: Trześniówki i Łęgu.

Dominującą grupą troficzną siedlisk są borowe siedliskowe typy lasu. Największy udział stanowią siedliska boru mieszanego świeżego – 31,8%, boru świeżego – 21,1% oraz boru mieszanego wilgotnego – 16,3%. Siedliska lasowe zajmują łącznie 25,4% powierzchni, z czego najwięcej las mieszany świeży – 13,4%. Powierzchnia pozostałych typów siedliskowych lasu nie przekracza 6% ogólnej powierzchni nadleśnictwa. Pod względem stanu siedlisk dominują siedliska naturalne i w stanie zbliżonym do naturalnego.

## 3. Materiał i metodyka badań

W badaniach wykorzystano materiały źródłowe i dane liczbowe pochodzące głównie z Systemu Informatycznego Lasów Państwowych (SILP). Ponadto wykorzystano dane zawarte w planie urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Nowa Dęba (wcześniej Buda Stalowska) na lata 2003–2012, stan na 01.01.2003 (powierzchnia leśna, udział siedliskowych typów lasu, udział gatunków drzew) oraz wyniki badań terenowych, przeprowadzonych w 2010 roku na powierzchniach kołowych o wielkości 10 m<sup>2</sup>.

Prace badawcze podzielono na trzy etapy:

I – prace związane z pozyskaniem danych z bazy SILP Nadleśnictwa Nowa Dęba,

II – prace terenowe na powierzchniach badawczych, umożliwiające ocenę wpływu sposobu odnowienia drzewostanów sosnowych na wybrane cechy hodowlane,

III – prace kameralne polegające na zestawieniu i analizie zebranych danych źródłowych.

Prace w etapie I polegały na wyselekcjonowaniu określonej bazy danych z SILP, spełniającej założone kryteria wyboru. Do analizy badawczej wybrano uprawy i naloty według następujących kryteriów:

- udział sosny w składzie gatunkowym był równy lub większy 50%,
- materiał użyty do odnowień sztucznych stanowiły jednoroczne sadzonki sosny zwyczajnej o symbolu 1/0,
- odnowienie wykonane w ramach rębni zupełnych i złożonych,
- odnowienia naturalne sosny uznane w roku obsiewu, tj. w roku uznania odnowienia sosna miała 1 rok.

Z uzyskanego zbioru upraw do dalszej analizy przyjęto uprawy na możliwie dużej (na ile pozwalał materiał badawczy) liczbie siedlisk, tj.: boru świeżego Bśw, boru mieszanego świeżego BMśw, boru mieszanego wilgotnego BMw oraz lasu mieszanego świeżego LMśw. Uprawy z udziałem sosny na siedliskach: lasu mieszanego wilgotnego LMw, olsu Ol i boru mieszanego bagiennego Bmb, ze względu na bardzo mały udział, nie zostały uwzględnione w dalszej analizie. W celu ograniczenia wpływu warunków atmosferycznych w danym roku (np. anomalie pogodowe) na jakość hodowlaną odnowień w badaniach uwzględniono cztery roczniki upraw, które w roku 2010 były w wieku od 3 do 6 lat. W sumie wyodrębniono 157 upraw z panującą lub współpanującą sosną o łącznej powierzchni 332,31 ha, zlokalizowanych praktycznie w każdym leśnictwie Nadleśnictwa Nowa Dęba.

Prace terenowe II etapu badań przeprowadzono jesienią 2010 r. w celu oceny jakości hodowlanej analizowanych odnowień sosny. Standardowo (o ile materiał badawczy na to pozwalał) dla każdego siedliska, sposobu odnowienia i wieku wytypowano po 4 powierzchnie badawcze, na których założono kołowe powierzchnie próbne o wielkości 10 m<sup>2</sup>, rozmieszczone regularnie w siatce prostokątów lub kwadratów o bokach dopasowanych do wielkości danej powierzchni badawczej. Suma powierzchni próbnych stanowiła ok. 1% powierzchni zajmowanej przez sosnę na danej powierzchni badawczej. Liczba powierzchni kołowych wahała się od 6 do 32 sztuk na powierzchnię badawczą. Łącznie pomierzono i sklasyfikowano ponad 19 600 osobników sosny na ponad 1300 powierzchniach kołowych.

Na każdej powierzchni kołowej wykonano ocenę i pomiar następujących elementów:

- liczebności (szt./pow. kołową),
- wysokości (cm) mierzonej taśmą stalową lub wyskalowaną łąką z dokładnością do 1 cm,
- przyrostu pędu wierzchołkowego z ostatniego roku (cm), mierzonego taśmą stalową lub wyskalowaną łąką z dokładnością do 1 cm;
- grubości w szyi korzeniowej (mm) mierzonej suwmiarką z dokładnością do 1 mm;
- stopnia porażenia przez osutkę – ocena wzrokowa według udziału zainfekowanych igieł: 1 stopień – 0–25%, 2 stopień – 26–50%, 3 stopień – 51–75%, 4 stopień – 76–100%;
- żywotności – ocena wzrokowa według ustalonych klas żywotności: 1 klasa – osobniki o wysokiej żywotności, 2 klasa – osobniki lekko osłabione, 3 klasa – osobniki silnie uszkodzone, zamierające (ryc. 1);
- uszkodzenia – ocena wzrokowa według następujących typów: zamieranie pędów, skrętań, zgryzanie, spalowanie, złamania, inne (pozostałe);
- wady według podziału na: dwójki, krzywizny.

W ramach prac kameralnych (III etap badań) zestawiono i przeanalizowano zgromadzone dane liczbowe z wykorzystaniem pakietu Microsoft Office. Prace te dotyczyły oceny jakości hodowlanej nalotów i upraw sosnowych w wieku 3–6 lat, dla przyjętych dwóch sposobów odnowienia i czterech wariantów siedliskowych. Dla każdej wytypowanej uprawy wyznaczono średnie wartości analizowanych cech (m.in. wysokości, liczebności, grubości szyi korzeniowej, stopnia porażenia przez osutkę, żywotności, uszkodzeń, wad) z pomiarów i ocen wykonanych na powierzchniach kołowych. Zastosowano jednoczynnikową i dwuczynnikową analizę wariancji w układzie całkowicie losowym, z uwzględnieniem interakcji drugiego stopnia. Sprawdzono założenia o jednorodności wariancji. Do wydzielenia grup jednorodnych wykorzystano test Tukeya na poziomie istotności  $\alpha=0,05$ . W przypadku braku rozkładu normalnego zmiennych lub niespełnienia założeń jednorodności wariancji zastosowano test nieparametryczny Kruskala-Wallisa z wykorzystaniem testów post-hoc porównań wielokrotnych. Obliczenia przeprowadzono, wykorzystując pakiet Statistica 10.0 (StatSoft, Inc. 2011).

#### 4. Wyniki badań

**Liczebność drzewek i stopień pokrycia powierzchni (nalotów/uprawy).** W odnowieniach naturalnych zagęszczenie drzewek sosny zwyczajnej systematycznie zmniejszało się wraz z wiekiem. Analiza statystyczna nie wykazała jednak, aby ta zależność była istotna ( $H=4,700$ ;  $p=0,195$ ). Największe zagęszczenie stwierdzono na siedliskach Bśw i BMW w 5. roku, a na pozostałych siedliskach na uprawach w wieku 4 lat. Odmiennie kształtowała się dynamika zagęszczenia drzewek na powierzchniach badawczych z odnowieniem sztucznym, gdzie wystąpiło silne zróżnicowanie liczebności w poszczególnych rocznikach, jednak bez wyraźnej tendencji spadkowej, czy też wzrostowej. Również w tym



**Klasa żywotności 1**  
1<sup>st</sup> class of vitality



**Klasa żywotności 2**  
2<sup>nd</sup> class of vitality



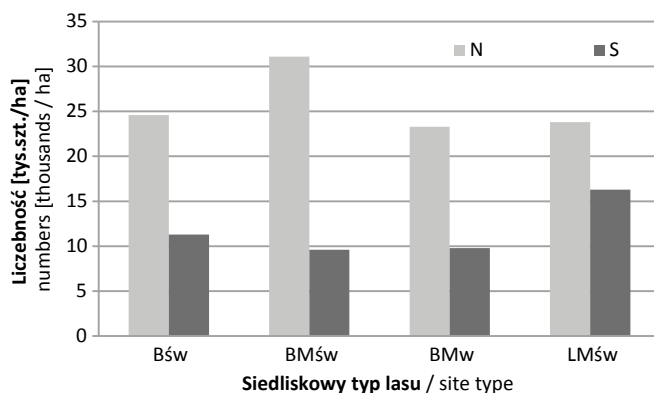
**Klasa żywotności 3**  
3<sup>rd</sup> class of vitality

**Rycina 1. Klasy żywotności sadzonek i nalotów sosny zwyczajnej**  
Figure 1. Classes of Scots pine natural and artificial seedlings vitality

sposobie odnowienia, w badanym przedziale wiekowym, liczebność nie zależała od wieku drzew ( $H=5,475$ ;  $p=0,140$ ). Zaobserwowano, że w niektórych przypadkach, zwłaszcza na siedlisku LMśw, zagęszczenie było większe niż to wynika z liczby wysadzonych sadzonek (standardowo wysadzano 10 tys. szt. sadzonek na hektar), co świadczy o uzupełnieniu składu upraw o drzewka pochodzące z obsiewu naturalnego.

Różnice w liczebności sosen w zależności od sposobu odnowienia okazały się istotne statystycznie na siedliskach: Bśw ( $H=5,05$ ;  $p=0,0246$ ), BMśw ( $H=16,04$ ;  $p=0,0001$ ) i BMw ( $H=10,64$ ;  $p=0,0011$ ). W odnowieniach naturalnych największą średnią liczebność drzewek sosny stwierdzono na BMśw – 31,1 tys. szt./ha, a najmniejszą na BMw – 23,3 tys. szt./ha i LMśw – 23,8 tys. szt./ha (ryc. 2). W odnowieniach sztucznych najwięcej drzewek sosny wzrastało na siedlisku LMśw – średnio 16,3 tys. szt./ha, a najmniej na BMśw – 9,6 tys. szt./ha.

Oprócz liczebności ważną cechą zagęszczenia jest rozmieszczenie poszczególnych drzewek na uprawie. Na analizowanych powierzchniach badawczych bardziej równomiernie rozmieszczone były sadzonki z odnowień sztucznych. Świadczy o tym większy procent pokrycia powierzchni. Na każdym badanym siedlisku jego średnia wartość była w tym przypadku wyższa niż 80%, podczas gdy w uprawach z odnowieniem naturalnym taką średnią wartość uzyskano tylko na siedlisku BMśw. Największe różnice pomiędzy rozpatrywanymi sposobami odnowienia lasu wystąpiły na siedlisku LMśw i BMw, gdzie odnowienia z wykorzystaniem tradycyjnych sadzonek wykazywały średnio o 10% większy stopień pokrycia powierzchni.



Bśw – **bór świeży** / fresh coniferous forest, BMśw – **bór mieszany świeży** / fresh mixed coniferous forest, BMw – **bór mieszany wilgotny** / moist mixed coniferous forest, LMśw – **las mieszany świeży** / fresh mixed broadleaved forest, N – **uprawy z sosną odnowioną naturalnie (samosiew)** / forest cultivation with natural regeneration of Scots pine stands (self-seeding), S – **uprawy z sosną odnowioną sztucznie (sadzonki z odkrytym system korzeniowym)** / forest cultivation with artificial regeneration of Scots pine (cuttings with an open root system).

### Rycina 2. Średnia liczebność [tys. szt./ha] drzewek sosny na uprawach w zależności od sposobu odnowienia i siedliskowego typu lasu

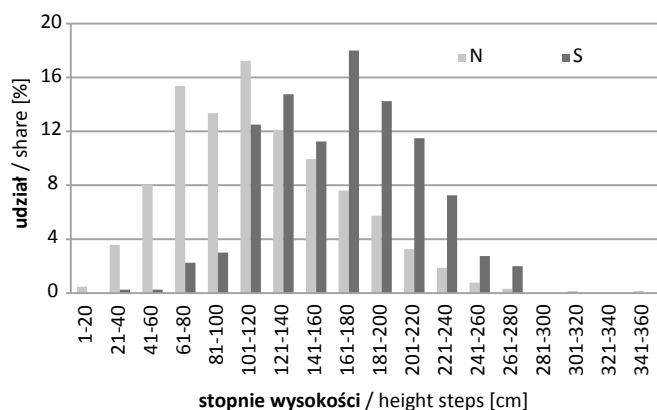
Figure 2. Average number [thous. pcs/ha] of pine trees on tree growing, depending on the methods of regeneration and forest site type

**Wysokość drzew.** Wysokość drzew kształtowała się odmiennie w zależności od ich wieku, warunków siedliskowych i sposobu odnowienia. W przypadku odnowień sztucznych największą średnią wysokością charakteryzowały się drzewka w uprawach sześciolletnich na siedlisku BMw, na którym wystąpiły także największe dysproporcje średniej wysokości drzewek różniących się sposobem odnowienia. W każdym roczniku upraw większe wartości średniej wysokości osiągnęły sosny z odnowienia sztucznego. W wieku 6 lat różnica wysokości drzewek wyniosła 48,1 cm i okazała się istotna statystycznie (dla  $p=0,05$ ). Najniższe wartości średniej wysokości drzewek w uprawach sztucznych odnotowano na siedlisku Bśw. Sosna z odnowień naturalnych osiągnęła najwyższe średnie wartości wysokości na siedlisku BMśw, a najniższe na siedlisku Bśw.

Nie stwierdzono, aby średnia wysokość sosen na siedliskach Bśw, BMśw i LMśw różniła się istotnie statystycznie (dla  $p=0,05$ ) pomiędzy uprawami sztucznymi i naturalnymi. Tylko w przypadku BMw sposób odnowienia miał wpływ na uzyskaną wysokość drzewek ( $F=10,913$ ;  $p=0,004$ ), sosny na powierzchniach badawczych z odnowienia sztucznego były istotnie wyższe niż sosny w odnowieniach naturalnych.

Różnice wysokości pomiędzy poszczególnymi rocznikami upraw były istotne statystycznie ( $F=77,49$ ;  $p<0,001$ ). Pomimo zaobserwowanych różnic średnich wartości wysokości drzewek, wpływ warunków siedliskowych na omawianą cechę okazał się nieistotny statystycznie. Istotne różnice wysokości wystąpiły w pojedynczych przypadkach analizowanych roczników upraw. Badana cecha charakteryzowała się dość dużą zmiennością, która utrzymywała się wraz z wiekiem niezależnie od sposobu odnowienia i siedliska. Najniższe wartości współczynnika zmienności wysokości wystąpiły w uprawach na siedlisku BMśw. Na pozostałych siedliskach cecha ta charakteryzowała się znaczną rozpiętością wartości – od 38,6% do 50,8% w przypadku naturalnych odnowień i od 25,2% do 51,9% w przypadku odnowień sztucznych. Jedynie na powierzchniach badawczych ze sztucznym odnowieniem sosny na siedlisku BMw współczynnik zmienności analizowanej cechy malał wraz z wiekiem.

Analiza wysokości sosen wykazała, że w początkowych latach wzrostu (wiek 3–4 lata) drzewka na uprawach o różnym pochodzeniu uzyskały podobne parametry wysokości z niewielką przewagą średniej wysokości w odnowieniach naturalnych. Sytuacja ta zmieniła się w wieku 5–6 lat, kiedy sosny na powierzchniach, na których użyto tradycyjnego materiału sadzeniowego osiągnęły większą wysokość niż drzewka z odnowień naturalnych. Bardzo wyraźnie obrazują to wykresy rozkładu wysokości drzewek na poszczególnych siedliskach. W wieku 3–4 lat rozkłady wysokości drzewek przebiegały podobnie w obydwu sposobach odnowienia. Różnice pojawiły się w 5.–6. roku, kiedy udział drzewek w wyższych stopniach wysokości był większy na powierzchniach odnawianych sztucznie. Najwyraźniej zmiany te były widoczne na siedlisku BMw, gdzie wraz z wiekiem różnice w rozkładzie wysokości pomiędzy dwoma sposobami odno-



Oznaczenia jak na rycinie 2 / Explanation as in figure 2

### Rycina 3. Rozkład wysokości sosen na uprawach 6-letnich na siedlisku BMw

Figure 3. Distribution of pine heights on 6-year-old tree growing in the BMw site type

wienia pogłębiały się (ryc. 3). Na pozostałych siedliskach różnice te nie były już tak znaczące i okazały się nieistotne statystycznie.

**Grubość drzewek w szyi korzeniowej.** Badania dotyczące grubości w szyi korzeniowej wykazały rozbieżności omawianej cechy w zależności od sposobu odnowienia, siedliska oraz wieku. Na siedliskach BMśw i BMw drzewka, rosnące na uprawach zakładanych poprzez sadzenie, osiągnęły istotnie statystycznie większą średnią grubość w szyi korzeniowej niż sosny z odnowień naturalnych ( $F=26,83$ ;  $p<0,001$  i  $F=24,35$ ;  $p<0,001$ ). Na jednym siedlisku, tj. Bśw, nie stwierdzono istotnego wpływu zarówno sposobu odnowienia, jak i wieku na grubość w szyi korzeniowej. Na pozostałych siedliskach badana cecha była silnie skorelowana z wiekiem. Wraz z upływem lat wzrastała jej wartość średnia. Najmniejsze średnie wartości grubości w szyi korzeniowej zaobserwowano na siedlisku LMśw w wieku 3–4 lat w obydwu sposobach odnowienia (tab. 1). Największe wartości średnie analizowanej cechy odnotowano w uprawach sztucznych w wieku 6 lat na siedliskach BMw – 3,6 cm i LMśw

– 3,1 cm, natomiast w odnowieniach z samosiewu w wieku 6 lat na BMśw – 2,3 cm.

W wieku 6 lat sosny na uprawach naturalnych osiągnęły podobną średnią grubość w szyi korzeniowej bez względu na siedlisko, co świadczy o braku różnicującego wpływu warunków siedliskowych na wartość analizowanej cechy. W odnowieniach sztucznych zaobserwowano tendencję do zwiększania się grubości w szyi korzeniowej sosen wraz z żyznością siedliska. W wieku 3 lat średnia wartość grubości w szyi korzeniowej w obydwu sposobach odnowienia była podobna. Natomiast w pozostałych rocznikach upraw, tj. w wieku 4, 5 i 6 lat, sosny z odnowienia sztucznego wykazały istotnie (dla  $p=0,05$ ) większe wartości średnie badanej cechy.

**Żywność drzewek.** Najlepszą żywnością charakteryzowały się 5-letnie uprawy sosnowe pochodzące z sadzenia na siedlisku BMśw. Najślabszą ocenę żywności odnotowano dla 5 i 6-letnich upraw z samosiewu na siedliskach BMw i LMśw (tab. 2). Pomimo iż praktycznie w każdym badanym wariantcie średnia żywność sosen na powierzchniach badawczych odnowionych poprzez sadzenie była lepsza niż odnowionych naturalnie, tę znaczącą statystycznie różnicę pomiędzy analizowanymi sposobami odnowienia zaobserwowano jedynie na siedlisku BMw, gdzie odnowienia sosnowe z samosiewu wykazywały wyraźnie słabszą żywność ( $H=10,64$ ;  $p=0,001$ ).

W uprawach założonych przy użyciu tradycyjnego materiału sadzeniowego udział drzewek o wysokiej żywności (klasa 1) był największy na siedlisku BMśw (ryc. 4). Drzewka o słabszej żywności w największej liczbie wystąpiły na siedliskach Bśw i LMśw w uprawach sześciolletnich. Zaobserwowano tendencję zwiększania się udziału drzewek o najlepszej żywności wraz z wiekiem, lecz analiza statystyczna nie wykazała istotnie statystycznych różnic w poszczególnych rocznikach. Wśród odnowień sosny z samosiewu największy udział drzewek pierwszej klasy żywności odnotowano na siedliskach Bśw i BMśw. Najślabiej wypadły odnowienia na siedlisku BMw o dużym udziale drzewek w 2 i 3 klasie żywności. W badanym zakresie wiekowym żywność sosen utrzymywała się na podobnym poziomie.

Tabela 1. Średnia grubość w szyi korzeniowej [cm] w zależności od wieku, siedliskowego typu lasu i sposobu odnowienia

Table 1. Average thickness in the root collar [cm] depending on the age, forest site type and the method of regeneration

Wiek [lata] Age [years]	Średnia grubość w szyi korzeniowej [cm] / Average thickness in the root collar [cm]							
	Bśw		BMśw		BMw		LMśw	
	N	S	N	S	N	S	N	S
3	–	0,7	0,8	0,9	–	0,7	0,6	0,9
4	1,3	1,7	1,2	1,7	1,1	1,5	0,9	0,9
5	1,6	1,7	1,7	2,4	1,6	2,3	1,4	–
6	2,2	2,3	2,3	2,8	2,2	3,6	2,2	3,1

Oznaczenia jak na rycinie 2 / Explanation as in figure 2.

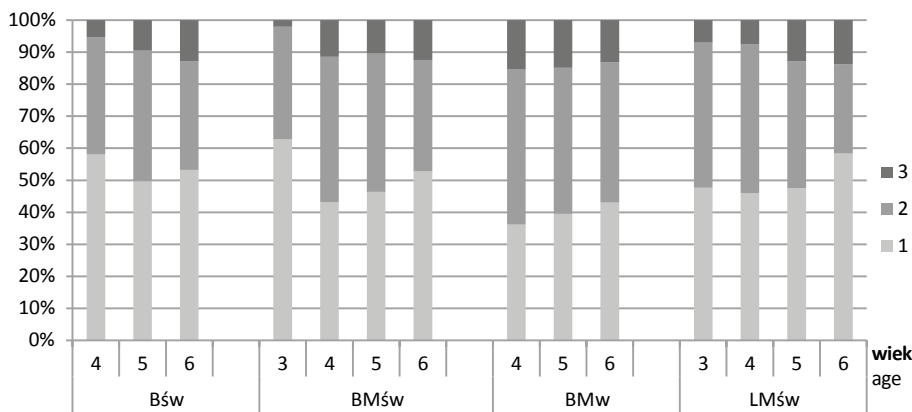
**Tabela 2. Średnia żywotność sosen w badanych uprawach (według skali 1–3)**

Table 2. Average vitality of pines in the studied forest culture (according to the scale 1–3)

Wiek [lata] Age [years]	Bśw		BMśw		BMw		LMśw	
	N	S	N	S	N	S	N	S
3	–	1,57	1,41	1,6	–	1,67	1,61	1,59
4	1,48	1,44	1,70	1,34	1,66	1,45	1,62	1,36
5	1,55	1,45	1,64	1,13	1,67	1,34	1,71	–
6	1,61	1,54	1,59	1,4	1,67	1,42	1,61	1,49

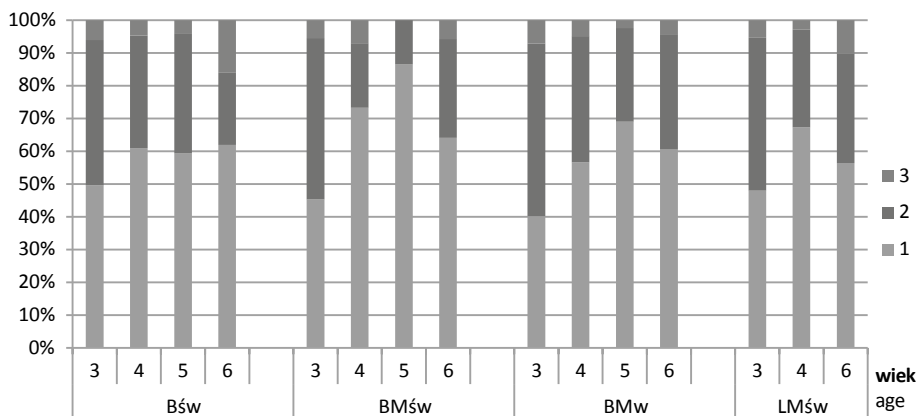
Oznaczenia jak na rycinie 2 / Explanations as in figure 2

### Uprawy z sosną zwyczajną pochodzenia naturalnego Natural regeneration of Scots pine stands



Oznaczenia jak na rycinie 2 / Explanation as in figure 2

### Uprawy z sosną zwyczajną pochodzenia sztucznego Artificial regeneration of Scots pine stands



Oznaczenia jak na rycinie 2 / Explanation as in figure 2

**Rycina 4. Struktura żywotności odnowień sosnowych w zależności od wieku i typu siedliskowego lasu (klasa żywotności: 1 – osobniki o wysokiej żywotności, 2 – osobniki lekko osłabione, 3 – osobniki silnie uszkodzone, zamierające)**

Figure 4. Structure of vitality of pine regeneration depending on the age and forest site type (life class: 1 – individuals with high vitality, 2 – slightly weakened individuals, 3 – strongly damaged, dying)

Po przeprowadzeniu analizy statystycznej stwierdzono, że warunki siedliskowe nie decydują o żywotności sosny zarówno w odnowieniach naturalnych, jak i sztucznych. Ponieważ na powierzchniach badawczych z naturalnym odnowieniem sosny wystąpiło zdecydowanie większe zagęszczenie drzewek, co mogło mieć wpływ na uzyskaną średnią żywotność,

wykonano analizę występowania drzewek tylko pierwszej klasy żywotności w odniesieniu do dwóch sposobów odnowienia. Pomimo uzyskania niższej średniej żywotności odnowień naturalnych sosny, liczba drzewek o najlepszej żywotności, które mogą stanowić potencjalną bazę selekcyjną w hodowli drzewostanu w kolejnych fazach rozwojowych,

była w nich zdecydowanie większa (tab. 3). W odnowieniach tych największą średnią liczbę sosen o najlepszej żywotności stwierdzono na siedlisku BMśw – 14,5 tys. szt./ha, a najmniejszą na BMw – 9,5 tys. szt./ha. Uzyskane liczby drzewek na jednostkę powierzchni są wyższe niż zalecane w „Zasadach hodowli lasu” (2012) do sadzenia w ramach odnowień sztucznych lasu.

**Tabela 3. Średnia liczba osobników sosny zwyczajnej w pierwszej klasy żywotności na jednostkę powierzchni [tys. szt./ha] w zależności od siedliskowego typu lasu i sposobu odnowienia**  
Table 3. Average number of pine specimens in the first class of life per unit of area [thous. pcs./ha] depending on the forest site type and the method of regeneration

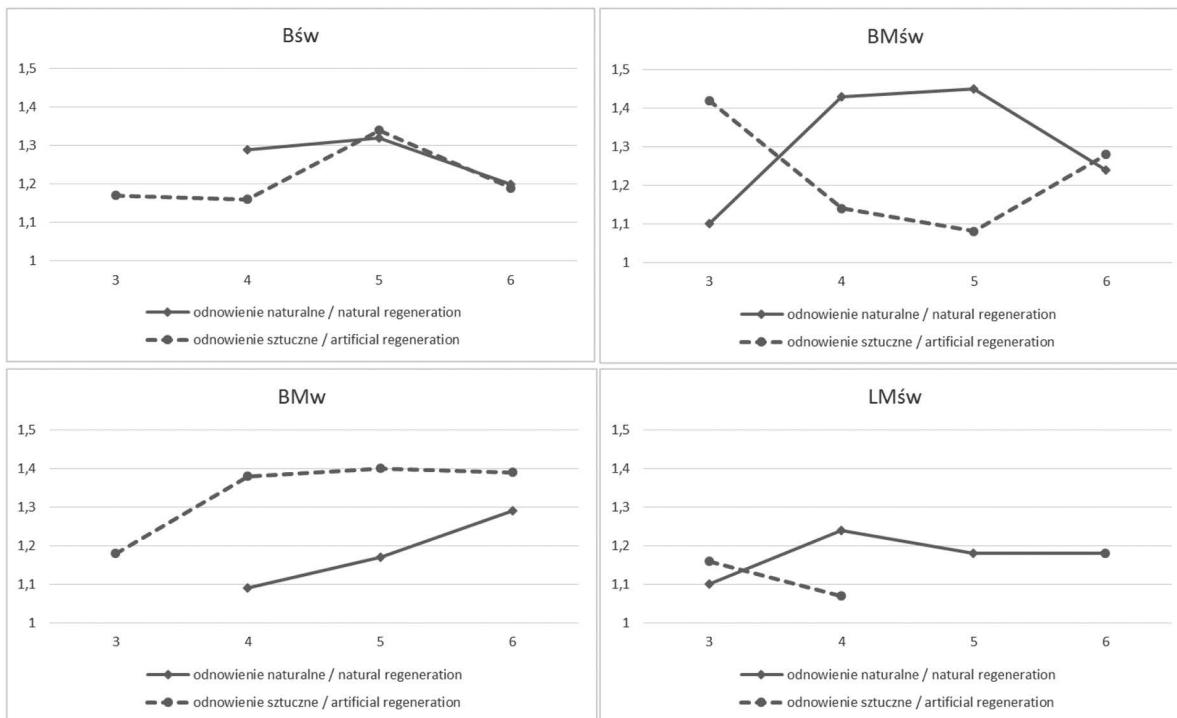
Siedliskowy typu lasu Forest site type	Liczba drzew sosny zwyczajnej pierwszej klasy żywotności [tys. szt./ha] The number of Scots pine trees first-class vitality [thous. pcs/ha]	
	odnowienia naturalne natural regeneration	odnowienia sztuczne artificial regeneration
	Bśw	12,9
BMśw	14,5	6,4
BMw	9,5	6,3
LMśw	11,9	9,5

Oznaczenia jak na rycinie 2 / Explanation as in figure 2

W uprawach sosnowych (odnowionych sztucznie) w trzech wariantach siedliskowych, tj. Bśw, BMśw i BMw, odnotowano podobną średnią liczbę drzewek pierwszej klasy żywotności, tj. od 6,3 do 6,8 tys. szt./ha. Na siedlisku LMśw stwierdzono nieco większą liczbę drzewek – 9,5 tys. szt./ha.

**Stopień porażenia drzewek przez osutkę sosnową.** Przeprowadzone w 2010 roku badania nad występowaniem osutki sosnowej wykazały, że najsilniej zainfekowane uprawy wystąpiły wśród odnowień sztucznych w wieku 4 i 5 lat na siedlisku BMw oraz wśród odnowień naturalnych w wieku 4 i 5 lat na siedlisku BMśw (ryc. 5). Na siedliskach tych stwierdzono także największe różnice wskaźnika porażenia przez osutkę pomiędzy badanymi sposobami odnowienia. Dysproporcje te w uprawach sześciolletnich na obydwu siedliskach zostały zniwelowane. Zaobserwowano również, że w wieku 6 lat w większości przypadków średni stopień porażenia (WO), w obydwu sposobach odnowienia, kształtował się podobnie i utrzymywał się na poziomie 1,2.

Wyjątek stanowiły uprawy na siedlisku BMw, w których drzewka były w większym stopniu zainfekowane przez osutkę, osiągając średni współczynnik porażenia dla upraw z sosną z samosiewu na poziomie 1,3, a dla upraw z sadzenia blisko 1,4. Na siedlisku tym wraz z upływem lat wzrastał poziom średniej wartości WO. Tylko na siedlisku BMw sposób odnowienia miał istotny statystycznie wpływ na uzyskaną średnią wartość stopnia porażenia drzew przez osutkę ( $H=8,727$ ;  $p=0,003$ ). Na siedlisku tym drzewka na uprawach z sosną pochodzenia sztucznego były w większym stopniu



Oznaczenia jak na rycinie 2 / Explanations as in figure 2

**Rycina 5. Dynamika zmian średniego stopnia porażenia drzew przez osutkę sosny (WO) wraz z wiekiem na badanych siedliskach**  
Figure 5. Dynamics of changes in the average degree of dothistroma (red-band) needle blight of pines (WO) with age in the examined habitats

porażone przez osutkę niż ich odpowiedniki z samosiewu. W pozostałych przypadkach nie stwierdzono istotności różnic wartości stopnia porażenia przez osutkę sosny w zależności od sposobu odnowienia i wieku. Warunki siedliskowe w danym sposobie odnowienia nie miały istotnego wpływu na stopień opanowania drzew przez omawianego patogena grzybowego.

**Uszkodzenia i wady drzewek.** Pod względem budowy morfologicznej uprawy założone przy użyciu sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym charakteryzowały się większą liczbą drzew uszkodzonych w stosunku do upraw z sosną pochodzenia naturalnego. Wyjątek stanowiły odnowienia na siedlisku BMw, gdzie wystąpiło średnio 15% uszkodzonych drzewek w obydwu sposobach odnowienia (ryc. 6).

W uprawach założonych przy użyciu tradycyjnego materiału sadzeniowego udział drzewek uszkodzonych wahał się od 14,3% do 16,4%. Jedynie na siedlisku LMśw zaobserwowano wzrost średniej wielkości uszkodzeń do 23%. Dominującym typem uszkodzenia na wszystkich siedliskach było zgryzanie, które stanowiło od 41,9% do 68,5% wszystkich uszkodzeń (tab. 4). Kolejnymi pod względem liczności okazały się zamieranie pędów i spalowanie. W uprawach z samosiewu najmniej uszkodzonych drzew było na siedliskach Bśw – 9% i BMśw – 10,8%, a najwięcej na siedliskach LMśw – 15,4% i BMw – 15%. Najmniej licznym uszkodzeniem okazały się złamania, natomiast najczęstszym – zamieranie pędów, skrętak oraz zgryzanie. Szkody w postaci występowania kilku typów uszkodzeń w obu wariantach odnowienia stanowiły niewielki udział.

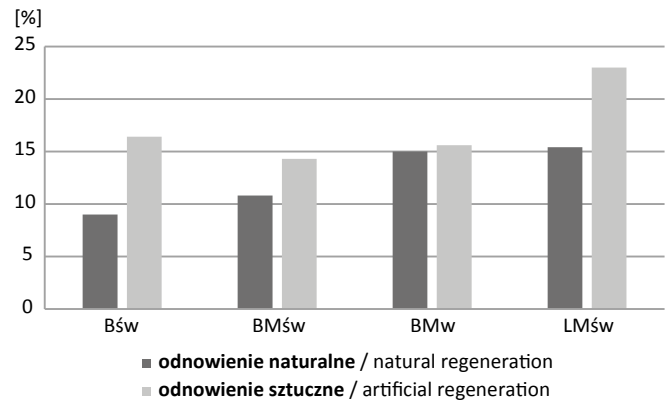
Uprawy z sosną pochodzenia sztucznego charakteryzowały się większym udziałem drzewek z wadami niż analogiczne uprawy z samosiewu (ryc. 7). Największe różnice wystąpiły na siedlisku Bśw – 3,8% oraz BMw – 3,2%. Największy udział osobników wadliwych stwierdzono na siedlisku BMw, zarówno w uprawach sztucznych – średnio 12,7%, jak i naturalnych – średnio 9,5%. Ze względu na zakres wiekowy badanych drzew dominującą wadą (ponad 90% przypadków) były dwójki.

**Tabela 4. Średni udział procentowy [%] poszczególnych typów uszkodzeń w ogólnej liczbie drzew uszkodzonych według siedliskowych typów lasu i sposobu odnowienia**

Table 4. Average percentage share [%] of individual types of damage in the total number of damaged trees by forest site type and method of regeneration

Typ uszkodzeń / Damage type	Bśw		BMśw		BMw		LMśw	
	N	S	N	S	N	S	N	S
<b>Zamieranie pędów, skrętak</b> Dying of shoots, pine twist rust	57,00	26,40	35,50	11,00	31,10	28,10	24,10	13,60
<b>Spalowanie</b> / Tapping of board	9,30	7,90	19,40	12,30	4,30	18,40	0,20	29,00
<b>Złamania</b> / Break	0,70	0,00	0,50	0,60	0,50	1,00	0,20	1,80
<b>Zgryzanie</b> / Browse damage	15,60	50,70	33,30	68,50	49,00	41,90	59,70	48,50
<b>Inne</b> / Other	17,00	12,90	10,50	6,20	14,00	9,70	15,90	6,00
<b>Kilka jednocześnie</b> Several at the same time	0,40	2,10	0,90	0,60	1,00	1,40	0,00	0,60

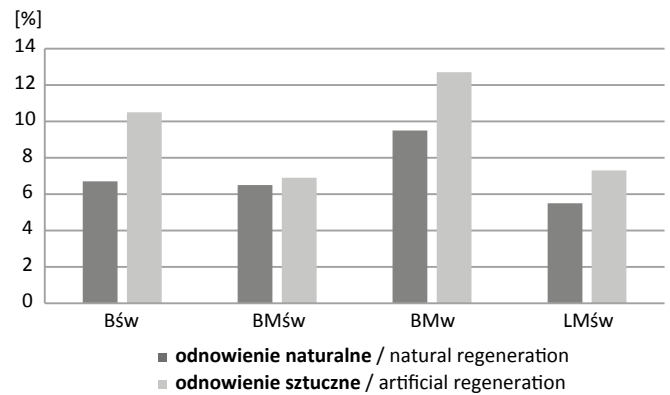
Oznaczenia jak na rycinie 2 / Explanations as in figure 2.



Oznaczenia jak na rycinie 2 / Explanations as in figure 2

**Rycina 6. Średni udział procentowy drzew uszkodzonych w zależności do sposobu odnowienia i siedliskowego typu lasu**

Figure 6. Average percentage of damaged trees depending on the type of method of regeneration and forest site type



Oznaczenia jak na rycinie 2 / Explanations as in figure 2

**Rycina 7. Średni udział procentowy drzew wadliwych w zależności do sposobu odnowienia i siedliskowego typu lasu**

Figure 7. Average percentage of defective trees depending on the type of method of regeneration and forest site type



## 5. Dyskusja

Według Barzdajna i in. (1996) „sosna jako gatunek rodzimy, przystosowany do naszych warunków klimatycznych, glebowych i biocenotycznych, musi posiadać zdolność do wymiany pokoleń”. Uzyskane w niniejszej pracy wyniki badań są tego kolejnym przykładem. Skuteczność procesu odnowienia to wypadkowa wielu zmiennych, m.in. takich, które są możliwe do kształtowania i sterowania przez człowieka, jak np. zastosowanie właściwych cięć odnowieniowych, przygotowanie gleby, czy dobór odpowiednich zabiegów hodowlanych. Udatność odnowienia naturalnego w znacznie większym stopniu, niż ma to miejsce w przypadku odnowień sztucznych, uzależniona jest od warunków pogodowych w roku obsiewu oraz od dobrego urodzaju nasion – czynnika, którego brak w odnowieniach sztucznych. Kolejnymi czynnikami, które współdecydują o powodzeniu procesu odnowienia, są: większe ryzyko hodowlane, wymagania ekologiczne gatunku, czy też warunki siedliskowe oraz doświadczenie i wiedza kadry leśnej.

Uzyskanie odpowiedniej ilości odnowienia jest ważnym elementem, ale istotne są także jego jakość i wartość hodowlana. Pod względem parametrów wzrostowych sosen z Nadleśnictwa Nowa Dęba zaobserwowano różnice pomiędzy dwoma sposobami odnowienia. Średnia wysokość na siedliskach Bśw, BMśw i LMśw w początkowych latach rozwoju (odnowienia w wieku 3–4 lat) była porównywalna. Sosny z odnowień naturalnych osiągały nieco większą wysokość niż sosny na uprawach sztucznych. W wieku 5–6 lat sytuacja się zmieniła i to odnowienia sztuczne wykazywały większą średnią wysokość. Nie były to jednak różnice istotne statystycznie. Świadczyć to może o tym, iż sosny z odnowień sztucznych potrzebują więcej czasu do zaadoptowania się do nowych warunków wzrostu i reagują większym przyrostem wysokości dopiero w 2.–3. roku od posadzenia. Wyjątek stanowiły powierzchnie badawcze na siedlisku BMw. Wyniki badań Wolskiego i Robakowskiego (2008), prowadzone na Pomorzu na siedlisku Bśw, potwierdziły brak różnic w wysokości 15-letnich drzewek w odnowieniach naturalnych i sztucznych sosny.

Pomimo iż przedstawione wyniki wskazują, że w początkowej fazie rozwoju warunki siedliskowe nie wpływały istotnie na wzrost sosen, to badania innych autorów świadczą o możliwości istnienia takich zależności. Dobrowolska (2008, 2010) wykazała, że średnia wysokość odnowienia naturalnego sosny była istotnie wyższa na siedliskach LMśw i BMw niż na siedlisku BMśw. Natomiast Andrzejczyk i Drozdowski (2003) zaobserwowali, że w wyniku dużej konkurencji roślin runa, wysokość sosen na siedlisku BMśw była znacząco niższa niż na Bśw.

Wysoki współczynnik zmienności wysokości drzewek szczególnie na siedliskach wilgotnych (BMw i LMśw) oraz w uprawach z odnowieniem naturalnym świadczy o zróżnicowanej strukturze wysokości. W badanych uprawach utrzymywał się on na poziomie około 40–50%. Taka zmienność omawianej cechy jest charakterystyczna dla nalotów i pod-

rostów sosnowych wzrastających pod okapem drzewostanu i zróżnicowanych wiekowo (Barzdajna et al. 1996). Drzewa w drzewostanach o zróżnicowanej strukturze wysokości cechują się cieńszym ugałęzieniem, większą gęstością drewna oraz mniejszą zbieżystością pni. Podobny efekt można uzyskać w przypadku zastosowania gęstej więźby sadzenia, lecz powstałe w ten sposób korzyści nie rekompensują poniesionych nakładów na ich uzyskanie. Dlatego też pożądane jest kształtowanie właściwej struktury z wykorzystaniem odnowienia naturalnego (Brzezicki 2008). Jednak jak wynika z badań Boiko (2008) oraz Glury i Korzeniewicza (2013) cecha ta będzie malała wraz z wiekiem. Warto podkreślić, że parametry wzrostowe sosen w poszczególnych wariantach siedliskowych kształtowały się na podobnym poziomie, a w wielu przypadkach były wyższe w porównaniu z wynikami badań innych autorów w innych częściach Polski, co wskazuje na korzystne warunki wzrostu sosny (Andrzejczyk, Drozdowski 2003; Paluch 2004; Aleksandrowicz-Trzczińska 2008; Pigan 2009).

Słabszy wzrost odnowień naturalnych na siedliskach żyzniejszych i wilgotniejszych może być spowodowany m.in. silną konkurencją roślin zielnych runa leśnego, utrudnionym kiełkowaniem nasion sosny z powodu stosunkowo dużej warstwy próchnicy nadkładowej i darni, które łatwo ulegają przesuszeniu oraz brakiem możliwości wykorzystania dosiewania się sosny w kolejnych latach (Andrzejczyk, Drozdowski 2003; Paluch 2004; Pigan 2010). Większe zasoby składników pokarmowych w zasięgu korzeni wpływają na mniejszy stopień ich rozwoju, co może sprzyjać większej wrażliwości drzewek w pierwszych latach życia na okresowe wahania i niedobory wody (Sewerniak et al. 2012). W początkowych fazach rozwoju odnowienia sosnowego, istotne statystycznie różnice cech biometrycznych, wynikające m.in. ze sposobu przygotowania gleby, wraz z wiekiem zanikają (Kocjan 2002; Andrzejczyk et al. 2003; Wolski, Robakowski 2008).

Oprócz cech wzrostowych ważna jest także jakość hodowlana nowego pokolenia lasu. Odzwierciedleniem wyników związanych z cechami wzrostowymi była żywotność. Na siedliskach Bśw i BMśw, pomimo iż uprawy sosnowe sztucznego pochodzenia wykazywały nieco wyższą średnią żywotność, to można było stwierdzić wysoką jakość odnowień w obydwu sposobach odnowienia. Na siedliskach BMw i LMśw wystąpiły zdecydowanie większe dysproporcje pomiędzy wariantami. Analiza statystyczna wskazała tylko w przypadku siedliska BMw istotnie lepszą żywotność sosen na uprawach założonych w tradycyjny sposób. Badania prowadzone na wilgotnych siedliskach w Nadleśnictwie Kobiór potwierdziły tę zależność, jednakże struktura jakości odnowień była bardziej niekorzystna (Pigan 2009, 2010). Udział drzewek o najlepszej jakości był zdecydowanie niższy niż w odnowieniach w Nowej Dębie, bez względu na sposób odnowienia. Cecha ta nie była skorelowana z siedliskiem i wiekiem, co potwierdzają wyniki badań Dobrowolskiej (2010).

Mając na uwadze zdecydowanie większe zageszczenie drzew w odnowieniach naturalnych, co mogło mieć wpływ

na uzyskaną średnią żywotność, analizie poddano udział drzewek o najlepszej jakości (1 klasa żywotności). Wyniki pokazały, że w odnowieniach naturalnych, zwłaszcza na siedliskach Bśw i BMśw, występuje dużo większa liczba drzewek o najlepszej żywotności niż w odnowieniach sztucznych, które w przyszłości mogą stanowić bazę selekcyjną drzew do dalszej hodowli.

Dynamika zmian osutki sosny kształtowała się odmiennie w zależności od sposobu odnowienia. W kolejnych latach wzrostu różnice pomiędzy wariantami odnowienia zmniejszały się i w wieku 6 lat uprawy zakładane różnymi sposobami wykazywały porównywalny poziom porażenia przez osutkę. Wyjątkiem były odnowienia na siedlisku BMw, gdzie drzewka na uprawach sztucznych charakteryzowały się istotnie większym udziałem zainfekowanych igieł. Dane te są zgodne z wcześniejszymi obserwacjami, z których wynika, że w uprawach naturalnych szkody od osutki sosny nie mają większego znaczenia dla ich rozwoju (Todys, Wójcik 1999; Derek 2007). W wyniku badań Andrzejczyka i in. (2009) stwierdzono, że na zrębach zupełnych wraz z wiekiem poprawia się zdrowotność nalotów sosnowych, a występowanie osutki sosny jest naturalnym czynnikiem selekcyjnym i prowadzi do przerzedzenia przegęszczonych nalotów sosny. Badane uprawy były założone na powierzchniach odnowieniowych powstałych po cięciach zupełnych, a należy zaznaczyć, że z badań Aleksandrowicz-Trzcńskiej (2008) wynika, iż rodzaj powierzchni odnowieniowej ma istotny wpływ na stan ilościowy i jakościowy upraw. Na zrębach zupełnych występuje znacznie mniejszy stopień porażenia sosen niż na wrębach i rozrębach, czy też na powierzchniach podokapowych. Zmniejsza się on także wraz z wiekiem. W sprzyjających warunkach osutka może być poważnym zagrożeniem dla nalotów sosnowych. W przypadku silnego opanowania samosiewów sosny autorzy proponują rozważenie zastosowania zabiegów chemicznych. Badane fungicydy, skutecznie eliminując osutkę sosny, nie ograniczały tworzenia mikoryz oraz nie wpływały niekorzystnie na wzrost i rozwój siewek. Wyniki badań przeprowadzonych na terenie Nadleśnictwa Nowa Dęba nie wskazują na potrzebę wykonywania zabiegów chemicznych przeciw zespołowi grzybów z dominującym *Lophodermium seditiosum* Minter, Staley et Millar.

Ze względu na większe zagęszczenie sosen w odnowieniach naturalnych udział drzewek uszkodzonych i wadliwych był w nich mniejszy, w szczególności na siedliskach Bśw i LMśw, gdzie dysproporcje pomiędzy wariantami odnowienia były największe. Można uznać, że większa liczba sosen to mniejszy udział szkód, w związku z czym na powierzchni pozostaje więcej drzewek bez uszkodzeń mogących później stanowić podstawę przyszłego drzewostanu o dorodnych drzewach. Poziom uszkodzeń na siedliskach borowych o wielkości 10–15% w obu sposobach odnowienia jest zbliżony do wyników jakie uzyskali Glura i Korzeniewicz (2013). Większy udział szkód w uprawach sztucznych na siedlisku LMśw, który wynosił 23%, wynikał z lokalizacji upraw oraz z braku grodzień. Dominującym

typem uszkodzeń były szkody powodowane przez zwierzyne płową, głównie w postaci zgryzania. Najczęściej występującą wadą były dwójki. Największa ich koncentracja wystąpiła na siedlisku BMw oraz w uprawach starszych. Rozmiar szkód był wielkością silnie zróżnicowaną, uwarunkowaną m.in. położeniem obiektu w obrębie nadleśnictwa. Oddziaływanie na poziom uszkodzeń ma także położenie obiektów badawczych w skali kraju, a także prowadzona na danym terenie gospodarka łowiecka i stosowane metody ochrony lasu związane z zabezpieczaniem upraw. Badania innych autorów potwierdzają występowanie na terenie Polski odnowień o dużym udziale zdeformowanych drzew, nawet do 60%, jak i odnowień o niewielkim ich udziale, wynoszącym zaledwie 2%. Natomiast podobna jest struktura uszkodzeń i wad, w której przeważają szkody od zgryzania i dwójki (Szabla 1998; Hawryś et al. 2004; Paluch 2004; Dobrowolska 2008, 2010; Pigan 2009). Szkody od zwierziny istotnie obniżają jakość hodowlaną drzewostanu oraz osłabiają jego odporność na czynniki abiotyczne. Wysoki udział wad kształtu, zwłaszcza dwójek, może mieć znaczenie dla przyszłej jakości drzewostanu, w przypadku np. ograniczenia lub zaniechania wykonywania zabiegów pielęgnacyjnych. Wydaje się, że ze względu na duże zagęszczenie drzew, wady szybciej zanikną w odnowieniach naturalnych. Regulując odpowiednio zagęszczenie sosen, w ramach prowadzonych zabiegów pielęgnacyjnych, można wpływać na poziom szkód od zwierziny.

## 6. Podsumowanie i wnioski

Poszukując racjonalnych rozwiązań w hodowli lasu, należy rozważyć wykorzystanie w większym stopniu odnowień naturalnych, umożliwiających osiągnięcie założonych celów hodowlanych przy mniejszych nakładach na ich realizację. Optymalne wykorzystanie możliwości naturalnej regeneracji sosny zwyczajnej sprzyja wzrostowi intensywności gospodarowania. Chociaż przyrodnicze korzyści stosowania naturalnego odnowienia sosny uprawniają prowadzących gospodarkę leśną do szerokiego stosowania tego sposobu odnowienia, to przy podejmowaniu decyzji o jego zastosowaniu należy uwzględnić wiele czynników mających wpływ na jego powodzenie.

Wybierając określony sposób postępowania należy zwrócić uwagę na to, iż udatność odnowienia naturalnego w znacznie większym stopniu, niż ma to miejsce w przypadku odnowień sztucznych, uzależniona jest od warunków pogodowych panujących w roku obsiewu oraz od dobrego urodzaju nasion – czynnika, którego brak w odnowieniach sztucznych. Kolejnymi czynnikami współdecydującymi o powodzeniu procesu odnowienia są większe ryzyko hodowlane, wymagania ekologiczne gatunku, czy też warunki siedliskowe.

Badania wskazują na możliwość skutecznego odnawiania sosny na siedliskach Bśw, BMśw, BMw i LMśw w warunkach zbliżonych do występujących na terenie Nadleśnictwa Nowa Dęba. Uzyskane wyniki badań upoważniają do sformułowania następujących wniosków:

1) Sposób odnowienia ma istotny wpływ na parametry wzrostu sosen na siedlisku boru mieszanego wilgotnego (BMw). Drzewka wzrastające na uprawach z odnowienia sztucznego wykazują istotnie statystycznie, korzystniejsze cechy wzrostowe (grubość w szyi korzeniowej) oraz jakościowe w porównaniu z odnowieniami naturalnymi.

2) Odnowienia naturalne sosny charakteryzują się niższą ogólną żywotnością, ale jednocześnie zapewniają większą liczebność drzewek o najlepszej żywotności (1 klasa żywotności), mogących stanowić wartościową bazę selekcyjną drzew do dalszej hodowli. Wysoka żywotność odnowień jest niezależna od warunków siedliskowych.

3) Na terenie Nadleśnictwa Nowa Dęba istnieją sprzyjające warunki do skutecznego odnawiania sosny zwyczajnej z wykorzystaniem jej naturalnej regeneracji. W badanej perspektywie czasowej, w uprawach z wykorzystaniem samosiewów sosny zabiegi pielęgnacyjne trwają dłużej i wykazują większą intensywność, choć termin wykonania pierwszego zabiegu często jest odłożony w czasie. Intensywność zabiegów pielęgnacyjnych rośnie wraz ze wzrostem żyzności siedliska.

4) Sosny na uprawach założonych z użyciem tradycyjnego materiału sadzeniowego charakteryzowały się zdecydowanie lepszym wzrostem na wysokość niż odpowiadające im sosny z samosiewu. Potwierdziła to analiza rozkładu wysokości drzew oraz analiza wariancji, która wykazała istotnie statystycznie różnice wysokości.

5) Potencjalne zagrożenie, jakie może stanowić osutka sosny, w przypadku badanych odnowień było niewielkie. Nie zaobserwowano, aby patogeny grzybowe stanowiły zagrożenie dla wzrostu i rozwoju sosny.

## Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

## Źródło finansowania badań

Badania sfinansowano ze środków własnych głównego autora.

## Literatura

- Aleksandrowicz-Trzczińska M. 2008. Wzrost naturalnych odnowień sosny zwyczajnej i stan ich mikoryz po chemicznej ochronie przed osutką. *Leśne Prace Badawcze* 69(1): 7–14.
- Andrzejczyk T. 2000. Wpływ odległości od ściany drzewostanu na zagęszczenie i przeżywalność nalotów sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na zrębach zupełnych i gniazdach. *Sylwan* 144(1): 27–42.
- Andrzejczyk T., Aleksandrowicz-Trzczińska M., Żybura H. 2009. Wpływ cięć rębnych na zagęszczenie, wzrost i stan zdrowotny odnowień naturalnych sosny w warunkach Nadleśnictwa Tuszyna. *Leśne Prace Badawcze* 70(1): 5–17.
- Andrzejczyk T., Augustyniak G. 2007. Wpływ przygotowania gleby na wzrost sosny zwyczajnej w pierwszych latach uprawy. *Sylwan* 151(8): 3–8. DOI 10.26202/sylwan.2006103.
- Andrzejczyk T., Drozdowski S. 2003. Rozwój naturalnego odnowienia sosny zwyczajnej na powierzchni przygotowanej plugiem dwuodkładnicowym. *Sylwan* 147(5): 28–35. DOI 10.26202/sylwan.2003952.
- Barzdajn W. 2006. Wpływ technologii produkcji i pory sadzenia jednolatek sosnowych (*Pinus sylvestris* L.) na udatność i początkowy wzrost uprawy. *Sylwan* 150(8): 38–51. DOI 10.26202/sylwan.2005153.
- Barzdajn W., Drogoszewski B., Zientarski J. 1996. Naturalne odnawianie drzewostanów sosny zwyczajnej. *Postępy Techniki w Leśnictwie* 60: 15–21.
- Białobok S., Boratyński A., Bugała W. 1993. Biologia sosny zwyczajnej. Instytut Dendrologii PAN, Kórnik, 624 s.
- Boiko S. 2008. Odnowienie naturalne sosny zwyczajnej jako element strategii ekosystemowego zagospodarowania lasu. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 73 s.
- Brzeziecki B. 2008. Podejście ekosystemowe i półnaturalna hodowla lasu (w kontekście zasady wielofunkcyjności lasu). *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej* 3(19): 41–54.
- Buraczyk W., Szeligowski H. 2008. Wpływ wilgotności i gatunku gleby na wzrost sadzonek sosny zwyczajnej z zakrytym systemem korzeniowym. *Leśne Prace Badawcze* 69(4): 291–297.
- Buraczyk W., Szeligowski H., Aleksandrowicz-Trzczińska M., Drozdowski S., Jakubowski P. 2012. Wzrost mikoryzowanych i niemikoryzowanych sadzonek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w warunkach zróżnicowanej wilgotności i żyzności podłoża. *Sylwan* 156(2): 100–111. DOI 10.26202/sylwan.2011047.
- Derek J. 2007. Naturalnie czy sztucznie? *Trybuna Leśnika* 2: 8–9.
- Dobrowolska D. 2007. Odnowienie naturalne lasu w drzewostanach uszkodzonych przez wiatr na terenie północno-wschodniej Polski. *Leśne Prace Badawcze* 68(2): 45–60.
- Dobrowolska D. 2008. Odnowienie naturalne na powierzchniach uszkodzonych przez pożar w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie. *Leśne Prace Badawcze* 69(3): 255–264.
- Dobrowolska D. 2010. Warunki powstawania odnowień naturalnych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na terenie Nadleśnictwa Tuszyna. *Leśne Prace Badawcze* 71(3): 217–224. DOI 10.2478/v10111-010-0017-y.
- Glura J., Korzeniewicz R. 2013. Hodowlana i ekonomiczna ocena zakładania upraw sosnowych z wykorzystaniem sadzonek z zakrytym i odkrytym systemem korzeniowym. *Sylwan* 157(3): 177–186. DOI 10.26202/sylwan.2011024.
- Gmyz R., Skrzyszewski J. 2010. Wpływ zróżnicowania mikrosiedliskowego boru świeżego na liczebność odnowienia naturalnego sosny zwyczajnej (*Pinus Sylvestris* L.). *Sylwan* 154(3): 173–181. DOI 10.26202/sylwan.2009031.
- Hawryś Z., Zwoliński J., Kwapis Z., Małecka M. 2004. Rozwój sosny zwyczajnej na terenie pożarzysk leśnych z 1992 roku w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie i Potrzebowice. *Leśne Prace Badawcze* 2: 7–20.
- Ilmurzyński E., Mierzejewski W. 1956. Badanie wartości hodowlanej istniejących samosiewów sosny pospolitej. *Sylwan* 100(3): 75–84.
- Jastrzębski S. 1975. Aspekty ekonomiczne odnowień naturalnych w Puszczy Solskiej. *Sylwan* 119(4): 67–72.
- Kocjan H. 2002. Wzrost sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w 25-letnim drzewostanie na powierzchni z różnym przygotowaniem gleby. *Acta Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria* 1: 59–65.
- Kopeć K. 2011. Ocena metod pielęgnowania naturalnie odnowionych młodych drzewostanów sosnowych. Praca doktorska. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie; Wydział Leśny, 120 s.

- Kowalczyk J., Matras J., Żybura H., Sabor J., Barzdajn W. 2000. Zmienność sosny pospolitej i hodowlana wartość jej proveniencji. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa, 164 s.
- Mierzejewski W. 1975. Badania nad uzyskaniem i wykorzystaniem odnowień naturalnych sosny i dębu. Dokumentacja naukowa. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa, 141 s.
- Okoń S. 2016. Wpływ sposobu odnowienia na wzrost i jakość hodowlaną upraw sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na przykładzie wybranych obiektów Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Radomiu. Praca doktorska. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Wydział Leśny, 120 s.
- Paluch R. 2004. Stan, warunki i problemy odnowienia naturalnego sosny w Puszczy Białowieskiej. *Sylwan* 148(11): 9–21. DOI 10.26202/sylvan.2004048.
- Pigan I. 2009. Wpływ sposobu przygotowania gleby na stan upraw sosnowych w warunkach siedlisk wilgotnych. *Sylwan* 153(11): 745–757. DOI 10.26202/sylvan.2009038.
- Pigan I. 2010. Odnowienie naturalne sosny (*Pinus sylvestris* L.) na siedliskach wilgotnych przy zastosowaniu różnych metod przygotowania gleby. *Sylwan* 154(8): 524–534. DOI 10.26202/sylvan.2009213.
- Rudnicki J.W. 1954. Wpływ przygotowania gleby na udatność upraw oraz wzrost młodników. *Sylwan* 98(4): 309–316.
- Sewerniak P., Gonet S. S., Quaium M. 2012. Wpływ przygotowania gleby frezem leśnym na wzrost sadzonek sosny zwyczajnej w warunkach ubogich siedlisk Puszczy Bydgoskiej. *Sylwan* 156(11): 871–880. DOI 10.26202/sylvan.2011115.
- StatSoft, Inc., 2011. Statistica (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com
- Szabla K. 1998. Odnowienie lasu i ochrona upraw powstałych na wielkim pożarze w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie. *Postępy Techniki w Leśnictwie* 67: 41–48.
- Todys J., Wójcik R. 1999. Odnowienie naturalne sosny. *Las Polski* 5: 16–17.
- Wolski P., Robakowski P. 2008. Przydatność hodowlana naturalnego odnowienia sosny zwyczajnej w Nadleśnictwie Bytów. *Sylwan* 152(10): 17–26. DOI 10.26202/sylvan.2008008.
- Zachara T., Ambroży S., Bieniek J., Boczoń A., Dobrowolska D., Gil W., Kaliszewski A., Kopryk W., Michalska A., Mionskowski M., Nowakowska J., Olszowska G., Paluch R., Zajączkowski G. 2011. Odnowienie naturalne najważniejszych gatunków lasotwórczych w Polsce jako element strategii trwałego i zrównoważonego zagospodarowania lasu. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 128 s.
- Zasady Hodowli Lasu 2012. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 72 s.

### Wkład autorów

J.D. – przegląd literatury, koncepcja, metodyka, pozyskanie danych, przygotowanie i analiza danych, dyskusja; S.Z. – metodyka, przygotowanie opracowania; E.W-F. – przygotowanie opracowania, korekta artykułu.