

# Zasoby martwego drewna leżącego w drzewostanach sosny zwyczajnej i sosny czarnej na wydmach nadmorskich w rezerwacie „Mierzeja Sarbska”

*Robert Tomusiak, Anita Mostrąg, Wojciech Kędziora, Aleksandra Wilczak, Adam Dominiecki, Michał Leczyk, Rafał Wojtan*

**Abstrakt.** W polskim leśnictwie zmienia się stosunek do zalegającego na dnie lasu martwego drewna. Informacje o zasobach leżaniny w różnych typach polskich lasów są wciąż niepełne, w szczególności w drzewostanach podlegających ochronie, w których nie są prowadzone działania gospodarcze. Obserwacje naturalnych procesów wydzielenia się drzew w takich drzewostanach pozwalają na tworzenie modelu funkcjonowania ekosystemów leśnych bez ingerencji człowieka i stanowią punkt odniesienia przy planowaniu działań gospodarczych. Celem niniejszej pracy była ocena zasobów leżaniny w podlegających ochronie drzewostanach sosnowych na wydmach nadmorskich. Analizie podlegała miąższość martwego drewna, liczba kawałków leżaniny, powierzchnia dna lasu zajęta przez martwe drewno oraz stopień jego rozkładu. Materiał badawczy zebrano metodą transektów liniowych na terenie rezerwatu „Mierzeja Sarbska” w drzewostanach dwóch gatunków sosen użytych do stabilizacji wydm – rodzimej sosny zwyczajnej i gatunku obcego – sosny czarnej. Miąższość leżaniny w drzewostanach sosnowych na terenie rezerwatu „Mierzeja Sarbska” jest dość wysoka w skali kraju, przy czym głową część martwego drewna leżącego stanowi drobnica gałęziowa. Wyższą zasobność leżaniny stwierdzono w drzewostanach sosny zwyczajnej. Sosna czarna okazała się bardziej podatna na zgniliznę.

**Słowa kluczowe:** martwe drewno, rezerwat „Mierzeja Sarbska”, leżanina, miąższość, sosna zwyczajna, sosna czarna.

**Abstract.** Coarse woody debris in European black pine and Scots pine stands in “Sarbska Spit” Forest Reserve. Attitude towards coarse woody debris in Polish forestry is currently changing. Data about dead wood in different types of Polish forests are still incomplete, particularly in stands under conservation in which forestry activities are not carried out. By observing the natural processes of evolution of trees in such stands one can create the model of forest ecosystems functioning without human interaction and provide a point of reference when planning forest activities.

The aim of this study was to investigate amount of coarse woody debris in the protected pine stands on coastal dunes. The volume of coarse woody debris, as well as total projected area, number of pieces and volume at different degree of decomposition were measured. Two species of pines that are growing in “Sarbska Spit” Forest Reserve were taken into consideration – native Scots pine and alien European black pine. Line intersect method was used to collect research material.

The volume of coarse woody debris in pine stands in the “Sarbska Spit” Forest Reserve is quite high in the scale of the country. Majority of CWD were 1- to 3-inch particles. Higher volume was observed in Scots pine stands. European black pine turned out to be more susceptible to rot.

**Key words:** dead wood, “Sarbska Spit” Forest Reserve, coarse woody debris, volume, Scots pine, European black pine.

## Wstęp

Specyficzną cechą wydm nadmorskich są bardzo trudne warunki do wzrostu roślin, a w szczególności roślinności drzewiastej. Drzewa rosną w środowisku o dużym zasoleniu, na ubogiej, przepuszczalnej glebie. Podlegają nieustannemu działaniu wysuszającego wiatru, niejednokrotnie uszkadzającego korony drzew, raniącego rośliny przynoszonym piaskiem i zmniejszającego asymilację. Powierzchnie takie charakteryzują się ponadto wysoką temperaturą i brakiem substancji próchnicznych.

Podstawową rolę roślinności drzewiastej na takim terenie jest stabilizacja wydm. Jednak nie wszystkie gatunki drzew leśnych występujących na terenie naszego kraju byłyby w stanie dobrze rozwijać się w takich warunkach. Do nielicznych z nich można zaliczyć sosny. Stąd też w składzie gatunkowym drzewostanów na wydmach nadmorskich często można spotkać rodzimy gatunek – sosnę zwyczajną oraz gatunek obcy – sosnę czarną; niekiedy również sosnę górską – kosodrzewinę.

Warunki takie występują między innymi na terenie rezerwatu „Mierzeja Sarbska” położonego w pasie wydm między Jeziorem Sarbsko a Morzem Bałtyckim. Najbardziej charakterystycznym elementem rezerwatu są wydmy nadmorskie, na których panują skrajnie niekorzystne warunki ekologiczne. W początkach XX wieku niemieccy leśnicy doszli do wniosku, że najlepszymi gatunkami na tym terenie będą sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) i sosna czarna (*Pinus nigra* Arn.), zalesiając nimi znaczne powierzchnie. Tereny te od roku 1976 są objęte ochroną rezerwatową i wyłączone z gospodarki leśnej. Wiąże się to z zaniechaniem wycinania drzew uszkodzonych i martwych jak i prowadzeniem typowych zabiegów pielęgnacyjnych. Takie podejście przyczynia się do zwiększenia ilości martwego drewna w porównaniu z drzewostanami gospodarczymi.

W polskim leśnictwie zmienia się stosunek do zalegającego na dnie lasu martwego drewna. Dostrzega się, że nie stanowi ono tak dużego zagrożenia pożarowego, jak przypuszczano wcześniej, jak również nie jest poważnym źródłem rozprzestrzeniania się szkodników wtórnych. Co więcej, coraz bardziej doceniane są ekologiczne funkcje martwego drewna w lesie. O ile prace z tego zakresu można spotkać coraz częściej w piśmiennictwie, to informacje o zasobach leżaniny w różnych typach polskich lasów są wciąż niepełne, w szczególności w drzewostanach podlegających ochronie, w których nie są prowadzone działania gospodarcze. Obserwacje naturalnych procesów wydzielania się drzew w takich drzewostanach pozwalają na tworzenie modelu funkcjonowania ekosystemów leśnych bez ingerencji człowieka i stanowią punkt odniesienia przy planowaniu działań gospodarczych. Tym samym poznanie struktury podlegających ochronie drzewostanów rosnących na wydmach nadmorskich, jak również ilości wydzielonego martwego drewna, wydaje się cennym zagadnieniem badawczym i pozwala na odniesienie tej wiedzy do drzewostanów gospodarczych.

W niniejszej pracy podjęto próbę określenia zasobów martwego drewna w drzewostanach wzrastających w niekorzystnych warunkach wydm nadmorskich, pozbawionych jednocześnie charakterystycznych dla drzewostanów gospodarczych zabiegów pielęgnacyjnych z uwagi na prowadzoną tam ochronę rezerwatową.

## Teren badań i materiał badawczy

Badania przeprowadzono na terenie rezerwatu „Mierzeja Sarbska” położonego na wschód od Łeby w pasie wydm między Jeziolem Sarbsko a Morzem Bałtyckim, uważanego za jeden z najcenniejszych przyrodniczo fragmentów polskiego wybrzeża. Rezerwat stanowi swego rodzaju miniaturę położonego kilka kilometrów na zachód Słowińskiego Parku Narodowego. Z uwagi na specyficzne warunki klimatyczno-siedliskowe występujące na terenie wydm nadmorskich jest niepowtarzalnym w skali Polski obszarem badawczym. Obszar rezerwatu pokrywają drzewostany sosnowe zarówno rodzimej sosny zwyczajnej, jak i gatunku obcego – sosny czarnej. Na niewielkiej powierzchni można znaleźć również użytą do stabilizacji wydm sosnę górską – kosodrzewinę.

Do badań wytypowano blisko stuletnie jednogatunkowe drzewostany sosny zwyczajnej i sosny czarnej oraz trzy drzewostany młodsze w wieku około pięćdziesięciu lat. Drzewostany rosły na siedlisku boru świeżego i charakteryzowały się V klasą bonitacji. Przeciętna pierśnica badanych drzewostanów mieściła się w przedziale od 15 do 29 cm, a przeciętna wysokość od 9 do 13 m.



Ryc. 1. Lokalizacja rezerwatu „Mierzeja Sarbska”  
Fig. 1. Localization of „Sarbska Spit” Forest Reserve

Mierzeja Sarbska od roku 1976 posiada status rezerwatu częściowego. Jego powierzchnia wynosi 546,63 ha, na której wyodrębniono 23 oddziały leśne. Północną granicą rezerwatu jest plaża, zaś południową – jezioro Sarbsko wraz z łąkami należącymi do wsi Ulinia. Od południa przepływa rzeka Chelst. Rezerwat znajduje się na terenie leśnictwa Ulinia w Nadleśnictwie Lębork i obejmuje następujące oddziały: 1-15, 1A-D i 14A-D (Fałtynowicz 1998).

Zgodnie z regionalizacją przyrodniczo-leśną (Trampler i in. 1990), rezerwat usytuowany jest w I krainie Bałtyckiej na terenie Dzielnicy Pasa Nadmorskiego. W podziale fizyczno-geograficznym kraju (Kondracki 1977) powierzchnia rezerwatu znajduje się na terenie mezoregionu Wybrzeże Słowińskie, które należy do makroregionu Pobrzeże Zachodniopomorskie i podprovincji Pobrzeża Południobałtyckie.

Rezerwat znajduje się w strefie wpływów klimatu Bałtyckiego, charakteryzującego się dość dużą zmiennością pogodową powodowaną rozwiniętą cyrkulacją zachodnią. Charakterystycznymi cechami klimatu są długa, łagodna jesień oraz krótka i niezbyt ostra zima. Wilgotność powietrza jest wysoka. Istotną cechą jest także brak bezwietrznych dni, a nanoszony aerozol morski sprawia, że tamtejsze siedliska ulegają użyźnianiu. Okres wegetacyjny jest długi, może trwać nawet do 220 dni. Roczne sumy opadów wahają się w granicach 590–690 mm. Średnia roczna temperatura wynosi ok. 7 stopni.

Prawie 400 ha (ok. 73%) rezerwatu pokryte jest przez zbiorowiska leśne, które w głównej mierze należą do różnych postaci zespołu boru bazyńowego (*Empetro nigri-Pinetum*) (Tomanek 2008). Flora rezerwatu charakteryzuje się nieprzeciętnymi wartościami przyrodniczymi ze względu na wyjątkowo duże nagromadzenie gatunków rzadkich, a także ginących i zagrożonych w skali Pomorza, a nawet Polski. Duża bioróżnorodność mogłaby sugerować minimalną ingerencję ludzi, jednakże w rezerwacie widoczna jest wcześniejsza działalność gospodarcza, która przyczyniła się do przekształcenia zbiorowisk i zatracenia ich całkowitej naturalności. Na terenie rezerwatu „Mierzeja Sarbska” dominują ubogie siedliska borowe z dużą ilością drzew martwych (Fałtynowicz 1998).

## Metodyka badań

Najbardziej skuteczną i często wymienianą w literaturze metodą pomiaru ilości martwego drewna na dnie lasu jest metoda linii siecznej, stworzona przez Warrena, Olsena (1954) oraz Van Wagnera (1968). Opracowano ją na potrzeby ochrony przeciwpożarowej. Metoda ta może być stosowana w obiektach o dużym zróżnicowaniu, nie tylko powierzchniowym, ale również gospodarczym i administracyjnym (Harmon 1986, Caza 1993, Davis 1998) w celu określania różnych cech, m.in. miąższości leżącego drewna, liczby kawałków leżaniny na jednostkę powierzchni, średniej długości kawałka leżaniny czy powierzchni dna lasu zajętej przez martwe drewno.

W ramach niniejszej pracy założono dwa transekty liniowe o łącznej długości 100 m. Na każdym z nich pomierzono grubość, długość oraz stopień rozkładu każdego kawałka o średnicy w miejscu przecięcia linią transektu nie mniejszej niż 2,5 cm. Próg pomiarowy przyjęto zgodnie z propozycją Harmona i in. (1986). W literaturze spotykamy również inne wartości graniczne: 0,6 cm (Wolski, 2002), 2,5 cm (McKenzie i in. 2000), 5,0 cm (Mattson i in., 1987), 7,6 cm (Brown, 1974; Vose i in., 1999; Williamson, 2008), 8,0 cm (BC Ministry of Forests, 2000), 10,0 cm (Lofrothe, 1998; Marshall i in., 2000; Rouvinen i in., 2002; Ekbohm i in., 2005; Gibb i in., 2005), 15,0 cm (Rouvinen i in., 2002; Stephens, Moghaddas, 2005), a nawet 40,0 cm

(Byk, 2001; Gutowski i in., 2004). Wynika to przede wszystkim z różnego podejścia poszczególnych badaczy do problematyki martwego drewna jak i samego celu ich badań. Przyjmując podział Browna (1974) na trzy klasy grubości leżaniny (chrust cienki –  $\varphi \leq 2,5$  cm, drobnica gałęziowa –  $\varphi$  od 2,5 do 7,5 cm, grubizna –  $\varphi > 7,5$  cm) badane w pracy martwe drewno zalegające na dnie lasu należy zaklasyfikować jako drobnicę gałęziową i grubiznę.

Pomiar leżaniny odbywał się według zasad opisanych przez Wolskiego (2002), zgodnie z którymi mierzona średnica była odcinkiem prostopadłym do osi morfologicznej kawałka, a środek odcinka był miejscem przecięcia osi z linią sieczną. Uwzględniano tylko materiał leżący na ściółce – fragmenty zagłębione w poziom organiczny gleby były pomijane. W sytuacji gdy linia sieczna przecięła dwa lub więcej razy ten sam kawałek, każde przecięcie liczone jako osobną wartość. Nie liczone natomiast kawałków, których oś morfologiczna pokrywała się dokładnie z linią sieczną.

Przeprowadzone pomiary umożliwiły obliczenie wartości następujących cech martwego drewna zalegającego na dnie lasu:

– miąższość martwego drewna leżącego ( $m^3/ha$ )

$$y_i = \frac{\pi^2}{8 \times L} \times \sum_{j=1}^{m_j} d_{ij}^2,$$

– powierzchnia dna lasu zajęta przez martwe drewno leżące ( $m^2/ha$ )

$$y_i = \frac{50 \times \pi}{L} \times \sum_{j=1}^{m_j} d_{ij},$$

– liczba kawałków leżaniny (szt./ha)

$$y_i = \frac{10000 \times \pi}{2 \times L} \times \sum_{j=1}^{m_j} \frac{1}{l_{ij}},$$

gdzie:

L – długość linii siecznej,

$d_{ij}$  – średnica kawałka leżaniny  $j$  w miejscu przecięcia przez linię sieczną  $i$  [cm],

$l_{ij}$  – długość kawałka leżaniny  $j$  na linii siecznej  $i$ .

Zastosowane wzory można znaleźć m.in. w pracach Van Wagnera (1982), Marshalla i in. (2000) czy Wolskiego (2002).

Dla każdego kawałka leżaniny na linii transektu oceniono stopień rozkładu. Do tego celu przyjęto przedstawioną w tab. 1 pięciostopniową skalę Harmona i Sextona (1996), która została stworzona na podstawie wcześniejszej, ale bardziej uproszczonej wersji Browna (1974).

**Tab. 1.** Stopnie rozkładu martwego drewna (Harmon, Sexton 1996)

Table 1. Degree of decomposition of dead wood

Stopień rozkładu	Cechy
1	Brak śladów rozkładu, drewno twarde.
2	Drewno twarde, mniej niż 10% zmienionej struktury drewna w wyniku rozkładu: drewno jest twarde na powierzchni i jest zasiedlone w bardzo niewielkim stopniu przez organizmy saproksyliczne.
3	Słabo rozłożone, 10–25% uległo rozpadowi. Można ocenić np. przez wbicie metalowych przedmiotów.
4	Drewno rozłożone w 26–75% o strukturze miękkiej i bardzo miękkiej.
5	Bardzo silnie rozłożone, 76–100% drewna ma bardzo miękką strukturę.

## Wyniki badań i dyskusja

Mięszość martwego drewna leżącego w drzewostanach sosnowych wzrastających na wydmach nadmorskich na terenie rezerwatu „Mierzeja Sarbska” wyniosła średnio 8,20 m<sup>3</sup>/ha dla sosny czarnej i 11,53 m<sup>3</sup>/ha dla sosny zwyczajnej. Największe wartości tej cechy stwierdzono w drzewostanie sosny zwyczajnej (pow. 7), gdzie ilość martwego drewna leżącego wyniosła 29,24 m<sup>3</sup>/ha (ryc. 2). Dla sosny czarnej najwyższa zaobserwowana mięszość leżaniny wyniosła 16,29 m<sup>3</sup>/ha na powierzchni nr 3. Najmniejsza mięszość tej cechy wyniosła 3,22 m<sup>3</sup>/ha dla sosny zwyczajnej (pow. 8) oraz 2,50 m<sup>3</sup>/ha dla sosny czarnej (pow. 1).

Uwzględniając jedynie drewno leżące o grubości przekraczającej 7 cm, większą przeciętną mięszość leżaniny stwierdzono w drzewostanach sosny czarnej (2,86 m<sup>3</sup>/ha). Dla sosny zwyczajnej wielkość tej cechy wyniosła 2,18 m<sup>3</sup>/ha.

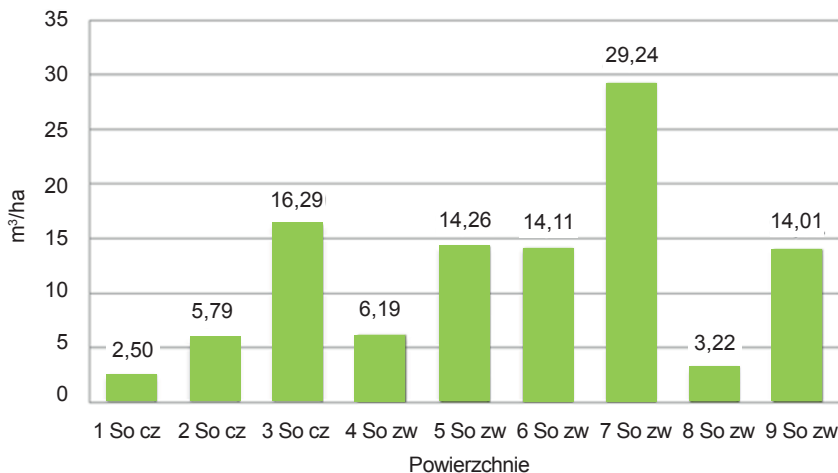
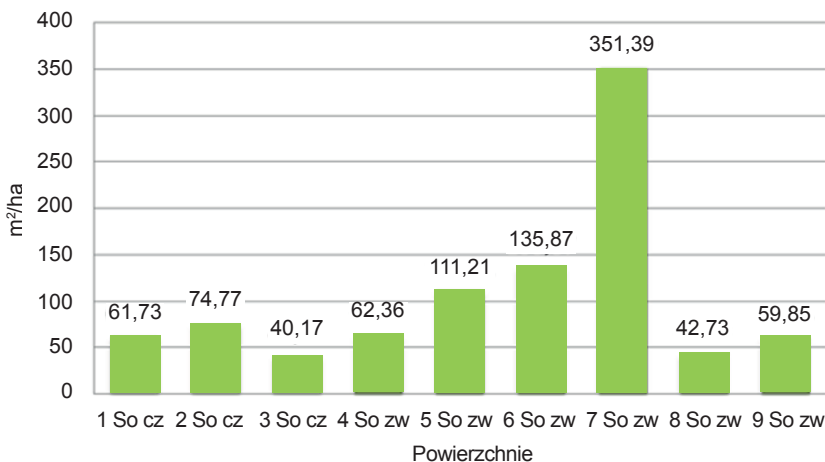
**Ryc. 2.** Mięszość martwego drewna leżącego

Fig. 2. Volume of coarse woody debris

Powierzchnia dna lasu zajmowana przez leżaninę w drzewostanach sosny czarnej wyniosła średnio 58,89 m<sup>2</sup>/ha (ryc. 3). Ponadto kilkakrotnie większą powierzchnię dna lasu zajmuje martwe drewno w drzewostanach sosny zwyczajnej (127,26 m<sup>2</sup>/ha).

Analizując wielkość tej cechy w poszczególnych drzewostanach należy stwierdzić, iż największa zaobserwowana wartość wyniosła 351,39 m<sup>2</sup>/ha (sosna zwyczajna). Wartość ta znacząco odstawała od innych powierzchni zarówno sosny zwyczajnej, jak i sosny czarnej, dla której największa wartość wyniosła 74,77 m<sup>2</sup>/ha. Najmniejsze wartości powierzchni dna lasu zajmowanej przez martwe drewno leżące kształtowały się na poziomie 42,73 m<sup>2</sup>/ha dla sosny zwyczajnej i 40,17 m<sup>2</sup>/ha dla sosny czarnej.

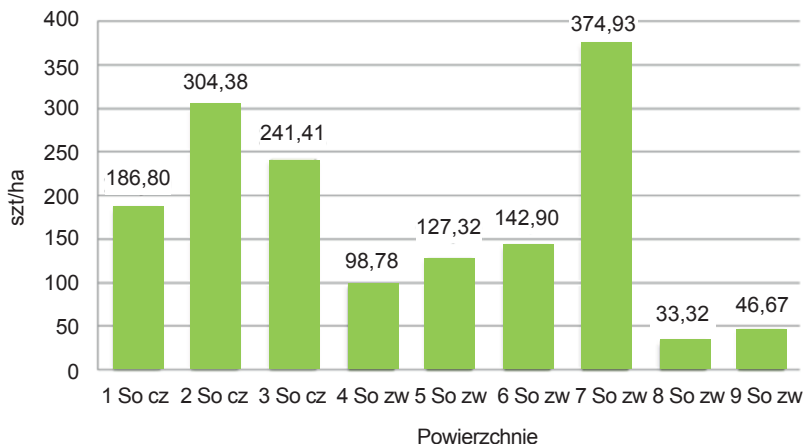


**Ryc. 3.** Powierzchnia dna lasu zajmowana przez martwe drewno leżące  
*Fig. 3. Total projected area of coarse woody debris*

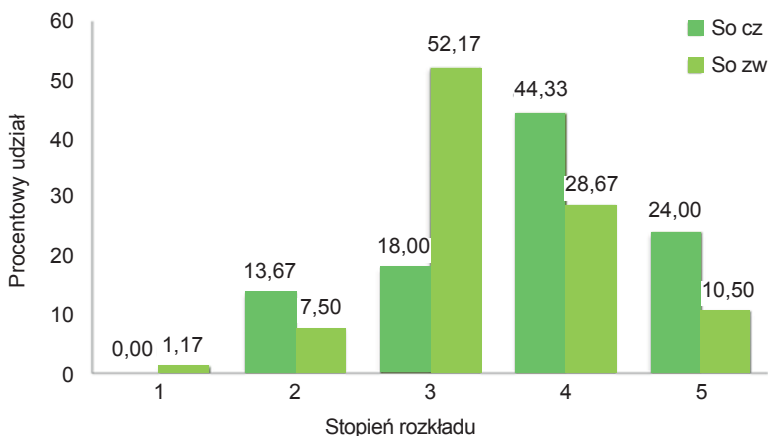
W badanych drzewostanach sosnowych na terenie rezerwatu „Mierzeja Sarbska” stwierdzono również dużą zmienność liczby kawałków martwego drewna przypadającej na jednostkę powierzchni. Przeciętna wielkość tej cechy okazała się znacznie wyższa (różnica istotna statystycznie) w drzewostanach sosny czarnej, wynosząc 244,20 szt./ha. Z kolei w drzewostanach sosny zwyczajnej średnia liczba kawałków leżaniny wyniosła 137,32 szt./ha.

W przypadku sosny czarnej na wszystkich powierzchniach liczba kawałków była zbliżona, wyróżnia się jedynie powierzchnia numer dwa, na której znajdowało się 304,38 kawałków na hektarze (ryc. 4). U sosny zwyczajnej wyróżnia się powierzchnia numer 7, gdzie liczba kawałków na hektarze przekroczyła 370 sztuk. Na powierzchniach od 4. do 6. wielkości te są wyrównane. Z kolei powierzchnie 8 i 9 charakteryzują się niewielką liczbą kawałków martwego drewna na hektarze, w obu przypadkach nieprzekraczającą 50 szt./ha.

Sosna zwyczajna w 3. stopniu rozkładu charakteryzuje się największym procentowym udziałem miąższości i przyjmuje wynik ponad 52%. Najmniejsza wartość została zaobserwowana w stopniu 1. i wynosi 1,17%. Przy badaniach sosny czarnej stwierdzono, że największy procentowy udział miąższości odłożył się w klasie 4. i osiągnął wartość 44,33%. Najmniejszy zaś stanowi klasa 1., gdzie nie zaobserwowano martwego drewna leżącego tego gatunku.



**Ryc. 4.** Liczba kawałków leżaniny  
*Fig. 4. Number of pieces of coarse woody debris*



**Ryc. 5.** Procentowy udział miąższości leżaniny w stopniach rozkładu  
*Fig. 5. Percentage of coarse woody debris volume at different degree of decomposition*

Od kilkudziesięciu lat na świecie prowadzone są intensywne badania dotyczące martwego drewna zarówno leżącego, jak i stojącego. Do najbardziej znanych należą między innymi publikacje takich autorów jak: Caza (1993), Lassette (1999), Maser i Trappe (1984), Harmon i in. (1986), Maser i in. (1988) oraz McMinn i Crossley (1996). Na podstawie wymienionych powyżej opracowań stwierdzono, że miąższość martwego drewna w lasach jest niezwykle różnicowana i zależy od wielu czynników. Rodzaj oraz rozmieszczenie martwego drewna warunkowane są przede wszystkim sposobem jego „dostawy” (Gutowski i in. 2004), co z kolei jest ściśle związane z fazą rozwojową drzewostanu oraz różnymi czynnikami śmiertelności drzew.



Harmon (1986) oraz Stevens (1997) jako główne przyczyny zamierania drzew wymieniają działanie silnych wiatrów, pożary, oddziaływanie szkodników owadzych, choroby powodowane przez grzyby, fizyczne zmiany podłoża (m.in. rozmywanie się brzegów, zsuwanie stoków) oraz konkurencję między osobnikami.

Wynika z tego, że ilość i rodzaj martwego drewna jest zupełnie inna w młodym drzewostanie, kiedy to konkurencja między drzewami jest największa, niż w drzewostanach starszych, w których źródłem martwego drewna są oblamujące się w procesie oczyszczania strzały gałęzie, a z czasem również drzewa porażone chorobą lub zamierające ze starości. Istotny wpływ na ilość martwego drewna ma częstotliwość cięć pielęgnacyjnych oraz rodzaj cięć rębnych, co okazało się dużo ważniejszym czynnikiem niż intensywność cięć i rodzaj pozyskania (Aber i in. 1978, za Wolski 2003). Na obszarach intensywnych działań gospodarczych, na których stosowane są zręby zupełne oraz częściowe, znajduje się znacznie mniej martwego drewna. Zjawisko to jest spowodowane pozostawianiem na zrębach głównie drobnicy (która charakteryzuje się bardzo szybkim stopniem rozkładu) oraz niszczeniem zalegającej na dnie lasu leżaniny przez ciężki sprzęt (Gore i Patterson 1986, Spies i Cline 1988, za Wolski 2003). Dodatkowo należy pamiętać, że niezwykle istotny w procesie powstawania martwego drewna jest lokalny klimat oraz mikroklimat dna lasu. Zacienienie dna lasu, zwarcie, skład gatunkowy podszytu i podrostu oraz wilgotność podłoża, a także wiek drzewostanu są jednymi z podstawowych czynników wpływających na tempo rozkładu martwego drewna (Wolski 2003, Harmon i in. 1986).

W niniejszej pracy zajmowano się dziewięcioma powierzchniami badawczymi zlokalizowanymi na terenie rezerwatu „Mierzeja Sarbska”. Powierzchnie 1–3 dotyczyły sosny czarnej, pozostałe sosny zwyczajnej. Po przeanalizowaniu wyników stwierdzono, że miąższość leżaniny w przypadku drzewostanów sosny czarnej wyniosła średnio 8,20 m<sup>3</sup>/ha przy progu pomiarowym 2,5 cm, natomiast przy progu pomiarowym 7 cm zaledwie 2,86 m<sup>3</sup>/ha. Z kolei w drzewostanach sosny zwyczajnej stwierdzono, że miąższość przy progu pomiarowym 2,5 cm wyniosła 11,53 m<sup>3</sup>/ha, a przy progu 7 cm – 2,18 m<sup>3</sup>/ha. W drzewostanach sosnowych w Strefie Zamkniętej w Czarnobylu, przy progu pomiarowym 2,5 cm Lecyk (2011) stwierdził, że miąższość leżaniny wynosi średnio 36,17 m<sup>3</sup>/ha, co okazuje się być wartością znacznie wyższą niż wyniki dotyczące Mierzei Sarbskiej. Może to być spowodowane wyjątkowymi warunkami panującymi na tym obszarze oraz całkowitym brakiem prowadzenia gospodarki leśnej, skutkującym bardzo intensywnym wydzielaniem się drzew. W zależności od specyfiki terenu oraz strefy klimatycznej miąższości leżaniny przybierają różne wartości w drzewostanach dojrzałych, począwszy od kilku metrów sześciennych w drzewostanach gospodarczych w Polsce (np. Wolski 2002) do blisko 300 m<sup>3</sup>/ha w Kanadzie (Lofrothe 1998).

W Polsce miąższość martwego drewna w drzewostanach użytkowanych gospodarczo rzadko przekracza 5 m<sup>3</sup>/ha, średnio wynosi 2 m<sup>3</sup>/ha (Holeksa, Maciejewski 2006). W opracowaniu Wolskiego (2002) znaleźć można informację, że zagospodarowane drzewostany sosnowe w strefie klimatu umiarkowanego charakteryzują się miąższością martwego drewna nieprzekraczającą 3 m<sup>3</sup>/ha. Na podobnych typach siedliskowych lasu w Ameryce Północnej stwierdzono, że miąższość martwego drewna waha się w granicach od 2 do 20 m<sup>3</sup>/ha (Marchetti 2004), natomiast generalnie z powodu częstszego niż w Europie występowania lasów naturalnych w Ameryce Północnej średnia miąższość wynosi 121 m<sup>3</sup>/ha (Tyrrell i Crow 1994, Rodewald 2011). Stąd też uzasadnione wydaje się twierdzenie, że podstawową różnicą między lasami naturalnymi i użytkowymi gospodarzami jest ilość martwego drewna (Siitonen 2001, Gibb i in. 2005, Jonsson 2007).

Dużo większy udział martwego drewna obserwuje się na terenie rezerwatów oraz parków narodowych (Ciach 2011). W Polsce głównym obiektem badawczym jest od wielu lat

Białowiecki Park Narodowy (Bobiec 2002). Wolski (2002) stwierdził, że w drzewostanach 71-letniej sosny zwyczajnej na terenie BPN znajduje się średnio 39,4 m<sup>3</sup>/ha leżaniny, natomiast w starszych drzewostanach (ponad 150 lat) 30,5 m<sup>3</sup>/ha. Holeksa i Maciejewski (2006) natomiast stwierdzili, że miąższość martwego drewna w BPN wynosi średnio 95 m<sup>3</sup>/ha. Według raportu WWF (Dudley i Vallauri 2004) w BPN znajduje się od 87–160 m<sup>3</sup>/ha martwego drewna. Dla porównania Holeksa i Maciejewski (2006) stwierdzili, że łączna miąższość martwego drewna w Roztoczańskim Parku Narodowym wynosi średnio około 200 m<sup>3</sup> na hektarze. Warto wspomnieć, że WWF podczas badań prowadzonych na temat martwego drewna w lasach Europy brał pod uwagę również martwe drzewa stojące, stąd pojawiają się różnice w stosunku do badań Wolskiego, Holeksy i Maciejewskiego.

Z wyników badań uzyskanych na podstawie wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu (Neroj 2011) wynika, że w parkach narodowych znajduje się kilkakrotnie więcej martwego drewna zarówno stojącego, jak i leżącego, w porównaniu z drzewostanami gospodarczymi w lasach państwowych. Wykazana średnia ilość martwego drewna leżącego w Lasach Państwowych wyniosła 3,1 m<sup>3</sup>/ha, a w parkach narodowych 23,8 m<sup>3</sup>/ha.

W niniejszej pracy badano również stopień rozkładu leżaniny. Na powierzchniach badawczych z sosną czarną stwierdzono dominację 4 stopnia, w którym drewno było rozłożone w 26–75%. Na powierzchniach z sosną zwyczajną dominował trzeci stopień rozkładu, obejmujący zgniliznę 10–25% drewna. Można z tego wywnioskować, że szybciej rozkłada się drewno sosny czarnej. Dodatkowo potwierdza to mniejsza ilość leżaniny zaobserwowana w drzewostanach sosny czarnej.

Z przeprowadzonych badań wynika, że miąższość leżaniny w drzewostanach sosnowych na Mierzei Sarbskiej jest dość wysoka w skali kraju. Przyczynia się do tego z pewnością posiadanie przez ten obszar statusu rezerwatu przyrody, co pozwala na obserwację ilości martwego drewna i jej zmian w czasie w warunkach niezakłóconych działaniami gospodarczymi człowieka.

## Wnioski

W drzewostanach sosnowych wznoszących na wydmach nadmorskich na terenie rezerwatu „Mierzeja Sarbska” miąższość leżaniny wyniosła średnio 8,20 m<sup>3</sup>/ha dla sosny czarnej i 11,53 m<sup>3</sup>/ha dla sosny zwyczajnej przy progu pomiarowym 2,5 cm. Uwzględniając jedynie drewno leżące o grubości przekraczającej 7 cm stwierdzono 2,86 m<sup>3</sup>/ha leżaniny w drzewostanach sosny czarnej i 2,18 m<sup>3</sup>/ha w drzewostanach sosny zwyczajnej.

Powierzchnia dna lasu zajmowana przez leżaninę w drzewostanach sosny czarnej wyniosła średnio 90,32 m<sup>2</sup>/ha przy progu pomiarowym 2,5 cm, oraz 37,86 m<sup>2</sup>/ha przy progu pomiarowym 7 cm. W przypadku sosny zwyczajnej powierzchnia wyniosła 122,05 m<sup>2</sup>/ha dla progu 2,5 cm, a dla progu 7 cm – jedynie 0,32 m<sup>2</sup>/ha.

Liczba kawałków leżaniny wyniosła 244,20 szt./ha dla sosny czarnej przy progu pomiarowym 2,5 cm, natomiast przy progu 7 cm jedynie 7,70 szt./ha. W drzewostanach sosny zwyczajnej liczba kawałków dla progu pomiarowego 2,5 cm wyniosła 137,32 szt./ha, a dla progu 7 cm – 0,01 szt./ha.

Dominującym stopniem rozkładu dla sosny czarnej niezależnie od progu pomiarowego okazał się stopień 4, natomiast dla sosny zwyczajnej 3 stopień, co wskazuje na większą podatność na zgniliznę drewna sosny czarnej.

Miąższość leżaniny w drzewostanach sosnowych na terenie rezerwatu „Mierzeja Sarbska” jest dość wysoka w skali kraju, przy czym głową część martwego drewna leżącego stanowi drobnica gałęziowa.

## Literatura

BC Ministry of Forests, 2000. A Short-term Strategy for Coarse Woody Debris Management in British Columbia's Forests. Victoria, BC.

Bobiec A. 2002. Living stands and dead wood in Białowieża Forest: suggestion for restoration management. *Forest ecology and Management* 165 (1–3).

Brown J.K. 1974. Handbook for inventorying downed woody material, Gen. Tech. Rep. INT-16. Ogden: USDA For. Serv., Intermountain For. Range Exp. Stn.

Bruchwald A. 2000. Wzory empiryczne do określania wysokości i pierścicowej liczby kształtu grubizny drzewa. *Sylwan* nr 10: 6–7.

Byk A. 2001. Próba waloryzacji drzewostanów starszych klas wieku Puszczy Białowieskiej na podstawie struktury zgrupowań chrząszczy (*Coleoptera*) związanych z rozkładającym się drewnem leżących pni i pniaków. W: *Próba szacunkowej waloryzacji lasów Puszczy Białowieskiej metodą zooindykacyjną* – red. A. Szujecki. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 333–367. Ekbon i in., 2005

Caza C.L. 1993. Woody Debris in the Forests of British Columbia: A Review of the Literature and Current Research. *LMR* 78. Published by the Research Branch Ministry of Forests, 115 s.

Ciach M. 2011. Martwe i zamierające drzewa w ekosystemach leśnych. R. 13. Zeszyt 2 (27)/2011.

Dudley N., Vallauri D. 2004. Deadwood – living forests. The importance of weteran trees and deadwood to biodiversity. WWF, Gland, Switzerland.

Ekbon B., Schroeder L.M., Larsson S. 2006. Stand specific occurrence of coarse woody debris in a managed boreal forest landscape in central Sweden. *Forest Ecology and Management* 221, 2–12.

Fałtynowicz W., Markowski R. 1998. Plan ochrony rezerwatu – „Mierzeja Sarbska”.

Gibb H., Ball J. P., Johansson T., Atlegrim O., Hjatlen J., Danell K. 2005. Effects of management on coarse woody debris volume and composition in boreal forests in northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20: 213–222.

Gutowski J.M., Bobiec A., Pawlaczyk P., Zub K. 2004. *Drugie życie drzewa*. WWF Polska, Warszawa-Hajnówka.

Harmon M.E., Franklin J.F., Swanson F.J., Sollins P., Gregory S.V., Lattin J.D., Anderson N.H., Cline S.P., Aumen N.G., Sedell J.R., Lienkaemper G.W., Cromack K., Jr., Cummins K.W. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems, *Advances in Ecological Research*, 15, s. 133–302.

Harmon M.E., Sexton J. 1996. Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems. LTER Network Publication No 20. Univ. Washington, Seattle, WA, 91 p.

Holeksa J., Maciejewski Z., 2006. Martwe drzewa i ich rola w ekosystemie leśnym. *Spotkanie* 128, (09/2006).

Jönsson M.T., Jonsson B.G. 2007. Assessing coarse woody debris in Swedish woodland habitats: Implications for conservation and management. *Forest Ecology and Management* 242: 363–373.

Kondracki J. 1977. *Regiony fizyczno-geograficzne Polski*. Wyd. UW, Warszawa.

Lassette N.S. 1999. Annotated Bibliography on the Ecology, Management and Physical Effects of Large Woody Debris, [w:] *Stream Ecosystems*. Univ. of California, California Dep. of For., Berkeley.

Lecyk M., 2011. Charakterystyka zasobów martwego drewna w drzewostanach strefy zamkniętej wokół byłej elektrowni atomowej w Czarnobylu (CEZ). Praca inżynierska.

Lofrothe E. 1998. The dead wood cycle, (w): Voller J., Harrison S. (red.): Conservation biology principles for forested landscapes. UBC Press, Vancouver, B.C., s. 185–214.

Maser, C. and Trappe. J.M.. 1984. The seen and unseen world of the fallen tree. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW – th4. 56 pp.

Maser C., Cline S.P., Cromack Jr. K., Trappe J.M. and Hansen E. 1988. What we know about large trees that fall to the forest floor (w:) C. Maser, R.F. Tarrant, J.M. Trappe, J.F. Franklin (red.). From the forest to the sea: a story of fallen trees. USDA Forest Service General Technical Report PNW-GTR-229, s. 25–46.

Marchetti M. 2004. Monitoring and Indicators of forest Biodiversity in Europe – From ideas to operationality. EFI Proceedings No. 51.

Marshall P.L., Davis G., LeMay V.M. 2000. Using line intersect sampling for coarse woody debris. For. Res. Tech. Rep., Vancouver Forest Region.

Mattson K.G., Swank W.T., Waide J.B. 1987. Decomposition of woody debris in regenerating, clear-cut forest in the Southern Appalachians. Can. J. For. Res. 17: 712–721.

McMinn J.W., Crossley D.A. (Eds.), 1996. Biodiversity and Coarse Woody Debris in Southern Forests. Proceedings of the Workshop on Coarse Woody Debris in Southern Forests: Effects on Biodiversity, Athens, GA, 18–20 October 1993, USDA Forest Service, Asheville, NC.

McKenzie N., Ryan P., Fogarty P., Wood J. 2000. Sampling, measurements and analytical protocols for carbon estimation in soil, litter and coarse woody debris. National Carbon Accounting System, Technical report no. 14.

Neroj B. 2011. Zasoby martwego drewna w lasach na podstawie wyników wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu. BULiGL.

Rouvinen S., Kuuluvainen T., Karjalainen L. 2002. Coarse woody debris in old *Pinus sylvestris* dominated forests along a geographic and human impact gradient in boreal Fennoscandia. Can. J. For. Res., 32: 2184–2200.

Siitonen J. 2001. Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. Ecol. Bull. 49, 11–41.

Stephens S.L., Moghaddas J.J. 2005. Fuel treatment effects on snags and coarse woody debris in a Sierra Nevada mixed conifer forest. Forest Ecology and Management 214: 53–64.

Stevens V. 1997. The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in BC forests. British Columbia Ministry of Forests. 26 p.

Tomanek J., Witkowska-Żuk L., 2008. Botanika leśna. PWRiL.

Tramplir i in. 1970. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. red. PWRiL. Warszawa

Tyrell L.E., Crow T.R. 1994. Structural characteristics of old-growth hemlock-hardwood forests in relation to age. Ecology, 75(2), s. 370–386.

Van Vagner C.E. 1968. The line intersect method in forest fuel sampling. For. Sci. 14, s. 20–26.

Van Wagner C.E. 1982. Practical aspects of the line intersect method. Petawawa National Forestry Institute, Canadian Forestry Service, Chalk River, Ont., Canada, 12 pp.

Vose J.M., Swank W.T., Clinton B.D. 1999. Using stand replacement fires to restore southern Appalachian pine-hardwood ecosystems: effects on mass, carbon, and nutrient pools. Forest Ecology and Management 114: 215–226.

Warren W.G., Olsen P.F. 1964. A line intersect technique for assessing logging waste. For. Sci. 10, s. 267–276.

Williamson J. 2008. Cost-effective methods for monitoring coarse woody debris in North-eastern Forests. Praca magisterska, Nicholas School of the Environment and Earth Sciences, Duke University.

Wolski J. 2002. Metoda pomiarów leżącego martwego drewna w lesie—założenia teoretyczne i przebieg prac terenowych. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, seria A, 2 (932): 27–45.

Wolski J. 2003. Martwe drewno w lesie: ocena zapasu i propozycje postępowania. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, seria A, 2 (953): 23–45.

**Robert Tomusiak**

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny  
Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu  
Robert.Tomusiak@wl.sggw.pl

**Anita Mostrąg**

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny  
Sekcja Biometrii Leśnej Koła Naukowego Leśników  
anita\_mostrag@wp.pl

**Aleksandra Wilczak**

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny  
Sekcja Biometrii Leśnej Koła Naukowego Leśników  
wilczak.aleksandra@gmail.com

**Wojciech Kędziora**

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny  
Zakład Urządzania Lasu, Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa  
wojciech.kedziora@wl.sggw.pl

**Adam Dominiecki**

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny  
Sekcja Biometrii Leśnej Koła Naukowego Leśników  
adam\_d87@wp.pl

**Michał Lecyk**

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny  
Sekcja Biometrii Leśnej Koła Naukowego Leśników  
m.t.lecyk@gmail.com

**Rafał Wojtan**

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny  
Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu  
Rafał.Wojtan@wl.sggw.pl