

EWA BŁOŃSKA, JAROSŁAW LASOTA, WOJCIECH PIASZCZYK

Zapas i struktura martwego drewna oraz jego znaczenie w akumulacji węgla na siedliskach lasu wilgotnego oraz olsu jesionowego*

Stock and structure of deadwood and its importance in carbon accumulation on wet broadleaved forest and riparian alder forest sites

ABSTRACT

Błońska E., Lasota J., Piaszczyk W. 2019. Zapas i struktura martwego drewna oraz jego znaczenie w akumulacji węgla na siedliskach lasu wilgotnego oraz olsu jesionowego. Sylwan 163 (2): 141-149.

The main aim of study was to present the stock and structure of deadwood in different site conditions. In total, sixteen study plots were established on wet broadleaved forest (Lw) and riparian alder forest (OIJ) sites. The objective was to determine the carbon accumulation in lying dead trees. The investigation was performed in the Czarna Różga reserve in Central Poland (50°59'37N; 20°01'5E). All live and dead trees were measured on each plot. The species of both live and dead trees were identified as well, and the decay class of the dead trees was assessed. Additionally, samples of different species wood from lying logs in five decay classes were taken for carbon content determination. The study was carried out in the spring of 2017. The average stock of deadwood in the Czarna Różga reserve on the wet broadleaved forest site amounted to 47 m³/ha, while on the riparian alder forest site it equaled 52 m³/ha. The high stock of deadwood can be explained by the slowdown of decay processes by humidity and anaerobic conditions. Ash was the dominant species in the deadwood pool. Regardless of the site conditions (Lw or OIJ), the stock of ash deadwood was several times higher than the stock of live trees this species. The greater carbon stock in lying dead trees was recorded in riparian alder forest.

KEY WORDS

decay classes, deadwood, riparian alder forest, site condition, wet broadleaved forest

ADDRESSES

Ewa Błońska – e-mail: eblonska@ar.krakow.pl
Jarosław Lasota, Wojciech Piaszczyk

Zakład Gleboznawstwa Leśnego, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

Wstęp

Martwe drewno jest źródłem różnorodności biologicznej, stanowi istotny element ekosystemu leśnego oraz korzystnie wpływa na fizyczne, chemiczne i biochemiczne właściwości gleb [Błońska i in. 2017; Lasota i in. 2017]. Pozostawiane drewno z martwych, zwalonych drzew jest miejscem bytowania grzybów, owadów i drobnoustrojów, a jednocześnie stanowi rezerwuwar substancji odżywczych [Ciach 2011].

*Projekt sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji DEC-2016/21/D/NZ9/01333.

Główne procesy związane z rozkładem martwego drewna to oddychanie heterotroficzne, biologiczne przekształcanie z udziałem mikroorganizmów, fizyczne rozdrabnianie substancji drzewnej oraz wymywanie produktów rozkładu drewna [Russel i in. 2015; Magnússon i in. 2016]. W trakcie rozkładu martwego drewna następuje uwalnianie węgla z substancji drzewnej. Proces ten zależy od tempa rozkładu drewna, na który wpływają warunki wilgotności, temperatura, światło oraz organizmy rozkładające drewno. Szacuje się, że lasy wraz z glebą magazynują 2-3 razy więcej węgla niż obecnie znajduje się w atmosferze. Węgiel pochodzący z martwego drewna częściowo trafia do gleb, przez co emisja dwutlenku węgla do atmosfery jest ograniczona. Martwe drewno stopniowo jest włączane w skład gleby i uwalnia składniki odżywcze oraz węgiel organiczny, który znacząco wpływa na bilans węgla ekosystemu leśnego [Magnússon i in. 2016]. W kształtowaniu zapasu martwego drewna duże znaczenie odgrywiają warunki siedliskowe [Yin 1999; Fravolini i in. 2016], które determinują przede wszystkim skład gatunkowy drzewostanu, co w efekcie decyduje o strukturze gatunkowej martwego drewna i akumulacji węgla.

Siedliska lasu wilgotnego i olsu jesionowego są wyjątkowo bogate pod względem różnorodności gatunkowej i związane są z glebami hydrogenicznymi [Lasota i in. 2011; Wanic i in. 2011]. Typowymi glebami, na których kształtują się te dwa rzadkie siedliska, są eutroficzne podtypy gleb gruntowoglejowych, czarne ziemie, gleby murszaste oraz mułowe. Trofizm gleb oraz oddziaływanie wody skutkuje dużym bogactwem roślinności. Zespoły leśne występujące na tych siedliskach są przedmiotem ochrony i monitoringu w programie Natura 2000. Trwałości tych cennych ekosystemów zagrażają melioracje i regulacje rzek [Podbielkowski 1975; Borysiak i in. 2004].

Celem badań było przedstawienie struktury martwego drewna oraz akumulacji zawartego w nim węgla na dwóch różnych typach siedliskowych lasu. Przedstawiono strukturę martwego drewna z uwzględnieniem gatunku, stopnia rozkładu oraz formy martwego drewna. Badania zostały przeprowadzone na powierzchniach zlokalizowanych na terenie objętym ścisłą ochroną rezerwatową, na której nie prowadzi się żadnych zabiegów gospodarczych.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono na terenie rezerwatu Czarna Różga (50°59'37N; 20°01'5E) zlokalizowanego na terenie Nadleśnictwa Przedbórz (RDLP Łódź). Powierzchnia rezerwatu wynosi 185,6 ha. W granicach rezerwatu drzewostany są naturalnego pochodzenia, a gatunkiem dominującym jest olsza. Do badań wytypowano 16 kołowych powierzchni badawczych o powierzchni 10 arów. Osiem powierzchni reprezentowało siedlisko lasu wilgotnego (Lw) z zespołem *Tilio-Carpinetum ficarietosum*, kolejne osiem siedlisko olsu jesionowego (OlJ) z zespołem *Fraxino-Alnetum*. Teren badań charakteryzuje się dominacją gleb gruntowoglejowych wykształconych na dawnych terasach akumulacji rzeki Czarnej. Badanym powierzchniom towarzyszyły gleby gruntowoglejowe w różnych podtypach: właściwe, murszowe, murszaste, próchniczne, mułowe i torfiaste oraz czarne ziemie właściwe (tab. 1). Badania były prowadzone wiosną 2017 roku. Na każdej powierzchni badawczej zinwentaryzowano warunki siedliskowe z uwzględnieniem typu roślinności, typu gleb oraz stopnia uwilgotnienia (tab. 1). Na powierzchniach badawczych pomierzono drzewa żywe i martwe. W przypadku drzew żywych zmierzono pierśnicę wszystkich drzew (>7cm) oraz ich wysokość. Na podstawie uzyskanych danych określono zapas żywych drzew [m³/ha]. Martwe drewno zostało podzielone na drewno stojące (drzewa stojące i tylce) oraz drewno leżące (martwe drzewa leżące i pniaki). Miąższość martwych drzew leżących oraz pniaków określono według wzoru [Bruchwald 1999]:

$$V = (\pi \cdot d^2) / 40000 \cdot L$$

gdzie:

d – średnica środkowa [cm],

L – długość (martwe drzewa leżące) lub wysokość (pniaki) [m].

W celu określenia miąższości żywych i martwych drzew stojących użyto tablic miąższości drzew stojących Czuraja i in. [1960].

Stopień rozkładu pniaków sklasyfikowano według sześciostopniowej skali, podczas gdy martwe drzewa leżące i stojące oceniono na podstawie pięciu klas. Do oceny stopni rozkładu pniaków oraz martwych drzew leżących i stojących zastosowano klasyfikację Masera i in. [1979] wykorzystaną w pracy Błońskiej i in. [2017].

Dodatkowo pobrano próbki różnych gatunków drewna z kłód leżących w pięciu klasach rozkładu w celu określenia zawartości węgla. Próbki drewna zebrano w trzech powtórzeniach. Zawartość węgla (C) określono za pomocą analizatora elementarnego (LECO CNS TrueMac Analyzer) (Leco, St. Joseph, MI, USA). Gęstość drewna określono, wykorzystując metodę suszarkowo-wagową. Obliczono zawartość węgla w 1 m³ martwego drewna leżącego oraz zapas węgla w przeliczeniu na 1 ha w różnych wariantach siedliskowych, wykorzystując gęstość drewna oraz zawartość węgla (tab. 2).

Statystyczne analizy wykonano, wykorzystując program Statistica 12. Wyznaczono podstawowe statystyki opisowe, tj. średnią arytmetyczną oraz miary określające stopień zróżnicowania wyników (odchylenie standardowe). Do oceny statystycznej istotności różnic w zapasie martwego drewna w dwóch różnych typach siedliskowych lasu i w poszczególnych klasach rozkładu martwego drewna wykorzystano testy U Manna-Whitneya oraz Kruskala-Wallisa.

Tabela 1.

Charakterystyka powierzchni badawczych

The research plots characteristic

TSL	Zespół roślinny Plant community	Skład gatunkowy Species composition	Podtyp gleby Soil subtype
1		4Jd3OI2Gb1Db	Gw
2		8OI1Jd1Gb	Gm
3		7OI2Gb1Jd, Js	Gm
4	Lw <i>Tilio-Carpinetum ficarietosum</i>	4OI4Gb1Db1Jw, Bk, Jd, Św	Gm
5		6OI2Gb1Św1Db, Jd, Jw	Gms
6		6OI2Jd1Gb1Św, Brz, Js	Gw
7		5OI5Gb	Gw
8		6OI3Gb1Db, Jw, Js	Gw
9		10OI pjd Gb, Jw, Js, Św	Gw
10		9OI1Gb pjd Js, Jw, Św	Gp
11		10OI	CZw
12	OIJ <i>Fraxino-Alnetum</i>	9OI1Gb	Gts
13		9OI1Gb	Gw
14		10OI pjd Gb, Jd, Js	Gm
15		8OI1Gb1Jw, Jd	Gmł
16		8OI1Brz1Gb, Jd	Gw

Gw – gruntowoglejowa właściwa, Gm – gruntowoglejowa murszowa, Gms – gruntowoglejowa murszasta, Gp – gruntowoglejowa próchniczna, CZw – czarna ziemia właściwa, Gts – gruntowoglejowa torfiasta, Gmł – gruntowoglejowa mułowa

TSL – forest type site: Lw – wet broadleaved forest, OIJ – riparian alder forest; Jd – silver fir, OI – common alder, Gb – common hornbeam, Db – pedunculate oak, Js – common ash, Bk – common beech, Św – Norway spruce, Jw – maple sycamore, Brz – silver birch; Gw – Haplic Gleysol, Gm – Histic Gleysol Dranic, Gms – Mollie Gleysol Dystric, Gp – Mollie Gleysol Humic Eutric, CZw – Mollie Gleysol, Gts – Histic Gleysol, Gmł – Mollie Gleysol

Wyniki

W składzie gatunkowym drzewostanu na siedlisku lasu wilgotnego (Lw) najwyższy udział ma olsza czarna (59%) i grab (20,9%). Liczniejszymi domieszkami są jodła (9,4%) oraz dąb szypułkowy (4,8%). Jesion stanowi aktualnie niewielki udział (1,1%), a miąższość grubizny tego gatunku wynosi średnio 4,44 m³/ha (tab. 3). Na siedlisku olsu jesionowego gatunkiem zdecydowanie dominującym jest olsza czarna (92,2%) – przeciętna miąższość grubizny tego gatunku wynosi 495,30 m³/ha. Rolę domieszkową w drzewostanach na tym siedlisku pełnią grab (5,3%), jodła (1,1%) i jawor (0,7%), natomiast jesion stanowi aktualnie jedynie niewielką domieszkę, z udziałem 0,4% (tab. 3).

Na siedlisku lasu wilgotnego zanotowano martwe drewno stojące jesionu, olszy, graba, jodły oraz świerka. W zapasie martwego drewna stojącego dominowało drewno olszy, którego miąższość

Tabela 2.

Gęstość drewna (Dd [g/cm³]) oraz zawartość węgla w drewnie (C [%]) badanych gatunków w różnym stopniu rozkładu (I-V)

Wood density (Dd [g/cm³]) and carbon content (C [%]) in wood of tested species in different decay classes (I-V)

Gatunek		I	II	III	IV	V
Ol	Dd	0,50	0,44	0,38	0,29	0,17
	C	46,98	46,92	47,00	46,32	46,12
Os	Dd	0,45	0,40	0,36	0,21	0,10
	C	46,35	45,73	45,35	45,99	46,42
Js	Dd	0,68	0,56	0,44	0,31	0,19
	C	46,25	46,08	45,83	45,90	46,04
Jd	Dd	0,42	0,39	0,36	0,17	0,11
	C	47,35	46,53	45,91	47,35	46,80
Gb	Dd	0,74	0,66	0,57	0,31	0,22
	C	46,39	45,84	45,30	44,70	45,41

Tabela 3.

Średnia pierśnica (D [cm]), wysokość (H [m]), zasobność (V [m³/ha]) oraz udział gatunku (U [%]) na badanych siedliskach

Mean breast height diameter (D [cm]), height (H [m]), growing stock (V [m³/ha]) and fraction of a given species (gatunek) in analysed forest site types

TSL	Gatunek	D	H	V	U
Lw	Ol	38,4	26,1	241,70	59,0
	Gb	21,1	18,6	85,70	20,9
	Jd	23,2	19,1	38,79	9,4
	Db	35,2	23,5	19,54	4,8
	Św	27,1	22,4	11,26	2,8
	Js	26,4	21,1	4,44	1,1
	Jw	24,8	24,2	4,59	1,1
	Bk	19,9	18,0	3,49	0,9
OlJ	Ol	36,9	28,5	495,30	92,2
	Gb	17,7	15,6	28,68	5,3
	Jd	21,7	16,5	5,70	1,1
	Jw	14,1	14,9	3,66	0,7
	Js	13,7	14,7	1,94	0,4
	Św	15,8	13,2	1,84	0,3

na badanych powierzchniach wynosiła średnio 8,28 m³/ha. W obrębie lasu wilgotnego martwe drewno w postaci tyłców stanowiła wyłącznie olsza czarna. W przypadku drewna martwego leżącego zapas drewna poszczególnych gatunków przedstawia się odmiennie w porównaniu do drewna martwego stojącego. Drewno martwe leżące zdominowane jest przez drewno jesionu. Przeciętny zapas drewna tego gatunku na siedlisku lasu wilgotnego wynosi 12,96 m³/ha. Najniższą miąższość odnotowano w przypadku kłód świerka – średnio 0,83 m³/ha. Martwe drewno w postaci pniaków zdominowane było przez drewno olszy. Niewielką miąższość wykazały pniaki jodły, grabu i świerka (tab. 4). Na siedlisku olsu jesionowego w składzie martwego drewna współwystępowały jesiony, olsze, graby i jodły. Najwyższą miąższość w martwym drewnie stojącym wykazała olsza (miąższość martwego drewna stojącego tego gatunku wynosiła 9,74 m³/ha, a tyłców 3,35 m³/ha). Zapas martwego drewna stojącego jesionu nie był wysoki i wynosił 1,66 m³/ha. Martwe drewno leżące było zdominowane przez drewno jesionu, a jego miąższość wynosiła średnio 16,42 m³/ha. Na siedlisku olsu jesionowego zinwentaryzowano jedynie pniaki olszy (średnio 1,47 m³/ha) (tab. 4). Zarówno na siedlisku lasu wilgotnego, jak i siedlisku olsu jesionowego stwierdzono przewagę drewna martwego jesionu w stosunku do miąższości drzew żywych tego gatunku. Na badanych siedliskach zanotowano 3-5-krotnie wyższy udział martwego drewna jesionu w stosunku do drzew żywych (ryc. 1).

Na siedlisku lasu wilgotnego najwyższą miąższość wykazywało martwe drewno w III i IV stopniu rozkładu (ponad 10 m³/ha w poszczególnych klasach rozkładu). Drewno w I i II stopniu rozkładu występowało w niewielkich ilościach (ryc. 2). Na siedlisku olsu jesionowego, podobnie jak na siedlisku lasu wilgotnego, dominowało martwe drewno w III stopniu rozkładu, nieco niższy zapas martwego drewna odnotowano w IV stopniu rozkładu.

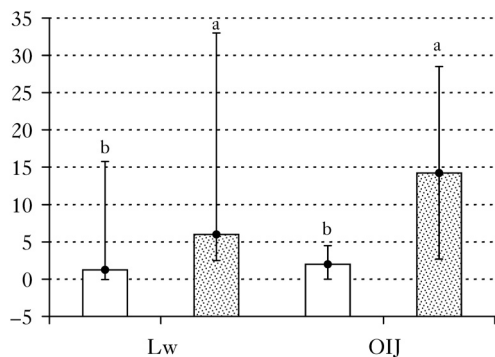
Średnia zawartość węgla w martwym drewnie była wyższa na siedlisku olsu jesionowego w porównaniu do siedliska lasu wilgotnego (tab. 4). Stwierdzono brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy wariantami siedliskowymi pod względem średniej zawartości węgla ($p=0,186$). Zapas węgla zakumulowanego w martwym drewnie był wyższy na siedlisku olsu jesionowego i wynosił 4,78 Mg/ha, natomiast na siedlisku lasu wilgotnego był mniejszy i wyniósł 3,38 Mg/ha (tab. 4). W większości badanych stopni rozkładu, tj. II, IV i V, wyższą zawartość węgla w martwym drewnie zanotowano na siedlisku OIJ (ryc. 3).

Tabela 4.

Zapas martwego drewna poszczególnych gatunków [m³/ha] oraz zawartość (C [kg/m³]) i zapas (Z [Mg/ha]) węgla w martwym drewnie w analizowanych siedliskowych typach lasu

Resources [m³/ha] of the deadwood of different species as well as carbon content (C [kg/m³]) and stock (Z [Mg/ha]) in lying dead in analysed forest site types (TSL)

TSL	Gatunek	Martwe drzewa stojące Standing deadwood		Martwe drzewa leżące Lying deadwood		C	Z
		Całe drzewa Dead trees	Tyłce Snags	Kłody Logs	Pniaki Stumps		
Lw	Js	0,55 ±1,56	–	12,96 ±12,64	–	148,3 (46,4-314,5)	3,38
	Ol	8,28 ±10,42	2,20 ±3,64	6,49 ±8,06	1,15 ±1,51		
	Os	–	–	4,08 ±8,54	–		
	Gb	0,81 ±1,32	–	2,29 ±5,49	0,03 ±0,06		
	Jd	4,93 ±13,61	–	1,67 ±1,76	0,53 ±0,56		
	Św	0,31 ±0,67	–	0,83 ±2,06	0,04 ±0,09		
OIJ	Js	1,66 ±2,96	–	16,42 ±17,15	–	171,3 (78,4-302,5)	4,78
	Ol	9,74 ±11,28	3,35 ±7,22	17,90 ±17,12	1,47 ±1,38		
	Gb	0,38 ±0,60	–	0,59 ±1,00	–		
	Jd	–	–	0,54 ±1,52	–		

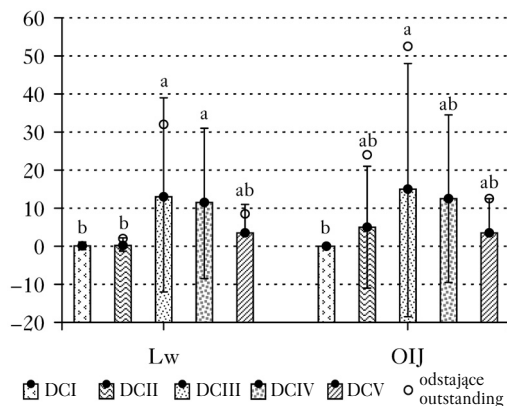


Ryc. 1.

Mediana (słupek) ±zakres nieodstających (wąsy) wartości miąższości grubizny żywych jesionów (jasny) i zapasu martwego drewna (ciemny) [m³/ha] tego gatunku na badanych siedliskach

Median (bar) ±non-outliers range (whiskers) of growing stock of living ashes and amount of that species deadwood [m³/ha] in analysed forest site types

te same litery oznaczają brak istotnych różnic między siedliskami the same letters indicate no significant difference between site types

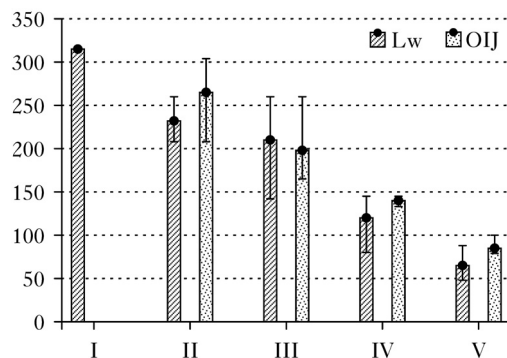


Ryc. 2.

Średni (słupek) ±2 odchylenia standardowe (wąsy) zapas martwego drewna leżącego [m³/ha] w różnych stopniach rozkładu (DCI-V) na badanych siedliskach

Mean (bar) ±2 standard deviations (whiskers) deadwood resources [m³/ha] in different decay classes (DCI-V) in analysed forest site types

te same litery oznaczają brak istotnych różnic między stopniami rozkładu the same letters indicate no significant difference between decay classes



Ryc. 3.

Średnia zawartość węgla [kg/m³] w martwym drewnie w różnych stopniach rozkładu na badanych siedliskach

Average carbon content [kg/m³] in deadwood in individual decay classes in analysed forest site types

Dyskusja

Przeprowadzone badania wskazały na różnice w strukturze i ilości martwego drewna na siedliskach lasu wilgotnego i olsu jesionowego. Wyższy zapas martwego drewna odnotowano na siedlisku OIJ. Według Stocklanda i in. [2012] zasoby martwego drewna w ekosystemach leśnych zmieniają się nieustannie. W efekcie występowania rozległego zaburzenia gwałtownie zwiększa się ilość martwego drewna [Szwagrzyk 2014]. Harmon i in. [1986] oraz Stevens [1997] jako główne przyczyny zamierania drzew wymieniają działania silnych wiatrów, pożary, oddziaływanie szkodników owadzych oraz choroby powodowane przez grzyby. Wysoki zapas martwego drewna na obu badanych siedliskach można wiązać z zamieraniem jesionu. Zarówno na siedlisku lasu wil-

gotnego, jak i siedlisku olsu jesionowego w zapasie martwego drewna dominowało drewno jesionu. Bez względu na warunki siedliskowe, tj. zarówno na siedlisku lasu wilgotnego, jak i siedlisku olsu jesionowego, zanotowano kilkakrotnie wyższy udział martwego drewna jesionu w stosunku do żywych drzew tego gatunku. Według Kowalskiego i in. [2012] choroba zamierania jesionu występuje bez względu na zajmowane siedlisko. Orzechowski i in. [2016] stwierdzili objawy zamierania drzewostanów jesionowych w rezerwacie Jesionowe Góry na glebach zasobnych w węglan wapnia, gdzie ten gatunek powinien wykazywać wyższą odporność. W badanym rezerwacie drzewostany charakteryzują się starszym wiekiem (80-120 lat) i znajdują się aktualnie w fazie dojrzałości. Udział drewna jesionu w ogólnym zapasie martwego drewna (średnio 29-35%) świadczy o tym, że gatunek ten odgrywał w przeszłości ważną rolę w budowie drzewostanów na obu badanych siedliskach. Obecnie jego udział w miąższości grubizny wynosi zaledwie 0,4-1,1%. Olsza jest obok jesionu gatunkiem dominującym w zapasie martwego drewna rezerwatu. Zwiększa ona zapas martwego drewna we wszystkich formach występujących na badanym terenie (martwe drewno stojące, tylce, kłody oraz pniaki). Przyczyną tak dużego udziału olszy w zapasie martwego drewna są procesy naturalne związane z wydzielaniem dojrzałych drzew, a także z zamieraniem drzew przygłuszonych w wyniku konkurencji.

W prezentowanych badaniach odnotowano wyższy zapas węgla [Mg C/ha] na siedlisku olsu jesionowego, co można wiązać z większą ilością martwego drewna w obrębie tego siedliska. Różnice w zapasie węgla w martwym drewnie pomiędzy badanymi typami siedlisk nie były statystycznie istotne. Zapas węgla w martwym drewnie na obu badanych siedliskach malał wraz z zaawansowaniem stopnia rozkładu drewna. W trakcie dekompozycji drewna zmieniają się jego cechy fizyczne oraz zostają uwalniane produkty rozkładu. Jednym ze sposobów transportu tych produktów są procesy wymywania. Rozpuszczalny węgiel organiczny (DOC) trafia do gleby w trakcie procesu wymywania nasilającego się w kolejnych stopniach rozkładu [Kuehne i in. 2008; Kahl i in. 2012; Bantle i in. 2014].

Martwe drewno na terenie rezerwatu Czarna Różga wykazuje różny stopień zaawansowania procesu dekompozycji. Najwięcej odnotowano go w trzecim i czwartym stopniu rozkładu. Rozkład martwego drewna na tle pięciostopniowej klasyfikacji dekompozycji może być efektem czasu, w którym badany teren objęty jest ochroną rezerwatową. Rezerwat Czarna Różga został utworzony w 1996 roku i od tego czasu nie prowadzi się na jego terenie prac związanych z pozyskaniem drewna. W dwudziestoletnim okresie ochrony drewno przechodziło do kolejnych, wyższych stopni rozkładu, jednak jest to zbyt krótki okres czasu, żeby licznie pojawiło się drewno w najsilniej zaawansowanej formie rozkładu. Powolny rozkład martwego drewna na siedlisku olsu jesionowego można wiązać z silnym uwilgotnieniem i okresowym występowaniem warunków beztlenowych. Według Fravolini i in. [2016] tempo rozkładu martwego drewna zależy od warunków klimatycznych, zwłaszcza temperatury i wilgotności. Liu i in. [2006] w swoich badaniach stwierdzili, że wilgotność silniej determinuje tempo rozkładu drewna niż temperatura. Wilgotność decyduje o dostępności składników pokarmowych oraz dyfuzji tlenu, co bezpośrednio wpływa na tempo procesów rozkładu mikrobiologicznego.

Podstawową różnicą między lasami naturalnymi i użytkowanymi gospodarczo jest ilość martwego drewna [Tomusiak i in. 2014]. W Polsce miąższość martwego drewna w drzewostanach użytkowanych gospodarczo rzadko przekracza 5 m³/ha, średnio wynosi 2 m³/ha [Maciejewski, Szafraniec 2014]. Na badanych powierzchniach średnia miąższość martwego drewna wynosi 47 m³/ha na siedlisku lasu wilgotnego i 52 m³/ha na siedlisku olsu jesionowego. Duża ilość martwego drewna, jego różnorodność gatunkowa oraz przewaga całego drewna nad pniakami świadczą o naturalnym charakterze drzewostanów badanego rezerwatu.

Wnioski

- ✦ Zarówno siedlisko lasu wilgotnego, jak i olsu jesionowego charakteryzowało się wysokim zapasem martwego drewna. Nieznacznie wyższy zapas takiego drewna odnotowano na siedlisku olsu jesionowego. Bez względu na siedlisko zapas martwego drewna zdominowany był przez drewno w III i IV stopniu rozkładu.
- ✦ W trakcie badań na terenie rezerwatu Czarna Różga zinwentaryzowano wysoki zapas martwego drewna jesionu (średni udział tego gatunku w całym zapasie wynosił od 29 do 35%). Zarówno na siedlisku lasu wilgotnego, jak i olsu jesionowego zapas martwego drewna jesionu był kilkakrotnie wyższy niż zapas żywych drzew tego gatunku.
- ✦ Na siedlisku olsu jesionowego stwierdzono tendencję wzrostu zapasu Corg. w martwym drewnie, co można wiązać z wyższym zapasem martwego drewna w obrębie tego siedliska oraz spowolnieniem jego rozkładu.
- ✦ Na obu badanych siedliskach zapas węgla w martwym drewnie zmniejszał się wraz z zaawansowaniem stopnia rozkładu drewna.
- ✦ Duża ilość martwego drewna oraz jego różnorodność gatunkowa potwierdzają wysoki stopień naturalności drzewostanów na terenie rezerwatu Czarna Różga.

Literatura

- Bantle A., Borken W., Ellerbrock R. H., Schulze E. D., Weisser W. W., Metzner E. 2014. Quantity and quality of dissolved organic carbon released from coarse woody debris of different tree species in the early phase of decomposition. *Forest Ecology and Management* 329: 287-294.
- Błońska E., Kacprzyk M., Spólnik A. 2017. Effect of deadwood of different tree species in various stages of decomposition on biochemical soil properties and carbon storage. *Ecological Research* 32 (2): 193-203.
- Borysiak J., Pawelczyk P., Stachnowicz W. 2004. Łęgi wierzbowe, topolowe, olszowe i jesionowe (*Salicetum albae*, *Populetum albae*, *Anenion glutinoso-incanae*, olsy źródłiskowe) *91E0. W: Herbich J. [red.]. *Lasy i Bory. Poradnik ochrony siedlisk i gruntów 2000 – podręcznik metodyczny*. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- Bruchwald A. 1999. *Dendrometria*. SGGW, Warszawa.
- Ciach M. 2011. Dead and dying trees in forest ecosystem – quantity, quality, and diversity. *Studia i Materiały CEPL* 2: 186-199
- Czuraj M., Radwański B., Strzemeski S. 1960. *Tablice miąższości drzew stojących*. PWRiL, Warszawa.
- Fravolini G., Egli M., Derungs C., Cherubini P., Ascher-Jenull J., Gómez-Brandón M., Bardelli T., Tognetti R., Lombardi F., Marchetti M. 2016. Soil attributes and microclimate are important drivers of initial deadwood decay in sub-alpine Norway spruce forests. *Science of the Total Environment* 569-570: 1064-1076.
- 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 Jr. K., Cummins K. W. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advance Ecology Research* 15: 133-302.
- Kahl T., Mund M., Bauhus J., Detlef S. E. 2012. Dissolved organic carbon from European beech logs: patterns of input to and retention by surface soil. *Ecoscience* 19: 1-10.
- Kowalski T., Kraj W., Szeszycki T. 2012. Badania nad zamieraniem jesionu w drzewostanach Nadleśnictwa Rokita. *Acta Agraria et Silvestria., Ser. Silv.* 50: 3-22.
- Kuehne C., Donath C., Müller-Using S. I., Bartsch N. 2008. Nutrient fluxes via leaching from coarse woody debris in a *Fagus sylvatica* forest in the Solling Mountains, Germany. *Canadian Journal of Forest Research* 38: 2405-2413.
- Lasota J., Błońska E., Piaszczyk W., Wiecheć M. 2017. How the deadwood of different tree species in various stages of decomposition affected nutrient dynamics? *Journal of Soil and Sediments* 18 (8): 2759–2769. DOI: 10.1007/s11368-017-1858-2.
- Lasota J., Brożek S., Zwydak M., Wanic T. 2011. Różnorodność gleb żyznych buczyn i grądów. *Roczniki Gleboznawcze* 62 (4): 93-109.
- Liu P., Huang J., Han X., Sun O. J., Zhou Z. 2006. Differential responses of litter decomposition to increased soil nutrients and water between two contrasting grassland plant species of Inner Mongolia, China. *Applied and Soil Ecology* 34: 266-275.
- Maciejewski Z., Szafraniec S. 2014. Martwe drzewa w lasach naturalnych Roztoczańskiego Parku Narodowego i ich rola w zachowaniu populacji zagrożonych wyginieciem gatunków chrząszczy saproksylicznych. *Studia i Materiały CEPL* 41 (4): 248-257.

- Magnússon R. Í., Tietema A., Cornelissen J. H. C., Hefting M. M., Kalbitz K. 2016. Sequestration of carbon from coarse woody debris in forest soils. *Forest Ecology and Management* 377: 1-15.
- Maser C., Anderson R. G., Cromak K., Williams J. T., Martin R. E. 1979. Dead and down woody material. W: Thomas J. W. [red.]. *Wildlife habitats in managed forests: the blue mountains of Oregon and Washington*. USDA Forest Service Agricultural Handbook 553: 78-95.
- Orzechowski M., Kacprzak J., Kędziora W. 2016. Zamieranie jesionu wyniosłego (*Fraxinus excelsior* L.) w rezerwacie Jesionowe Góry. *Leś. Pr. Bad.* 77 (2): 124-133.
- Podbielkowski Z. 1975. *Roślinność kuli ziemskiej*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
- Russell M. B., Fraver S., Aakala T., Gove J. H., Woodall C. W., D'Amato A. W., Ducey M. J. 2015. Quantifying carbon stores and decomposition in dead wood: a review. *Forest Ecology and Management* 350: 107-128.
- Stevens V. 1997. The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in B.C. forests. Res. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. Work. Pap. 30.
- Stockland J. N., Siitonen J., Jonsson B. G. 2012. *Biodiversity in Dead Wood*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Szwagrzyk J. 2014. Zamieranie i rozkład drzew jako procesy ekologiczne. *Studia i Materiały CEPL* 41 (4): 9-14.
- Tomusiak R., Mostrąg A., Kędziora W., Wilczak A., Dominiecki A., Leczyk M., Wojtan R. 2014. Zasoby martwego drewna leżącego w drzewostanach sosny zwyczajnej i sosny czarnej na wydmach nadmorskich w rezerwacie „Mierzeja Sarbska”. *Studia i Materiały CEPL* 41: 73-85.
- Wanic T., Brożek S., Lasota J., Zwydak M. 2011. Różnorodność gleb olsów i łęgów. *Roczniki Gleboznawcze* 62 (4): 109-124.
- Yin X. 1999. The decay of forest woody debris: numerical modeling and implications based on some 300 data cases from North America. *Oecologia* 121: 81-98.