

Porównanie ilości martwego drewna leżącego w drzewostanach sosnowych i świerkowych Skandynawii przy różnych szerokościach geograficznych

Robert Tomusiak, Wojciech Kędziora, Wojciech Krzemień,
Agnieszka Moskwa, Olga Karbownik, Rafał Mazur

Abstrakt. Martwe drewno korzystnie wpływa na wiele aspektów funkcjonowania lasu, a jego ilość uznawana jest za jeden ze wskaźników biologicznej różnorodności ekosystemów leśnych. O ilości martwego drewna w lesie decyduje sposób zagospodarowania lasu jak i warunki klimatyczne związane z długością jego rozkładu. W ostatnich czasach podejście do martwego drewna znacznie się zmieniło; przez lata uważane było za wylęgarnię zagrożeń dla drzew, w tym tych najniebezpieczniejszych – pożarów. Obecnie z uwagi na różnorodne funkcje ekologiczne martwe drewno jest gwarantem stabilności najbardziej skomplikowanych ekosystemów na Ziemi, jakimi są lasy.

Z uwagi na specyficzne warunki klimatyczne w lasach Skandynawii oraz prowadzoną inaczej niż w Polsce gospodarkę leśną można przypuszczać, iż ilość martwego drewna w strefie borealnej odbiega od jego zasobów stwierdzanych w warunkach polskich. Celem niniejszej pracy było porównanie ilości martwego drewna leżącego (miąższość na 1 ha, powierzchnia dna lasu zajmowana przez martwe drewno, liczba kawałków leżaniny) w typowych drzewostanach świerkowych i sosnowych Półwyspu Skandynawskiego. Powierzchnie badawcze zakładano co trzy stopnie szerokości geograficznej, tj. przy 58°, 61°, 64° oraz za kołem podbiegunowym przy 67° równoleżniku w drzewostanach średniowiekowych i starszych. Badania przeprowadzono metodą linii siecznej przy długości transektu 200 m.

Słowa kluczowe: martwe drewno, sosna, świerk, Skandynawia, gradient szerokości geograficznej.

Abstract. Comparison of the amount of dead wood resources in Scots pine and Norway spruce stands at different latitudes in Scandinavia. Dead wood has a positive influence on various aspects of forest and its amount is considered to be one of the indicators of the biological diversity of forest ecosystems. Forest management as well as climatic conditions, associated with the length of dead wood decomposition, determine the amount of dead wood in forests. Nowadays the approach to the dead wood has changed considerably; for years it was considered as a source of threats to trees including the most dangerous – forest fires. Today, the variety of ecological functions performed by dead wood is the guarantor of stability for the most complex ecosystems on Earth which are forests.

Due to the specific climatic conditions in the forests of Scandinavia as well as different forest management in Poland it can be assumed that the amount of dead

wood in the boreal zone differs from the amount found in Polish conditions. The aim of this study was to compare the amount of coarse woody debris (volume per hectare, total projected area, total number of pieces per hectare) in typical Scots pine and Norway spruce stands in Scandinavia. Sample plots were located at latitude of 58°, 61°, 64° and 67° (above North Arctic Circle) in middle aged and old stands. The study was conducted by the line intersect method with a transect length of 200 m.

Key words: dead wood, Scots pine, Norway spruce, Scandinavia, latitude gradient.

Wstęp

Jeszcze do niedawna martwe drewno uznawane było za element zbędny dla ekosystemu leśnego. Martwa materia drzewna postrzegana była w kategorii strat ekonomicznych, zwiększonego zagrożenia pożarowego, a także jako wylęgarnia chorób i szkodników wtórnych (Piotrowski, Wołk 1975, za Wolski 2000). Dziś spojrzenie na temat martwego drewna w lesie jest całkowicie inne (Stachura-Skierczyńska, Bobiec 2008). Niezależnie od pochodzenia, jego formy i ilości, martwe drewno spełnia wiele funkcji ekologicznych w ekosystemach leśnych. Przede wszystkim modyfikuje warunki siedliskowe i zwiększa bioróżnorodność gatunkową. Ma także olbrzymi wpływ na krążenie pierwiastków w przyrodzie. Waga każdej z tych funkcji jest zależna od położenia biogeograficznego, warunków geomorfologicznych i hydrologicznych, typu ekosystemu oraz rodzaju i zapasu martwego drewna. Obecność zarówno stojącego, jak i leżącego martwego drewna ma znaczący wpływ na mozaikowatość warunków siedliskowych w zbiorowisku leśnym (Franklin i in. 1981). W zależności od formy martwego drewna odgrywać może ono odmienne role. W przypadku martwych drzew stojących nie jest obserwowana zbyt duża modyfikacja warunków siedliskowych (Lofrothe, 1998). Jedyną zauważalną zmianą jest zwiększenie nasłonecznienia dna lasu w sąsiedztwie martwych drzew, co powoduje zwiększenie temperatury oraz wzrost amplitud temperatur dobowych wraz z niewielkim wzrostem siły wiatru (Harmon i in. 1986). Inaczej jest, jeśli chodzi o rolę dużego materiału leżącego. Luki spowodowane zamieraniem drzew powodują lokalny wzrost temperatury oraz wzmoczony ruch powietrza. Przewrócone drzewo, często z tarczą korzeniową, powoduje natychmiastowe zróżnicowanie mikrorzeźby dna lasu. Leżące pnie odgrywają również nie małą rolę zwłaszcza w lasach górskich, w których to korzystnie wpływają na stabilizację stoków (Maser i in. 1998, Stevens 1997). Często warunkują pojawienie się odnowienia. Obecność dużego materiału leżącego zwiększa również powierzchnię dostępną dla organizmów żywych.

Z uwagi na specyficzne warunki klimatyczne oraz prowadząc inaczej niż w Polsce gospodarkę leśną można przypuszczać, że ilość martwego drewna w strefie środkowej i północnej borealnej Skandynawii odbiega od ilości spotykanych w warunkach polskich. Ta hipoteza stanowiła przesłankę do przeprowadzenia badań, których celem było porównanie wybranych cech martwego drewna leżącego (miąższość na 1 ha, powierzchnia dna lasu zajmowana przez martwe drewno, liczba kawałków leżaniny oraz przeciętna długość martwego drewna) w drzewostanach sosnowych i świerkowych przy różnych szerokościach geograficznych na Półwyspie Skandynawskim.

Teren badań i materiał badawczy

Teren badań obejmował dwa kraje skandynawskie: Norwegię i Szwecję. Pierwszy z nich, obejmujący swym terytorium 324 tys. km², zamieszkuje ponad 4 mln ludności. Znaczna część powierzchni kraju znajduje się powyżej górnej granicy lasu. Sezon wegetacyjny na południu trwa około 195 dni, a im bardziej na północ, tym jest on krótszy, dochodząc nawet do 90 dni. Lesistość Norwegii wynosi 37%, co w przeliczeniu na powierzchnię jest równe 12 mln ha lasu. Tylko część z nich (7 mln ha) to lasy o znaczeniu produkcyjnym. Roczny przyrost miąższości wynosi 20 mln m³. Główne gatunki lasotwórcze to świerk, sosna oraz brzoza, domieszkowo również osika, olsza i dąb. Z uwagi na klimat, większość powierzchni leśnej położona jest w południowej i środkowej Norwegii. Górna granica lasu na południu kraju sięga 1000 m n.p.m., a na północy obniża się aż do poziomu morza.

Kolejnym krajem, w którym przeprowadzono badania jest Szwecja. Państwo to zamieszkiwane jest przez ponad 9 mln ludzi na terytorium 449 tys. km². Blisko 15% powierzchni Szwecji znajduje się za kołem podbiegunowym. Jest to kraj wyżynny, w którym średnia wysokość wynosi około 300 m n.p.m. Ponad połowę powierzchni kraju (61%) zajmują lasy. Duże zróżnicowanie klimatyczne Szwecji związane jest z południkową rozciągłością terytorialną. Długość okresu wegetacyjnego jest bardzo zróżnicowana. Na południu kraju obejmuje nawet 240 dni, podczas gdy na dalekiej północy nie przekracza 120 dni. Średnia suma opadów na terenie Szwecji waha się w granicach od 500 do 800 mm, zaś ich ilość zmniejsza się z zachodu na wschód.

Obiektem badań były drzewostany sosnowe i świerkowe na Półwyspie Skandynawskim. Powierzchnie badawcze zakładano co trzy stopnie szerokości geograficznej, tj. przy 58°, 61°, 64° oraz za kołem podbiegunowym przy 67° równoleżniku w drzewostanach średniowiekowych i starszych. Tönnersjöheden (58°), Vindeln (64°) i Ätnarova (67°) to tereny lasów eksperymentalnych SLU (Swedish University of Agricultural Sciences) w Szwecji. Tönnersjöheden, znajduje się w południowo-zachodniej części Szwecji. Gatunkiem dominującym jest tam świerk pospolity (*Picea abies* (L.) H. Karst) i sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.). Z gatunków liściastych spotkać można buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.). Teren lasów doświadczalnych Tönnersjöheden obejmuje 1000 ha lasu iglastego. W procentowym udziale gatunkowym drzew około 75% zajmuje świerk, 11% sosna, 11% gatunki liściaste oraz 3% gatunki obce. Gleby są pochodzenia południowego, z warstwą składającą się z borówki czarnej (*Vaccinium myrtillus* L.), borówki brusznicy (*Vaccinium vitis-idaea* L.) oraz wielu gatunków ziół i traw (Fransson, Walter, Ulander, 2000).

Kolejna lokalizacja powierzchni badawczych (64°) znajduje się w pobliżu Vindeln, 60 km na zachód od miasta Umeå w prowincji Västerbotten. Bory mieszane są wyróżniającym się typem lasu w omawianych lasach doświadczalnych, podłoże skalne składa się prawie wyłącznie z gnejsów. Dominującym typem gleby są moreny o różnej grubości. Klimat jest ważnym czynnikiem ograniczającym wzrost drzew z uwagi na bliską północną granicę występowania lasów. Region jest pod wpływem zarówno nadmorskiego, jak i kontynentalnego klimatu. Najdalej wysuniętą na północ lokalizacją jest Ätnarova (67°), która znajduje się na południe od miejscowości Gällivare w północnej Szwecji. Prawie 90% powierzchni drzew zajmuje świerk pospolity (Lundqvist, Chrimes, Elfving, Mörling, Valinger 2007).

Metodyka badań

Do pomiaru leżaniny użyto metody linii siecznej (ang. *line intersect method*), inaczej nazywanej metodą transektu liniowego, której autorami są Warren i Olsen (1964) oraz Van Wagner (1968). Metoda ta opiera się na zasadzie mówiącej, że liczba przecięć linii o danej długości przez przypadkowo rozmieszczone obiekty jest równa sumie długości tych obiektów. Przy dodatkowym pomiarze grubości kawałków drewna w miejscu przecięcia istnieje możliwość uzyskania miąższości drewna leżącego na określonej powierzchni dna lasu, a także obliczenia powierzchni dna lasu zajmowanej przez drewno.

Uzyskane wielkości cech leżaniny są zależne od sposobu pomiaru długości, dlatego uniwersalnie przyjęto, iż dokonuje się go wzdłuż osi morfologicznej kawałka drewna. Jego grubość mierzona była prostopadłe do osi morfologicznej w punkcie przecięcia z linią transektu. W sytuacji, gdy jeden fragment leżaniny jest kilkakrotnie przecinany przez linię transektu, pomiaru grubości dokonuje się w każdym punkcie przecięcia transektu z osią morfologiczną leżaniny. Pomiar długości dokonywany jest jednokrotnie, jednak notowany jest przy każdym przecięciu osi. W przypadku rozwidlonych kawałków leżaniny oba fragmenty traktowane są oddzielnie.

Przedmiotem pomiarów był każdy kawałek martwego drewna, którego średnica w miejscu przecięcia taśmy (linia transektu) była większa lub równa 2,5 cm. Granica pomiaru jest granicą umowną, a wielu badaczy jako próg pomiarowy przyjmuje średnicę kawałków drewna w miejscu przecięcia linią transektu wynoszącą 0,6 cm (Wolski, 2002), 2,5 cm (McKenzie 2000), 5,0 cm (Mattson i in., 1987), 7,5 cm (Brown, 1974; Vose i in., 1999; Williamson, 2008), 8,0 cm (BC Ministry of Forests, 2000), 10,0 cm (Lofroth, 1997; Marshall i in., 2000; Rouvinen i in., 2002; Ekblom 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. W tym kontekście istnieją również rozbieżności w nazewnictwie różnej grubości leżaniny. Wiele opracowań bazuje na podziale na trzy zasadnicze przedziały grubości: średnica poniżej 2,5 cm – chrust cienki; 2,5–7,5 cm – drobnica gałęziowa, powyżej 7,5 cm – grubizna (Brown, 1974).

Badania przeprowadzono metodą linii siecznej przy długości transektu 200 m w typowych, przy danej szerokości geograficznej, drzewostanach świerkowych i sosnowych Półwyspu Skandynawskiego. W metodyce założono lokalizację powierzchni badawczych co trzy stopnie szerokości geograficznej, począwszy od równoleżnika 58° do występującego powyżej koła podbiegunowego północnego równoleżnika 67°. Przy każdej lokalizacji zakładano cztery powierzchnie badawcze, uwzględniając dwa gatunki panujące w drzewostanie (sosna i świerk) oraz dwie klasy wieku (50 i 100 lat).

Określono i przeanalizowano następujące charakterystyki martwego drewna leżącego:
– liczba kawałków leżaniny [szt./ha]:

$$y_i = \frac{\pi^2}{8L} \cdot \sum_{j=1}^{m_i} d_{ij}^2$$

– miąższość leżaniny [m³/ha]:

$$v = \frac{\pi^2}{8L} \cdot \sum d^2$$

– powierzchnia dna lasu zajęta przez martwe drewno [m²/ha]:

$$y = \frac{50\pi}{L} \cdot \sum d$$

– średnia długość kawałka leżaniny [m]:

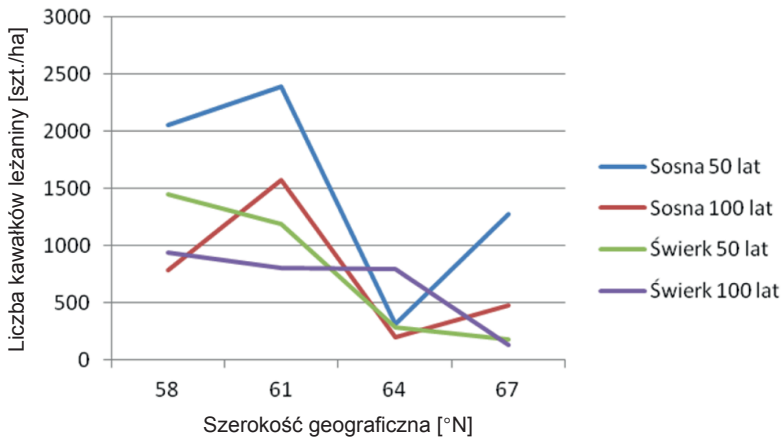
$$y_i = \frac{\left(\frac{1000\pi}{2L} \right)}{\left(\frac{1000\pi}{2L} \cdot \sum_{j=1}^{m_i} \frac{1}{l_{ij}} \right)} = \frac{m_i}{\sum_{j=1}^{m_i} \frac{1}{l_{ij}}}$$

Wyniki badań i dyskusja

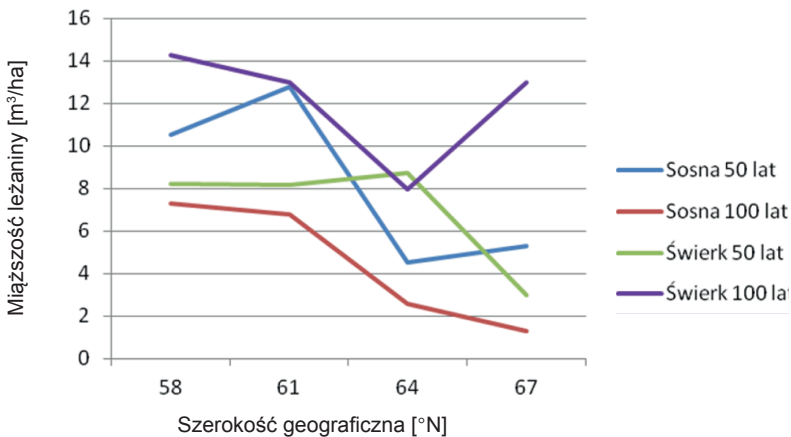
Wraz ze wzrostem szerokości geograficznej zaobserwowano trend spadkowy liczby kawałków leżaniny na hektarze (ryc. 1). Najprawdopodobniej zmniejszenie ilości światła, długości okresu wegetacyjnego oraz temperatury skutkuje spowolnieniem procesów wzrostu zachodzących w drzewostanach, a w związku z tym również procesu wydzielania się drzew. Świerk, który jest szybciej atakowany przez patogeny grzybowe, rozkłada się szybciej niż sosna, co skutkuje mniejszą liczbą kawałków leżaniny na hektarze. Spośród porównywanych powierzchni największą liczbę kawałków martwego drewna w dnie lasu stwierdzono dla średniowiekowej sosny na 58., 61. i 67. równoleżniku (liczba kawałków leżaniny wynosi odpowiednio: 2057, 2392, 1274 szt./ha), gdzie wartości znacznie odbiegały od wartości stwierdzonych w pozostałych drzewostanach. Jedynie przy szerokości geograficznej 64° większą wartością tej cechy charakteryzował się drzewostan świerkowy w wieku 100 lat (796 szt./ha). Najmniej kawałków leżaniny obserwowano w stuletnim drzewostanie sosnowym przy 58. i 64. równoleżniku (odpowiednio 787 i 196 szt./ha) oraz w starszym drzewostanie świerkowym przy 61. i 67. (odpowiednio 805 i 132 szt./ha). Wyraźnie zaznaczają się różnice między drzewostanami młodszymi (więcej) i starszymi (mniej kawałków drewna). Przy porównaniu gatunków na ogół więcej kawałków leżaniny obserwuje się w drzewostanach sosnowych.

Mimo małej liczby kawałków leżaniny na hektarze 100-letni świerk charakteryzuje się największą miąższością leżaniny na wielkości powierzchni próbnych (ryc. 2). Najczęściej jest to spowodowane dużymi rozmiarami występujących w niewielkiej liczbie kawałków drewna, co przekłada się bezpośrednio na ich miąższość. Poza kołem podbiegunowym świerk znacząco zwiększa miąższość leżaniny, co może być spowodowane spowolnieniem rozkładu związanym z mniejszą ilością światła oraz występującą przez dłuższy okres w ciągu roku niską temperaturą powietrza. Spośród porównywanych powierzchni największą miąższością charakteryzowały się starsze drzewostany świerkowe na 58. (14,2 m³/ha), 61. (13,0 m³/ha) i 67. równoleżniku (13,0

m³/ha), przy czym na ostatniej powierzchni wartość ta znacznie odbiega od wartości stwierdzonej w pozostałych drzewostanach. Jedynie przy szerokości geograficznej 64° większą wartością tej cechy charakteryzował się drzewostan świerkowy w wieku 50 lat (8,7 m³/ha). Najmniejszymi miąższościami leżaniny w każdej z czterech lokalizacji charakteryzował się starszy drzewostan sosnowy (odpowiednio: 7,3, 6,8, 2,6 oraz 1,3 m³/ha). Porównując gatunki, można zaobserwować, że świerk charakteryzuje się większą średnią miąższością leżaniny niż sosna.

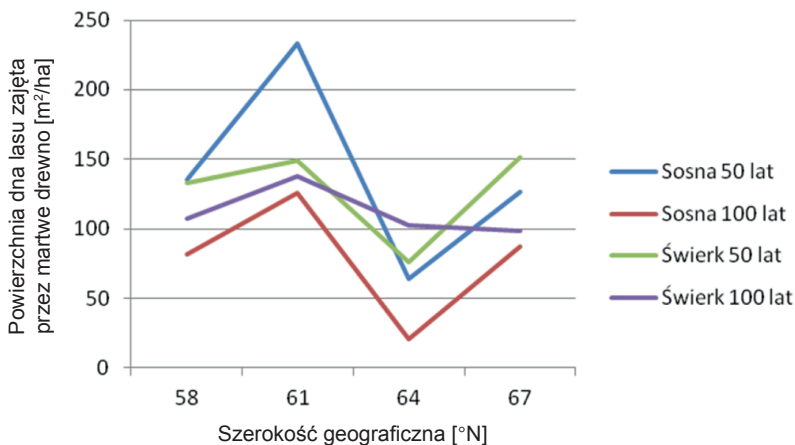


Ryc. 1. Liczba kawałków leżaniny na różnej szerokości geograficznej
Fig. 1. Number of pieces of coarse woody debris on different latitude



Ryc. 2. Miąższość kawałków leżaniny na różnej szerokości geograficznej
Fig. 2. Volume of coarse woody debris on different latitude

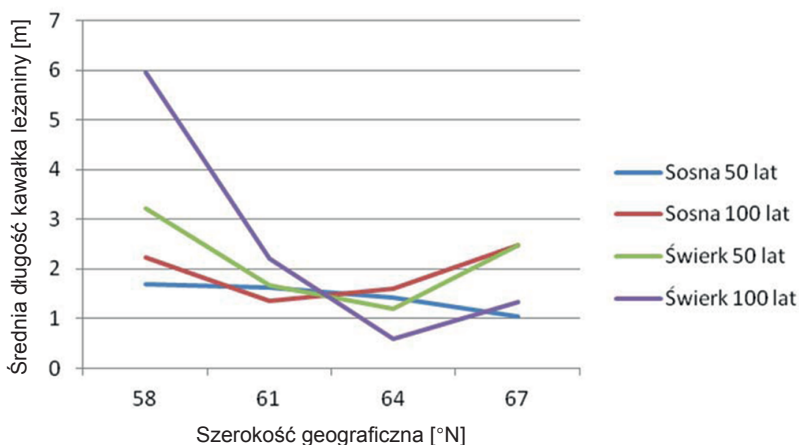
Na rycinie 3 można zaobserwować, iż powierzchnia dna lasu zajęta przez martwe drewno jest dość zróżnicowana. Brakuje wyraźnego trendu rosnącego lub malejącego wraz ze zmianą szerokości geograficznej. Widoczne są natomiast podobne relacje między badanymi grupami wiekowo-gatunkowymi, wraz ze zmianą równoleżnika. Przykładowo zmiana z 58° na 61° równoleżnik przejawia się we wzroście powierzchni dna lasu zajętej przez martwe drewno na wszystkich powierzchniach (ryc. 3). Przy kolejnej szerokości następuje spadek, na ogół do poziomu niższego niż przy szerokości 58°. Za kołem podbiegunowym (67°) obserwowany jest kolejny wzrost tej cechy do poziomu nieco niższego niż przy szerokości 61°; mały wyjątek stanowi starszy drzewostan świerkowy. Wzrost ten związany jest najprawdopodobniej z dłuższym czasem rozkładu martwego drewna zachodzącym na tak dużej szerokości geograficznej. Spośród porównywanych powierzchni największą powierzchnią dna lasu zajętego przez martwe drewno charakteryzuje się młodszy drzewostan sosnowy na 58. i 61. równoleżniku (odpowiednio 135 i 233 m²/ha), przy czym na drugiej z wymienionych powierzchni wielkość tej cechy odstaje znacząco od pozostałych. Przy szerokości geograficznej 64. stopni największą wartością tej cechy charakteryzuje się stuletni drzewostan świerkowy (102 m²/ha), natomiast przy 67. równoleżniku jest to młodszy drzewostan świerkowy (151 m²/ha). Najmniejszą wielkością dna lasu zajmowaną przez martwe drewno charakteryzuje się sosna w wieku 100 lat, dla której wartości tej cechy wraz ze zwiększającą się szerokością geograficzną zmieniają się następująco: 82, 126, 20, 88 m²/ha.



Ryc. 3. Powierzchnia dna lasu zajęta przez martwe drewno na różnych szerokościach geograficznych
Fig. 3. Total projected area of coarse woody debris on different latitude

Średnia długość kawałka leżaniny maleje wraz ze wzrostem szerokości geograficznej, z wyjątkiem 67. równoleżnika, gdzie poza młodszą sosną obserwowany jest wzrost. Najprawdopodobniej wolniejszy proces rozkładu drewna na tej szerokości geograficznej spowodowany jest zmniejszeniem ilości światła słonecznego docierającego do powierzchni ziemi oraz niższą temperaturą powietrza. Spośród porównywanych powierzchni największą średnią długością kawałka leżaniny charakteryzowały się stuletnie drzewostany świerkowe na 58. i 61. równoleżniku

(średnia długość kawałka odpowiednio: 5,97 i 2,22 m) i stuletni drzewostan sosnowy przy 64. równoleżniku (1,61 m). Na wysokości 67. równoleżnika stuletni drzewostan sosnowy i pięćdziesięcioletni drzewostan świerkowy uzyskały tę samą wartość tego wskaźnika, wynoszącą 2,47 m. Najmniejsze przeciętne długości kawałków leżaniny zaobserwowano na wysokości 58. i 67. równoleżnika w młodszych drzewostanach sosnowych (odpowiednio 1,70 i 1,03 m), na szerokości geograficznej 61° w starszym drzewostanie sosnowym (1,35 m), a na 64° w starszym drzewostanie świerkowym (0,6 m). Brak tutaj wyraźnych powiązań między gatunkiem a średnią długością kawałka leżaniny.



Ryc. 4. Średnia długość kawałka leżaniny na różnych szerokościach geograficznych
Fig. 4. Mean length of coarse woody debris piece on different latitude

Zagadnieniem zasobów martwego drewna w ekosystemach leśnych Skandynawii zajmowali się m.in. Fridman i in. (2000), którzy w ramach Wielkoobszarowej Inwentaryzacji Stanu Lasu w Szwecji określili zapas stojących drzew martwych oraz miąższość leżaniny. W przeciwieństwie do wyników uzyskanych w niniejszej pracy wykazali oni, że wraz ze wzrostem szerokości geograficznej miąższość leżaniny rośnie. Na południu Szwecji stwierdzili średnio ponad 2 m³ (w niniejszej pracy ponad 10 m³), w centralnej części kraju ponad 4 m³ (6 m³) a na północy ponad 7 m³ (ponad 5 m³) miąższości martwego drewna na hektarze. Warto podkreślić, że badania zespołu Fridmana dotyczą łącznej ilości martwego drewna stojącego i leżącego bez podziału na gatunki. Różniły się także metody określania zasobów martwego drewna; Fridman i in. (2000) przeprowadzili pomiary na kołowych powierzchniach próbnych, w przeciwieństwie do wykorzystanych w niniejszej pracy, bardziej powszechnych w badaniu martwego drewna, transektów liniowych. Ponadto zastosowano tam inny próg pomiarowy wynoszący 10 cm. Z kolei Rudolphi i Gustafsson w rębnych drzewostanach świerkowych w południowej Szwecji (ok. 60° szerokości geograficznej) stwierdzili średnio 9,8 m³/ha martwego drewna leżącego, co jest zbliżone do wyników uzyskanych w niniejszej pracy.

Motta i in. (2006) badali zmienność ilości martwego drewna we włoskich Alpach, biorąc pod uwagę kategorie strukturalne drzewostanów (drzewostany jednopiętrowe – 10,2 m³/ha zasobów martwego drewna, dwupiętrowe – 15,0 m³/ha, wielopiętrowe – 10,2 m³/ha, przerębnowe – 5,1 m³/ha, halizny – 6,8 m³/ha, młodniki – 1,4 m³/ha). Do określenia ilości leżaniny wykorzystano metodę transektów liniowych (Warren i Olsen, 1964; Van Vagner, 1968) przy długości transektu 50 m. Średnia zasobność martwego drewna leżącego w Alpach włoskich to 9 m³/ha. Taką ilość drewna leżącego w niniejszej pracy zaobserwowano jedynie w wybranych drzewostanach południowej Szwecji.

Z badań Siitonena i in. (2000) wynika, że przeciętna miąższość martwego drewna leżącego w drzewostanach gospodarczych w południowej Finlandii wynosi w drzewostanach rębnych 7,7 m³/ha a w przeszlórębnych 10,5 m³/ha. Znacznie większe ilości martwego drewna stwierdzono w drzewostanach chronionych, gdzie średnia wartość wyniosła 33,2 m³/ha. Podobne prawidłowości w ilości leżaniny w drzewostanach gospodarczych i chronionych wynikają z badań Wolskiego (2003) na terenie Leśnych Kompleksów Promocyjnych w Borach Tucholskich, Borach Lubuskich i w Puszczy Białowieskiej.

Trudno odnieść się do wielkości pozostałych cech martwego drewna leżącego, jakimi są liczba kawałków leżaniny, powierzchnia dna lasu zajęta przez martwe drewno czy średnia długość kawałka leżaniny, z uwagi na nieliczne pozycje literatury poruszające to zagadnienie. Jedynie Wolski (2003) w badaniach na terenie Leśnych Kompleksów Promocyjnych w Borach Tucholskich, Borach Lubuskich i w Puszczy Białowieskiej przeprowadził takie pomiary. Określił liczbę kawałków leżaniny, uzyskując odpowiednio 432, 250 i 698 szt./ha, co stanowi na ogół znacznie mniejsze wartości niż obserwowane w Skandynawii. Powierzchnia dna lasu zajęta przez martwe drewno w badanych przez Wolskiego (2003) leśnych kompleksach promocyjnych wyniosła odpowiednio 110, 101 i 196 m²/ha; duży rozrzut wartości tej cechy zarówno w Polsce, jak i Skandynawii utrudnia porównanie. Uzyskane wyniki badań wskazują, iż średnie długości leżaniny w Skandynawii charakteryzują się znacznie wyższymi wartościami od obserwowanych w Polsce na terenach leśnych kompleksów promocyjnych w Borach Tucholskich (0,44 m), Borach Lubuskich (0,23 m) czy Puszczy Białowieskiej (0,96 m).

Wnioski

Zasoby martwego drewna w drzewostanach sosnowych i świerkowych Skandynawii na ogół zmniejszają się wraz z szerokością geograficzną, przy czym prawidłowość ta jest bardziej widoczna u świerka.

Na każdej szerokości geograficznej największa ilość martwego drewna leżącego obserwowana jest w starszych drzewostanach świerkowych (od 14,2 m³/ha przy 58° szerokości geograficznej do 8,7 m³/ha przy 64°); najmniejsza zaś w starszych drzewostanach sosnowych (od 7,3 m³/ha przy 58° szerokości geograficznej do 1,3 m³/ha przy 67°).

Największą liczbą kawałków martwego drewna w dnie lasu stwierdzono dla średniowiekowej sosny przy 58° – 2057 szt./ha, 61° – 2392 szt./ha i 67° – 1274 szt./ha. Jedynie przy szerokości geograficznej 64° większą wartością tej cechy charakteryzował się drzewostan świerkowy w wieku 100 lat – 796 szt./ha. Najmniej kawałków leżaniny obserwowano w stuletnim drzewostanie sosnowym przy 58. i 64. równoleżniku (odpowiednio 787 i 196 szt./ha) oraz w starszym drzewostanie świerkowym przy 61. i 67. (odpowiednio 805 i 132 szt./ha).

Największą powierzchnią dna lasu zajęta przez martwe drewno charakteryzuje się młodszy drzewostan sosnowy (135 m²/ha przy 58° i 233 m²/ha przy 61°). Przy szerokości geograficznej 64° największą wartością tej cechy charakteryzuje się stuletni drzewostan świerkowy (102 m²/ha), natomiast przy 67. równoleżniku jest to młodszy drzewostan świerkowy (151 m²/ha). Najmniejszą wielkością dna lasu zajmowaną przez martwe drewno charakteryzuje się sosna w wieku 100 lat (126 m²/ha przy 61°; 20 m²/ha przy 64°).

Największą średnią długością kawałka leżaniny charakteryzowały się stuletnie drzewostany świerkowe (5,97 m przy 58° i 2,22 m przy 61°) i stuletni drzewostan sosnowy przy 64. równoleżniku (1,61 m). Za kołem podbiegunowym stuletni drzewostan sosnowy i pięćdziesięcioletni drzewostan świerkowy uzyskiwały tę samą wartość tego wskaźnika wynoszącą 2,47 m. Najmniejsze wartości wystąpiły przy 58. i 67. równoleżniku w młodszym drzewostanie sosnowym (odpowiednio 1,70 i 1,03 m), przy szerokości geograficznej 61° w starszym drzewostanie sosnowym (1,35 m), a przy 64° jest w starszym drzewostanie świerkowym (0,6 m).

W drzewostanach Skandynawii obserwuje się większe ilości martwego drewna niż w lasach gospodarczych w Polsce.

Literatura

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

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

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 zoindykacyjną – red. A. Szujewski. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 333–367.

Ekblom 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.

Franklin J.F., Cromack Jr. K., Denison W., McKee A., Maser C., Sedell J., Swanson F., Juday G. 1981. Ecological characteristics of old-growth Douglas-fir forests. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-118, Pac. Northwest For. and Range Exp. Stn., Portland, Oreg., s. 48.

Fransson, J. E. S., F. Walter, and L. M. H. Ulander. 2000. Estimation of forest parameters using CARABAS-II VHF SAR data, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 38, 2: 720–727.

Fridman J., Walheim M. 2000. Amount, structure, and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden. *Forest Ecology and Management* 131 (2000) s. 23–36.

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.

Lundqvist L., Chrimes D., Elfving B., Mörling T., Valinger E. 2007. Stand development after different thinnings in two uneven-aged *Picea abies* forests in Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, SLU, 90183 Umea, Sweden. University of Tokyo, The Hokkaido University Forest, Yamabe-Furano 079-1561, Japan.

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.

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

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.

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.

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.

Motta R., Berretti R., Lingua E., Piussi P. 2006. Coarse woody debris, forest structure and regeneration in the Valbona Forest Reserve, Paneveggio, Italian Alps. *Fores Ecology and Management* 235 (2006) s. 155–163.

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.

Rudolphi J., Gustafsson L. 2005. Effects of forest–fuel harvesting on the amount of deadwood on clear-cuts. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20: 235–242.

Siitonen J., Martikainen P., Punttila P., Rauh J. 2000. Coarse woody debris and stand characteristics in mature managed and old-growth boreal mesic forests in southern Finland. *Forest Ecology and Management* 128 (2000) s. 211–225.

Stachura-Skierczyńska K., Bobiec A. 2008. Raport – Stare drzewa i martwe drewno w polskich lasach. OTOP, Warszawa.

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 B.C. forests. Res. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. Work. Pap. 30.

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

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.

Waren 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 Northeastern Forests. Praca magisterska, Nicholas School of the Environment and Earth Sciences, Duke University.

Wolski J. 2000. Ocena zapasu martwego drewna metodą Browna. Projekt badawczy: Podstawy zrównoważonego zagospodarowania lasów w Leśnych Kompleksach Promocyjnych.

Martwe drewno i jego funkcje ekologiczne w lasach zagospodarowanych i rezerwach wybranych LKP. Sprawozdanie z I etapu. Instytut Badawczy Leśnictwa, Aneks C, Sękocin Las (maszynopis).

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

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

Wojciech Krzemień

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny
Sekcja Biometrii Leśnej Koła Naukowego Leśników
wojtek.krzemien@wp.pl

Agnieszka Moskwa

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny
Sekcja Biometrii Leśnej Koła Naukowego Leśników
agnieszkamoskwa@poczta.onet.pl

Olga Karbownik

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

Rafał Mazur

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny
Sekcja Biometrii Leśnej Koła Naukowego Leśników
ralf0@onet.eu