

**LESZEK BUJOCZEK**

## Problematyka pomiarów oraz określania miąższości martwego drewna na kołowych powierzchniach próbnych

Measurement and calculation of the volume of deadwood on circular sampling plots

### ABSTRACT

Bujoczek L. 2015. Problematyka pomiarów oraz określania miąższości martwego drewna na kołowych powierzchniach próbnych. Sylwan 159 (10): 795-803.

The paper analyzes two methods of deadwood (DW) measurements on circular sampling plots. In the first method, the volume of DW is measured within the circumference of the sampling plot irrespective of the fact whether the live tree was located inside or outside the plot. The other method requires the measurement of only that DW, which can be attributed to trees that originally grew within the sampling plot. This requires identification all debris fragments originating from those trees both within and outside the sampling plot. Additionally, the paper compares the results obtained using Smalin's and Huber's formulas and discusses the influence of decomposition stage on the calculated volume of lying deadwood. Measurements were conducted in two stands. In each of them 20 circular sampling plots (4 or 5 ares) were established. In both stands, the second investigated measurement method led to a lower mean DW volume (by 6.3% and 27.2%). In practice, it was very difficult to identify DW from the outside of the sampling plots as high trees growing close to the plot had their fragments lying up to several dozen meters away. If a tree was very fragmented upon falling, it was difficult to find all the relevant pieces of DW and determine whether they derived from the sampling plot or not. The volume of lying DW calculated according to Smalin's formula was by 5% higher. In case of 7.7% of the 194 inventoried fragments of lying DW the transverse cross-section changed from circular to misshapen. The application of formulas accounting for decomposition decreased the calculated volume of lying DW by 5.1%. Taking into consideration the time-effectiveness and accuracy of measurements, it has been found that for most stands the best method is to measure the ends of DW pieces, calculating the length of segments from polar coordinates (using the measurement principles presented in the figures). In addition, especially in measuring large trees, one should take into account changes in shape attributable to decomposition, which may influence the calculation of DW volume. It is recommended that all DW fragments within a circular sampling plot should be measured irrespective of whether the tree from which they derive grew inside or outside the plot.

### KEY WORDS

coarse woody debris, snags, shape, decomposition, field methods, volume determination

### ADDRESSES

Leszek Bujoczek – e-mail: [leszek.bujoczek@ur.krakow.pl](mailto:leszek.bujoczek@ur.krakow.pl)

Zakład Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie;  
al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

## Wstęp

Obumarłe części roślin drzewiastych i krzewiastych w różnych stadiach rozkładu tworzą pewnego rodzaju mikrosiedliska. Zarówno całe obumarłe drzewa, złomy oraz pniaki, jak i różnego rodzaju leżanina są niezbędne do bytowania licznej grupy organizmów, stanowiąc dla nich środowisko życia, miejsce schronienia lub źródło pokarmu [Gutowski 2006; Stokland i in. 2012; Kajtoch, Figarski 2014; Kacprzyk i in. 2014; Kubiak, Sucharzewska 2014; Kudławiec i in. 2014; Mokrzycki 2014; Orczewska, Depa 2014; Wierzgoń, Fojcik 2014]. Z powyższych względów określenie miąższości martwego drewna w ekosystemach leśnych jest coraz częstszym wymogiem prowadzonych inwentaryzacji [Czerepko 2008; Instrukcja... 2012]. Jednak nie wszystkie przyjmowane założenia prac terenowych i obliczeniowych dają oczekiwaną dokładność wyników. Zasady pomiarów zależą od metody inwentaryzacji. Może to być metoda linii siecznych, pomiar na transektach, 2-5-arowych lub większych (od kilkunastu arów do kilku hektarów) powierzchniach kołowych, prostokątnych lub kwadratowych [Marshall i in. 2000; Karjalainen, Kuuluvainen 2002; Wolski 2002; Zielonka 2006; Pawicka, Woziwoda 2011]. Zróżnicowane są także minimalne wymiary drewna podlegającego pomiarom. Przyjmowane zakresy są dość szerokie, co utrudnia porównywanie wyników [Christensen i in. 2005].

Zasady pomiaru na powierzchniach kołowych różnią się głównie za względu na sposób traktowania w nich drewna leżącego [Pawlaczyk 2014]. W Polsce najczęściej stosuje się dwa podejścia. W pierwszym mierzy się zasoby drewna martwego tylko w granicach powierzchni próbnej, niezależnie, czy drzewo przed obumarciem rosnęło na powierzchni, czy poza nią. Druga metoda, „według pochodzenia”, zaleca pomiar tylko fragmentów drzew, które przed obumarciem rosły na powierzchni próbnej [Instrukcja... 2010, 2012]. Wymaga więc od taksatora każdorazowo odszukania na powierzchni próbnej i poza jej granicami wszystkich fragmentów związanych z drzewami, które wcześniej rosły na powierzchni.

Kolejnym zagadnieniem jest pomiar poszczególnych fragmentów martwego drewna, zróżnicowanego pod względem kształtu i pozycji (leżące, stojące). Problem dotyczy głównie drzew leżących, gdyż dekompozycja powoduje stopniową zmianę ich kształtu, co znacznie utrudnia pomiar [Bujoczek 2012]. W pomiarach zjawisko to często nie jest uwzględniane, a w obliczeniach traktowanie wymiarów jako średnicy przekroju okrągłego zawyża rzeczywistą miąższość. Wymagane jest więc użycie odpowiednich wzorów określających miąższość w zależności od kształtu i typu martwego drewna. Zastosowanie znajdują tu powszechne rozwiązania od lat używane w dendrometrii [Grochowski 1973], ale istnieje również potrzeba opracowania nowych, uwzględniających specyfikę kształtów mierzonych fragmentów. Najczęściej pomiar wykonywany jest na końcach leżaniny lub w środku odcinka, co determinuje sposób obliczania miąższości danego fragmentu. Stosowanie wzoru Hubera daje na ogół dokładniejsze wyniki, gdyż miąższość według wzoru Smaliana dla odcinków o niewielkim stosunku średnicy końcowej (górnej) do początkowej (dolnej) jest obciążona większą bezwzględną wartością błędów. Jednak w praktyce często wygodniej i szybciej jest przeprowadzać pomiary na końcach odcinków, a długość leżaniny wyliczać ze współrzędnych biegunowych.

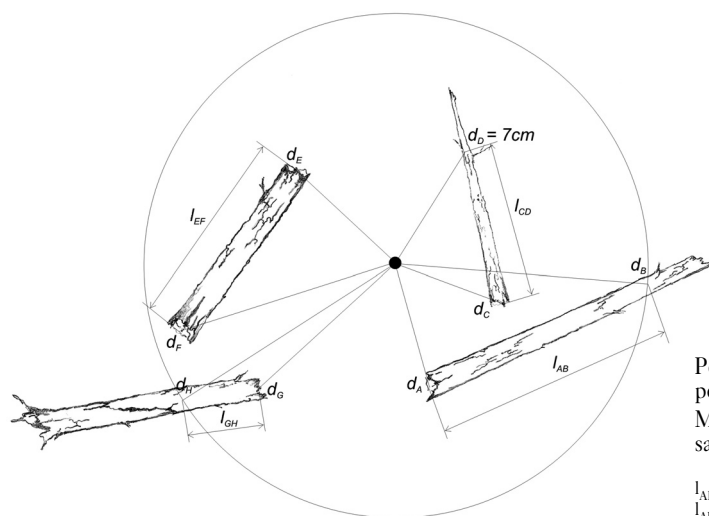
Celem niniejszej pracy jest porównanie dwóch stosowanych w praktyce metod pomiarów martwego drewna (pomiar tylko na powierzchni i według pochodzenia martwego drewna), średniej miąższości drewna martwego w zależności od zastosowanego wzoru (Hubera lub Smaliana) oraz wyników bez uwzględniania i z uwzględnieniem spłaszczenia drewna, a także rozwiązanie problemów, które pojawiają się podczas prac terenowych, jak i obliczeniowych oraz zaproponowanie ich nowych rozwiązań.

## Materiał i metody

ZASADY POMIARÓW. Prace pomiarowe przeprowadzono w reglu górnym na obszarze ochrony ścisłej Gorczańskiego Parku Narodowym (GPN) oraz w uroczysku Las Wapienny w Nadleśnictwie Polanów. W obiektach założono po 20 powierzchni kołowych, o wielkości 5 arów w GPN i 4 ary w Nadleśnictwie Polanów. Na każdej dokonano pomiaru dwoma metodami: pomiar tylko na powierzchni i według pochodzenia martwego drewna.

Podczas pomiaru na powierzchni uwzględniano martwe drewno znajdujące się w granicach powierzchni. O zaklasyfikowaniu drzew stojących i pniaków do powierzchni decydował środek podstawy pnia. Jeśli oś pniaka/drzewa była w odległości  $\leq r$  (promień powierzchni), wtedy martwe drewno uwzględniano w pomiarach. Jeśli jeden lub oba końce leżaniny nie mieściły się w granicach koła wyznaczającego powierzchnię, za ich koniec przyjmowano punkt przecięcia granicy powierzchni z osią podłużną fragmentu leżaniny. Kawałki, których nawet niewielka część znajdowała się w granicach koła pomiarowego, mierzono w części leżącej na powierzchni kołowej (ryc. 1).

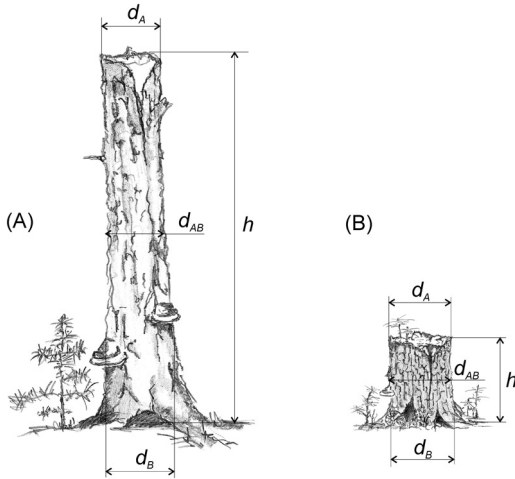
W metodzie według pochodzenia pomiar wykonywano zarówno na powierzchni, jak i poza jej granicami. Mierzono wszystkie fragmenty, co do których istniała pewność, że były częścią drzew rosnących w granicach powierzchni próbnej. Stojącym całym martwym drzewom (o pierśnicy minimum 7 cm) mierzono pierśnicę i wysokość ( $h$ ). Złomom ( $h \geq 1,3$  m) i pniakom ( $h < 1,3$  m) określano wysokość, średnicę na dole i górze (GPN) lub w połowie wysokości (Polanów) (ryc. 2). W obu obiektach drewno leżące (uwzględniano wyłącznie grubiznę) mierzono na końcach odcinka lub/i w miejscu przecięcia z granicą powierzchni. W Nadleśnictwie Polanów do celów porównawczych wykonywano dodatkowo pomiar w połowie długości odcinka znajdującego się w granicach powierzchni. Zasady pomiaru uwzględniały specyfikę kształtu martwego drewna. Gdy następowała nagle zmiana wymiarów lub rozwidlenie, leżaninę dzielono na części i wykonywano osobny pomiar każdego fragmentu (ryc. 3 i 4). W pomiarach wykrotów nie uwzględniano nabiegów korzeniowych, natomiast mierzono całkowitą długość (bez korzeni), zgodnie z ryciną 5. Spłaszczonym fragmentom mierzono wysokość na przekroju poprzecznym. Gdy jedynie część kłody zmieniała pierwotny kształt, wykonywano podział na odcinki, które mierzono osobno (ryc. 6).



Ryc. 1.

Pomiary leżaniny w granicach powierzchni kołowych  
Measurements on the circular sampling plots

$l_{AB}, l_{CD}, l_{EF}, l_{GH}$  – pomiar długości  
 $l_{AB}, l_{CD}, l_{EF}, l_{GH}$  – length measurements



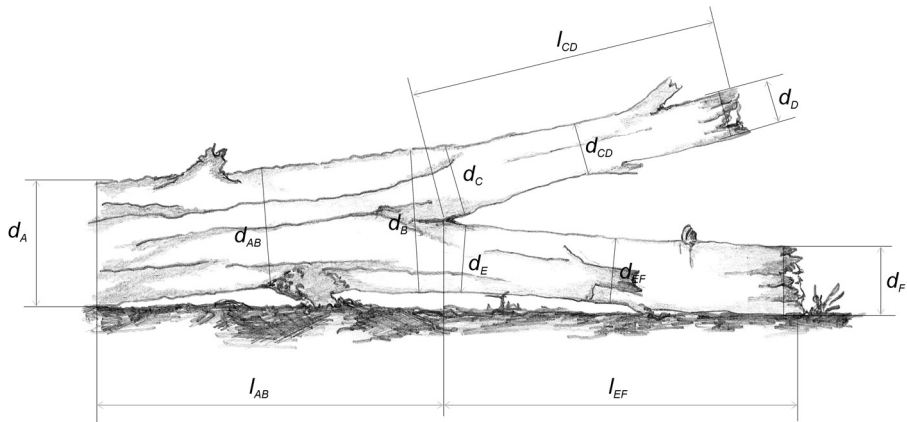
Ryc. 2.

Pomiary złomów (A) i pniaków (B)

Measurement of snags (A) and stumps (B)

$d_A$  – średnica górna mierzona lub oszacowywana w przypadku wysokich złomów (wzór Smaliana),  $d_B$  – średnica dolna mierzona nad nabiegami korzeniowymi (wzór Smaliana),  $d_{AB}$  – średnica w połowie wysokości (wzór Hubera)

$d_A$  – upper diameter measured or estimated, in the case of tall snags (Smalian's formula),  $d_B$  – lower diameter measured above the root flares (Smalian's formula),  $d_{AB}$  – diameter at the half height (Huber's formula)



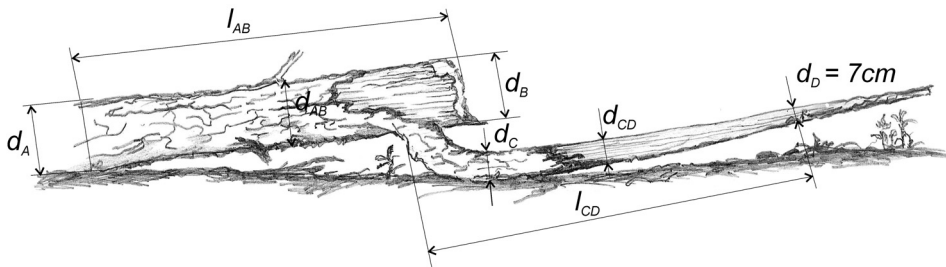
Ryc. 3.

Pomiary rozwidlonego fragmentu leżaniny

Measurements of the forked DW fragment

$l_{AB}$ - $l_{GH}$  – pomiar długości,  $d_{AB}$ - $d_{EF}$  – pomiar grubości (wzór Hubera),  $d_A$ - $d_F$  – pomiar grubości (wzór Smaliana)

$l_{AB}$ - $l_{GH}$  – length measurements,  $d_{AB}$ - $d_{EF}$  – diameter measurement (Huber's formula),  $d_A$ - $d_F$  – diameter measurement (Smalian's formula)



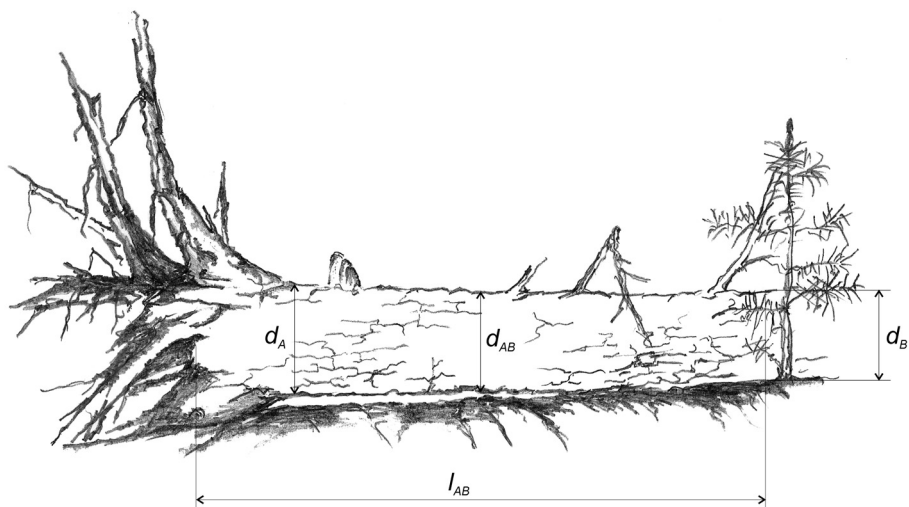
Ryc. 4.

Pomiary fragmentu z nagłą zmianą wymiaru

Measurements of the DW fragment with an abrupt change in shape

$l_{AB}$ ,  $l_{CD}$  – pomiar długości,  $d_{AB}$ ,  $d_{CD}$  – pomiar grubości (wzór Hubera),  $d_A$ ,  $d_D$  – pomiar grubości (wzór Smaliana)

$l_{AB}$ ,  $l_{CD}$  – length measurements,  $d_{AB}$ ,  $d_{CD}$  – diameter measurement (Huber's formula),  $d_A$ ,  $d_D$  – diameter measurement (Smalian's formula)



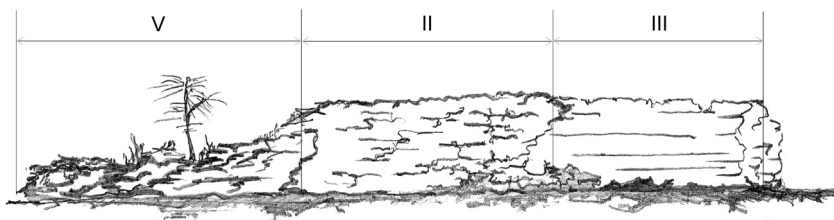
Ryc. 5.

Pomiary odziomkowej części wykrotów

Measurements of uprooted trees

$l_{AB}$  – pomiar długości,  $d_{AB}$  – pomiar grubości (wzór Hubera),  $d_A$ ,  $d_B$  – pomiar grubości (wzór Smaliana)

$l_{AB}$  – length measurements,  $d_{AB}$  – diameter measurement (Huber's formula),  $d_A$ ,  $d_B$  – diameter measurement (Smalian's formula)



Ryc. 6.

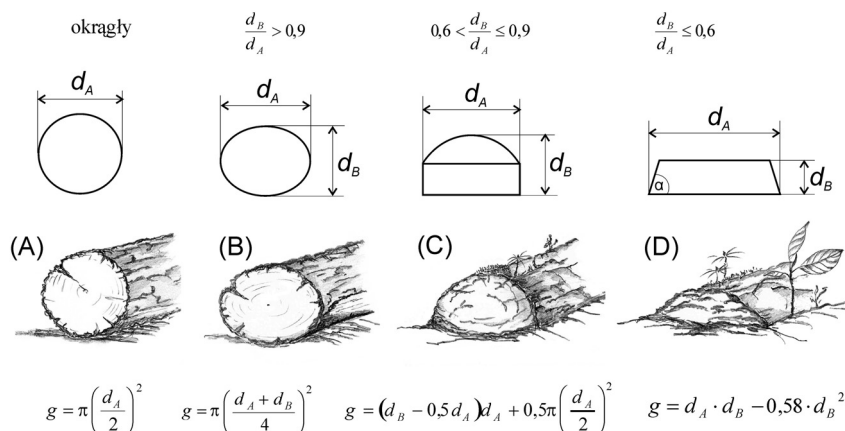
Kłoda z wyróżnionymi odcinkami o różnym stopniu dekompozycji

Log with sections characterized by different decay stage

Dodatkowo martwe drewno w Nadleśnictwie Polanów znajdujące się w granicach powierzchni opisywano określeniami: rosło na powierzchni, poza powierzchnią lub pochodzenie nieznane. Stopień rozkładu określano w pięciostopniowej skali opisanej w pracy Szewczyka i Szwagrzyka [1996].

OBLICZENIE MIĄŻSZOŚCI MARTWEGO DREWNA. Obliczenie miąższości uzależnione było od typu, kształtu i pozycji martwego drewna. Miąższość całych drzew odczytano z tablic drzew stojących [Czuraj 1998]. Do pozostałych zastosowano wzór Smaliana, a dla złomów oraz leżaniny w Nadleśnictwie Polanów porównawczo wzór Hubera [Grochowski 1973].

Do drewna spłaszczonego zastosowano specjalne podejście. Wybór wzoru do obliczenia pola powierzchni przekroju poprzecznego leżaniny uzależniony był od stopnia spłaszczenia mierzonego fragmentu. W trakcie prac terenowych na podstawie stosunku wysokości do szerokości wyróżniono 4 podstawowe rodzaje kształtów (ryc. 7): okrągły (A), lekko spłaszczony (B), średnio spłaszczony (C) i silnie spłaszczony (D). Następnie w uproszczony sposób, tj. na podstawie stosunku pomierzonych w terenie wymiarów  $d_B/d_A$ , wybierano wzór do obliczania powierzchni



Ryc. 7.

Rodzaje kształtów na przekroju poprzecznym leżących kłód. W zależności od stosunku wymiarów  $d_B/d_A$  stosowano odpowiedni wzór na obliczenie pola powierzchni. Do obliczenia pola trapezu przyjęto kąt  $\alpha=60^\circ$ . Types of cross-section shapes of fallen logs. A formula for calculating surface area was selected according to the  $d_B/d_A$  ratio. The angle  $\alpha=60^\circ$  was used for finding the area of a trapezoid

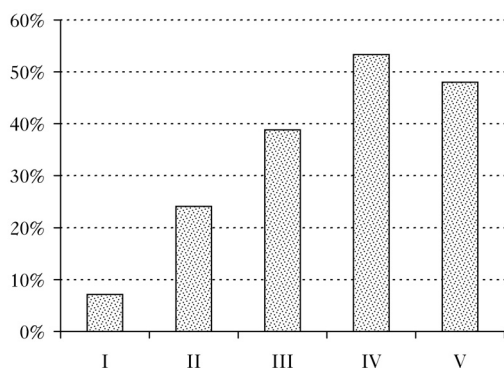
przekroju. Obliczone pola przekrojów podstawiono do wzoru Hubera lub Smaliana. Testy wykonywano w programie STATISTICA 10. Porównano zmienne zależne, którymi w poszczególnych analizach były: miąższość martwego drewna na powierzchniach próbnych uzyskana według metody „na powierzchni” lub „według pochodzenia”, miąższość uzyskana w oparciu o wzór Smaliana lub Hubera oraz miąższość leżaniny uzyskana bez uwzględnienia lub z uwzględnieniem zmian kształtu w wyniku dekompozycji. Przy spełnieniu wymagań normalności rozkładów użyto testu t-Studenta.

## Wyniki

W obu obiektach średnia miąższość martwego drewna przy zastosowaniu metody „według pochodzenia” była istotnie niższa niż pomiar wykonywany dla martwego drewna znajdującego się tylko na powierzchni. W przypadku GPN wynik był o 6,3% niższy, odpowiednio 152,2 i 162,4 m<sup>3</sup>/ha ( $t=3,48$ ;  $p<0,01$ ). W granicach powierzchni kołowych 85% drewna pochodziło z powierzchni, pozostała część spoza niej lub nie można było określić pochodzenia. Udział leżaniny na powierzchni wynosił 31,7%, resztę stanowiły całe drzewa, złomy i pniaki.

W nadleśnictwie Polanów metodą „według pochodzenia” uzyskano miąższość 19,0 m<sup>3</sup>/ha. Był to wynik o 27,2% niższy niż przy pomiarach drugą metodą – 26,1 m<sup>3</sup>/ha ( $t=2,35$ ;  $p<0,05$ ). W granicach powierzchni miąższość 59,1% martwego drewna (stojącego i leżącego) określono jako pochodzące z powierzchni, 30,8% spoza powierzchni, natomiast nie ustalono pochodzenia dla 10,1% drewna. Dominowała leżanina, której udział w miąższości wynosił 63,4%. Ustalenie pochodzenia związane było ze stopniem dekompozycji. Znacznie trudniej było powiązać drewno już mocno rozłożone. Około połowa z ogólnej liczby sztuk drewna leżącego w IV i V stopniu rozkładu nie została zaklasyfikowana (ryc. 8).

W Polanowie średnia miąższość leżaniny w granicach powierzchni obliczona według wzoru Hubera wynosiła 16,5 m<sup>3</sup>/ha. Pomiar leżaniny na końcach odcinków i obliczenia wzorem Smaliana dały wynik o 5,0% wyższy, tj. 17,3 m<sup>3</sup>/ha. Różnica nie była istotna statystycznie ( $t=1,95$ ,  $p=0,07$ ). Średnia długość odcinków leżaniny wynosiła 3,5 m.



Ryc. 8.

Udział [%] leżaniny o nieokreślonym pochodzeniu w ogólnej liczbie sztuk drewna leżącego w zależności od stopnia jego dekompozycji

Fraction [%] of fragments of undefined origin in the total number of lying deadwood according to decay stages

W połowie długości leżaniny, spośród 194 inwentaryzowanych fragmentów, zmiana kształtu na przekroju poprzecznym została stwierdzona w 7,7% przypadków. Miąższość wszystkich spłaszczonych fragmentów leżaniny obliczona według wzorów z ryciny 7 wynosiła  $0,97 \text{ m}^3$ . Uwzględnianie tylko średnicy (szerokości) drewna bez jego wysokości dało wynik  $1,65 \text{ m}^3$  ( $t=2,92$ ,  $p<0,05$ ). Natomiast różnica miąższości całej leżaniny w badanym obiekcie nie była istotna statystycznie ( $t=1,67$ ,  $p=0,11$ ). Nie uwzględniając przy obliczeniach spłaszczenia dla tych fragmentów, uzyskano średnią miąższość o 5,1% wyższą, tj.  $17,3 \text{ m}^3/\text{ha}$  (według wzoru Hubera).

## Dyskusja

Pomiary martwego drewna wymagają ujednoczenia. Zapewniając dokładność określenia miąższości, powinno się jednocześnie przyjąć stosunkowo proste rozwiązania, ze względu na dużą pracochłonność tego typu prac. W metodyce prac terenowych należy określić minimalne wartości, od których drewno martwe podlega pomiarom. Naturalnym wydaje się stosowanie progu 7 cm, co spójne jest z pomiarami drzew żywych i umożliwia porównanie z zasobnością drzewostanów. Nie zawsze będzie to jednak możliwe ze względu na specyfikę i cel badań [Holeksa 1998; Wolski 2003; Czerepko 2008]. Przyjęte w niniejszej pracy wartości minimalnej wysokości złomów i wysokości górnej pniaków są wielkościami umownymi, jednak często stosowanymi [von Oheimb i in. 2007; Lombardi i in. 2012].

Metoda określenia miąższości martwego drewna „według pochodzenia” w obu obiektach dała niższą średnią miąższość na hektar, będąc jednocześnie bardziej czaso- i pracochłonną. Znaczną trudność sprawiało odszukiwanie drewna poza powierzchnią. Wysokie drzewa rosnące blisko granicy powierzchni próbnej i wyrócone poza nią pozostawiały fragmenty oddalone o kilkadziesiąt metrów od powierzchni. Przy dużej fragmentacji drzewa przy upadku trudno było odnaleźć wszystkie fragmenty i stwierdzić, czy pochodzą z powierzchni. Powiązanie fragmentów o znacznej dekompozycji leżących daleko od powierzchni było praktycznie niemożliwe. Bliżej lub w jej granicach (szczególnie dla wykrotów) było to łatwiejsze, ale i tak około 50% leżaniny silnie rozłożonej nie zdołano przyporządkować. Gęsty podrost, podszyt, wysoka roślinność zielna i określone ukształtowanie terenu dodatkowo zmniejszały szanse odszukania fragmentów poza powierzchnią i znacznie wydłużały prace.

Typ, pozycja, kształt drewna i przyjęte rozwiązania obliczeniowe warunkują miejsce pomiaru. Pomiar leżaniny na końcach odcinków w dwuosobowym zespole przebiegał sprawniej. Więcej pracy zajmował pomiar środkowej średnicy, ze względu na każdorazową konieczność wyznaczenia środka fragmentu, często znajdującego się tylko częściowo w granicach powierzchni kołowej. Różnica w obliczonej miąższości wynosiła 5,0%. Na dokładność wzoru Smaliana wpływa

stosunek średnicy na początku odcinka do średnicy na końcu [Grochowski 1973]. W nadleśnictwie Polanów obserwowano dużą fragmentację drzew przy upadku. Pomiar leżaniny jako osobnych fragmentów prowadzono w przypadkach rozwidleń, nagłej zmiany wymiarów czy zmiany stopnia rozkładu. Średnicy nie mierzono bezpośrednio w odziomkach wykrotów. Długość leżaniny skracano także „obcięcie” granicami powierzchni. Wszystkie te czynniki wpływały na skrócenie odcinków, a tym samym zmniejszały stosunek wymiaru początkowego do końcowego. Większej różnicy w obliczonej miąższości można by się spodziewać w drzewostanach o dużej liczbie drzew (np. świerczynach), które nie uległy fragmentacji przy upadku, w przypadku braku rozwidleń itp. Głównym czynnikiem ograniczającym długość leżaniny jest wtedy „obcięcie” granicami powierzchni. Pomiar na obu końcach daje dodatkowo informację o strukturze grubościowej leżaniny.

Do chwili zatarcia śladów drewna na powierzchni gleby leżanina w wyniku dekompozycji przybiera różne kształty, powodując trudności z pomiarem, jak i obliczeniem rzeczywistej miąższości. Zmiany kształtów wynikające z dekompozycji drewna mogą być istotne w przypadku, gdy drewno takie stanowi znaczną część leżaniny. W zależności od gatunku i warunków lokalnych proces osiadania i zmiany kształtu kłody trwa bardzo długo: kilkanaście-kilkadziesiąt lat. Większe ilości takiego drewna występują w rezerwach czy parkach narodowych, gdzie wcześniej nie usuwano rygorystycznie wydzielających się drzew. Określanie wysokości leżaniny może odbywać się poprzez pomiar lub oszacowanie proporcji w stosunku do pomierzonej szerokości  $d_A$ . Proces zmiany kształtu nie zawsze przebiega jednak w sposób przedstawiony na rycinie 7. Często fragment drewna zachowuje kształt okrągły, od którego odpadają zewnętrzne, bardziej rozłożone kawałki. Pomiar taki można przeprowadzić jak w przypadku drewna okrągłego, dodatkowo szacując (podając współczynnik, np. 0,7), jaka część pozostała w odniesieniu do pełnego (początkowego) kształtu.

## Wnioski

- ✦ W drzewostanach ze znaczną fragmentacją leżaniny najkorzystniej jest stosować pomiary na końcach odcinków, wyliczając długość ze współrzędnych biegunowych (przy zastosowaniu zasad pomiarów przedstawionych na rycinach).
- ✦ Należy podawać wysokość na przekroju poprzecznym (lub inny współczynnik uwzględniający zmianę kształtu). Szczególnie dotyczy to drzew większych rozmiarów.
- ✦ Pomiarami powinny być objęte wszystkie fragmenty drewna martwego znajdujące się na powierzchni próbnej, która jednocześnie jest podstawową jednostką statystyczną. W przypadku określania miąższości drewna w danym obiekcie nie powinno mieć znaczenia, czy dane drzewo rosło na powierzchni, czy poza jej granicami. Stosowanie metody „według pochodzenia” nie zapewni powtarzalności pomiarów i jest często subiektywne w kwestii określenia pochodzenia fragmentów obumarłych drzew.

## Podziękowania

Dziękuję Małgorzacie Bujoczek za wykonanie rycin do pracy. Pani prof. Krystynie Przybylskiej oraz anonimowemu recenzentowi składam podziękowania za merytoryczne uwagi do omawianego w pracy zagadnienia.

## Literatura

Bujoczek L. 2012. Dekompozycja obumarłych drzew w ekosystemach leśnych ze szczególnym uwzględnieniem świerka, buka i jodły. Sylwan 156 (3): 208-217.



- Christensen M., Hahn K., Mountford E. P., Ódor P., Standovár T., Rozenbergar D., Diaci J., Wijdeven S., Meyer P., Winter S., Vrska T. 2005. Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest Ecology and Management* 210: 267-282.
- Czerepko J. 2008. Stan różnorodności biologicznej lasów w Polsce na podstawie powierzchni obserwacyjnych monitoringu. Synteza wyników uzyskanych w ramach realizacji projektu BioSoil Forest Biodiversity. IBL, Sękocin Stary.
- Czuraj 1998. Tablice miąższości kłód odziomkowych i drzew stojących. Warszawa.
- Grochowski J. 1973. Dendrometria. PWRiL, Warszawa.
- Gutowski J. M. 2006. Saproksyliczne chrząszcze. Kosmos. *Problemy Nauk Biologicznych* 55: 53-73.
- Holeksa J. 1998. Rozpad drzewostanu i odnowienie świerka a struktura i dynamika karpackiego boru górnoeregłowego. *Monographiae Botanicae* 82.
- Instrukcja zarządzania lasu. 2012. CILP, Warszawa.
- Instrukcja wykonania wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu. 2010. IBL, Sękocin Stary.
- Kacprzyk M., Bednarz B., Kuźnik E. 2014. Dead trees in beech stand of the Bieszczady National Park: quantitative and qualitative structure of associated macrofungi. *Applied Ecology and Environmental Research* 12 (2): 325-344.
- Kajtoch Ł., Figarski T. 2014. Stenotopowe gatunki dzięciołów jako wskaźnik pożądanych ilości drewna martwych i zamierających drzew w karpackich lasach. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie* 16/41/4: 116-130.
- Karjalainen L., Kuuluvainen T. 2002. Amount and diversity of coarse woody debris within a boreal forest landscape dominated by *Pinus sylvestris* in Vienansalo wilderness, eastern Fennoscandia. *Silva Fennica* 36 (1): 147-167.
- Kubiak D., Sucharzewska E. 2014. Szarek humusowy *Trapeliopsis glaucolepidea* w lasach Polski. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie* 16/41/4: 169-176.
- Kudławiec B., Wanic T., Piątek G. 2014. Saprofityczne grzyby nadrewnowe uroczyska Wapienny Las w Nadleśnictwie Polanów – badania wstępne. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie* 16/41/4: 186-201.
- Lombardi F., Klopčič M., Di Martino P., Tognetti R., Chirici G., Boncina A., Marchetti M. 2012. Comparison of forest stand structure and management of silver fir-European beech forests in the Central Apennines, Italy and in the Dinaric Mountains, Slovenia. *Plant Biosystems* 146 (1): 114-123.
- Marshall P. L., Davis G., LeMay V. M. 2000. Using Line Intersect Sampling for Coarse Woody Debris. Forest Research, Technical Report, Vancouver Forest Region, TR-003, Ecology.
- Mokrzycki T. 2014. Znaczenie pniaków w zachowaniu różnorodności biologicznej chrząszczy (*Coleoptera*). *Studia i Materiały CEPL w Rogowie* 16/41/4: 322-334.
- von Oheimb G., Westphal C., Härdtle W. 2007. Diversity and spatio-temporal dynamics of dead wood in a temperate near-natural beech forest (*Fagus sylvatica*). *European Journal of Forest Research* 126: 359-370.
- Orczewska A., Depa Ł. 2014. Rola rozkładającego się drewna i zasiedlających go mrówek w migracji roślin runa leśnego. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie* 41: 364-370.
- Pawicka K., Woziwoda B. 2011. Bilans martwego drewna w rezerwacie „Polesie Konstantynowskie”. *Sylwan* 155 (12): 851-858.
- Pawlaczyk P. 2014. Martwe drewno i mikrosiedliska nadrewno w leśnych siedliskach przyrodniczych Puszczy Drawskiej. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie* 41: 86-97.
- Stokland J. N., Siitonen J., Jonsson B. G. 2012. Biodiversity in Dead Wood. Cambridge University Press, Cambridge.
- Szewczyk J., Szwagrzyk J. 1996. Tree regeneration on rotten wood and on soil in old-growth stand. *Vegetatio* 122 (1): 37-46.
- Wierzgoń M., Fojcik B. 2014. Martwe drewno jako ostoja różnorodności mszaków w lesie gospodarczym. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie* 16/41/4: 212-222.
- Wolski J. 2002. Metoda pomiarów leżącego martwego drewna w lesie – założenia teoretyczne i przebieg prac terenowych. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, ser. A* 2: 27-45.
- Wolski J. 2003. Martwe drzewo w lesie: ocena zapasu i propozycje postępowania. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, ser. A* 2: 23-45.
- Zielonka T. 2006. Quantity and decay stages of coarse woody debris in old-growth subalpine spruce forests of the western Carpathians, Poland. *Canadian Journal of Forest Research* 36 (10): 2614-2622.