

Określenie współczynników zamiennych dla drewna wielkowymiarowego kłodowanego sosnowego i świerkowego

Determination of conversion factors for pine and spruce logs in stacks

Joanna Witkowska¹, Krzysztof Jodłowski^{2*}

¹ emerytowany pracownik Instytutu Badawczego Leśnictwa, Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn, ²Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

*Tel. +48 22 7150346, e-mail: K.Jodlowski@ibles.waw.pl

Abstract. The aim of this paper was to determine conversion factors for stacked pine and spruce logs with a length between 3 and 6 meters. To this end, we measured stacks and their logs for a total of 3,322.12 steres of pine logs and 1,468.46 steres of spruce logs. The conversion factors obtained in this work for pine logs of varying length negatively correlate with log length. However, statistically significant ($p < 0.05$) differences were only found between the longest logs and logs 3 m as well as 4 m in length. This may be due to various factors (mainly curvature, presence of buttresses on butt logs, tapering) influencing the stacking process for logs of increasing length. For logs with a length of 3, 4 and 5 meters, the average value of the conversion factor increased with the log thickness class, although this dependence is not statistically significant. In the case of spruce raw material, the obtained conversion factors are similar to values determined in previous studies. There was no significant correlation between the length of the log and its average diameter. A prerequisite for using conversion factors for large-sized logs is accurate stacking where special attention needs to be paid to parallel stacking of individual logs, aligning their foreheads to be flush and forming a stack so that its top plane is parallel to the ground.

Keywords: conversion factor, wood measurements, stacks, large-sized logs

Słowa kluczowe: współczynnik zamienny, pomiar drewna w stosach, kłody wielkowymiarowe

1. Wstęp

W warunkach polskich miąższość pozyskiwanego drewna kłodowanego sosnowego i świerkowego jest najczęściej określana po zrywce, przy drodze wywozowej, na podstawie pomiaru poszczególnych kłód, rzadziej przez obmiar stosów nieregularnych, z zastosowaniem współczynników zamiennych (Zarządzenie nr 35...; Zarządzenie nr 74...).

Pomiar pojedynczych kłód jest wykonywany dla drewna ułożonego w stosy przygotowane do wywozu dla jednego odbiorcy. Warunkiem takiego pomiaru jest ułożenie kłód w uporządkowany sposób, górnymi końcami w jedną stronę. Ich miąższość jest odczytywana z odpowiednich tablic, na podstawie długości i średnicy górnej bez kory.

Pomiar miąższości drewna kłodowanego w stosach odbywa się przez pomiar objętości stosów i przy zastosowaniu współczynnika zamiennego właściwego dla danego rodzaju drewna i jego długości. Współczynniki zamienne określają stosunek miąższości surowca w stosie bez kory [m^3] do objętości stosu [$m(p)$] (PN-D-95000).

Wprowadzane są również pomiary fotooptyczne (Heindl, Stuhlmann 2016; Pachuta, Chojnacki 2018; Pásztory et al. 2018), wykorzystujące zdjęcie jednego z czoł stosu do obliczenia miąższości zawartego w nim drewna. Z tego względu w przypadku drewna kłodowanego zalecane jest naprzemienne układanie kłód (Jodłowski, Sarzyński 2018) lub korzystanie ze wzorów pozwalających na obliczanie ich miąższości na podstawie średnicy górnej.

W niektórych krajach pomiar drewna w lesie ma charakter orientacyjny, a właściwy pomiar odbywa się w zakładzie przerobu, na zalegalizowanych urządzeniach pomiarowych. Tego rodzaju urządzenia to lasery, kamery cyfrowe o wysokiej rozdzielczości, czy promienie X (Wnorowska 2009; Yuntao, Schajer 2014; Gergel et al. 2019).

W Polsce badania nad określaniem współczynników zamiennych prowadzono w Instytucie Badawczym Leśnictwa od lat 50. ubiegłego wieku (Cichowski 1955) do chwili obecnej (Witkowska, Jodłowski 2018). Były to jednak badania dotyczące głównie drewna średniowymiarowego. Współczynniki zamienne opracowywano dla drewna o długościach

Wpłynęło: 3.07.2019 r., zrecenzowano: 13.08.2019 r., zaakceptowano: 28.08.2019 r.

od 1,00 do 7,00 m. Badania nad współczynnikami zamiennymi dla drewna kłodowanego, wymuszone między innymi przez zmiany technologii pozyskania i przerobu drewna, podjęto w Polsce po raz pierwszy w 2003 r. na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych (Witkowska 2003a, b). Dotyczyły one surowca sosnowego i świerkowego 1. i częściowo 2. klasy grubości, o długościach: 2,45; 3,00; 4,00 i 5,00 m (tylko kłody sosnowe). W pierwszym przypadku (Witkowska 2000a) przebadano 483 m³ surowca sosnowego i 131 m³ świerkowego, zaś w drugim (Witkowska 2003b) odpowiednio 1257 m³ i 225 m³ (tab. 1). Z uwagi na trudności z dostępnością surowca kłodowanego, większość pomiarów prowadzono na składnicach spedycyjnych i w związku z tym stopy drewna nie były typowe. Badania miały charakter krótkoterminowych ekspertyz, co praktycznie wykluczało pomiarzenie większej ilości surowca. Surowiec, zgodnie z oczekiwaniami zleceńodawcy, należał w ponad 90% do 1. klasy grubości. Stąd też wynikała potrzeba rozszerzenia badań i przeprowadzenia ich w warunkach terenowych.

2. Materiał i metody badań

Materiał badawczy, zgromadzony w latach 2008–2009, stanowią dane pomiarowe pochodzące z regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych w Białymstoku, Katowicach, Toruniu i Zielonej Górze. Badaniami objęto drewno wielkowymiarowe o długościach od 3 do 6 m. Pomiar surowca polegał na pomiarze stosów i pojedynczych sztuk (kłód) wchodzących w ich skład. Pomiar objętości stosu przedstawiono na rycinie 1.

Kłody o jednakowej długości układano na legarach mechanicznie, przy użyciu forwardeków, cieńszymi czołami (końcami) w jednym kierunku. Płaszczyzny czoł wyrównywano tak, aby w miarę możliwości były prostopadłe do podłoża. Do badań nie wybierano stosów niestarannie ułożonych, z widocznymi dużymi lukami, skrzyżowanymi kłodami, niewyrównanymi czołami.

Pomiary długości (l), szerokości (s) i wysokości (h) stosu wykonywano za pomocą taśmy i tyczki pomiarowej z dokładnością do 1 cm. Za długość stosu przyjmowano długość nominalną drewna. Szerokość stosu mierzono wzdłuż krawędzi dolnej, po obu stronach stosu. Pomiary wysokości wykonywano co 1 m, z każdej strony stosu. Do jej pomiaru nie wliczano wysokości legarów.

Podczas pomiarów czoł stosów drewna zastosowano tzw. „pomiar zerowy” wysokości stosu (Witkowska, Jodłowski 2018). Uwzględnienie tego pomiaru pozwala na dokładniejsze obliczenie średniej wysokości stosu. Dotychczasowy sposób określania wysokości, polegający na rozpoczynaniu pomiarów wysokości w odległości 1 lub 2 m od początku stosu, był właściwy tylko w przypadku stosów regularnych, w odniesieniu do stosów nieregularnych zawyżał ich średnią wysokość, co w rezultacie prowadziło do zwiększenia ich objętości. Podczas pomiarów zwracano uwagę, by wysokość na „metrze zerowym” (h_0), zawierała co najmniej dwie kłody. Szerokość stosu mierzono wzdłuż krawędzi dolnej, po obu stronach stosu.

Tabela 1. Średnie wartości współczynników zamiennych dla drewna kłodowanego sosnowego i świerkowego

Table 1. Average conversion factors for pine and spruce medium-sized wood, under bark

Rodzaj drewna Wood species	Długość [m] Length [m]	Według badań According to a study	
		Witkowska 2003a	Witkowska 2003b
So Pine	2,45	0,580	0,580
	3,00	0,571	0,610
	4,00	0,584	0,565
	5,00	0,548	-
Św Spruce	3,00	0,664	0,670
	4,00	0,671	0,675



Rycina 1. Elementy pomiaru stosu nieregularnego (h_0-h_n – wysokość, l – długość stosu, s – szerokość stosu) (Witkowska, Jodłowski 2018)

Figure 1. Elements of irregular stack measurement (h_0-h_n – height, l – stack length, s – stack width) (Witkowska, Jodłowski 2018)

Dla każdego z czoł obliczano pole powierzchni, której elementami były średnia arytmetyczna wysokości oraz szerokość stosu. Średnia arytmetyczna pól powierzchni obu czoł pomnożona przez długość stosu stanowiła jego objętość. Wyrażono ją wzorem:

$$V = l \times [(h_0' + h_1' + \dots + h_n') \times s' / (n' + 1) + (h_0'' + h_1'' + \dots + h_n'') \times s'' / (n'' + 1)] / 2$$

gdzie:

V – objętość stosu [m(p)],

l – długość stosu (kłody) [m],

s – szerokość stosu [m],

h – wysokość stosu [m],

$n+1$ – liczba pomiarów.

Między innymi poszczególnych kłód obliczano na podstawie średnicy środkowej bez kory i długości kłody. W tym celu mierzono średnicę każdej kłody z obu końców. Pomiary wykonywano z dokładnością do 1 mm. Wyniki pomiarów posłużyły do obliczenia wynikającej z pomiaru wszystkich

kłód w stosie przeciętnej zbieżystości każdego stosu, która posłużyła za podstawę do obliczenia średnic środkowych poszczególnych kłód. W oparciu o średnice środkowe kłód, zaokrąglone w dół, obliczono ich miąższość. Uproszczony wzór na miąższość kłody [m³] miał postać:

$$V = \pi \times l \times \frac{[2d_g + (l \times z)]^2}{160000}$$

gdzie:

V – miąższość kłody [m³],

l – długość kłody [m],

d_g – średnica cieńszego (górnego) końca bez kory [cm],

z – zbieżystość [cm/m].

Dla każdego stosu obliczono również procentowy udział surowca 1., 2. i 3. klasy grubości (PN-D-95000:2002). Przyjęto uproszczone klasy grubości kłód według średnicy górnej, zawarte w tabeli 2 (Zarządzenie nr 74...).

W celu scharakteryzowania i porównania współczynników zamiennych dla poszczególnych długości kłód wyliczono średnie ważone, odchylenia standardowe (SD), błędy standardowe średniej (SE) oraz współczynniki zmienności (CV).

Do zbadania zróżnicowania współczynnika zamiennego w zależności od długości kłody zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji, a grupy jednorodne wydzielono testem HSD Tukeya.

Zależności między wielkością współczynników zamiennych a przeciętną średnicą kłody dla poszczególnych długości kłód badano przy użyciu korelacji porządku rang Spearmana.

Wpływ klasy grubości kłód na wartość współczynnika zamiennego analizowano za pomocą ANOVA rang Kruskala-Wallisa.

Obliczenia wykonano przy użyciu pakietu statystycznego Statistica 8 (StatSoft 2006).

3. Wyniki badań i dyskusja

3.1. Drewno wielkowymiarowe sosnowe

Pomiary surowca przeprowadzono na terenie siedmiu nadleśnictw: Dąbrowa, Gidle, Brzóska, Gubin, Krzystkowice, Świebodzin i Maskulińskie. Ogółem zmierzono 3312,12 m³[p] kłód sosnowych (61 stosów), w tym: 588,07 m³[p] – 3 m (14 stosów), 787,87 m³[p] – 4 m (16 stosów), 582,43 m³[p] – 5 m (10 stosów) oraz 1353,75 m³[p] – 6 m (21 stosów). Kłody pozyskano przy użyciu harwestera. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 3.

Wartości współczynników zamiennych dla poszczególnych długości kłód, w zależności od ich przeciętnej średnicy, przedstawiono na rycinach: 2, 4, 6 i 8.

Surowiec sosnowy był zróżnicowany – blisko 50% (1636 m³[p]) stanowiły kłody należące do 1. klasy grubości. W związku z powyższym zbadano zależność współczynnika zamiennego od udziału klas grubości. Przyjęto, że o przynależności stosu do danej klasy grubości decydował udział miąższościowy kłód tej klasy przekraczający 50%. Zależność tę zilustrowano na rycinach 3, 5, 7 i 9.

Tabela 2. Klasy grubości

Table 2. Thickness classes

Średnica górna bez kory [cm] Top diameter under bark [cm]	Klasa grubości Thickness class
14–22	1K
23–32	2K
≥33	3K

Tabela 3. Wyniki badań dla drewna kłodowanego sosnowego

Table 3. Research results for pine logs

Długość Length [m]	Średnia ważona współczynnika zamiennego (średnia ± błąd standardowy) Wighted mean conversion factor (mean ± SE)	Współczynnik zmienności Coefficient of variation (CV), [%]
3	0,634±0,011	6,4
4	0,629±0,008	4,7
5	0,610±0,011	5,8
6	0,574±0,007	5,7

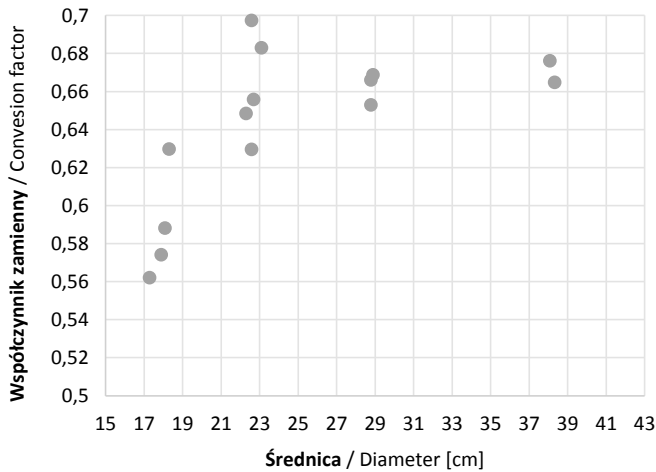
Z tabeli 3 wynika, że współczynnik zamienny maleje wraz z długością kłody. Analiza statystyczna wykazała wpływ długości kłody na jego wartość, jednak istotne statystycznie ($p < 0,05$) różnice odnotowano wyłącznie między kłodami o długości 3 m i 6 m oraz 4 m i 6 m.

Badając zależność współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy stwierdzono, że jest ona statystycznie istotna ($p < 0,05$) tylko dla kłód o długości 3 m i 4 m, odpowiednio przy $p = 0,003$ i $p = 0,027$.

Średnia wartość współczynnika zamiennego w przypadku kłód o długości 3, 4 i 5 m wzrasta wraz z klasą grubości kłód (ryc. 3, 5, 7), chociaż zależność ta nie okazała się statystycznie istotna (wartość p odpowiednio 0,295; 0,061; 0,088). Zależności tej nie zaobserwowano dla kłód o długości 6 m.

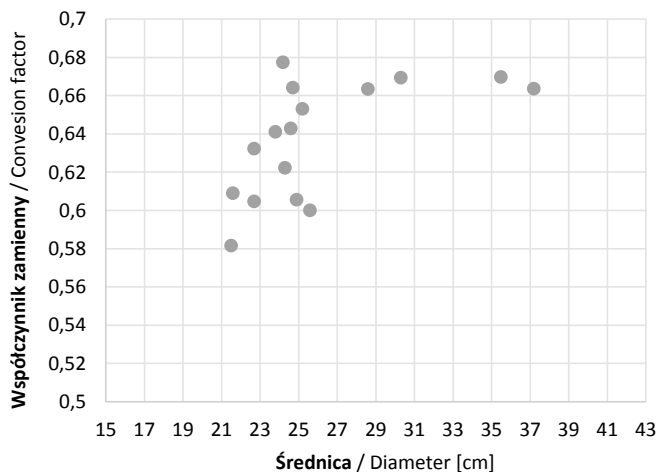
Na zmniejszającą się na ogół średnią wartość współczynnika zamiennego wraz ze wzrostem długości kłód może mieć wpływ krzywizna poszczególnych sztuk. Warunki techniczne (Zarządzenie nr 74...) dla drewna sosnowego w kłodach dopuszczają w klasach jakości B i C (odbieranych według współczynnika zamiennego) odpowiednio 1,5 cm/m i 2 cm/m. W przypadku krzywizny jednostronnej na sztukach dłuższych kumuluje się ona, co przyczynia się do powstawania większych luk w stosie. Przy większych długościach kłód trudniejsze jest osiągnięcie lepszej ścisłości ich ułożenia.

Uzyskane w niniejszych badaniach wartości współczynników zamiennych są wyższe od otrzymanych wcześniej (Witkowska 2003a, b). Przyczyniła się do tego struktura grubościowa mierzonych surowca – pomiarom podlegał wówczas surowiec w kłodach należących głównie do 1. klasy grubości. W 2009 roku surowiec był bardziej zróżnicowa-



Rycina 2. Zależność współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy dla kłód sosnowych o długości 3 m

Figure 2. Dependency of the conversion factor on the mean pine log diameter with the length of 3 m



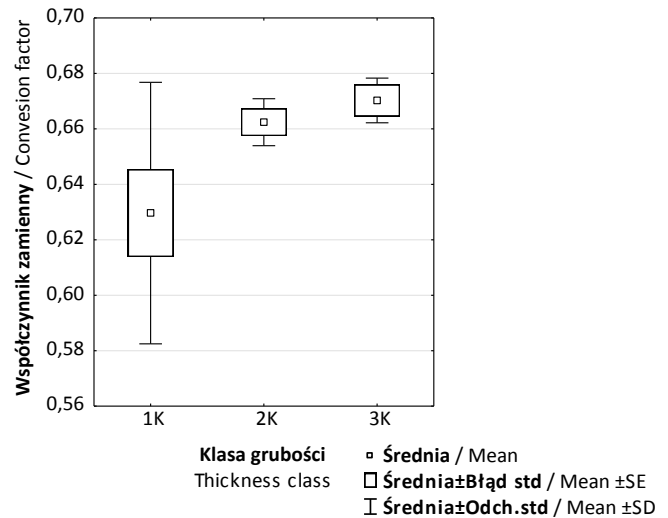
Rycina 4. Zależność współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy dla kłód sosnowych o długości 4 m

Figure 4. Dependency of the conversion factor on the mean pine log diameter with the length of 4 m

ny – udział kłód wyższych klas grubości (2. i 3.) był dosyć znaczny, bowiem stanowił ogółem ponad 50% miąższości całkowitej surowca. W obu przypadkach zauważalna jest jednak tendencja do spadku wartości współczynnika zamiennego wraz ze wzrostem długości kłody.

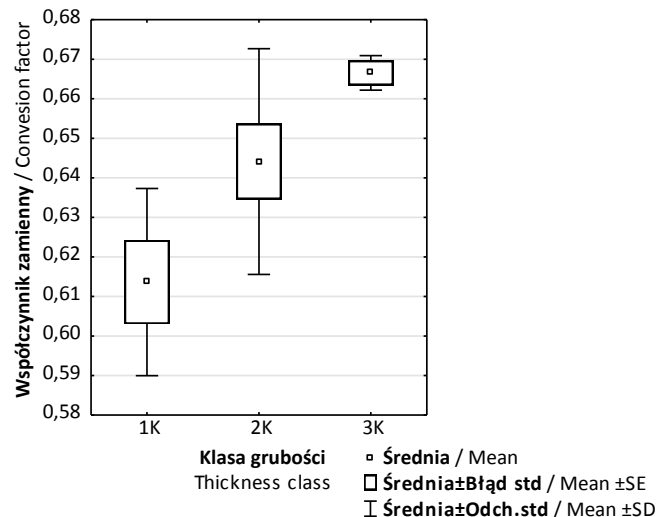
3.2. Drewno wielkowymiarowe świerkowe

Badaniami objęto drewno pochodzące z pięciu nadleśnictw: Bielsko, Jeleśnia, Prudnik, Ujsoły i Węgierska Górka. Ogółem zmierzono 1468,46 m³[p] kłód świerkowych (45 stosów), w tym: 285,54 m³[p] – 3 m (19 stosów), 274,27 m³[p] – 4 m (11



Rycina 3. Zależność współczynnika zamiennego od udziału klas grubości dla kłód sosnowych o długości 3 m

Figure 3. Dependency of the conversion factor on the share of thickness classes for 3 m pine logs

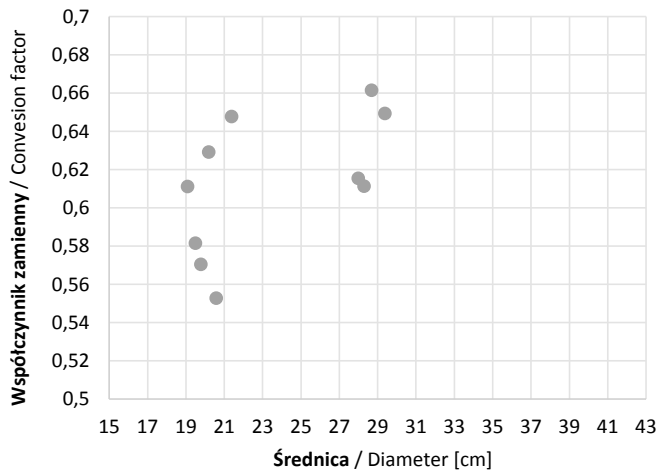


Rycina 5. Zależność współczynnika zamiennego od udziału klas grubości dla kłód sosnowych o długości 4 m

Figure 5. Dependency of the conversion factor on the share of thickness classes for 4 m pine logs

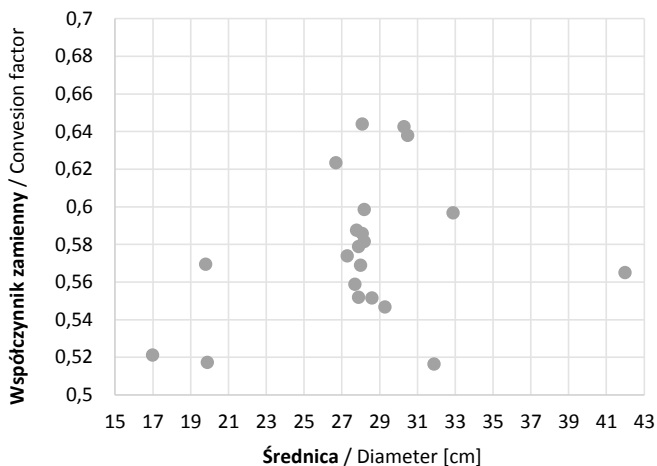
stosów), 417,20 m³[p] – 5 m (8 stosów) i 491,45 m³[p] – 6 m (7 stosów). Surowiec świerkowy był znacznie mniej zróżnicowany pod względem grubości w porównaniu do surowca sosnowego. Kłody należały niemal wyłącznie do pierwszej klasy grubości – odnotowano tylko jeden stos, w którym udział kłód 2. klasy grubości przekroczył 50%. Część kłód była pozyskana przy użyciu pilarki. Nie badano wpływu sposobu pozyskania na wielkość współczynnika zamiennego.

Wyniki badań zestawiono w tabeli 4 oraz na rycinach 10–13. Z uwagi na małe zróżnicowanie grubości surowca świerkowego nie analizowano zależności współczynnika zamiennego od udziału miąższościowego klas grubości.



Rycina 6. Zależność współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy dla kłód sosnowych o długości 5 m

Figure 6. Dependency of the conversion factor on the mean pine log diameter with the length of 5 m

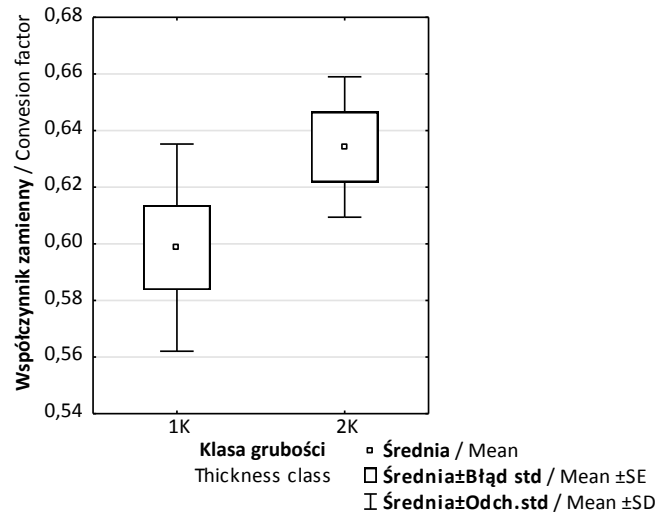


Rycina 8. Zależność współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy dla kłód sosnowych o długości 6 m

Figure 8. Dependency of the conversion factor on the mean pine log diameter with the length of 6 m

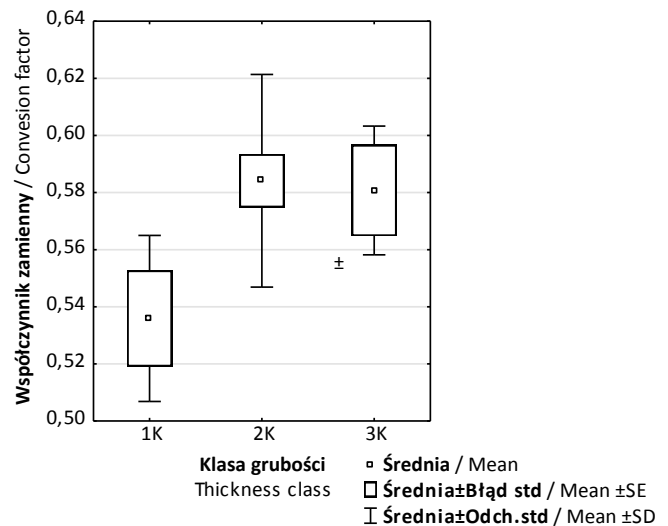
Średnia wartość współczynnika zamiennego dla drewna kłodowanego świerkowego na ogół malała wraz z długością kłód, jednak analiza z użyciem testu HSD Tukeya nie wykazała istotności ($p < 0,05$) wpływu długości kłód na jego wielkość. Nie stwierdzono również istotnej zależności współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy dla poszczególnych długości kłód. Przyczyny można upatrywać w mało zróżnicowanej próbie pod względem grubości raz oraz niedużej (w porównaniu z sosną) krzywiźnie i zbieżności kłód świerkowych oraz w miarę stałej grubości kory wzdłuż strzały.

Podobne wartości współczynników zamiennych uzyskano także we wcześniejszych badaniach (Witkowska 2003 a, b).



Rycina 7. Zależność współczynnika zamiennego od udziału klas grubości dla kłód sosnowych o długości 5 m

Figure 7. Dependency of the conversion factor on the share of thickness classes for 5 m pine logs



Rycina 9. Zależność współczynnika zamiennego od udziału klas grubości dla kłód sosnowych o długości 6 m

Figure 9. Dependency of the conversion factor on the share of thickness classes for 6 m pine logs

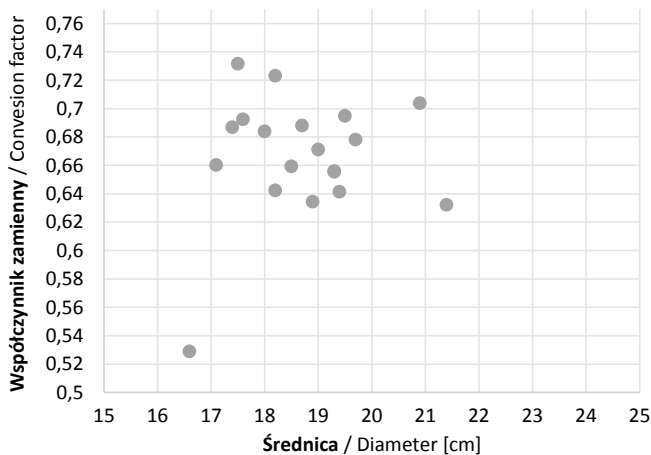
Wynika to zarówno z braku istotnego wpływu długości kłód na wartość współczynnika, jak i ze zbliżonej struktury grubości surowca mierzonego w latach 2003 i 2009.

4. Podsumowanie

Współczynniki zamienne uzyskane w niniejszej pracy dla kłód sosnowych różnej długości wskazują na spadek wartości współczynnika wraz ze wzrostem długości kłody. Zależność ta jest widoczna, choć w nie każdym przypadku statystycznie istotna. Wynikać to może z nakładania się wpływu różnych czynników (głównie krzywizny, napływów korzeniowych,

Tabela 4. Wyniki badań dla drewna kłodowanego świerkowego
Table 4. Research results for spruce logs

Długość [m] Length [m]	Średnia ważona współczynnika zamiennego (średnia ± błąd standardowy) Wighted mean conversion factor (mean ± SE)	Współczynnik zmienności Coefficient of variation (CV) [%]
3	0,669±0,010	6,5
4	0,637±0,012	6,0
5	0,635±0,022	9,6
6	0,656±0,014	5,9



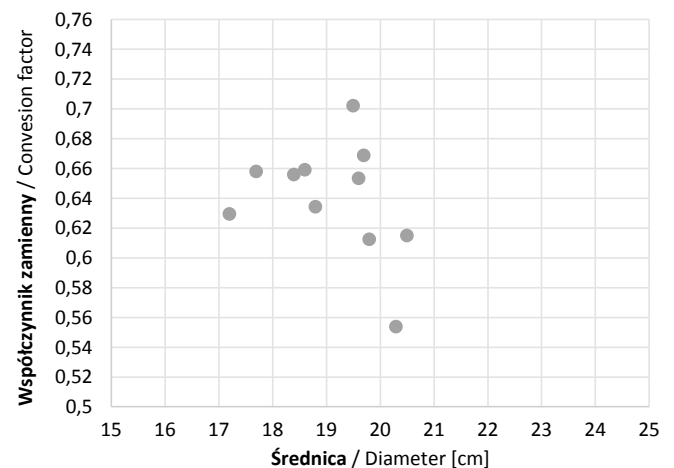
Rycina 10. Zależność współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy dla kłód świerkowych o długości 3 m

Figure 10. Dependency of the conversion factor on the mean spruce log diameter with the length of 3 m

związanych z obecnością w stosie kłód odziomkowych, zbieżności) na stopień wypełnienia stosu wraz ze wzrostem długości kłód.

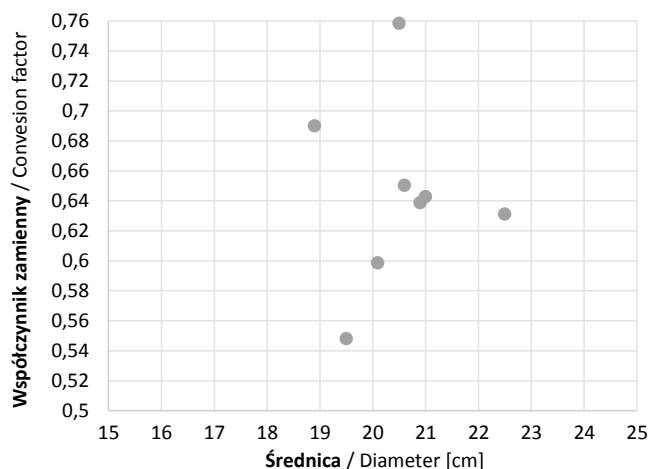
Dla kłód o długości 3, 4 i 5 m średnia wartość współczynnika zamiennego rośnie wraz z klasą grubości kłód. Tendencja ta jest zauważalna, ale nieistotna statystycznie. Taka zależność nie występuje w przypadku surowca o długości 6 m.

W przypadku surowca świerkowego otrzymane wartości współczynników zamiennych, zarówno w badaniach wcześniejszych, jak i obecnych, są podobnej wielkości. Nie stwierdzono też ich istotnej zależności od długości kłody i jej przeciętnej średnicy. Odnosi się to do surowca świerkowego o długości 3, 4 i 5 m. Problematyczne jest przyjęcie do stosowania współczynnika zamiennego dla surowca o długości 6 m. Nie zaleca się stosowania współczynnika zamiennego dla



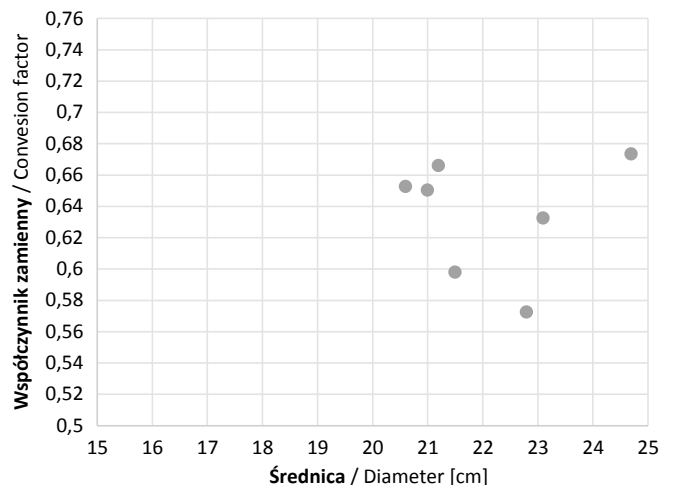
Rycina 11. Zależność współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy dla kłód świerkowych o długości 4 m

Figure 11. Dependency of the conversion factor on the mean spruce log diameter with the length of 4 m



Rycina 12. Zależność współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy dla kłód świerkowych o długości 5 m

Figure 12. Dependency of the conversion factor on the mean spruce log diameter with the length of 5 m



Rycina 13. Zależność współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy dla kłód świerkowych o długości 6 m

Figure 13. Dependency of the conversion factor on the mean spruce log diameter with the length of 6 m

kłód o długości 6 m z uwagi na nieduże zapotrzebowanie na tego rodzaju drewno oraz możliwość popełnienia większego błędu wynikającego z braku widocznej zależności współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy kłód.

Warunkiem zasadniczym do stosowania współczynników zamiennych dla drewna wielkowymiarowego kłodowanego jest dokładne układanie stosów ze szczególnym zwróceniem uwagi na:

- udostępnienie obu czoł stosu do pomiaru;
- równoległe względem siebie układanie poszczególnych kłód, wyrównanie ich czoł do jednej płaszczyzny,
- sposób uformowania stosu, aby jego górna płaszczyzna była równoległa do podłoża – czoła stosu powinny mieć kształt zbliżony do trapezu – co pozwoli na eliminację błędów popełnianych przy pomiarze wysokości.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Podziękowania i źródła finansowania

Badania zrealizowano w ramach projektu badawczego pt. „Określenie współczynników zamiennych dla wybranych długości drewna sosnowego i świerkowego wielkowymiarowego w kłodach oraz średniowymiarowego”, zleconego przez Generalną Dyрекcję Lasów Państwowych.

Autorzy składają serdeczne podziękowania Pracownikom jednostek organizacyjnych Lasów Państwowych, na których terenie prowadzono badania – regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych w Białymstoku, Katowicach, Toruniu i Zielonej Górze oraz nadleśnictw: Bielsko, Brzózka, Dąbrowa, Gidle, Gubin, Jeleśnia, Krzystkowice, Maskulińskie, Prudnik, Świebodzin, Ujsoły i Węgierska Górka.

Literatura

- Cichowski P. 1955. Badania nad wielkością współczynnika zamiennego dla papierówki. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa.
- Gergel T., Bucha T., Gejdoš M., Vyhnáliková Z. 2019. Computed tomography log scanning – High technology for forestry and forest based industry. *Central European Forestry Journal* 65: 51–59. DOI 10.2478/forj-2019-0003.
- Heindl U., Stuhlmann Ch. 2016. Fotooptische Poltervermessung zur Abrechnung zugelassen. *AFZ-DerWald* 5: 32–35.
- Jodłowski K., Sarzyński W. 2018. Nowoczesne metody pomiaru surowca drzewnego. *Biblioteczka Leśniczego* 392: 2–20.

- Pachuta A., Chojnacki K. 2018. Fotooptyczny pomiar drewna w stosie. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 2: 14–16.
- Pásztory Z., Heinzmann B., Barbu M-C. 2018. Manual and Automatic Volume Measuring Methods for Industrial Timber. IOP Conf. Ser.: *Earth and Environmental Science* 159: 012019. DOI 10.1088/1755-1315/159/1/012019.
- PN-D-95000:2002. Surowiec drzewny – Pomiar, obliczanie miąższości i cechowanie. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- StatSoft 2006. Elektroniczny Podręcznik Statystyki PL, Kraków. <http://www.statsoft.pl/textbook/stathome.html> [22.05.2019].
- Witkowska J. 2003a. Ekspertyza dotycząca określenia miąższości drewna w kłodach. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa.
- Witkowska J. 2003b. Opracowanie współczynników zamiennych dla drewna kłodowanego. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa.
- Witkowska J. 2009. Nowe metody pomiaru surowca drzewnego ze szczególnym uwzględnieniem drewna kłodowanego. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa.
- Witkowska J. 2011. Ocena współczynników zamiennych z m³(p) w korze na m³ bez kory dla drewna sosnowego i świerkowego, uwzględnionych w projekcie zarządzenia Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Sękocin Stary.
- Witkowska J., Jodłowski K. 2018. Określenie współczynników zamiennych dla wybranych długości drewna średniowymiarowego sosnowego i świerkowego grupy S2. *Leśne Prace Badawcze* 79(1): 81–88. DOI 10.1515/ftp-2018-0008.
- Wnorowska M. 2009. Kłoda pod cyfrową lupą. *Gazeta przemysłu drzewnego* 10.
- Yuntao A., Schajer G.S. 2014. Geometry-based CT scanner for measuring logs in sawmills. *Computers and Electronics in Agriculture* 105: 66–73. DOI 10.1016/j.compag.2014.03.007.
- Zarządzenie nr 35 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 27 czerwca 2019 w sprawie wprowadzenia „Tymczasowych warunków technicznych na drewno iglaste kłodowane (WK) mierzone w stosach łączonych” <http://drewno.zilp.lasy.gov.pl/drewno> [3.07.2019].
- Zarządzenie nr 74 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 27 września 2013 w sprawie odbioru i obrotu drewna iglastego wyrabianego w kłodach w jednostkach organizacyjnych Lasów Państwowych <http://drewno.zilp.lasy.gov.pl/drewno/Normy> [3.07.2019].

Wkład autorów

J.W. – prowadzenie badań, koncepcja artykułu, przegląd literatury, analiza danych, pisanie i korekta tekstu, K.J. – prowadzenie badań, przegląd literatury, analiza danych, obliczenia statystyczne, korekta tekstu, przygotowanie końcowej wersji publikacji.