

WITOLD PAZDROWSKI

Współzależność pomiędzy średnią gęstością umowną i wytrzymałością drewna kłód odziomkowych sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris* L.) a gęstością i wytrzymałością określoną na różnych wysokościach pnia

Correlation Between the Mean Conventional Density and Strength of Wood of Butt Log of Scots Pine (*Pinus silvestris* L.) and the Density and Strength Determined at Various Stem Heights

Wstęp

W dobie pogłębiającego się niedoboru drewna przemysłowego, zwłaszcza materiałów tartych, ważnym zadaniem jest wypracowanie prostych, tanich, lecz obiektywnych metod jego oceny w celu bardziej racjonalnego wykorzystania surowca drzewnego.

Gęstość drewna jest wskaźnikiem jego mechanicznych właściwości oraz wydajności jako surowca wykorzystywanego w przerobie chemicznym lub fizyko-chemicznym (6, 7 i 8). Wraz ze wzrostem gęstości zwiększają się niektóre mechaniczne właściwości drewna oraz rośnie wydajność otrzymywanych z niego produktów. Jest więc ona ważną fizyczną właściwością drewna, ponieważ decyduje o możliwościach jego wykorzystania, a jednocześnie może być uznana za bardzo istotny wskaźnik jakościowy i ilościowy produktywności drzewostanów. Zależy ona od wielu czynników, niejednokrotnie trudnych do liczbowego ujęcia. Do czynników wewnętrznych należy między innymi położenie drewna w pniu drzewa, tj. związane z miejscem pobierania próbek. Z literatury przedmiotu wiadomo, iż zróżnicowanie tej właściwości w zależności od położenia drewna w pniu drzewa jest bardzo duże, co wynika głównie z niejednorodności budowy drewna.

Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien jest właściwością mechaniczną drewna łatwą do określenia, a jej znajomość pozwala wnioskować o innych właściwościach. Dlatego też jest ona dobrym sprawdzianem technicznej wartości drewna (6).

Jedną z dróg uzyskania oszczędności surowca drzewnego przemysłowego, tj. pozyskiwanego w drzewostanach rębnych i bliskorębnych, jest przeznaczenie do produkcji tarcicy konstrukcyjnej pni drzew o znanej wytrzymałości drewna.

W ocenie surowca drzewnego posługiwać się należy wartością średnią uwzględniającą w pełni znaczną zmienność danej właściwości drewna. Uzyskać to można dzięki badaniu dużej liczby próbek drewna pobranych metodycznie z danej partii surowca. Badania tak prowadzone są czasochłonne oraz kosztowne i skłaniają do poszukiwania uproszczonych metod oceny surowca pod względem gęstości umownej i wytrzymałości drewna, lecz w pełni oddających jego wartość w tym zakresie.

Dotychczas stosowane metody wizualnej klasyfikacji tarcicy pod względem wytrzymałościowym są pracochłonne, kosztowne, mało obiektywne i prowadzą do zaniżenia własności mechanicznych badanej tarcicy (1, 3). Stosowane są również maszyny do nieniszczącej klasyfikacji tarcicy pod względem wytrzymałościowym, przy czym oba wymienione sposoby oceny wykorzystywane są w zasadzie tylko w zakładach mechanicznego przerobu drewna (tartakach) do klasyfikacji tarcicy już wyprodukowanej.

Mysłą przewodnią tego opracowania jest ocena surowca drzewnego w zakresie gęstości umownej, drzew stojących i ściętych i wytrzymałości drewna u drzew ściętych i w zależności od uzyskanych wartości odpowiednie jego przeznaczenie i racjonalne przetworzenie. Celem pracy jest próba określenia współzależności pomiędzy średnią gęstością umowną i wytrzymałością drewna kłód odziomkowych sosen zwyczajnych (*P. silvestris* L.), a gęstością i wytrzymałością określoną na różnych wysokościach pnia.

Materiał i metoda

Drzewa do badań wycięto w rębnym drzewostanie sosnowym na powierzchni zlokalizowanej w oddziale 57d Leśnictwa Zielonka w Nadleśnictwie Doświadczalnym Zielonka. Powierzchnię próbną o wielkości 1 ha usytuowano tak, aby była reprezentatywna dla całego wydzielenia.

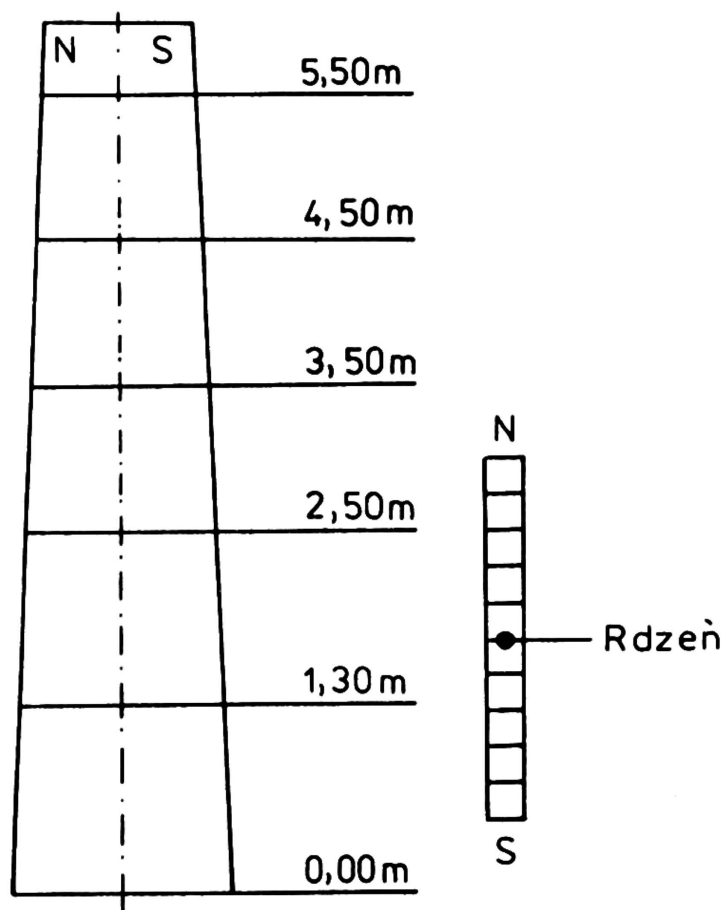
Syntetyczny opis powierzchni, na której przeprowadzono badania obrazuje tabela 1.

TABELA 1
Opis drzewostanu objętego badaniami

Siedliskowy typ lasu	Skład, wiek i zadrzewienie drzewostanu	Przeciętna	
		pierśnica sosny [cm]	wysokość sosny [m]
BMśw	So (111–120) 115 lat pod okapem miejscami Św, Brz III i IV klasa wieku, zadrzewienie 0,9	40	27

Na powierzchni badawczej pomierzono pierśnice wszystkich rosnących drzew oraz wysokości proporcjonalnie do liczebności w przyjętych (4 cm) stopniach grubości. Po uzyskaniu charakterystyki pod względem grubości (pierśnic) i wysokości drzew wybrano drzewa próbne metodą Uricha II (2). Łącznie wybrano 30 drzew. Drzewa te ścięto i z pnia każdego z nich odcięto sześciometrową kłodę odziomkową, którą przetarto równolegle do kierunku północ-południe (N-S) celem pozyskania desek rdzeniowych.

Z desek tych, zgodnie ze schematem pokazanym na ryc. 1, wyrobiono próbki o wymiarach $20 \times 20 \times 30$ mm do badań gęstości umownej drewna i wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien powyżej punktu nasycenia, tj. przy wilgotności drewna powyżej 30%.



RYC. 1. Schemat rozmieszczenia miejsc pobrania próbek do badań gęstości i wytrzymałości drewna

Gęstość drewna oznaczono metodą stereometryczną zgodnie z normą PN-77/D-04101, zaś wytrzymałość drewna określano zgodnie z normą PN-79/D-04102 na maszynie wytrzymałościowej typu ZDM 5t/91 produkcji byłej NRD. Wilgotność próbek określano bezpośrednio po oznaczeniu wytrzymałości zgodnie z normą PN-77/D-04100 przy zastosowaniu metody suszarkowo-wagowej.

Wytrzymałości próbek obliczano z dokładnością do 0,1 MPa, stosując wzór:

$$R_{Cw} = \frac{P_c}{A} \quad [\text{MPa}]$$

w którym:

RC_w – wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien drewna o wilgotności W (MPa),
 P_c – siła niszcząca (da N),
 A – powierzchnia przekroju poprzecznego próbki (cm^2).

Uzyskane wyniki umożliwiły obliczenie średniej gęstości umownej i wytrzymałości drewna kłód odziomkowych drzew i ich zmienności dla przyjętych w pracy przekrojów poprzecznych pni z poszczególnych wysokości. Na podstawie uzyskanych danych dokonano analizy współzależności pomiędzy średnią gęstością umowną i wytrzymałością na ściskanie wzdłuż włókien drewna kłód odziomkowych drzew a gęstością i wytrzymałością określoną na różnych wysokościach pnia. W prezentowanej pracy związek ten scharakteryzowano współczynnikami korelacji (r).

Wyniki badań

Wyniki badań zestawiono w tabelach 2, 3 i 4 oraz przedstawiono graficznie na rycinach 2 i 3.

TABELA 2

Charakterystyka statystyczna gęstości umownej drewna sosen określonej na różnych wysokościach pnia

Miary położenia i rozproszenia	Gęstość umowna drewna określona na przekroju poprzecznym pnia z wysokości (w metrach):					
	0,00	1,30	2,50	3,50	4,50	5,50
Średnia arytmetyczna						
[kg/m ³]	488,9	468,1	447,1	445,3	429,8	422,3
[%]	100	96	91	91	88	86
Współczynnik zmienności [%]	8,9	10,2	7,6	7,3	7,0	6,5

Jak wynika z danych tabeli 2, najwyższą gęstość, 488,9 kg/m³, ma drewno na przekroju poprzecznym pnia na wysokości 0,00 m, tj. na przekroju ścięcia drzewa. W miarę oddalania się od powyższego przekroju, tj. od poziomego ścięcia drzewa, gęstość systematycznie obniżała się. Spadek tej właściwości fizycznej drewna na odcinku od 0,00 m do 5,50 m wysokości pnia wyrażony w jednostkach względnych (%) zamykał się w przedziale od 4 do 14%, średnio około 10%.

Zmienność gęstości umownej utrzymywała się w przedziale od 6,5% do 10,2% (tab. 2). Najwyższe współczynniki zmienności 10,2% i 8,9% wykazało drewno z wysokości pnia 1,30 m i 0,00 m, na pozostałych wysokościach zmienność tej właściwości była mniejsza. Otrzymane współczynniki świadczą, że zmienność omawianej właściwości uzależniona była od położenia na pniu przekroju poprzecznego, na którym prowadzono badania.

TABELA 3

Charakterystyka statystyczna wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien drewna sosen określonej na różnych wysokościach pnia

Miary położenia i rozproszenia	Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien określona na przekroju poprzecznym pnia z wysokości (w metrach):					
	0,00	1,30	2,50	3,50	4,50	5,50
Średnia arytmetyczna [MPa]	19,8	22,2	22,3	22,3	20,9	20,8
[%]	100	112	113	113	106	105
Współczynnik zmienności [%]	14,9	12,0	10,2	11,9	11,3	10,2

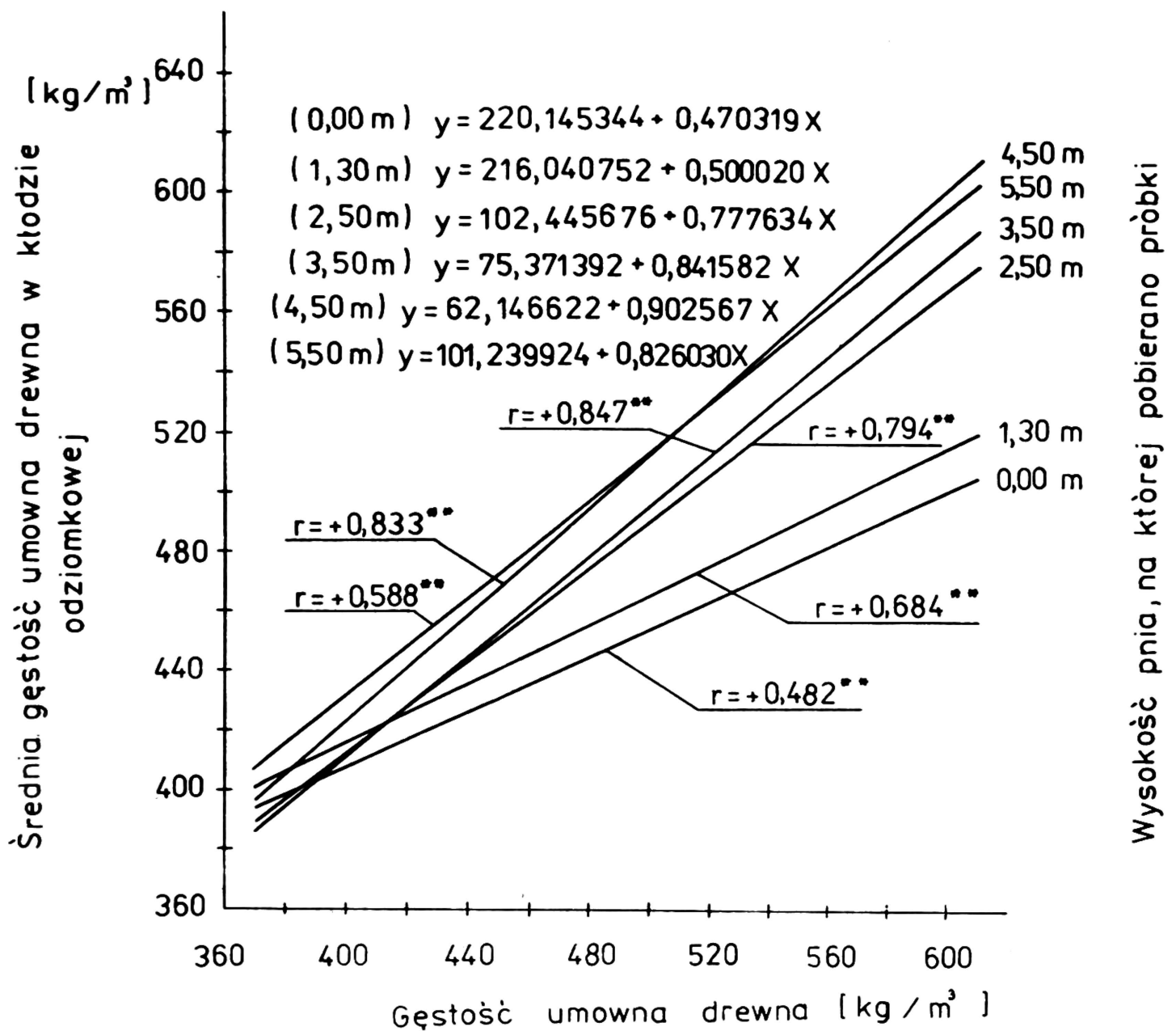
W pracy tej zależność średniej gęstości umownej drewna w kłodzie odziomkowej sosen, a gęstością określoną na wysokościach pnia 0,00; 1,30; 2,50; 3,50; 4,50 i 5,50 m scharakteryzowano współczynnikami korelacji (r). Wynika z nich, że efekty liniowe są bardzo istotne, a zależność pomiędzy średnią gęstością umowną drewna w kłodzie odziomkowej sosen oraz gęstością określoną na przyjętych w pracy wysokościach pnia ma charakter prostoliniowy i wprost proporcjonalny, co uwidocznione jest na ryc. 2. Duże współczynniki korelacji wystąpiły przy badaniu wspomnianej zależności dla wysokości 3,50; 4,50 i 2,50 m, dla których wartości obliczonych współczynników korelacji wynosiły odpowiednio +0,847; +0,833 oraz +0,797. Najniższy współczynnik (+0,482) stwierdzono dla wysokości pnia 0,00 m. Współczynnik korelacji pomiędzy średnią gęstością umowną drewna kłody odziomkowej drzew, a gęstością określoną na wysokości pnia 1,30 m wykazywał pośrednią wartość i wyniósł +0,648.

TABELA 4

Współczynniki korelacji charakteryzujące związek pomiędzy wytrzymałością na ściskanie podłużne drewna kłód odziomkowych sosen, a wytrzymałością określoną na różnych wysokościach pnia

Przekrój poprzeczny pnia z wysokości (w metrach)	Współczynnik korelacji [r]
0,00	+0,669**
1,30	+0,815**
2,50	+0,865**
3,50	+0,903**
4,50	+0,870**
5,50	+0,629**

** – istotność zależności przy $P = 0,99$



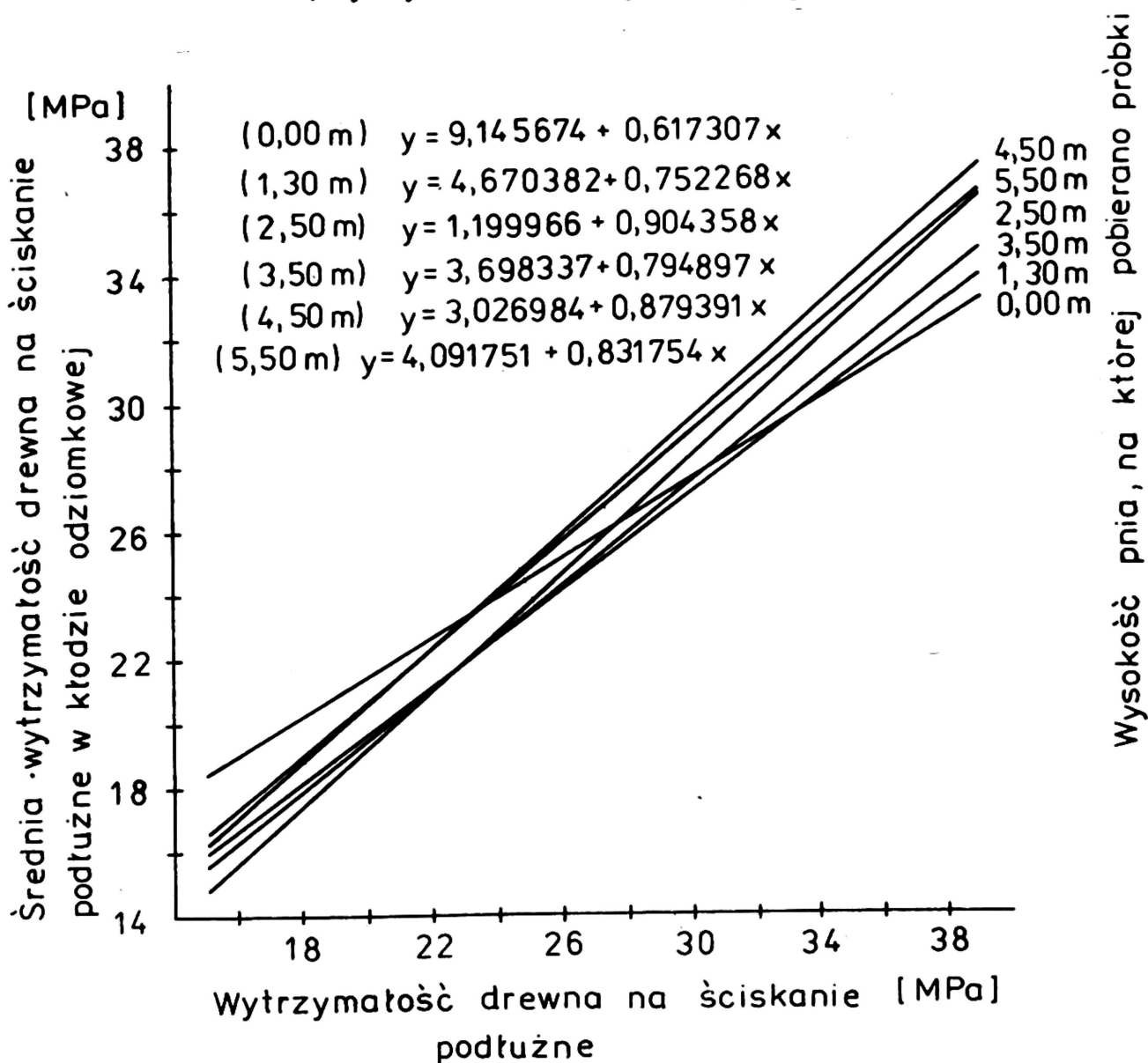
RYC. 2. Związek między średnią gęstością umowną drewna w kłodzie odziomkowej sosen, a gęstością lokalną określoną na różnych wysokościach pnia
 ** – istotność zależności przy $P = 0,99$

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że chcąc określić średnią gęstość umowną drewna kłody odziomkowej dowolnego drzewa należałoby pobrać świdrem przyrostowym wywiert drewna z rozpatrywanych wysokości pnia i określić na nich gęstość drewna. Na podstawie uzyskanych tą drogą wyników lokalnej gęstości oraz posługując się zamieszczonymi w pracy równaniami regresji można obliczyć średnią gęstość umowną drewna kłody odziomkowej. Należy podkreślić jednak, iż wysoką współzależność stwierdzono pomiędzy gęstością średnią dla kłody odziomkowej, a gęstością lokalną z wysokości pnia 3,50; 4,50 i 2.50 m. **Hakkila (1966), Isajewa (1978)** oraz **Połubojarinov (1976)** wskazują, aby średnią gęstość drewna pnia ustalać wykorzystując korelację pomiędzy tą gęstością, a gęstością lokalną z wysokości 1,30 m. Uzyskany w pracy współczynnik korelacji charakteryzujący tę współzależność pomiędzy przedstawionymi gęstościami jest również wysoki i wynosi +0,648. Prawdopodobnie tę

wykorzystać należy przy ocenie jakościowo-ilościowej produkcji rosnących drzew i drzewostanów sosnowych.

W przypadku oceny surowca drzewnego z drzew i drzewostanów ściętych, średnią gęstość umowną drewna kłody odziomkowej należałoby określić na podstawie lokalnej gęstości umownej ustalonej na wysokości pnia: 3,50; 4,50 lub 2.50 m na wywiertach pobranych świdrem przyrostowym i korzystając z przedstawionych tu równań regresji.

Dane z tabeli 3 wykazują, że wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien drewna kłód odziomkowych rębnych sosen wahała się od 19,8 MPa do 22,3 MPa. Najniższe wartości wytrzymałości drewna stwierdzono na przekroju poprzecznym pnia z wysokości 0,00 m, tj. na przekroju ścięcia drzewa. Na przekrojach z wysokości 1,30; 2,50 i 3,50 m drewno charakteryzowało się najniższą, a jednocześnie zbliżoną do siebie wytrzymałością, natomiast na przekrojach z 4,50 i 5,50 m wytrzymałość ta wykazywała pewne obniżenie. Wyrażając badaną wytrzymałość dla przekroju ścięcia drzewa za 100% można powiedzieć, iż na odcinku od 0,00 m do 5,50 m pnia stwierdzono wzrost wytrzymałości drewna na ściskanie wzdłużne; wytrzymałość ta zamykała się w przedziale od 5 do 13%.



RYC. 3. Związek między wytrzymałością drewna na ściskanie podłużne w kłodzie odziomkowej sosen a wytrzymałością określoną na różnych wysokościach pnia

Zmienność omawianej właściwości mechanicznej drewna utrzymywała się w przedziale od 10,2% do 14,9% (tab. 3). Największy współczynnik zmienności (14,9%) stwierdzono na przekroju poprzecznym pnia z wysokości 0,00 m. Natomiast na pozostałych wysokościach pnia zmienność ta była niższa i wahała się od 10,2% do 12,0%. Ustalone współczynniki są dowodem, że zmienność omawianej właściwości mechanicznej drewna powiązana była ściśle z położeniem na pniu przekroju poprzecznego, na którym prowadzono badania.

W prezentowanej pracy zależność średniej wytrzymałości drewna na ściskanie wzdłużne przy wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien kłód odziomkowych rębnych sosen, a wytrzymałością określoną na wysokościach pnia: 0,00; 1,30; 2,50; 3,50; 4,50 i 5,50 m scharakteryzowano współczynnikami korelacji (r), które zamieszczono w tabeli 4. Na podstawie zaś ustalonych równań wykreślono proste regresji (ryc. 3), przedstawiające graficzną interpretację związku pomiędzy rozpatrywanymi w pracy wytrzymałościami drewna. Z danych zawartych w tabeli 4 oraz ryc. 3 wynika, że efekty liniowe są bardzo istotne, a zależność pomiędzy średnią wytrzymałością drewna w kłodzie odziomkowej sosen a wytrzymałością określoną na przyjętych w pracy wysokościach pnia ma charakter prostoliniowy i wprost proporcjonalny. Wysokie współczynniki korelacji stwierdzono przy badaniu tej zależności dla wysokości: 3,50; 4,50; 2,50 i 1,30 m, dla których wartości obliczonych współczynników wynosiły odpowiednio: +0,903; +0,870; +0,865 oraz +0,815. Najniższy współczynnik korelacji (+0,629) stwierdzono dla wysokości pnia 5,50 m, w płaszczyźnie przekroju ścięcia drzew wartość jego wynosiła +0,669.

Podsumowując należy stwierdzić, że chcąc określić średnią wytrzymałość drewna kłód odziomkowych ściętych drzew należałoby pobrać wyrzynki pni i określić na nich wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien. Wyrzynki do określenia lokalnej wytrzymałości drewna zarówno z punktu widzenia praktycznego, a także z uwagi na siłę określanego w pracy związku (tab. 4) należałoby pobierać na odcinku 3,50 m do 4,50 m. Najcenniejszą, pierwszą kłodę z części odziomkowej drzewa przeznaczoną do przetarcia powinno się wyrabiać w długościach co najmniej 4 m. Ta część pnia z wielu względów, a przede wszystkim z uwagi na duży udział drewna bezszęcznego jest najcenniejsza.

Na podstawie uzyskanych tą drogą wyników lokalnej wytrzymałości drewna oraz posługując się zamieszczonymi w pracy równaniami regresji można obliczyć średnią wytrzymałość drewna kłód odziomkowych ściętych drzew. Te ostatnie wyniki mogą stanowić podstawę zakwalifikowania do produkcji tarcicy konstrukcyjnej tylko tych pni, których drewno charakteryzuje się pożądaną wytrzymałością, pnie zaś nie spełniające tego warunku przeznaczyć na inne cele.

Proponowane metody określania średniej gęstości umownej drewna pni sosen rosnących i ściętych oraz średniej wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien drewna kłód odziomkowych drzew ściętych pozwolą przy minimalnych nakładach czasu, sił, środków oraz przy znacznej oszczędności surowca dokonać oceny drewna pod względem podstawowych właściwości fizyko-mechanicznych w pełni oddających jego wartość w tym zakresie.

Wnioski

- W miarę oddalania się od przekroju pnia w poziomie ścięcia drzew gęstość umowna drewna systematycznie obniżała się. Spadek jej na odcinku 0,00 m do 5,50 m pnia drzewa wyrażony w jednostkach względnych wynosił średnio około 10%. Wytrzymałość lokalna drewna na tym odcinku pnia wahała się od 19,8 MPa do 22,3 MPa. Najmniejszą wytrzymałość drewna stwierdzono na przekroju pnia w poziomie ścięcia drzew, zaś największą w części środkowej sześciometrowej kłody odziomkowej.
- Stwierdzono wyraźną współzależność prostoliniową i wprost proporcjonalną między średnią gęstością umowną, średnią wytrzymałością wzdłuż włókien drewna w kłodzie odziomkowej sosen a gęstością i wytrzymałością lokalną, określoną na wysokościach pnia: 0,00; 1,30; 2,50; 3,50; 4,50 i 5,50 m. Wartości współczynników korelacji charakteryzujących przedstawione współzależności dla gęstości wynosiły odpowiednio: +0,482; +0,648; +0,797; +0,847; +0,833; +0,588, zaś dla wytrzymałości +0,669; +0,815; +0,865; +0,903; +0,870 oraz +0,629.
- Z uwagi na wysokie wartości współczynników korelacji charakteryzujących związek między średnią gęstością umowną drewna kłody odziomkowej a gęstością lokalną określoną na wysokościach pnia: 1,30 m; 2,50 m; 3,50 m i 4,50 m oraz między średnią wytrzymałością drewna wzdłuż włókien kłody odziomkowej a wytrzymałością lokalną określoną na wysokościach pnia: 3,50 m i 4,50 m należałoby prawidłowości te wykorzystać jako metody oceny drewna pni drzew w zakresie gęstości i wytrzymałości. W przypadku drzew i drzewostanów rosnących i oceny w zakresie gęstości drewna należy korzystać z prawidłowości dla wysokości 1,30 m, dla drzew i drzewostanów ściętych z prawidłowości dla wysokości 3,50; 4,50 i 2.50 m.

Z Katedry Użytkowania Lasu Akademii Rolniczej w Poznaniu

Literatura

1. **Curry W.T., Covington S.A.:** Grade stresses for European redwood and whitewood. Forest Products Research Bull. No 52, London 1969.
2. **Grochowski J.:** Dendrometria. Warszawa, PWRiL 1973.
3. **Grzeczynski T., Perkitny J.:** Sposób i urządzenie do nieniszczącej klasyfikacji pod względem wytrzymałościowym tarcicy konstrukcyjnej. III Krajowe Sympozjum: Badania nieniszczące w budownictwie. Warszawa-Jadwisin. Maszynopis ITD Poznań 1979.
4. **Hakkila P.:** Investigations on the basic density of finnish pine, spruce and birch wood. Commun. Inst. Forest. Fenn. 1966, Vol. 61, nr 5.

5. **Isajewa L.N.:** Metod roszczieta lokalnoj i sredniej płotnosti absoljutno suchej drewniesiny w stwołach sosny i listwiennicy. Lesowiedienie, 1978, nr 4.
6. **Krzysik F.:** Nauka o drewnie. Warszawa, PWN 1974.
7. **Pazdrowski W.:** Wpływ podkrzesania sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris* L.) na zmiany gęstości i wytrzymałości jej drewna. Sylwan 1981 R. 125 nr 7, 8, 9.
8. **Połubojarinov O.I.:** Płotnost drewniesiny. Lesn. Promyszl. Moskwa 1976.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 17 kwietnia 1990 r.

Summary

In timber pines, one stated clear rectilinear and directly proportional correlation between the mean convetional density, mean endwise compression strength in the butt log of pines and the local density ans strength determined at following stem heighhts 0,00, 1,30, 2,50, 3,50, 4,50 and 5,50 m.

Because of the high value of correlation coefficients between the mean density and the local density from stem heights: 1,30, 2,50, 3,50 and 4,50 (from +0,648 up to +0,847), as well as between the mean strength of butt log and the local strength determined at stem heights: 3,50 and 4,50 (from +0,870 up to +0,903), one should use these regularities as method for evaluation of these physico-chemical properties of wood of tree stems. In case of growing trees and stands and evaluation of wood density, one should use regularities for height 1,30 m, and fir felled trees and stands regularities for heights 3,50, 4,50 and 2,50.