FOLIA FORESTALIA POLONICA
Seria B, zeszyt 27, 1996

ZMIENNOŚĆ WILGOTNOŚCI I GĘSTOŚCI DREWNA W ŚWIEŻO ŚCIĘTYCH PNIACH BRZOZY (*BETULA PENDULA* ROTH.)

Lidia Helińska-Raczkowska

Katedra Nauki o Drewnie Akademii Rolniczej w Poznaniu

Badano promieniową i wysokościową zmienność wilgotności i gęstości drewna świeżo ściętych drzew brzozy w wieku 25 lat. Określono związki między wilgotnością drewna w stanie świeżym i jego gęstością umowną oraz oszacowano stopień nasycenia drewna świeżo ściętych pni brzozy wodą.

Słowa kluczowe: brzoza, drewno świeżo ścięte, wilgotność, gęstość

WPROWADZENIE

Zawartość wody w drewnie świeżo ściętych drzew stanowi przedmiot zainteresowania licznych podstawowych i stosowanych dyscyplin leśnictwa (np. Kramer i Kozlowski 1960, Harris 1961, Stewart 1967) i drzewnictwa (Haygreen i Bowyer 1985, Zobel i Buijtenen 1989). Znajomość wilgotności drewna świeżego jest zwłaszcza dla wielu dyscyplin technologii drewna ważna ze względu na jej bezpośredni wpływ na ciężar surowca drzewnego i świeżej tarcicy, na procesy suszenia, na przydatność energetyczną drewna itp. Pomimo, iż od czasów Hartiga (1901) wiele uwagi poświęcono problematyce wilgotności drewna świeżo ściętego (np. Peck 1953, Janiczek i Bobrowicz 1952, Chalk i Bigg 1956, Nikolov i Enchev 1967, Koch 1972, 1985, Kubiak i Grodecki 1977) wiele zagadnień tej złożonej tematyki nie jest poznanych w sposób zadawalający. Do grupy zagadnień nie zbadanych dostatecznie należy zwłaszcza zmienność wilgotności drewna świeżo ściętego w powiązaniu ze zmiennością gęstości drewna. Wilgotność zaś i gęstość odgrywają podstawową rolę w ocenie jakości biomasy drzewnej (Wang i in. 1984). Szczególna rola tych właściwości w ocenie

jakości masy drzewnej wynika także stąd, że gęstość a pośrednio również wilgotność w stanie świeżym są cechami uwarunkowanymi genetycznie (Zobel i Buijtenen 1989).

W dotychczasowych badaniach nad zależnością wilgotności świeżo ściętych pni drzew od gęstości drewna stwierdzono występowanie wysokiej korelacji ujemnej (Zobel i Buijtenen 1989). Inaczej mówiąc, wraz ze wzrostem gęstości drewna jego wilgotność w stanie świeżym obniża się. Wspomniane badania objęły zależności wewnątrzgatunkowe (Land i in. 1982, Frederick i in. 1982, Neuman 1989, Giefing i Jabłoński 1989) a także międzygatunkowe (Cole i in. 1966, Koch 1972, 1985). Dotąd zbadano jedynie ograniczoną liczbę gatunków. Spośród krajowych gatunków badaniami na szerszą skalę objęto sosnę zwyczajną (Giefing i Jabłoński 1989). Nie badano natomiast wielu gatunków przewidzianych do zalesiania gruntów porolnych. Jednym zaś z ważniejszych gatunków wśród tej grupy jest brzoza (Bernadzki i Kowalski 1983). Mając na uwadze te właśnie okoliczności postanowiono podjąć badania nad zmiennością gęstości i wilgotności świeżo ściętych pni brzozy. Celem badań jest więc określenie wspomnianej zmienności a ponadto ustalenie korelacji między wilgotnością drewna w stanie świeżym i jego gęstością.

METODYKA BADAŃ

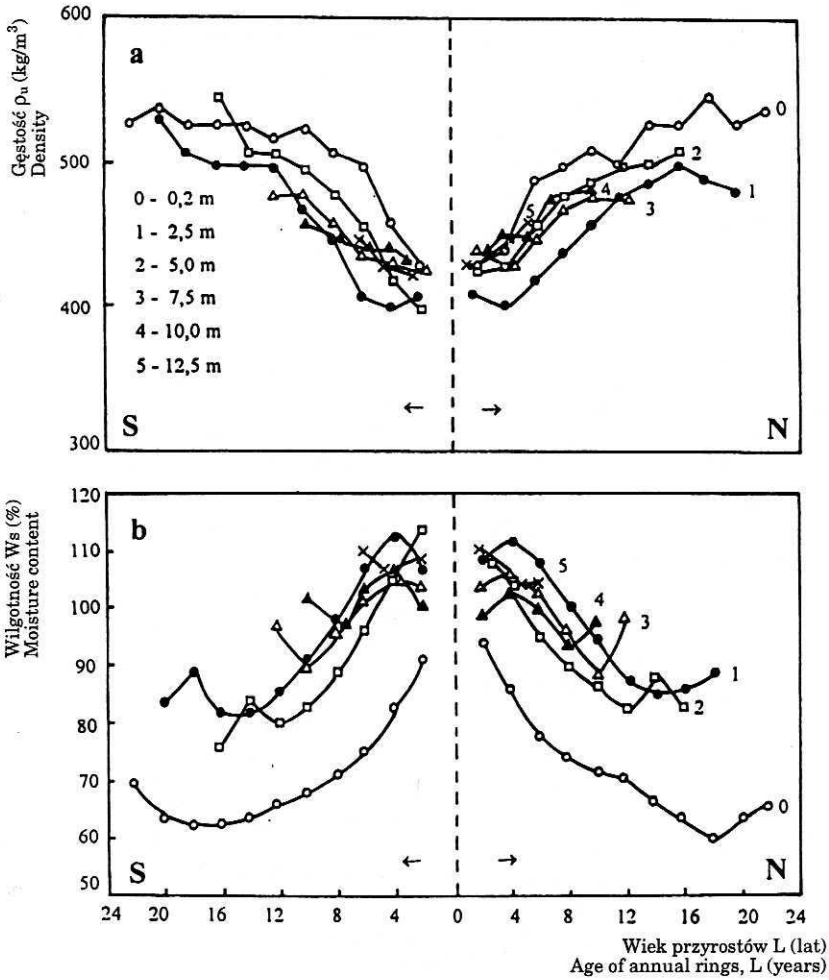
Badania przeprowadzono na trzech drzewach doświadczalnych brzozy (brzoza zwisła = brzoza brodawkowata; *Betula pendula* Roth.) w wieku 25 lat wybranych spośród drzew dominujących w drzewostanie położonym w Leśnictwie Rakownia (LZD Murowana Goślina - Akademia Rolnicza w Poznaniu). Pierśnica w korze drzew doświadczalnych wynosiła od 16 do 20 cm, ich wysokość zaś - od 14,4 do 16,5 m. Badane drzewa wyrosły na gruntach porolnych w pierwszej generacji i odznaczały się regularnym kształtem oraz symetrycznie rozwiniętą koroną.

Z drzew doświadczalnych wycięto do badań krążki o grubości ok. 3 cm na poziomie 0, 1/6, 2/6, 3/6, 4/6 i 5/6 całkowitej wysokości drzew. Na krążkach doświadczalnych nie stwierdzono oznak występowania fałszywej twardzieli. Bezpośrednio po wycięciu krążki zabezpieczano przed wysychaniem, owijając je szczelnie folią aluminiową i polietylenową. Krążki po niezwłocznym przewiezieniu do laboratorium przechowywano w chłodziarce. Z krążków tych wycinano w kierunku północ-południe listewki doświadczalne. Listewki te posłużyły do wyrobu próbek przeznaczonych do pomiarów wilgotności w stanie świeżym i gęstości. Próbki obejmujące po dwa przyrosty roczne wyłupywano wzdłuż północnego i południowego promienia w kierunku od rdzenia do obwodu. Wilgotność w stanie świeżym oznaczano metodą grawimetryczną. Dla porównania oznaczono również doświadczalnie wilgotność maksymalną w procesie pełnego nasycenia próbek drewna wodą z użyciem podciśnienia. Gęstość natomiast oznaczono jako tzw. gęstość umowną, będącą ilorazem masy próbek w stanie zupełnie suchym i ich objętości w stanie świeżo ściętym. Objętość próbek wyznaczono metodą hydrostatycznego ważenia (Vermaas

1988). Pierwsze pomiary masy wykonano w przeciągu dwóch dni od dostarczenia krążków do laboratorium.

WYNIKI I ICH ANALIZA

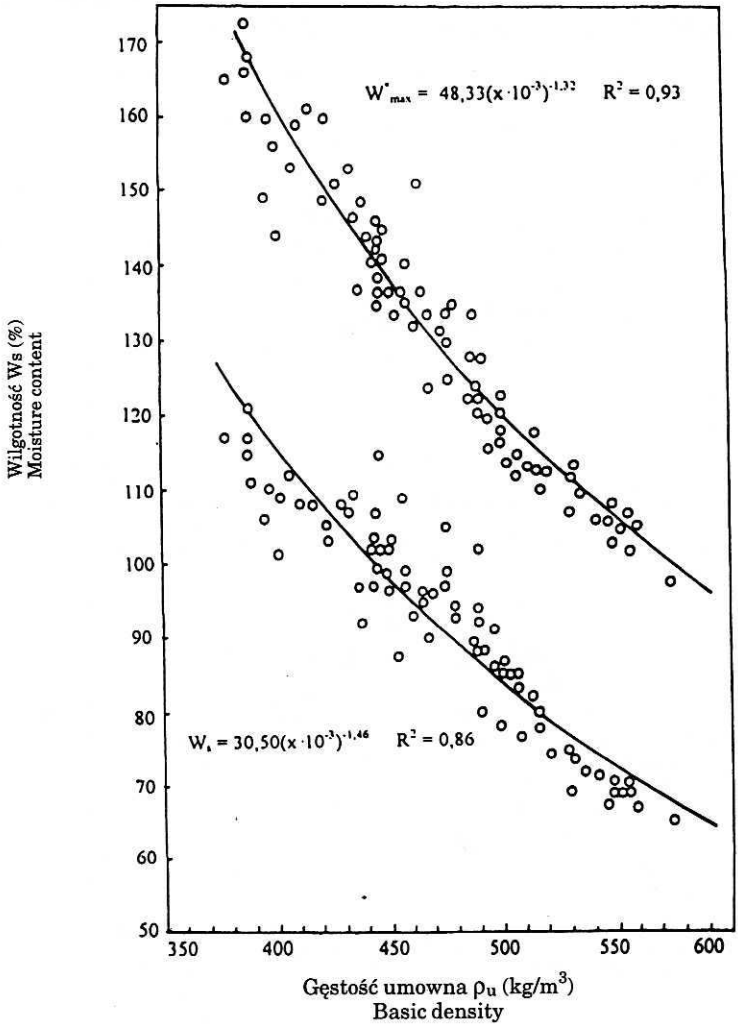
Promieniową zmienność gęstości umownej i wilgotności drewna świeżo ściętych pni brzozy w kierunku północ-południe na różnych poziomach wysokości przedstawiono na rys. 1. Na rysunku zobrazowano wartości średnie z trzech drzew doświadczalnych. Z danych tego rysunku już na pierwszy rzut oka widać, że gęstość i wilgotność drewna w stanie świeżym zmienia się w



Rys. 1. Zmienność gęstości (a) i wilgotności (b) drewna świeżo ściętych pni brzozy w zależności od wieku przyrostów i wysokości drzew

Fig. 1. Wood density (a) and moisture content (b) variation of the freshly-felled birch stem in relation to the annual rings age and trees height

zależności od odległości od rdzenia, a więc w kierunku poziomym jak i w zależności od odległości od szyi korzeniowej, a więc w kierunku pionowym. Inaczej mówiąc, ze wzrostem odległości od rdzenia (ze wzrostem wieku przyrostów) zwiększa się gęstość drewna a obniża się jego wilgotność na wszystkich poziomach wysokości drzew. Ze wzrostem zaś wysokości obniża się gęstość a wzrasta wilgotność drewna. Istotnie niższą wilgotność drewna w stanie świeżym zaobserwowano na poziomie szyi korzeniowej (ok. 0,2 m) badanych drzew (rys. 1b). Fakt ten jest zapewne związany przede wszystkim z podwyższoną gęstością drewna na tym poziomie pnia (rys. 1a). Jednakże w rozważanym wypadku nie jest wykluczone przejawianie się tzw. efektu wyporu hydraulicz-



Rys. 2. Wpływ gęstości na wilgotność drewna świeżo ściętych pni brzozy (W_s) i wilgotność maksymalną oznaczoną doświadczalnie (W^*_{max}) (drzewo C)
Fig. 2. Effect of wood density on the wood moisture content of the freshly-felled birch stem (W_s) and experimental maximum moisture content (W^*_{max}) (tree C)

nego. Istnienie tego efektu wykazali w roku 1987 Caldwell i Richards z Uniwersytetu stanowego w Utah i Dawson z Uniwersytetu Cornell w Ithaca w stanie Nowy York (Anon 1995). Polega on na wysączaniu wody przez korzenie drzew w ciągu nocy do ziemi i ponownym jej użyciu następnego dnia. Badane drzewa ścinano 5 czerwca 1990 roku o godz. 11-tej przed południem i być może właśnie efekt wyporu hydraulicznego przyczynił się dodatkowo do obniżenia wilgotności na poziomie szyi korzeniowej.

Z przedstawionych danych wynika, zgodnie z oczekiwaniem, że między gęstością umowną drewna brzozy i jego wilgotnością w stanie świeżym występuje odwrotna zależność. Innymi słowy, ze wzrostem gęstości drewna obniża się jego wilgotność w stanie świeżym. Zależność wilgotności drewna brzozy w stanie świeżym od gęstości umownej dobrze opisuje w badanym wypadku funkcja potęgowa typu $y = ax^{-b}$. Obrazują to przykładowo krzywe dla drzewa oznaczonego sygnaturą C przedstawione na rys. 2. Na rysunku tym oprócz wpływu gęstości na wilgotność w stanie świeżym uwidoczniono również wpływ gęstości na wilgotność maksymalną oznaczoną doświadczalnie. Wilgotność maksymalna, oznaczona doświadczalnie jest średnio o ok. 10% wilgotności niższa od wilgotności maksymalnej teoretycznie możliwej (Siau 1995). Parametry równań regresji zestawiono w tabeli 1, z której wynika, że współczynnik determinacji jest dostatecznie wysoki. Przy wzroście gęstości drewna od 400 do 500 kg/m^3 przeciętna wilgotność drewna badanych świeżo ściętych pni brzozy obniża się ze 120 do 80%. Warto zauważyć, że w badanym przedziale gęstości rozważaną zależność między wilgotnością drewna świeżo ściętych pni brzozy i gęstością umowną można równie dobrze opisać równaniem prostej przy porównywalnych wartościach współczynnika determinacji (R^2 = 0,77...0,84). Autorzy niektórych wcześniejszych badań nad wewnątrzgatunkową zależnością wilgotności w stanie świeżym od gęstości drewna aproksymowali tę zależność równaniem prostej. Taka aproksymacja wynika na przykład z danych dotyczących platanu (Land i in. 1982) oraz eukaliptusa (Frederick i in. 1982, Neuman 1989). Również w wypadku zależności międzygatunkowych dla opisu omawianej zależności wybierano niekiedy regresję prostoliniową np. dla sosen (Cole i in. 1966) lub dla 22 gatunków liściastych (Koch 1985). Jednakże pełniejsza analiza związków między wilgotnością w stanie świeżym i gęstością wykazuje, że zależność ta ma zdecydowanie krzywoliniowy charakter, co uwidacznia się w szczególności w szerszym przedziale gęstości (rys. 3). Na wykresie zamieszczonym na rys. 3 wrysowano również krzywą obrazującą zależność między teoretycznie możliwą wilgotnością maksymalną i gęstością umowną drewna. W badanym przedziale gęstości stopień nasycenia drewna brzozy wodą (Schumacher i Schulz 1991), definiowany jako iloraz wilgotności drewna w stanie świeżym (W_s) i wilgotności maksymalnej teoretycznie możliwej (W_{max}) zmienia się w granicach od 0,65 dla drewna brzozy o niskiej gęstości do 0,57 dla drewna o wysokiej gęstości (rys. 3). Oznacza to, że stopień nasycenia drewna świeżo ściętych pni brzozy wodą wynosi od 57 do 65% maksymalnego teoretycznie możliwego nasycenia. Inaczej mówiąc, w świeżo ściętym drewnie brzozy około 35...43% przestrzeni wolnych jest wypełnionych powietrzem. Zależność między wodą i powietrzem, jaka wytwarza się

w drewnie żywych pni jest zapewne uzasadniona ze względu na optymalizację warunków transpiracyjnego potoku wody w drzewie.

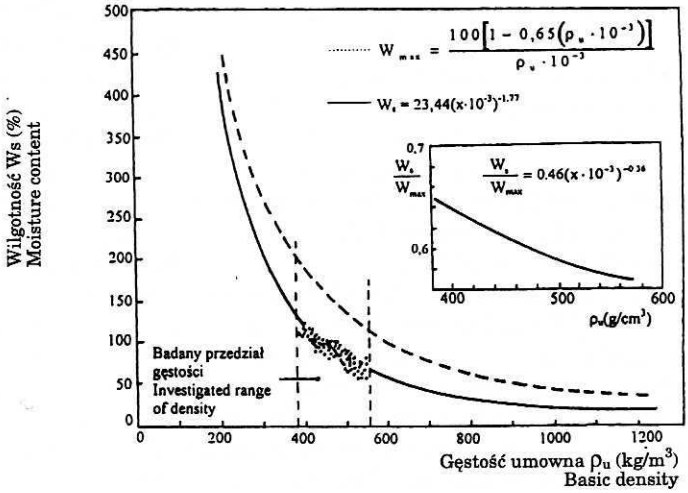
Tabela 1
Table 1

Parametry równania regresji $y = a(x10^{-3})^{-b}$ opisującego zależność między wilgotnością drewna świeżo ściętych pni brzozy oraz wilgotnością maksymalną oznaczoną doświadczalnie (y, %) a jego gęstością umowną (x, kg/m^3)

Parameters of the regression equation given by formula $y = a(x10^{-3})^{-b}$ for the relationship between wood moisture content in the freshly-felled birch stem, experimental maximal moisture content (y, %) and basic density of wood (x, kg/m^3)

Sygnatura drewna Tree signature	Parametry równania Regression equation parameters		Współczynnik determinacji Coefficient of determination
	a	b	R^2
A	21,76	-1,86	0,77
	43,63	-1,52	0,87
B	14,81	-2,32	0,74
	40,29	-1,57	0,86
C	30,15	-1,48	0,83
	48,33	-1,32	0,93
Średnio Average	23,44	-1,77	0,74
	45,34	-1,43	0,86

*Nad kreską dane dla wilgotności drewna świeżo ściętych pni brzozy, pod kreską - dla wilgotności maksymalnej oznaczonej doświadczalnie
*Above line: values for wood moisture content in the freshly-felled birch stem; below line values, for experimental maximal wood moisture content



Rys. 3. Wilgotność drewna świeżo ściętych pni brzozy (W_s) oraz teoretycznie możliwa wilgotność maksymalna (W_{max}) w badanym i w pełnym przedziale gęstości

Fig. 3. Wood moisture content of the freshly-felled birch stem (W_s) and theoretical maximal moisture content (W_{max}) in investigated and in total range of density

Ze względu na zróżnicowaną gęstość drewna badanych drzew brzozy wraz z wysokością (h,m) należy oczekiwać dość znacznych różnic w ciężarze drewna kłód odziomkowych, środkowych i wierzchołkowych (CD = 880 $h^{0,014}$), jak też w ciężarze substancji drzewnej (CSD = 480 $h^{-0,03}$) i ciężarze wody (CW = 400 $h^{0,063}$) w jednostce objętości drewna.

Należy zauważyć, że przedstawione powyżej spostrzeżenia odnoszą się do drzew młodych. W wypadku zaś drzew starych ilościowe relacje między wilgotnością w stanie świeżym i gęstością drewna brzozy mogą mieć inny charakter.

WNIOSKI

Wilgotność drewna świeżo ściętych pni brzozy jest zależna w sposób odwrotnie proporcjonalny od gęstości umownej według krzywej potęgowej (R^2 = 0,74...0,83).

Przy wzroście gęstości umownej drewna brzozy od 400 do 500 kg/m^3 przeciętna wilgotność drewna w stanie świeżym obniża się ze 120 do 80%.

Między stopniem nasycenia wodą drewna świeżo ściętych pni brzozy i gęstością umowną występuje krzywoliniowa korelacja ujemna.

Praca wpłynęła do Redakcji w marcu 1996

LITERATURA

Anonim (1995): Korzeń jak pompa. Przegląd (Reader's Digest) 1(3):121-122.

Bernadzki E., Kowalski M. (1983): Brzoza na gruntach porolnych. Sylwan 127(12):33-42.

Chalk L., Bigg J. M. (1956): The distribution of moisture in the living stem of Sitka spruce and Douglas fir. Forestry 29(1):6-21.

Cole D. E., Zobel B. J., Roberds J. H. (1966): Slash, Loblolly, and Longleaf pine in mixed natural stand; a comparison of their wood properties, pulp yields, and paper properties. Tappi J. 49(4):161-166.

Frederick D. J., Madgwick H. A. J., Oliver G. R. (1982): Wood basic density and moisture content of young *Eucalyptus regnans* grown in New Zealand. New Zealand J. of Forestry Sci., 12(3):494-500.

Giefing D. F., Jabłoński K. (1989): Zależność między gęstością a wilgotnością drewna żywych sosen. Sylwan 133(1-2):75-82.

Hartig R. (1901): Holzuntersuchungen. Altes und Neues. Springer-Verlag, Berlin.

Harris J. M. (1961): Water conduction in the stems of certain conifers. Nature 189(4765):678-679.

Haygreen J. G., Bowyer J. L. (1985): Forest products and wood science. The Iowa State Univ. Press, Ames.

Janiczek M., Bobrowicz E. (1952): Wilgotność drewna świeżego buków pomorskich i karpackich. PWRiL, Warszawa.

Koch P. (1972): Utilization of the Southern pines. Agric. Handbook No. 420, Vol. I. U.S. Dept. of Agriculture Forest Service, U. S. Govt. Print Office, Washington, DC.

Koch P. (1985): Utilization of hardwoods growing on Southern pine sites. Agric. Handbook No. 605. Vol. I. U.S. Dept. of Agriculture Forest Service, U. S. Govt. Print Office. Washington. DC.

Kramer P. J., Kozlowski T. (1960): Physiology of trees. McGraw-Hill Book Comp. Inc., New York.

Kubiak M., Grodecki J. (1977): Zmiany wilgotności drewna drzew na pniu w zależności od miejsca pobrania próbek w strzale. Sylwan 121(5):27-32.

Land S. B. Jr., Dicke S. G., Tuskan G. A., Patterson P. E. (1983): Genetic, site, and within-tree variation in specific gravity and moisture content of young sycamore trees. Tappi J. 66(3):149-153.

Neuman R. J. (1989): Kiln drying young *Eucalyptus globulus* boards from green. Proc. IUFRO Intern. Wood Drying Symp. Uppgrading wood quality through drying technology. Seatle, Wash. USA. July 23-28, pp 107-115.

Nikolov S., Enchev E.(1967): Wlazhnost na drevesinata surovo sstojanije. Zemizdat. Sofia.

Peck E. C.(1953): The sap or moisture in wood. USDA Forest Service. Forest Prod. Laboratory. Rep. D763 rev. pp 10.

Schumacher P., Schulz H. (1991): Zur Methodik der Holzfeuchtebesitimmung bei Fichten-Splintholz. Holz als Roh- und Werkst., 49(2):57-63

Siau J. F. (1995): Wood: Influence of moisture on physical properties. Virginia Polyt. Inst. and State Univ., Blacksbury, VA.

Stewart Ch. M. (1967): Moisture content of living trees. Nature 214(5084):138-140.

Vermaas H. F. (1988): Combination of a special water imersion method with the maximum moisture content method for bulk wood density determination. Holzforschung 42(2):131-134.

Wang S., Littell R. C., Rockwood D. L. (1984): Variation in density and moisture content of wood and bark among twenty *Eucalyptus grandis* progenies. Wood Sci. and Technol., 18(2):97-102.

Zobel B. J., van Buijtenen J. P. (1989): Wood variation. Its causes and control. Springer Series in Wood Science, Springer-Verlag, Berlin etc.

WOOD MOISTURE CONTENT AND DENSITY VARIATION IN THE FRESHLY-FELLED BIRCH (*BETULA PENDULA* ROTH.) STEM

Summary

Variation of wood moisture content and density in the freshly-felled birch stem (25-years old) were investigated. Between green wood moisture content and basic density of birch wood a high negative correlation was obtained. Relationship between green wood moisture content and density is in good approximation with power curve equation ($y = ax^{-b}$). Green wood moisture content decreases by 40% MC when wood density increases by 100 kg/m^3.

Adres autora:
Prof. dr hab. Lidia Helińska-Raczkowska
Akademia Rolnicza w Poznaniu
Katedra Nauki o Drewnie
60-627 Poznań, ul. Wojska Polskiego 38/42 POLAND