

KATARZYNA KAŻMIERCZAK, WITOLD PAZDROWSKI, KRZYSZTOF MAŃKA,  
MAREK SZYMAŃSKI, MARCIN NAWROT

## Kształtowanie się smukłości pni dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w zależności od wieku drzew

Forming slenderness of pedunculate oak stems (*Quercus robur* L.)  
in dependence of age of trees

### ABSTRACT

Każmierczak K., Pazdrowski W., Mańka K., Szymański M., Nawrot M. 2008. Kształtowanie się smukłości pni dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w zależności od wieku drzew. Sylwan 7: 39-45.

Paper identifies value and variability of slenderness of pedunculate oak stems in age range from 10 to 140 years describing slenderness of tree stems simultaneously using linear and multiplies regression. Strength of the connections between slenderness and selected dendrometrical traits was also defined. Dependence of the slenderness was investigated with respect to height, breast height diameter, and 10-years increment of breast height diameter, volume and 10-years volume increment in specific years of tree life. The slenderness of trees decreases with the growth of breast height diameter, breast height diameter increment, volume and volume increment. In case of height opposite tendency was observed. Dependence of slenderness on breast height diameter, height and age was analysed for all trees altogether as well. Slenderness was described additionally with linear and multivariate empirical equations.

### KEY WORDS

slenderness, pedunculate oak, stand stability, age

### ADDRESSES

Katarzyna Każmierczak – Zakład Dendrometrii i Produkcyjności Lasu; Katedra Urządzania Lasu; Uniwersytet Przyrodniczy; ul. Wojska Polskiego 71C; 60-625 Poznań; e-mail: kasiakdendro@wp.pl

Witold Pazdrowski – Katedra Użytkowania Lasu; Uniwersytet Przyrodniczy; ul. Wojska Polskiego 71A; 60-625 Poznań; e-mail: kul@up.poznan.pl

Krzysztof Mańka – Katedra Użytkowania Lasu; Uniwersytet Przyrodniczy; ul. Wojska Polskiego 71A; 60-625 Poznań; e-mail: vassco1@tlen.pl

Marek Szymański – Katedra Użytkowania Lasu; Uniwersytet Przyrodniczy; ul. Wojska Polskiego 71A; 60-625 Poznań; e-mail: marek.szymanski@up.poznan.pl

Marcin Nawrot – Katedra Użytkowania Lasu; Uniwersytet Przyrodniczy; ul. Wojska Polskiego 71A; 60-625 Poznań; e-mail: marcin.nawrot@up.poznan.pl

## Wstęp

Smukłość drzewa obliczana jako iloraz wysokości drzewa (m) i jego pierśnicy (cm), jest jedną z cech kształtu przekroju podłużnego pnia [Grochowski 1973; Bruchwald 1999; Jaworski 2004]. Uznawana jest za wskaźnik odporności drzew na uszkodzenia powodowane przez śnieg i wiatr [Zajączkowski 1991], a co za tym idzie za jedną z miar stabilności drzew, a jej wartość średnia – za miernik stabilności drzewostanu. Według Zajączkowskiego [1984] za względnie odporne uznawane są sosny. W Polsce badania nad współczynnikiem smukłości prowadzono w odniesieniu do sosny [Rymer-Dudzińska 1992a, b], świerka [Orzeł, Socha 1999], drzewostanów dębo-

wych i bukowych [Rymer-Dudzińska, Tomusiak 2000] oraz wielu gatunków drzew z Puszczy Niepołomickiej [Orzeł 2007].

W badaniach prowadzonych przez Threna [Orzeł, Socha 1999] smukłość decydowała o wyborze drzew próbnych. Badania nad tą cechą prowadzili także m.in.: Pollanschütz oraz Carvalho Oliveira [Rymer-Dudzińska 1992a] i Rottmann [Zajączkowski 1991].

Celem pracy jest:

- 1) ustalenie wielkości i zmienności smukłości pni dębów w wieku od 10 do 140 lat,
- 2) określenie mocy związków smukłości z wybranymi cechami dendrometrycznymi,
- 3) opisanie smukłości dębów równaniami regresji liniowej i wielokrotnej.

## Materiał i metodyka

Materiał badawczy obejmował dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.) rosnący w warunkach siedliska LMśw i Lśw w Nadleśnictwie Łopuchówko (RDLP Poznań).

Badania były prowadzone w drzewostanach, w których dąb występował jako gatunek główny. Udział dębu wahał się od 80 do 100%, a domieszkę stanowiły takie gatunki drzew jak: buk zwyczajny, grab pospolity, brzoza brodawkowata, klon pospolity, klon jawor, olsza czarna, topola osika, jesion wyniosły, czereśnia ptasia, sosna pospolita, modrzew europejski i świerk pospolity.

Na wybranych jednohektarowych powierzchniach badawczych dokonano pomiaru pierśnic i wysokości wszystkich drzew oraz zestawiono je w dwucentymetrowych stopniach grubości. Na podstawie uzyskanej charakterystyki wysokościowo-grubościowej drzew wybrano 33 drzewa modelowe (po 3 na każdej powierzchni badawczej). Po uzyskaniu charakterystyki wysokościowo-grubościowej i zastosowaniu metody klas grubości według Uricha [Grochowski 1973], ustalono wymiary (pierśnica i wysokość) trzech drzew próbnych dla każdej powierzchni, które następnie wybrano i oznaczono w terenie.

Wybrane drzewa ścięto i pomierzono. Wycięto także krążki ze środków dwumetrowych sekcji oraz dodatkowo z odziomka i pierśnicy drzewa. Na pobranych krążkach oznaczono kierunki świata i dokonano pomiarów w czterech kierunkach geograficznych.

Cały materiał badawczy obejmuje zatem wyniki analizy pniowej 33 dębów (w wieku od 41 do 148 lat) pochodzących z 11 drzewostanów. Analizę wykonano w latach życia drzewa w okresach 10-letnich, co umożliwiło porównanie wielkości cech drzew. Współczynnik smukłości i pozostałe cechy dendrometryczne ustalono dla dębów w wieku od 10 do 140 lat. Ważniejsze dane pomiarowe charakteryzujące badane drzewa w chwili ich ścięcia zawiera tabela 1.

## Wyniki

Średnia smukłość drzew zasadniczo maleje z wiekiem od 1,20 w wieku 10 lat do 0,72 w wieku 120 lat. Bez względu na wiek średnia smukłość osiągnęła wartość 1,00 (tab. 2). Począwszy od 60 roku życia średnia smukłość wynosiła poniżej jedności. Rozpiętość współczynnika smukłości dla wszystkich drzew wahała się w bardzo szerokich granicach od 0,50 do 2,13. Zmieniała się ona też z wiekiem drzew. Największa jest u drzew najmłodszych (1,60), maleje z wiekiem, by osiągnąć 0,92 w wieku 130 i 0,93 u najstarszych 140-letnich drzew (tab. 2, ryc. 1, 2).

Zmienność smukłości jest dość duża. Współczynnik zmienności określony dla wszystkich drzew wynosił ponad 26%. Zależy on też od wieku badanych drzew. Największym współczynnikiem zmienności smukłości cechują się drzewa najmłodsze, u których osiąga on aż 34,10%. Z wiekiem zmienność tej cechy maleje do 15,37% u drzew 130-letnich (tab. 2, ryc. 2).

Tabela 1.

Charakterystyka wybranych cech pomiarowych drzew  
Characteristic of selected features of trees

|                      | N  | Średnia | Minimum | Maksimum | Odchylenie standardowe | Współczynnik zmienności [%] |
|----------------------|----|---------|---------|----------|------------------------|-----------------------------|
| Wiek [lata]          | 33 | 92      | 41      | 148      | 33,96                  | 37,11                       |
| H [m]                | 33 | 24,8    | 18,3    | 34,3     | 5,04                   | 20,29                       |
| d <sub>zk</sub> [cm] | 33 | 31,48   | 14,55   | 56,85    | 11,17                  | 35,49                       |
| d <sub>bk</sub> [cm] | 33 | 29,6    | 13,45   | 53,5     | 10,67                  | 36,05                       |
| V [m <sup>3</sup> ]  | 33 | 1,11    | 0,18    | 3,81     | 0,93                   | 83,43                       |

Tabela 2.

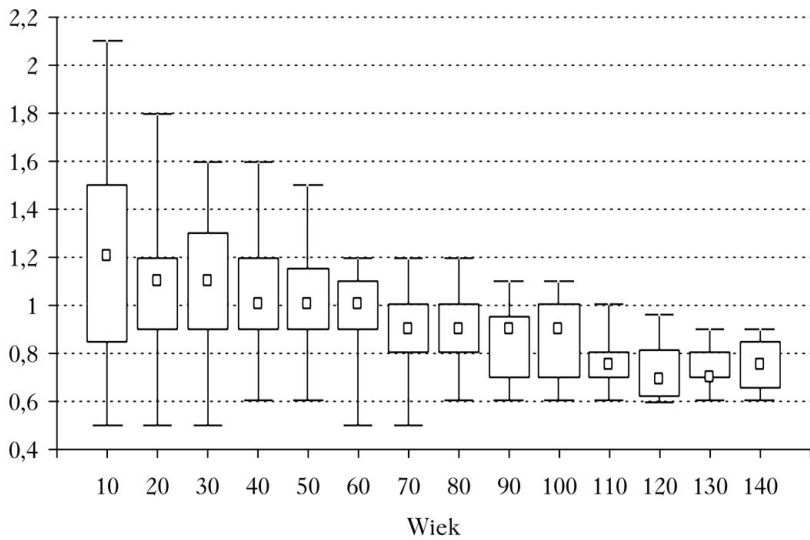
Wielkość i zmienność smukłości pni w poszczególnych latach życia drzew  
Value and variability of stem slenderness in consecutive years of trees life

| Wiek    | N      | Średnia | Mediana | Min. | Max. | Rozstęp | Odchylenie standardowe | Współczynnik zmienności [%] |
|---------|--------|---------|---------|------|------|---------|------------------------|-----------------------------|
| 10,00   | 32,00  | 1,20    | 1,19    | 0,53 | 2,13 | 1,60    | 0,41                   | 34,10                       |
| 20,00   | 33,00  | 1,10    | 1,13    | 0,55 | 1,82 | 1,27    | 0,28                   | 25,64                       |
| 30,00   | 33,00  | 1,09    | 1,10    | 0,50 | 1,60 | 1,10    | 0,24                   | 21,65                       |
| 40,00   | 33,00  | 1,07    | 1,05    | 0,56 | 1,59 | 1,03    | 0,21                   | 19,78                       |
| 50,00   | 28,00  | 1,02    | 1,04    | 0,59 | 1,49 | 0,90    | 0,19                   | 18,52                       |
| 60,00   | 25,00  | 0,97    | 0,95    | 0,54 | 1,25 | 0,71    | 0,17                   | 17,18                       |
| 70,00   | 22,00  | 0,93    | 0,92    | 0,53 | 1,23 | 0,70    | 0,16                   | 17,14                       |
| 80,00   | 20,00  | 0,89    | 0,88    | 0,57 | 1,18 | 0,61    | 0,15                   | 17,33                       |
| 90,00   | 16,00  | 0,85    | 0,88    | 0,60 | 1,09 | 0,49    | 0,15                   | 17,32                       |
| 100,00  | 15,00  | 0,83    | 0,85    | 0,60 | 1,07 | 0,47    | 0,14                   | 17,26                       |
| 110,00  | 10,00  | 0,76    | 0,77    | 0,61 | 1,00 | 0,39    | 0,13                   | 16,36                       |
| 120,00  | 8,00   | 0,72    | 0,69    | 0,59 | 0,96 | 0,37    | 0,13                   | 17,72                       |
| 130,00  | 6,00   | 0,75    | 0,73    | 0,58 | 0,92 | 0,34    | 0,11                   | 15,37                       |
| 140,00  | 4,00   | 0,76    | 0,75    | 0,61 | 0,93 | 0,32    | 0,13                   | 17,74                       |
| Łącznie | 285,00 | 1,00    | 0,96    | 0,50 | 2,13 | 1,63    | 0,26                   | 26,36                       |

Zbadano zależność smukłości pni dębów od wysokości, pierśnicy, 10-letniego przyrostu pierśnicy, miąższości i 10-letniego przyrostu miąższości w rozpatrywanych latach życia drzew. Ze wzrostem pierśnicy, przyrostu pierśnicy, miąższości i przyrostu miąższości maleje smukłość drzew (tab. 3). W przypadku wysokości zaobserwowano tendencję odwrotną, jednakże istotną statystycznie (na poziomie  $\alpha=0,05$ ) tylko u drzew najmłodszych (w wieku 10 lat).

Przeanalizowano także zależność smukłości od pierśnicy, wysokości i wieku dla wszystkich drzew badanych łącznie. Smukłość opisano dodatkowo liniowymi i wielorakimi równaniami regresji, przyjmując za zmienne niezależne wymienione cechy drzew. Wyniki tych obliczeń przedstawiono w tabeli 4. W tym przypadku ze wzrostem pierśnicy, wysokości i wieku smukłość maleje.

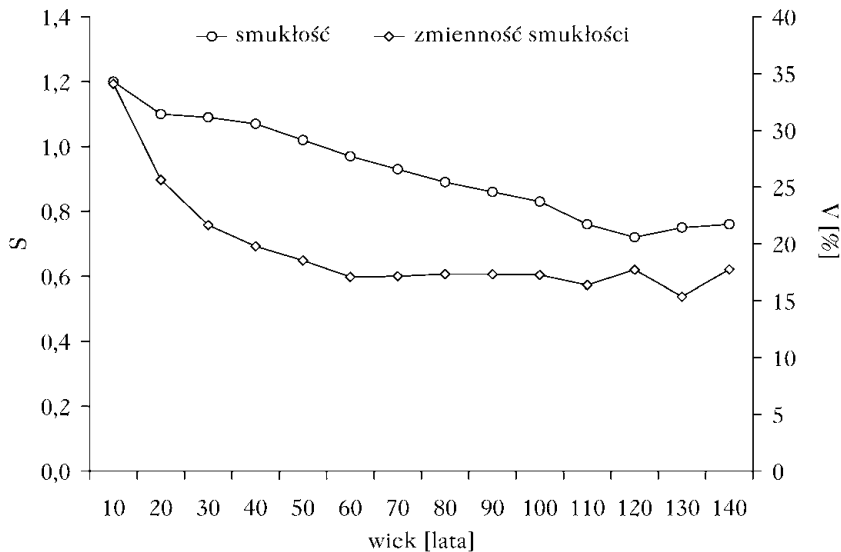
Najsilniejsze powiązanie smukłość wykazuje z pierśnicą ( $-0,622$ ), nieco słabsze z wiekiem ( $-0,498$ ), a najsłabsze z wysokością ( $-0,396$ ). Ze wzrostem wysokości maleje smukłość, inaczej niż miało to miejsce w konkretnych latach życia drzew. Przyczyną może być nie tylko sam wzrost wysokości, ale również intensywny wzrost pierśnicy. Po wyłączeniu wpływu pierśnicy, moc zależności pomiędzy smukłością a wysokością rośnie, a korelacja zmienia się na dodatnią. Po wyłączeniu wpływu pierśnicy i wysokości zależność pomiędzy smukłością a wiekiem jest



Ryc. 1.

Porównanie charakterystyk smukłości pni dębów w kolejnych latach życia drzew (pudełka z wąsami prezentują rozstęp, I i III kwartyli oraz medianę)

Comparison of oaks stem slenderness in consecutive years of trees life (box and whiskers present range, 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> quartiles and median)



Ryc. 2.

Zmiana z wiekiem średniej smukłości pni dębów i jej zmienności

Change of oak stems average slenderness and its variability over time

nieistotna statystycznie (na poziomie  $\alpha=0,05$ ). Zmiennością pierśnicy i wysokości wyjaśnione jest blisko 60% zmienności smukłości, przy współczynniku korelacji wielokrotnej wynoszącym 0,773 (tab. 4).

Oceniono także wpływ smukłości na przyrost miąższości rozpatrując łącznie dla wszystkich drzew wielkość ich podstawowych elementów pomiarowych. Równaniami empirycznymi opisano również te zależności. Za zmienne niezależne przyjęto ponadto pierśnicę i wiek drzew (tab. 5). Między smukłością a przyrostem miąższości ma miejsce ujemna korelacja, co oznacza spadek przyrostu miąższości ze wzrostem smukłości. Jest to wywołane związkiem smukłości z pierśnicą. Potwierdzają to dalsze wyniki.

Tabela 3.

Współczynnik korelacji pomiędzy smukłością drzew a pierśnicą i wysokością w badanym wieku  
Correlation coefficient between slenderness and diameter at breast height and height in analysed age

| wiek | n  | h      | d       | Zd <sub>10</sub> | V       | Zv <sub>10</sub> |
|------|----|--------|---------|------------------|---------|------------------|
| 10   | 32 | 0,469* | -0,584* | -0,584*          | -0,190  | -0,190           |
| 20   | 33 | 0,133  | -0,601* | -0,610*          | -0,407* | -0,422*          |
| 30   | 33 | 0,096  | -0,643* | -0,638*          | -0,446* | -0,498*          |
| 40   | 33 | 0,117  | -0,630* | -0,678*          | -0,459* | -0,542*          |
| 50   | 28 | 0,102  | -0,710* | -0,737*          | -0,533* | -0,604*          |
| 60   | 25 | 0,055  | -0,708* | -0,578*          | -0,591* | -0,622*          |
| 70   | 22 | 0,265  | -0,623* | -0,649*          | -0,465* | -0,490*          |
| 80   | 20 | 0,401  | -0,527* | -0,645*          | -0,333  | -0,391           |
| 90   | 16 | 0,444  | -0,507* | -0,688*          | -0,280  | -0,381           |
| 100  | 15 | 0,378  | -0,583* | -0,613*          | -0,373  | -0,497           |
| 110  | 10 | 0,138  | -0,598  | -0,581           | -0,387  | -0,527           |
| 120  | 8  | 0,293  | -0,593  | -0,551           | -0,364  | -0,347           |
| 130  | 6  | 0,605  | -0,470  | -0,083           | 0,024   | 0,044            |
| 140  | 4  | 0,599  | -0,742  | -0,383           | -0,197  | -0,236           |

\* nieistotny statystycznie na poziomie  $\alpha=0,05$ ; statistically not significant at level  $\alpha=0,05$

Tabela 4.

Zależność smukłości dębów od wybranych cech drzew  
Dependence of oak slenderness on selected features of trees

| Cechy drzew<br>zmienne niezależne |                |                | Parametry równania regresji<br>$s=a+bx_1+cx_2+dx_3$ |          |         |           | R      | R <sub>cząstkowe</sub> |       |         |
|-----------------------------------|----------------|----------------|-----------------------------------------------------|----------|---------|-----------|--------|------------------------|-------|---------|
| x <sub>1</sub>                    | x <sub>2</sub> | x <sub>3</sub> | a                                                   | b        | c       | d         |        | d <sub>zk</sub>        | h     | w       |
| d                                 |                |                | 1,26069                                             | -0,01462 |         |           | -0,622 |                        |       |         |
| H                                 |                |                | 1,20751                                             | -0,01302 |         |           | -0,395 |                        |       |         |
| W                                 |                |                | 1,20847                                             | -0,00385 |         |           | -0,498 |                        |       |         |
| d                                 | h              |                | 1,09229                                             | -0,04042 | 0,03921 |           | 0,774  | -0,724                 | 0,588 |         |
| d                                 | h              | w              | 1,09218                                             | -0,04035 | 0,03928 | -0,00004* | 0,774  | -0,674                 | 0,558 | -0,003* |

\* nieistotny statystycznie na poziomie  $\alpha=0,05$ ; statistically not significant at level  $\alpha=0,05$

Tabela 5.

Zależność przyrostu miąższości dębów od smukłości, pierśnicy i wieku drzew  
Dependence of oak volume increment on slenderness, diameter at breast height and height

| Cechy drzew<br>zmienne niezależne |                |                | Parametry równania regresji<br>$Zv=a+bx_1+cx_2+dx_3$ |          |         |          | R      | R <sub>cząstkowe</sub> |       |        |
|-----------------------------------|----------------|----------------|------------------------------------------------------|----------|---------|----------|--------|------------------------|-------|--------|
| x <sub>1</sub>                    | x <sub>2</sub> | x <sub>3</sub> | a                                                    | b        | c       | d        |        | d                      | s     | w      |
| s                                 |                |                | 0,29681                                              | -0,19792 |         |          | -0,557 |                        |       |        |
| d                                 | s              |                | -0,06524                                             | 0,00815  | 0,01765 |          | 0,946  | 0,920                  | 0,119 |        |
| d                                 | s              | w              | -0,08014                                             | 0,01135  | 0,03348 | -0,00107 | 0,958  | 0,860                  | 0,243 | -0,471 |

Po wyłączeniu wpływu pierśnicy zależność między smukłością a przyrostem miąższości jest nieco niższa, ale przybiera znak dodatni. Podobną zależność obserwujemy po wyłączeniu wpływu pierśnicy i wieku.

## Wnioski

- ✦ Średnia smukłość badanych dębów maleje z wiekiem od 1,2 (w wieku 10 lat) do 0,72 (u 120-letnich dębów).
- ✦ Od 60 roku życia drzew średnia smukłość kształtuje się poniżej jedności.
- ✦ Zmienność smukłości jest dość duża. Średnio dla wszystkich pni wynosi ponad 26%. Największym współczynnikiem zmienności smukłości (34,10%) cechują się drzewa najmłodsze, a najmniejszym 130-letnie (15,37%).
- ✦ Smukłość istotnie statystycznie (na poziomie  $\alpha=0,05$ ) zależy od wysokości tylko u drzew najmłodszych (10 lat), pierśnicy i przyrostu pierśnicy do wieku 100 lat, a od miąższości i przyrostu miąższości do 70 roku życia.
- ✦ Analizując siłę związków smukłości z podstawowymi cechami wszystkich drzew łącznie stwierdzono, iż ze wzrostem pierśnicy, wysokości i wieku smukłość maleje. Po wyłączeniu wpływu pierśnicy, moc zależności pomiędzy smukłością a wysokością rośnie.

## Literatura

- Bruchwald A. 1999. Dendrometria. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Grochowski J. 1973. Dendrometria. PWRiL, Warszawa.
- Jaworski A. 2004. Podstawy przyrostowe i ekologiczne odnawiania oraz pielęgnacji drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
- Orzeł S. 2007. A comparative analysis of slenderness of the main tree species of the Niepolomice Forest. Forest. EJPAU Forestry 10(2).
- Orzeł S., Socha J. 1999. Smukłość świerka w sześćdziesięcioletnich drzewostanach Beskidów Zachodnich. Sylwan 4: 35-43.
- Rymer-Dudzińska T. 1992a. Smukłość drzew w drzewostanach sosnowych. Sylwan 11: 35-44.
- Rymer-Dudzińska T. 1992b. Zależność średniej smukłości drzew w drzewostanach sosnowych od różnych cech taksacyjnych drzewostanu. Sylwan 12: 19-25.
- Rymer-Dudzińska T., Tomusiak R. 2000. Porównanie smukłości drzewostanów bukowych i dębowych. Sylwan 9: 45-52.
- Zajączkowski J. 1984. Postępowanie hodowlane a odporność drzewostanów sosnowych na szkody powodowane przez śnieg. Sylwan 9: 19-26.
- Zajączkowski J. 1991. Odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu. Wyd. Świat. Warszawa.

## SUMMARY

### Forming slenderness of pedunculate oak stems (*Quercus robur* L.) in dependence of age of trees

Slenderness, which is calculated as a ratio of height (m) and dbh (cm) of a tree, is one of the features of the shape of stem cross-section. It is also recognised as an index of trees resistance to the damage from snow and wind, and therefore as one of the measures of tree stability. The average slenderness is considered as stand stability measure.

The objective of the study is to determine value and variability of slenderness of pedunculate oaks (*Quercus robur* L.) in the age of 10-140 years as well as elucidation of the strength of relationships between slenderness and selected dendrometrical features. Oak slenderness was also described with linear and multivariate regression equations.

Empirical material consisted of pedunculate oaks that grew on fresh forest and fresh mixed forest habitats in Łopuchówko Forest District. Material was sampled in stands where oak was the dominant species. 33 sample trees (3 per each 1-hectare study plot) were selected basing on dbh and height according to Ulrich method. Sample trees were felled and measured. Full stem analysis was carried out.

Value and variability of slenderness of pedunculate oak stems in age range from 10 to 140 years were determined describing slenderness of tree stems simultaneously using linear and multiplies regression. Strength of the connections between slenderness and selected dendrometrical traits was also defined. Dependence of the slenderness was investigated with respect to height, breast height diameter, and 10-years increment of breast height diameter, volume and 10-years volume increment in specific years of tree life. The slenderness of trees decreases with the growth of breast height diameter, breast height diameter increment, volume and volume increment. In case of height opposite tendency was observed. Dependence of slenderness on breast height diameter, height and age was analysed for all trees altogether as well. Slenderness was described additionally with linear and multivariate empirical equations.

Average slenderness of analysed oaks decreases over time from 1,2 to 0,72. The average slenderness equals less than 10 for trees older than 60. Variability of slenderness is quite great. For all trees altogether it is over 26% on average and depends on age of the analysed trees. The highest coefficient of variance characterises the youngest trees. The statistical significance of the dependence of slenderness on height appears in the youngest oaks, on dbh and dbh increment in trees of age up to 100 years and on volume and increment volume in individuals younger than 70. Analysis of strength of relationships of slenderness and basic features of all trees altogether revealed that it decreases with the growth of dbh, height and age.