

WITOLD ROSA

## Niektóre zagadnienia metodyczne związane z pomiarem drzewostanów za pomocą powierzchni próbnych

Некоторые методические вопросы,  
которые связаны с измерением древостоев при помощи пробных площади

Some procedural problems involved in forest stand sampling with the aid of  
sample areas

Praca niniejsza poświęcona jest niektórym zagadnieniom z zakresu metodyki badań nad metodą powierzchni próbnych, jak również zawiera odpowiedzi na postawione mi zarzuty przez prof. dra hab. Mikołaja B o r o w s k i e g o w artykule „Krytyczne uwagi w związku z artykułem dra W. R o s y pt. Z badań nad dokładnością określania powierzchni przekroju drzewostanu na podstawie powierzchni próbnych” zamieszczonym w „Sylwaniu” nr 5, 1973. Przy omówianiu poszczególnych zagadnień nie będę trzymać się kolejności przyjętej przez prof. M. B o r o w s k i e g o, lecz omówię je tak, aby na pierwszym planie znalazły się sprawy najważniejsze i najistotniejsze.

### I. POWIERZCHNIE BADAWCZE I ICH REPREZENTATYWNOŚĆ

Według mego zdania najbardziej istotną sprawą w empirycznych badaniach naukowych jest reprezentatywność powierzchni badawczych. Rozumiem ją dwojako: 1 — powierzchnie badawcze powinny w odpowiedni sposób reprezentować opracowywane zagadnienie (temat), 2 — jeżeli uzyskane wyniki autor pracy chce uogólniać i przenosić na drzewostan, grupy drzewostanów lub nawet szerzej na część lasu, to powierzchnie badawcze powinny w odpowiedni sposób reprezentować wymienione drzewostany, grupy drzewostanów lub części lasu. W moich pracach (9, 10), które są przedmiotem krytyki prof. M. B o r o w s k i e g o, wyraźnie jest określony cel badań. Jest on ograniczony do zbadania zagadnienia odpowiedniego reprezentowania drzewostanu za pomocą powierzchni próbnych. Uzyskanych wyników nie uogólniam, nie rozszerzam ich ani na grupy drzewostanów ani na części lasu, próbuję je tylko sprawdzić na specjalnie dobranych grupach drzewostanów (II część pracy — 10).

Ostatecznym celem moich badań, prowadzonych od szeregu lat<sup>1</sup>, jest wprawdzie opracowanie wariantu matematyczno-statystycznej metody taksacji lasu przydatnego w naszych warunkach, to jednak prace te ani wariantu tej metody nie stanowią, ani nie zawierają wystarczającego do tego zadania materiału badawczego. Są one jedynie kolejnymi etapami badań.

Biorąc pod uwagę powyższe — reprezentatywność moich powierzchni badawczych można i należy rozpatrywać wyłącznie z punktu widzenia ich pierwszego zadania, mianowicie powinny dać podstawę rozwiązania opracowywanego zagadnienia. Zagadnieniem tym jest odpowiednie reprezentowanie drzewostanu jako najmniejszej jednostki gospodarczej za pomocą powierzchni próbnych. Zagadnienie to nie jest nowe, poświęcono mu wiele prac, ale ze względu na dużą jego złożoność nie zostało dotychczas rozwiązane w stopniu zadowalającym.

Przystępując do opracowania zasad zbierania odpowiednich materiałów badawczych przyjąłem przede wszystkim jako podstawę, że powierzchnią badawczą będzie drzewostan. A więc taka najmniejsza jednostka gospodarcza, którą taksator wydziela w praktyce urządzania lasu. Ponieważ jednak zadaniem badawczym było przedstawienie niektórych cech taksacyjnych drzewostanu za pomocą powierzchni próbnych, powierzchnią badawczą nie mógł być każdy drzewostan, lecz tylko taki, który jest mierzony za pomocą powierzchni próbnej. W zakresie tym obowiązują taksatora dwa kryteria: zróżnicowanie struktury drzewostanu oraz wielkość jego obszaru. Drzewostany o silnie zróżnicowanej strukturze oraz o małej powierzchni nie są mierzone metodą powierzchni próbnych. Z konieczności musiałem przyjąć trzecie kryterium górnej granicy powierzchni drzewostanu uwarunkowane techniczno-ekonomicznymi możliwościami wykonania dokładnych pomiarów potrzebnych mi elementów.

Przyjmując powyższe kryteria założyłem 6 powierzchni badawczych. Jedna z nich obejmuje obszar 2,4 ha<sup>2</sup>, pozostałe 5 powierzchni od 4,9 do 6,2 ha. Łączny obszar powierzchni badawczych wynosił 30,24 ha. Powierzchnie zostały założone w różnych klasach wieku drzewostanów. Podając dalsze cechy moich powierzchni chcę podkreślić, że niektóre z nich stanowiły prawie całą powierzchnię wyłączenia drzewostanowego, inne — ze względu na bardzo duży obszar wyłączeń (kilkanaście ha) — stanowiły dużą ich część. Mogę więc stwierdzić, że każda z moich powierzchni badawczych jest drzewostanem, bo nawet te, które są znaczną częścią drzewostanów o bardzo dużej powierzchni, mogły być wydzielone przez taksatora jako samodzielne drzewostany. Skoro więc moje powierzchnie badawcze są drzewostanami, to ich reprezentatywność pod tym względem jest oczywista.

---

<sup>1</sup> W latach 1965/66 odbyłem specjalne roczne studia w Szwajcarii, gdzie zapoznałem się również ze stosowaniem tych metod w praktyce urządzania lasu.

<sup>2</sup> Pochodzi ona z połączenia dwóch powierzchni badawczych założonych przez b. Katedrę Dendrometrii SGGW.

Reprezentatywność materiałów badawczych to także między innymi i wielkość ich obszaru. Zarzut szczupłości materiałów badawczych można w zasadzie postawić każdej pracy opierającej się na danych empirycznych. W miarę poznawania wielkiej zmienności występującej w przyrodzie, a nawet w małej jej części — w drzewostanie, dochodzimy do wniosku, że stosowane wielkości powierzchni badawczych w przeszłości, a nawet i obecnie są za małe. Zarzuty odnośnie do małego obszaru powierzchni badawczych nie są jednak stawiane często, bo wiadomo jest również, że znaczne powiększanie obszaru powierzchni badawczych przekroczyłyby obecne możliwości przeprowadzania badań. Jeżeli jednak zachodzi konieczność postawienia takiego zarzutu, to należy go sprecyzować konkretnie i szczegółowo, podając między innymi przykłady porównawcze, jakie wielkości obszaru powierzchni badawczych były lub są stosowane przez innych autorów.

Nawiązując do powyższego muszę podkreślić, że prof. M. Borowski omawiając mój materiał badawczy, ograniczył się tylko do podania ilości powierzchni badawczych, nie wymieniając przy tym ich wielkości i łącznego obszaru. Do celów porównawczych chciałbym przedstawić, jak kształtuje się łączna wielkość moich powierzchni badawczych (30,24 ha) w odniesieniu do materiału empirycznego, który był podstawą opracowań innych autorów takich samych lub podobnych zagadnień: Johnson, Hixon (4) 16,0 ha rok 1952, Frauendorfer (3) 1,0 ha rok 1957, Zabielski (15) 18,26 ha rok 1964, Meixner, Witkowski (5) 2,0 ha rok 1964, Bruchwald (1) 8,15 ha rok 1970, Meixner (6) 8,0 ha rok 1971.

Na tle powyższych danych reprezentatywność moich materiałów badawczych, oceniana z punktu widzenia wielkości ich obszaru, wydaje się bardzo korzystna.

Reasumując powyższe wypowiedzi oraz podane wyjaśnienia i liczby dotyczące mojego materiału badawczego jestem zdania, że jego reprezentatywność jest wystarczająca do opracowania zagadnienia odpowiedniego reprezentowania drzewostanu za pomocą powierzchni próbnych. Nie jest on reprezentowany dla drzewostanów w przekroju wieku i bonitacji. Badania moje nie wymagały takiej reprezentatywności.

Określając zadania badawcze w pracy (10) na str. 8, wiersz 1 od góry napisałem: „2) przeprowadzenie badań nad zmiennością powierzchni przekroju drzewostanu oznaczonej na podstawie powierzchni próbnej w zależności od jej wielkości i wieku drzewostanu”.

Wyjaśniam, że zmienności powierzchni przekroju drzewostanu w zależności od wieku nie badałem. Moje powierzchnie badawcze były rozmieszczone w różnych klasach wieku, sądziłem więc a priori, że można będzie na tej podstawie wyciągnąć niektóre wnioski dotyczące powiązania zmienności pola przekroju drzewostanów z ich wiekiem. Wnioski w tym zakresie wyciągnąłem skromne i dotyczą one wyłącznie moich powierzchni badawczych.

W krytyce prof. M. Borowskiego jest następujące sformułowanie: „Na podstawie takiego materiału otrzymał Autor zaskakujący wynik (ryc. 1 z pracy 1): przy większym obszarze powierzchni próbnych

dokładność wyniku w starszych drzewostanach jest na ogół większa niż w młodszych. Nie wątpię w prawdziwość danych, ale świadczy to o tym, że materiał badawczy jest niewystarczający, niereprezentatywny”.

Chociaż prof. M. B o r o w s k i nie wątpi w prawdziwość danych, mimo to muszę podkreślić, że moje powierzchnie badawcze istnieją w lesie, są pomierzone metodą praktycznie rzecz biorąc bezbłędną i są sprawdzalne. Są to więc konkrety. Na 5 istniejących w lesie drzewostanów — moich powierzchni badawczych, co najmniej 2 z nich nie pasują do tego obrazu struktury drzewostanu, jaki posiada Krytyk, ponieważ albo młodsze drzewostany mają zmienność za dużą, albo starsze — za małą. A więc są wyjątki od teorii. Nasuwa się pytanie, ile takich „zaskakujących” wyjątków występuje w lesie? Nie mam wątpliwości, że takich „wyjątków” może być stosunkowo dużo, ponieważ na kształtowanie się struktury drzewostanów poza wiekiem i siedliskiem (w ramach tego samego gatunku drzewa) wpływa szereg innych czynników. Wyjątki przestają więc być wyjątkami, stają się zwykłą rzeczywistością. Skoro tak, to czy naprawdę moje wyniki badań są zaskakujące?

## II. CEL I ZADANIA POWIERZCHNI BADAWCZYCH

Powierzchniami badawczymi (próbnymi) posługujemy się prawie we wszystkich dyscyplinach leśnych, a przynajmniej w tych, które przeprowadzają badania empiryczne związane z lasem. Cele zakładanych powierzchni badawczych są więc bardzo różne, różne też spełniają one zadania. Uogólniając można powiedzieć, że powierzchnie badawcze spełniają takie zadania, jakie im są postawione. Ten mój pogląd na sprawę celów i zadań powierzchni próbnych został zakwestionowany przez prof. M. B o r o w s k i e g o, który postawił mi zarzut, sformułowany jako „zasadnicze pytanie” dotyczące kwestii, czy suma miąższości drzew na powierzchni próbnej może być badaną zmienną losową? Prof. M. B o r o w s k i twierdzi, że przy ocenie dokładności metody powierzchni próbnych jako zmienna losowa może być badana tylko suma pól przekrojów drzew. Posługiwanie się zaś w badaniach sumą miąższości drzew określił jako „wręcz błędne”, uzasadniając to tym, że powierzchnia próbna służy wyłącznie do określania pola przekroju drzew, a popełniane błędy przy określaniu wysokości i liczby kształtu są w zasadzie takie same jak przy pomiarze całego drzewostanu. Píše dalej, że przyjmowanie w badaniach sumy miąższości drzew jest błędem dlatego, że nie ma takiej metody, w której określa się miąższość wszystkich drzew na powierzchni próbnej.<sup>3</sup>

A jednak taka metoda jest, a nawet istnieje cała grupa takich metod. Znaną jest bowiem rzeczą, że w nowoczesnych statystycznych metodach taksacji lasu powierzchnie próbne służą do określania miąższości drzew na nich występujących oraz innych potrzebnych elementów taksacyjnych (łącznie z bieżącym przyrostem miąższości), by na ich podstawie wnioskować o drzewostanie, grupie drzewostanów czy o całym lesie. Na

<sup>3</sup> podkreślenie moje.



podstawie pomiaru potrzebnych elementów wykonanych na każdym stojącym drzewie, oblicza się miąższość pojedynczego drzewa i na tej podstawie sumę miąższości drzew na powierzchni próbnej. Poza obszarem powierzchni próbnych nie przeprowadza się w drzewostanie innych pomiarów. Miąższość każdego drzewa na powierzchni próbnej ustalana jest z względnie wysoką dokładnością na podstawie empirycznych wzorów, których ogólna postać może być następująca: np. w Szwajcarii (Schmid — 14)  $V = f/d_{1,3}, h, d_x$ ), gdzie miąższość pojedynczego drzewa jest funkcją jego pierśnicy, wysokości i grubości strzały (pnia) na  $x$ -tej wysokości. Pełna postać podobnego równania dla sosny występującej w północnej Szwecji przedstawia się następująco (według Näs-lunda — 7):  $V = 0,1018d_{1,3}^2h + 0,03112d_{1,3}^2 + 0,007321 d_{1,3}^2k - 0,002906d_{1,3}hb$ ; dla jodły (według Eggli — 2)  $V = 0,1531d_{1,3}^2 + 0,01779d_{1,3}^2h + 0,0003338d_{1,3}^2h^2 - 0,05663d_{1,3}h + 0,009973d_{1,3}h^2 + 0,003142d_{1,3}^2k$  ( $k$  — wysokość osadzenia korony,  $b$  — grubość kory na pierśnicy, inne oznaczenia jak w poprzednim wzorze).

Przytoczone wyżej metody wykazują, że przyjmowanie do badań sumy miąższości drzew na powierzchniach próbnych jako zmiennej losowej jest całkowicie uzasadnione, a nawet konieczne. Przy obliczeniach stosowane są maszyny elektronowe, kwestia prac rachunkowych nie jest więc ani skomplikowana, ani pracochłonna. Chciałbym jeszcze podkreślić, że w równaniach tych pole przekroju jako oddzielny element nie występuje w ogóle.

Z wyżej podanych względów uznaję potrzebę badania zmienności sumy miąższości drzew na powierzchniach próbnych, nie widzę więc uzasadnienia poglądu prof. M. B o r o w s k i e g o, sformułowanego w krytyce moich prac następująco: „z posługiwania się współczynnikiem zmienności sumy miąższości drzew wynika bowiem, że pomiar za pomocą powierzchni próbnych polega na określeniu miąższości wszystkich drzew na powierzchni próbnej. A przecież tak nie jest, bo...<sup>4</sup>”.

Statystyczne metody taksacji lasu, o których mowa, znane są od dawna. Powstały one w krajach skandynawskich, tam się rozwijały i służyły do zebrania potrzebnych danych (informacji) o olbrzymich obszarach leśnych. W ostatnich czasach zaistniały jednak w wielu europejskich krajach takie warunki ekonomiczno-społeczne, w których posługiwanie się tradycyjnymi metodami stało się niemożliwe. Stąd zrodziła się konieczność poszukiwania mniej pracochłonnych metod taksacji lasu. Przeniesiono więc statystyczne metody z odpowiednią adaptacją na lasy niektórych krajów Europy, dostosowując je do taksacji lasu na małych obszarach leśnych, tj. na obiekty, dla których sporządza się operaty urządzeniowe.

### III. INNE ZAGADNIENIA

1. Prof. M. B o r o w s k i stawia mi zarzut, że w niektórych pracach jako zmienną losową przyjmowałem pole przekroju pojedynczych drzew i na tej podstawie, po ustaleniu potrzebnej liczby drzew i ilości drzew

<sup>4</sup> podkreślenie moje.

występującej przeciętnie na jednostce powierzchni, ustalałem obszar powierzchni próbnej.

Nie jestem ani autorem tego sposobu (podaje go Meixner i Witkowski — 5), ani zwolennikiem. Sposób ten przytoczyłem w pracy (11) tylko po to, by poddać go analizie, w wyniku której doszedłem do jego negatywnej oceny. Piszę o tym na str. 80, wiersz 1 i 2 od dołu i dalej na stronie 82 (12): „Tak duże różnice wskazują na to, że wzór

$$P = \frac{Pv^2 + t^2\alpha}{Pvp^2 + v^2t^2}$$
 nie może być stosowany do ustalenia wielkości powierz-

chni próbnej”. Mimo że teoretyczne założenia tego sposobu wskazują na to, że będzie dawać on wyniki błędne, to niemniej jednak uznałem za celowe przeanalizowanie go, by wyrobić sobie pogląd o wielkości błędów.

2. Prof. M. Borowski po przeprowadzeniu teoretycznego dowodu, że procentowy błąd średni równy jest współczynnikowi zmienności pisze: „nie jest zrozumiałe, dlaczego w pracy 2 i 4 osobno określono współczynniki zmienności sumy pól przekrojów (lub także miąższości) drzew na powierzchniach próbnych i osobno obliczono błąd procentowy”.

O tym, że między tymi parametrami zachodzi taka zależność, piszę w pracy (10) na str. 20 wiersz 3 i 4 od dołu: „(dla jednej powierzchni próbnej błąd średni równa się współczynnikowi zmienności)”. Kwestia dwukrotnego wyliczenia błędu średniego nie wynika więc z nieznamości zagadnienia. Celem obliczenia wtórnych błędów procentowych było zbadanie normalności rozkładu błędów, a nie ustalenie błędu średniego, jak to może sugerować interpretacja prof. M. Borowskiego. Jeśli więc obliczyłem błędy średnie i zamieściłem je w pracach, to uczyniłem to tylko do celów kontrolnych.

3. Prof. M. Borowski pisze: „dr Rosa podaje tu prawdziwe wzory, jednak ich interpretacja nie jest wolna od błędu”. Na czym więc polegają te błędy?

a) We wzorach zamiast symbolu  $t$ , winno być oznaczenie  $z$ . Chcę wyjaśnić, że nie wszyscy autorzy stosują takie oznaczenie, jakie zaleca prof. M. Borowski: np. Prodan w akademickim podręczniku dendrometrii (8) używa w tych wzorach również symbolu  $t$ .

b) Wartość  $t$  czy  $z$  odczytywana jest z tablic dystrybuanty rozkładu normalnego, a nie z rozkładu Studenta.

Wyjaśniam, że tablice dystrybuanty rozkładu Studenta (13) poza wartościami współczynnika  $t$  dla  $n$  od 2 do 20, podają również wartości  $t$  dla  $n = \infty$ . Wartości współczynnika  $t$  odczytane z tablic dystrybuanty rozkładu Studenta dla  $n = \infty$  nie różnią się od wartości  $z$  wziętych z dystrybuanty rozkładu normalnego (przy wzroście liczebności próby rozkład Studenta zmierza do normalnej funkcji prawdopodobieństwa). Tablice Studenta mogą więc być stosowane do tego celu, a wtedy i symbol  $t$  nie powinien być zastępowany przez  $z$ .

c) Współczynnik  $t$  nie jest ani poziomem ufności, ani istotności. Uwaga ta wynika chyba stąd, że użyłem skróconego a przez to i nieprecyzyjnego sformułowania pisząc, że wielkość powierzchni próbnej zależy od poziomu ufności i dodając przy tym w nawiasie  $ta$ .

Nie myślałem, że formułując tak zdanie, mogę być posądzony o utożsamianie tych dwóch pojęć. Jest to tym bardziej dla mnie niezrozumiałe, że w obliczeniach uwzględniłem wartości tego współczynnika.

d) Na podstawie wzorów 3 i 4 można obliczyć  $p$ , ale nie będzie to błąd średni.

Uwaga w zasadzie słuszna, ale gdy  $t$  równa jest jedności, to  $p$  jest błędem średnim. Przy innym poziomie ufności niż 0,68 nie można nazwać symbolu  $p$  błędem średnim, lecz tylko błędem czy dokładnością, chociaż charakterystyka ta ma taką samą interpretację statystyczną jak błąd średni. Chciałbym jeszcze dodać, że w pracach większość wyników podałem przy poziomie ufności 0,68, a więc operowałem błędami średnimi, jak również i to, że w wielu wypadkach używałem statystycznie poprawnych sformułowań pisząc: „dokładność wyniku (podwójna wartość błędu średniego)” — str. 39 wiersz 7 od góry (10) albo „dokładność wyniku przy prawdopodobieństwie 0,95” — str. 42 wiersz 18 od góry (10).

e) Dlaczego wzór  $p = vta \sqrt{1 - \frac{1}{N_1}}$  zaopatrzyłem komentarzem, że przy  $N_1 > 120$  przyjmuje on postać:  $p = vta$ ?

Wynika to z przyjętego założenia, ażeby wartość wyrażenia będącego pod pierwiastkiem równała się jedności po zaokrągleniu wyniku do dwóch znaków po przecinku (przy  $N_1$  wynoszącym około 120, wynosi ona około 0,996).

Na zakończenie chciałbym jeszcze ustosunkować się do przykładu podanego na końcu krytycznych uwag, mówiącego o braku precyzji i niejasności formułowania myśli. Znana jest rzeczą, że w metodzie powierzchni próbnych występują dwa rodzaje błędów: błąd metody powierzchni próbnych (Stichprobefehler) oznaczany najczęściej przez  $p$  oraz błąd określonego sposobu oznaczania badanej charakterystyki na powierzchni próbnej (Verfahrensfehler). Błąd całkowity równy jest pierwiastkowi kwadratowemu z sumy kwadratów tych błędów. Przy założeniu, że błąd sposobu równy jest zeru, to błąd metody mówi, w jakim stopniu powierzchnia próbna reprezentuje drzewostan. Czy rzeczywiście sformułowanie moje w artykule jest aż tak niejasne, że zachodzi potrzeba „przetłumaczenia tego zdania na język zrozumiały?”.

Z tego co przedstawiłem w punktach a—e wynika nie tylko to, że stosowałem poprawne wzory, ale i to, że je właściwie interpretowałem. W kilku wypadkach niezbyt ściśle sprecyzowałem swoje myśli.

#### LITERATURA

1. Bruchwald A. — Dokładność określania pierśnicowej powierzchni przekroju w metodach pomiarowo-szacunkowych. „Sylwan” nr 3, 1970.
2. Eggli W. — Funktionen und Tabellen zur Kubierung von stehenden Bäumen. „Statens Skogsforskningsinstitut” nr 3, Stockholm 1960.
3. Fraendorf R. — Planung und Durchführung von Stichprobenahmen. „Schriftenreihe der forstlichen Bundes-Versuchsanstalt” nr 6. Mariabrunn, Schönbrunn, Wien 1957.

4. Johnson F. A., Hixon J. H. — The most Efficient Size and Shape of Plot to Use for Cruising in Old Growth Douglas-Fir Timber. "Journal of Forestry" 50 (1), 1952.
5. Meixner J., Witkowski Z. — Wielkość powierzchni próbnej a dokładność określania powierzchni przekroju pierśnicowego drzewostanu. „Roczniki WSR w Poznaniu” XXIII, 1964.
6. Meixner J. — Wielkość i liczba losowych powierzchni próbnych a dokładność określania powierzchni przekroju pierśnicowego oraz zapasu drzewostanu. „Pr. Komis. Nauk Rol. Leś. Pozn. TPN”, t. XXXII, 1971.
7. Näslund M. — Funktioner och Tabeller for Kubering av staende Trad. Tall, Gran och Bjork i Norra Sverige. Meddelanden Fran Statens Skogsforsoksanstalt”. Häfte 32, nr 4.
8. Prodan M. — Holzmesslehre. Frankfurt a/M. 1965.
9. Rosa W. — Z badań nad dokładnością określania powierzchni przekroju drzewostanu na podstawie powierzchni próbnych. „Sylwan” nr 6, 1972.
10. Rosa W. — Ocena przydatności metody określania powierzchni przekroju drzewostanu i grup drzewostanów na podstawie powierzchni próbnych. „Zeszyty Naukowe SGGW” nr 18, 1972.
11. Rosa W. — Teoretyczne podstawy ustalania błędów miąższości drzewostanu określonej na podstawie powierzchni próbnej. „Zeszyty Naukowe SGG” nr 13, 1970.
12. Rosa W. — Badanie dokładności oznaczania powierzchni przekroju i miąższości drzewostanu na podstawie powierzchni próbnej. „Zeszyty Naukowe SGGW” nr 13, 1970.
13. Sadowski W. i inni. — Tablice statystyczne. PWN Warszawa 1957.
14. Schmid P. — Kontroll-Stichproben: Aufnahmeinstruktion. „Berichte EAffV” nr 27, Birmensdorf 1969.
15. Zabielski B. — Wpływ wielkości i liczby powierzchni próbnych na dokładność określania elementów taksacyjnych w urządzaniu lasu. „Roczniki WSR w Poznaniu” XXIII, 1964.