

SYLWAN

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO TOWARZYSTWA LEŚNEGO

Wydawany z pomocą finansową Polskiej Akademii Nauk

ROK CXXIX

Warszawa, kwiecień 1985 r.

Numer 4

TOMASZ BORECKI

Wielkość losowej powierzchni próbnej w statystycznej metodzie inwentaryzacji lasu

Величина опытной случайной площади в статистическом методе
инвентаризации леса

Size of random sample plot in statistical forest inventory method

I. CEL I ZAKRES BADAŃ

W artykule (1) na podstawie przeanalizowanej literatury postawiono hipotezę, że istnieje taka wielkość próbnej powierzchni losowej (dla potrzeb statystycznej metody inwentaryzacji lasu), dla której z punktu widzenia dwóch cech, tj. dokładności i pracochłonności, efektywność metody jest największa.

Celem pracy jest określenie optymalnej z punktu widzenia dokładności i pracochłonności wielkości losowej kołowej powierzchni próbnej dla drzewostanów sosnowych od II do V klasy wieku. Cel ten jest zrealizowany poprzez:

1. zbadanie dokładności określania pierśnicowej powierzchni przekroju przy stałej wielkości próby (0,48 ha) a różnej wielkości losowych powierzchni próbnych 1-, 2- i 4-arowych (3 warianty próby),

2. określenie pracochłonności metody dla badanych wariantów próby,

3. ustalenie optymalnej wielkości losowej powierzchni próbnej.

Podstawą badań są dane pomiarowe zebrane w 43 drzewostanach sosnowych różnych klas wieku położonych na terenie LZD SGGW-AR.



C-2584

Przyjęcie do badań jako zmiennej losowej powierzchni przekroju wynika z następujących przyczyn:

a) duże trudności w dokładnym ustaleniu miąższości drzew stojących dla potrzeb metody statystycznej,

b) łatwość i szybkość dokładnego ustalenia pierśnicowej powierzchni przekroju,

c) możliwości wnioskowania na podstawie błędu określania powierzchni przekroju o wielkości błędu miąższości.

Najefektywniejszą figurą próbną powierzchni losowych jest koło. Wynika to z tego, że przy tym kształcie granice powierzchni nie są wyznaczane, lecz kontrolowane jednocześnie z pomiarem pierśnic i innych cech drzew. Za kształtem powierzchni w formie koła przemawia również fakt, że prawdopodobieństwo wystąpienia drzew granicznych¹⁾ jest mniejsze niż dla innych figur (długość obwodu przy stałej powierzchni jest najmniejsza).

II. METODYKA BADAŃ

W pierwszym etapie pracy przyjęto wielkość powierzchni próbną będącą przedmiotem badań. Badania dotyczą 3 wielkości losowych powierzchni próbną, a mianowicie: 1-, 2- i 4-arowych. Przyjęcie takiego zakresu wielkości wynika z następujących przyczyn:

1. Przeprowadzone badania empiryczne wykazały, że zakres poszukiwanych wielkości znajduje się w zasadzie w granicach 1—4. Znajduje to swoje uzasadnienie w stwierdzonej przez wielu autorów zależności między wielkością powierzchni próbną a współczynnikiem zmienności badanej cechy. Badania Rosy (4) wykazały, że tylko dla najmniejszych wielkości powierzchni próbną (do 4 a) różnice między współczynnikami zmienności rzeczywistymi i teoretycznymi nie są duże. Stosując większe powierzchnie losowe (przy stałej wielkości próby) otrzymamy w rezultacie wynik obciążony większym błędem w porównaniu z wynikiem uzyskanym dla mniejszych powierzchni (≤ 4 a).

2. Jak wynika ze stosowanej techniki prac terenowych, wytyczenie powierzchni kołowych większych od 4 a, szczególnie w drzewostanach młodszych klas wieku (duża liczba drzew) oraz starszych z licznym podszytem, sprawia wiele trudności (utrudnienie zachowania prostoliniowości promienia). Z tej przyczyny dla większych powierzchni próbną może być popełniany ujemny błąd systematyczny.

Badania oparto na danych pomiarowych pochodzących z 43 drzewostanów sosnowych. Zostały one zlokalizowane w równomiernych, jednowiekowych drzewostanach sosnowych od II do V klasy wieku w lasach doświadczalnych SGGW-AR w Rogowie. Ilość opracowywanych drzewostanów w poszczególnych klasach wieku przedstawia się następująco: w II klasie — 12, w III i IV — po 11 oraz w V klasie — 9 drzewostanów.

W każdym opracowywanym drzewostanie założono 48 — 1-arowych, 24 — 2-arowe oraz 12 — 4-arowych powierzchni próbną. Łącznie

¹⁾ Drzew znajdujących się idealnie na granicy powierzchni.

w 43 drzewostanach założono 3612 próbnych powierzchni kołowych, w tym 2064 — 1-arowych, 1032 — 2-arowych oraz 516 — 4-arowych. Na powierzchni wykonano pomiar pierśnic wszystkich drzew o $d_{1,3} \geq 7$ cm z dokładnością do 1 mm. W trakcie prac pomiarowych prowadzono ich chronometraż.

Bazując na zgromadzonych danych pomiarowych przeprowadzono badania dotyczące dokładności i pracochłonności metody. Za optymalną wielkość powierzchni próbnej przyjęto taką, dla której założoną dokładność otrzyma się w krótszym czasie. Obliczono równania regresji zależności, dokładności oraz pracochłonności metody od wielkości próbnej powierzchni losowej. Zbadano zależność między dokładnością oraz pracochłonnością a wiekiem drzewostanów. Stosując analizę wariancji zbadano istotność różnic między średnimi wartościami błędów procentowych oraz średnimi wartościami pracochłonności dla poszczególnych wielkości powierzchni próbnych.

III. WYNIKI BADAŃ

1. Dokładność

Stwierdzono, że dokładność określania pola przekroju pierśnicowego w przedziale 1—4 a w większości badanych drzewostanów wraz ze wzrostem wielkości powierzchni losowej (przy tej samej próbie) maleje. Najniższe średnie wartości błędów procentowych otrzymano przy zastosowaniu wariantu powierzchni 1-arowych dla drzewostanów II, III i IV klasy wieku i wariantu powierzchni 2-arowych dla V klasy wieku. Różnice między średnimi wartościami błędów procentowych badanych wariantów próby w klasach wieku są nieistotne. Jeżeli chodzi o zależność dokładności oznaczania pola przekroju pierśnicowego od wieku, to okazało się, że dokładność jest z nim istotnie skorelowana. W badanym przedziale wiekowym od II do V klasy wieku dokładność dla wariantu powierzchni 1-arowych wraz z wiekiem maleje, zaś dla powierzchni 2-, 4-arowych do IV klasy wieku włącznie maleje, a tylko w V nieznacznie wzrasta.

2. Pracochłonność

Pracochłonność metody wraz ze wzrostem wielkości powierzchni losowej (przy stałej próbie) maleje. Wyrównana do hiperboli zależność pracochłonności dla badanych wariantów próby przedstawia się następująco:

II klasa wieku (ryc. 1)

$$T = 2,0692 + \frac{1,5300}{a}$$

III klasa wieku (ryc. 2)

$$T = 1,6600 + \frac{1,3600}{a}$$

IV klasa wieku (ryc. 3)

$$T = 1,5700 + \frac{1,3400}{a}$$

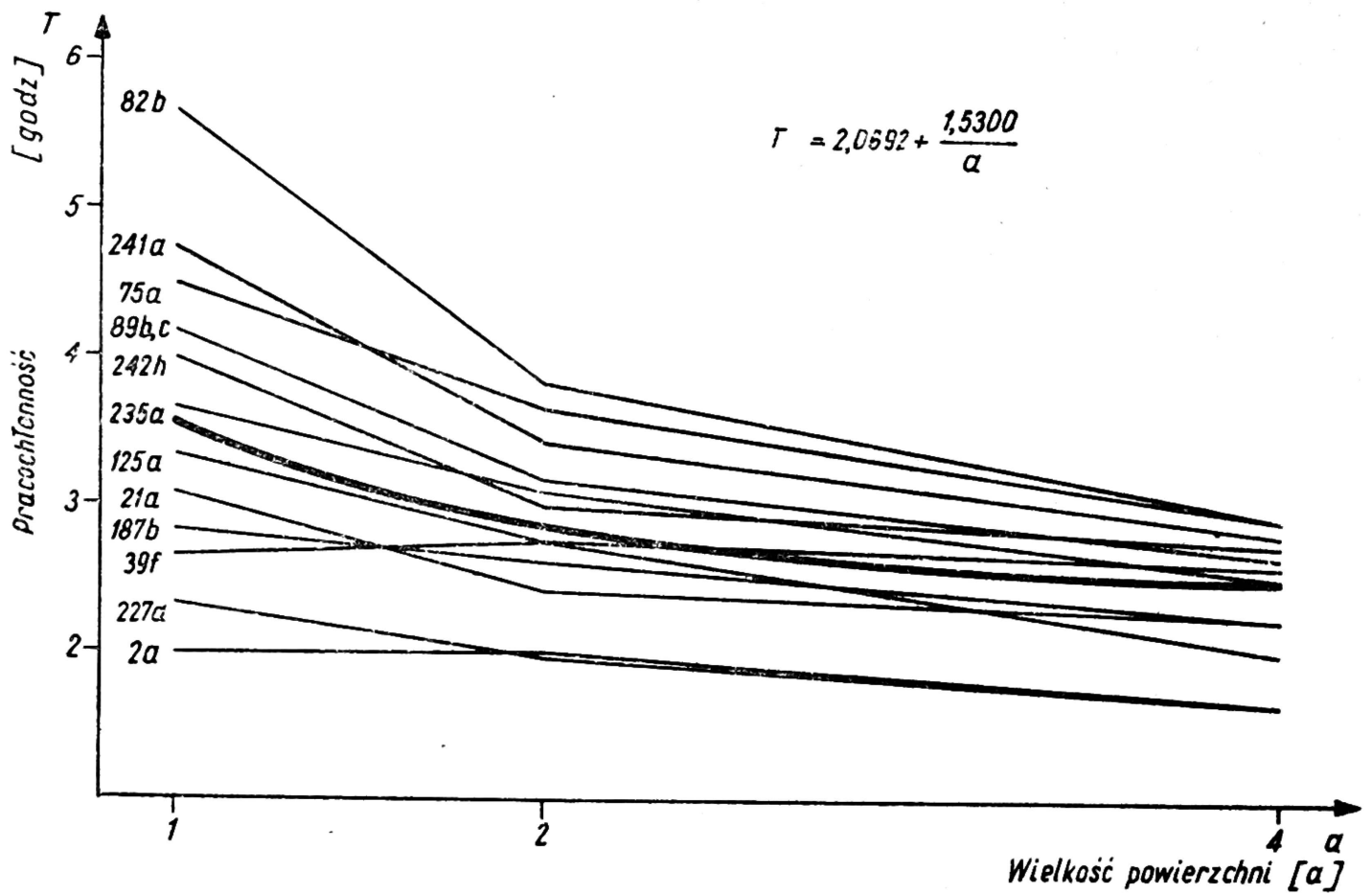
V klasa wieku (ryc. 4)

$$T = 1,3500 + \frac{1,4100}{a}$$

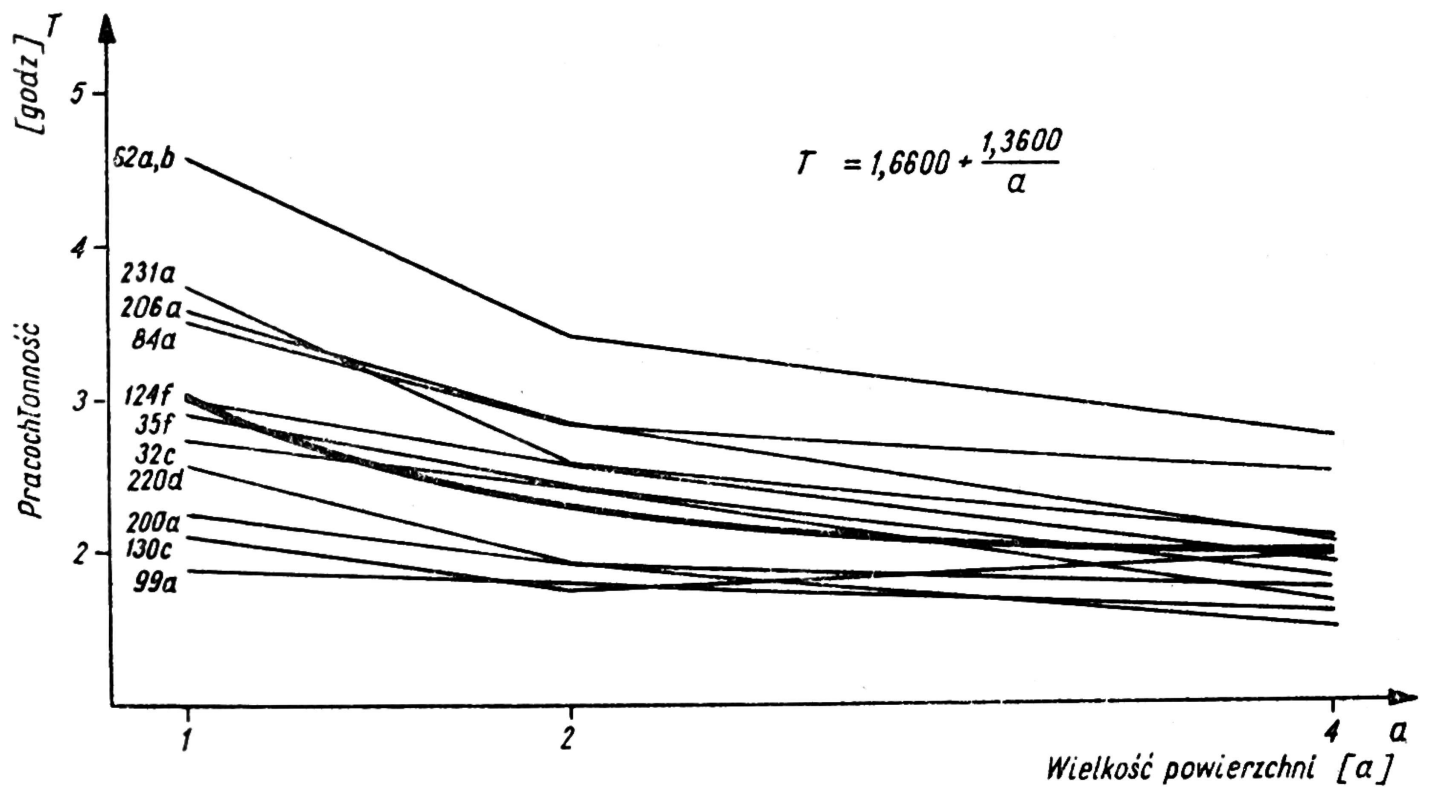
gdzie:

T — pracochłonność

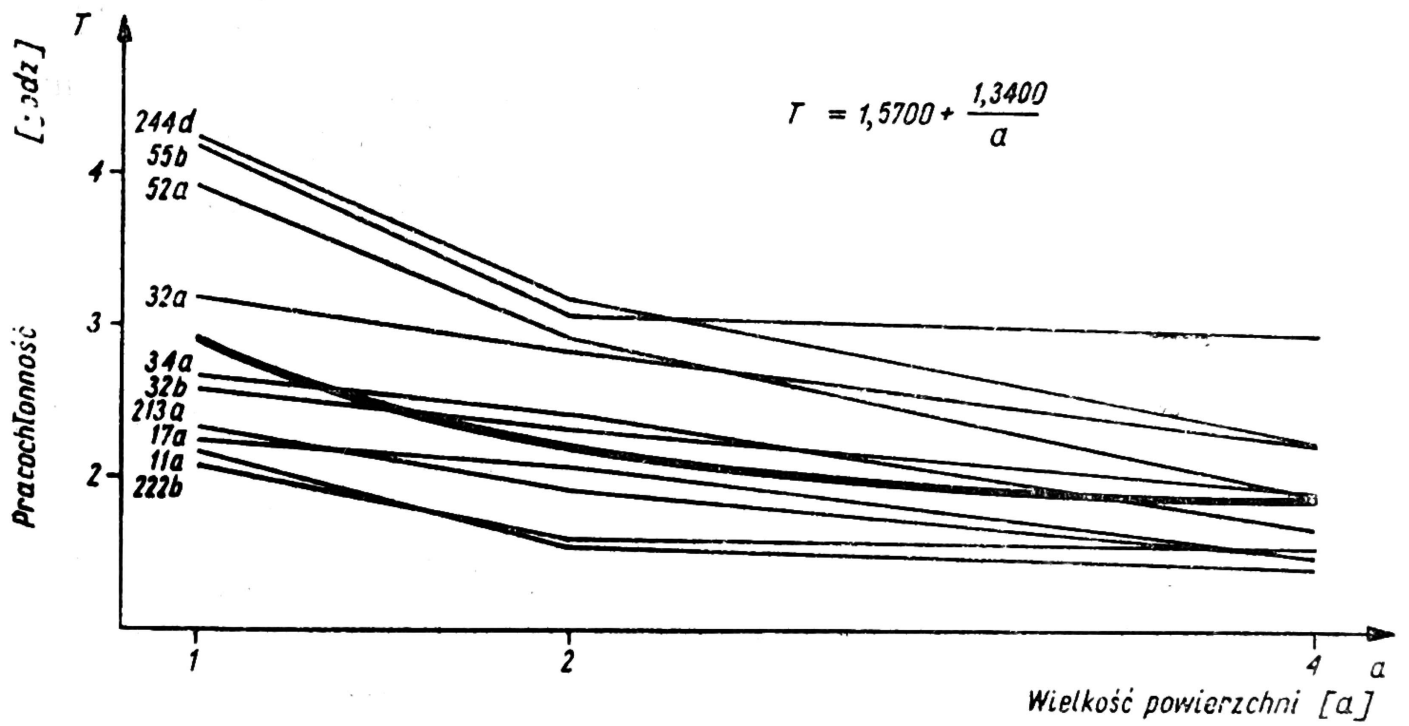
a — wielkość próbnej powierzchni losowej.



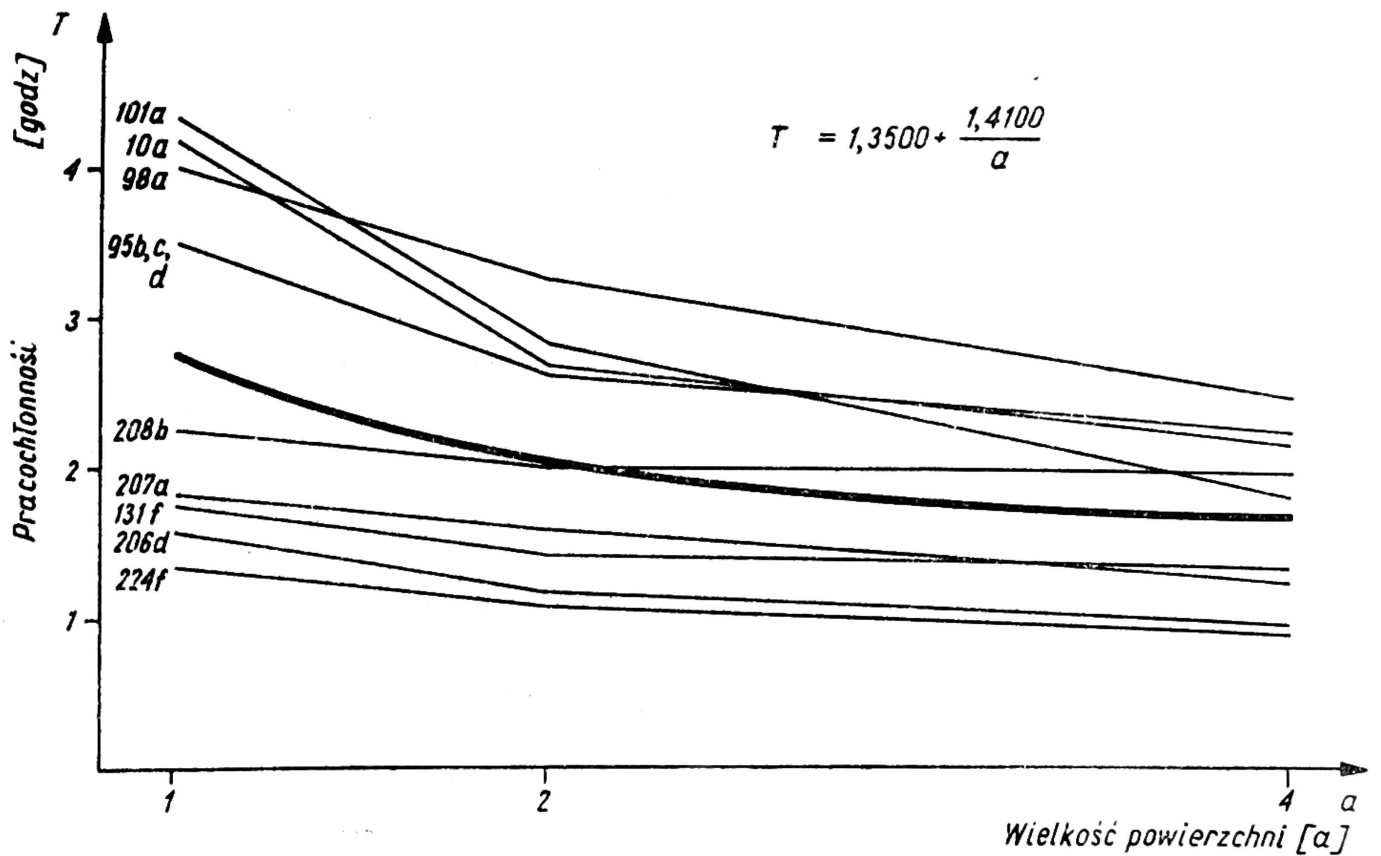
Ryc. 1. Zależność pracochłonności od wielkości powierzchni losowej w drzewostanach II klasy wieku



Ryc. 2. Zależność pracochłonności od wielkości powierzchni losowej w drzewostanach III klasy wieku



Ryc. 3. Zależność pracochłonności od wielkości powierzchni losowej w drzewostanach IV klasy wieku



Ryc. 4. Zależność pracochłonności od wielkości powierzchni losowej w drzewostanach V klasy wieku

Korelacja dla wszystkich równań jest istotna. Równania te wykazały, że z badanego zakresu najmniej pracochłonne są powierzchnie 4-arowe. Z przeprowadzonej analizy wariancji wynika, że różnice między średnimi wartościami pracochłonności badanych wariantów próby w II, III i IV klasie wieku są istotne, zaś w V klasie nieistotne.

Pracochłonność metody wraz ze wzrostem wieku drzewostanów maleje i jest z nim skorelowana.

3. Analiza łączna

Z przeprowadzonej analizy dokładności i pracochłonności nie uzyskano odpowiedzi na postawiony cel pracy. Aby uzyskać jednoznaczną odpowiedź wprowadzono pojęcie pracochłonności przeliczeniowej. Przez pracochłonność tę rozumie się taki nakład czasu, w którym uzyskana zostanie założona dokładność. Obliczenia pracochłonności przeliczeniowej oparte na rzeczywistych współczynnikach zmienności i pracochłonności metody wykonano na podstawie opracowanego wzoru:

$$T_p = n_p \times t_{jp} + T_x \frac{a_p (n_p - 1)}{a_n (n - 1)}$$

gdzie:

T_p — pracochłonność przeliczeniowa

n_p — teoretyczna liczba powierzchni próbnych (zapewniająca w konkretnym drzewostanie zakładaną dokładność)

t_{jp} — średni czas pomiaru jednej powierzchni próbnej (1-, 2- lub 4-arowe)

T — czas tyczenia wariantu

n — liczba założonych powierzchni próbnych dla wariantu (48, 24 lub 12)

a_p — bok siatki kwadratów w danym drzewostanie dla n_p (teoretyczna liczba powierzchni próbnych)

a_n — bok siatki kwadratów w drzewostanie dla n (rzeczywista liczba powierzchni próbnych: 48, 24 lub 12).

Opracowana funkcja pracochłonności przeliczeniowej jest funkcją celu, która w pracy jest minimalizowana. Warunkiem ograniczającym jest przyjęty z góry poziom dokładności określania powierzchni przekroju pierśnicowego ($p_g = 5\%$), zaś przedział zmienności poszukiwanej zmiennej decyzyjnej (wielkość próbnej powierzchni losowej a) wynosi od 1 do 4 arów.

Obliczono równania regresji zależności pracochłonności przeliczeniowej od wielkości próbnej powierzchni losowej. Zbadano zależność między pracochłonnością przeliczeniową a wiekiem drzewostanów. Stosując analizę wariancji zbadano istotność różnic między wartościami średnich pracochłonności przeliczeniowych dla poszczególnych wielkości powierzchni próbnych.

Zależność pracochłonności przeliczeniowej od wielkości powierzchni losowej wyrównano równaniem hiperboli, a tylko w przypadku II klasy wieku równaniem paraboli. Okazało się, że w przypadku II i V klasy wieku korelacje dla ustalonych równań są nieistotne. Ustalone równa-

nia regresji w III i V klasie wieku oraz dla wszystkich opracowywanych drzewostanów łącznie przedstawiają się następująco:

III klasa wieku (ryc. 5)

$$T_p = 3,5150 + \frac{1,6558}{a}$$

V klasa wieku (ryc. 6)

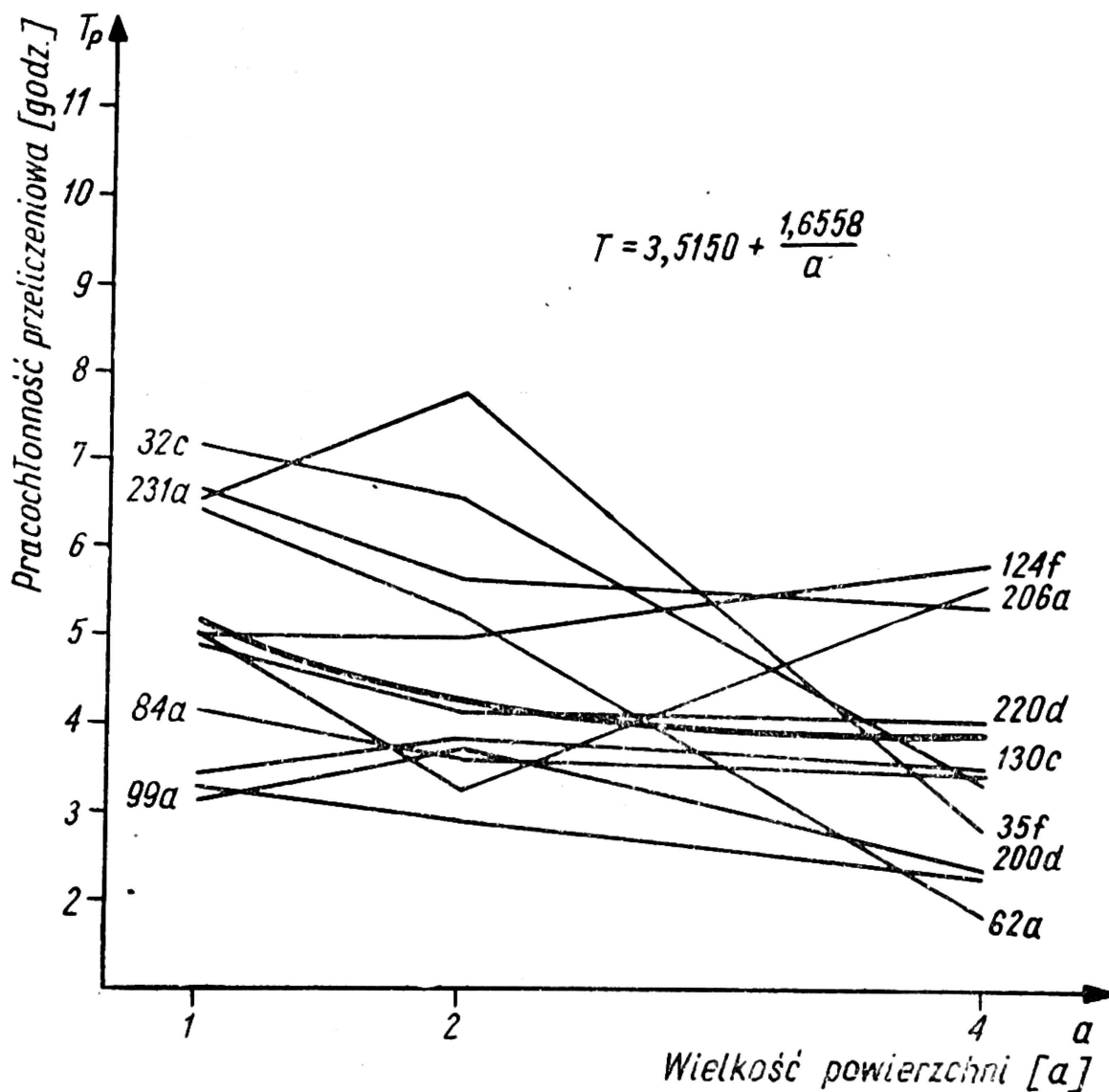
$$T_p = 2,7772 + \frac{3,2441}{a}$$

Łącznie dla wszystkich drzewostanów (ryc. 7)

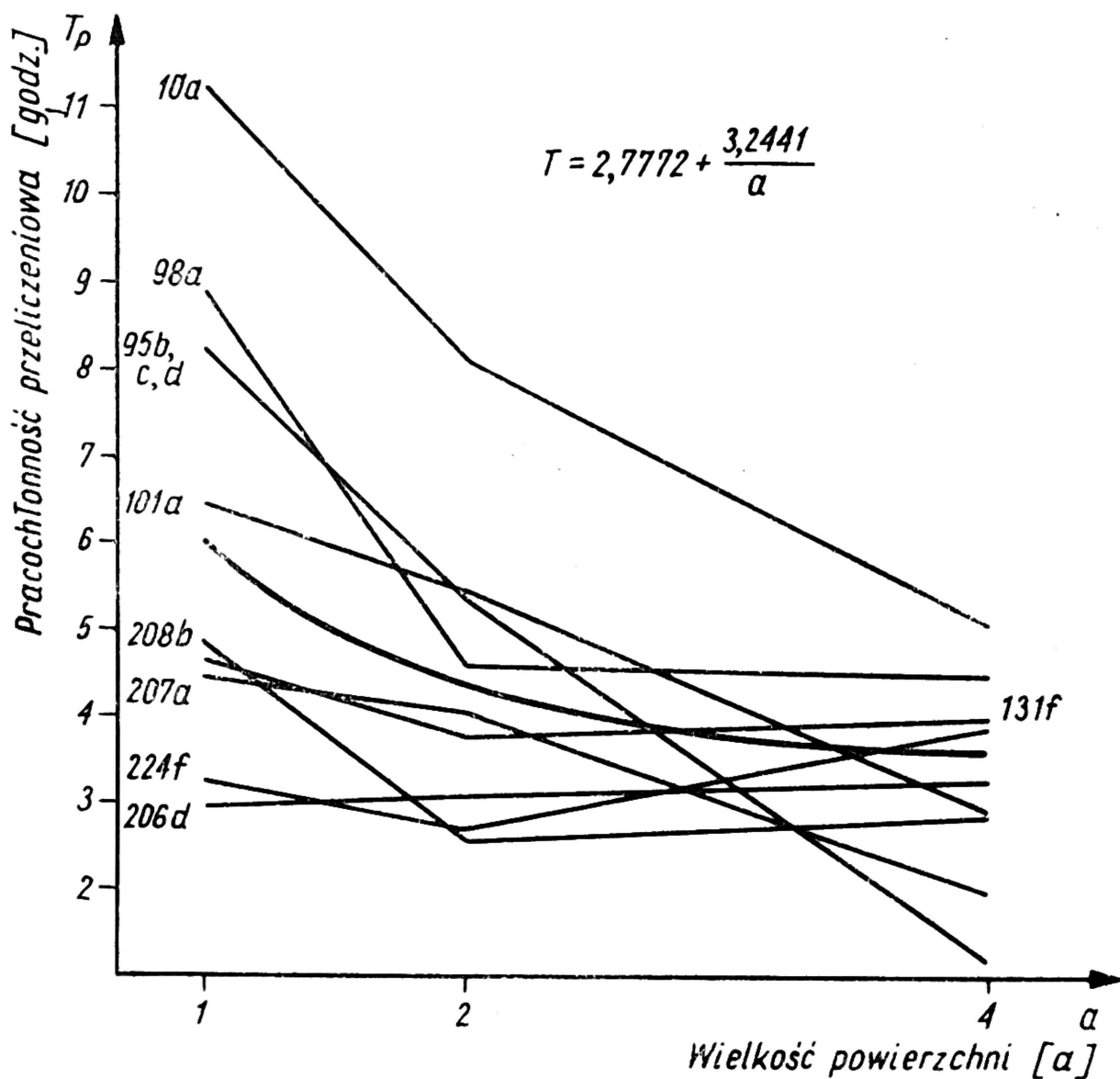
$$T_p = 3,7884 + \frac{1,5310}{a}$$

Obliczone wskaźniki korelacji krzywoliniowej wynoszą:

— w III klasie wieku — 0,3826 (wartość krytyczna przy $p\alpha = 0,05$
— 0,3490)



Ryc. 5. Zależność pracochłonności przeliczeniowej od wielkości losowej w drzewostanach III klasy wieku

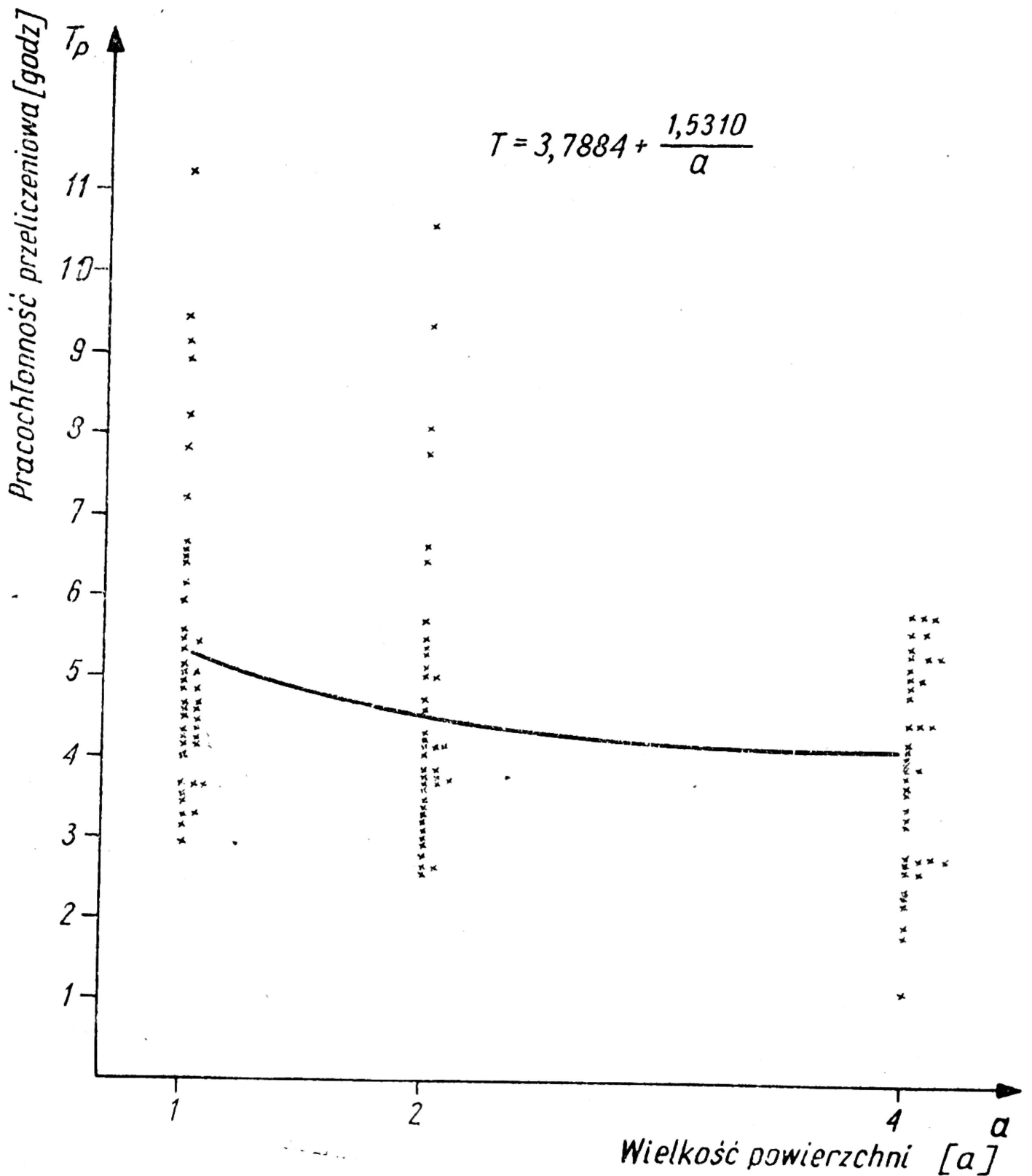


Ryc. 6. Zależność pracochłonności przeliczeniowej od wielkości powierzchni losowej w drzewostanach V klasy wieku

— w V klasie wieku — 0,4658 (wartość krytyczna przy $p\alpha = 0,05$ — 0,3810)

— dla wszystkich drzewostanów łącznie — 0,9418 (wartość krytyczna przy $p\alpha = 0,05$ — 0,1749).

Z równań tych wynika, że w drzewostanach III i V klasy wieku, jak również dla wszystkich drzewostanów łącznie, najefektywniejsze z punktu widzenia dokładności i pracochłonności są powierzchnie 4-are. Na podstawie przeprowadzonej analizy wariancji stwierdzono, że różnice między średnimi wartościami pracochłonności przeliczeniowej badanych wielkości powierzchni próbnych przy poziomie istotności $p\alpha = 0,01$ dla drzewostanów poszczególnych klas wieku są nieistotne. Nieistotne są również różnice między średnimi obliczonymi ze wszystkich drzewostanów łącznie. Przy poziomie istotności $p\alpha = 0,05$ różnice między średnimi są istotne tylko dla V klasy wieku i wszystkich drzewostanów łącznie.



Ryc. 7. Zależność pracochłonności przeliczeniowej od wielkości powierzchni losowej we wszystkich drzewostanach łącznie

Podsumowując uzyskane wyniki pracochłonności przeliczeniowej należy stwierdzić, że dla wszystkich drzewostanów traktowanych łącznie oraz dla drzewostanów V klasy wieku optymalne z badanego zakresu wielkości są powierzchnie 4-arowe. Natomiast dla drzewostanów każdej z pozostałych klas wieku (traktowanych oddzielnie), tj, II, III i IV klasy nie uzyskano jednoznacznej odpowiedzi, które z badanych wiel-

kości są optymalne. Należy jednak podkreślić, że najniższe średnie wartości pracochłonności przeliczeniowej (tabela) otrzymano w drzewostanach II klasy wieku dla 2-arowych, zaś w III i IV — 4-arowych powierzchni próbnych.

Wartości przeciętne (\bar{T}_p) i odchylenie standardowe (s) pracochłonności przeliczeniowej w klasach wieku

Klasa wieku	Wielkość powierzchni losowej					
	1 ar		2 ary		4 ary	
	\bar{T}_p	s	\bar{T}_p	s	\bar{T}_p	s
II	4,62	0,76	4,21	1,66	4,40	1,77
III	5,05	1,38	4,69	1,44	3,70	1,33
IV	5,70	2,06	5,11	1,93	4,76	0,92
V	6,10	2,64	4,40	1,47	3,59	0,88

IV. WNIOSKI

Przeprowadzone badania nad optymalną wielkością powierzchni losowej uwzględniające zarówno dokładność jak i pracochłonność, pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Ustalone zasady kształtowania się zależności między rzeczywistymi i teoretycznymi współczynnikami zmienności powierzchni przekroju pierścnicowego potwierdzają wyniki badań licznych autorów (2, 3, 4, 5), które wskazują, że optymalna wielkość próbnej powierzchni losowej leży w zakresie 1—4a.

2. Z punktu widzenia dokładności (przy stałej próbie a różnej wielkości powierzchni losowej) uzyskane wyniki wskazują, że za najefektywniejszą wielkość można przyjąć dla drzewostanów od II do IV klasy wieku powierzchnie 1-arowe, dla V — 2-arowe.

Należy przy tym podkreślić, że dla badanych wielkości próbnej powierzchni losowej — niezależnie od wieku drzewostanów — przeciętne wartości błędów średnich nie różnią się istotnie od siebie.

3. Biorąc pod uwagę pracochłonność za najefektywniejsze z badanego zakresu wielkości należy uznać 4-arowe powierzchnie próbne.

Przeciętne wartości pracochłonności dla badanych wielkości powierzchni próbnej, z wyjątkiem drzewostanów V klasy wieku, różnią się istotnie od siebie.

4. Wprowadzenie pojęcia pracochłonności przeliczeniowej pozwoliło przy jednoczesnym uwzględnieniu zarówno dokładności jak i pracochłonności ustalić dla wszystkich drzewostanów łącznie oraz dla drzewostanów V klasy wieku optymalną z badanego zakresu wielkość powierzchni losowej. Wynosi ona 4 ary. Natomiast dla drzewostanów każ-

dej z pozostałych klas wieku, tj. II, III i IV klasy, nie uzyskano jednoznacznej odpowiedzi, które z badanych wielkości są optymalne. Biorąc jednak pod uwagę średnie wartości pracochłonności przeliczeniowej za najefektywniejsze w II klasie można uznać 2-arowe, zaś w III i IV — 4-arowe powierzchnie próbne.

LITERATURA

1. B o r e c k i T.: Wielkość próbnej powierzchni losowej problemem ciągle aktualnym. Sylwan (w druku).
2. H a s e n k a m p J.G.: Genauigkeit der systematischen Stichprobenahme bei forstlichen Vorratsinventuren. Mitt. Bundes. For. 1954 Nr. 35.
3. P r o d a n M.: Holzmesslehre. Frankfurt a/M. 1965.
4. R o s a W.: Losowe powierzchnie próbne oraz możliwości ich stosowania w gospodarstwie leśnym. Sylwan 1977 R. 121 nr 10.
5. Z ö h r e r F.: Forstinventur. Hamburg und Berlin: Verl. Paul Parey 1980.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 19 marca 1984 r.

Краткое содержание

Целью работы является определение оптимальной, с точки зрения точности и трудоемкости, величины случайной круговой опытной площади для сосновых насаждений с II до V класса возраста. Исследования были проведены при постоянной пробе равняющейся 0,48 га и 3 величинах (1, 2 и 4а) случайных опытных площадей. После определения самой лучшей, с точки зрения точности и трудоемкости, величины опытной площади, благодаря введению нового понятия, а именно расчетной трудоемкости, была определена оптимальная величина площади учитывающая оба критерия. Эти исследования проведены при применении уравнений регрессии, а также анализа вариации. С точки зрения точности, самыми эффективными в насаждениях с II до IV класса возраста являются I-аровые площади, а в V — 2-аровые, а беря во внимание трудоемкость, самыми лучшими следует считать 4-аровые площади. При одновременном учете обоих критериев установлена оптимальная величина опытной площади для всех насаждений вместе, а также насаждений V класса возраста. Равняется она 4 арам. Для насаждений остальных классов возраста в расчетной трудоемкости оказались несущественными с тем, что самые лучшие результаты получены для 2-аровых опытных площадей в насаждениях II — и 4-аровых в III и IV классах возраста.

S u m m a r y

The aim of the study was to determine the optimum — from the view-point of exactitude and labour consumption — size of random circular sample plot for pine stands from IInd to Vth age class. In the studies following sizes were applied: constant sample plot of 0.48 ha and 3 sizes of random sample plots (1, 2 and 4 a).

After the determination of the best from the view-point of exactitude and labour consumption size of sample plot, thanks to the introduction of a new concept, viz. the conversion labour consumption, an optimum size of sample plot has been settled, which takes into account both criteria. The regression equations and the variance analyses were applied in these studies. From the view-point of exactitude, plots of 1 a are most effective in stands from IInd to IVth age class, and those of 2 a in stands in the Vth age class. From the point of view of labour consumption, plots of 4 a should be acknowledged as the best ones. Taking simultaneously into account both criteria, the optimum size of sample plot for all stands together and for stands of Vth age class has been determined. It amounts to 4 a. For the other classes, the differences in the conversion labour consumption appeared to be insignificant, although the best results were obtained at sample plots of 2 a in stands of IInd age class and at plots of 4 a in the IIIrd and IVth age classes.