

MAREK JABŁOŃSKI

## Dokładność szacowania miąższości drzewostanów sosnowych w trakcie prac urządzania lasu

Precision of growing stock assessment of pine stands within the forest management planning framework

### ABSTRACT

Jabłoński M. 2012. Dokładność szacowania miąższości drzewostanów sosnowych w trakcie prac urządzania lasu. Sylwan 156 (9): 643-649.

Problem of forest inventory unit is one of the most important subjects within forest management planning in Poland. In 2003, new method of growing stock assessment at forest division level was introduced to the forest practice. Nevertheless, during the process of stands description, volume of particular stands is also determined. In this paper, the results of analyses concerning the precision of growing stock assessment at stand level are presented.

### KEY WORDS

pine stands, standwise inventory, precision of volume assessment

### ADDRESSES

Marek Jabłoński – e-mail: M.Jablonski@ibles.waw.pl

Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi; Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3; 05-090 Raszyn

### Wstęp

Jednym z zasadniczych zagadnień z zakresu urządzania lasu w Polsce, jak dotychczas niezdefiniowanym, jest problem podstawowej jednostki inwentaryzacji miąższości [Bosiak 1984; Stępień 1996]. Przyjmowanie wydzielenia jako elementarnej jednostki planowania hodowlanego było argumentem za prowadzeniem inwentaryzacji na poziomie drzewostanu. Wielu autorów uważało jednak, że stosowane w polskiej praktyce gospodarczej lat 80. i 90. XX wieku drzewostanowe systemy inwentaryzacji nie były racjonalne ze względu na małą precyzję określania miąższości [Rosa i in. 1981; Rutkowski 1981; Borecki 1995]. W przypadku statystyczno-matematycznej metody inwentaryzacji lasu [Instrukcja... 1994], najczęściej stosowano wariant metody polegający na zakładaniu w drzewostanie od kilku do kilkunastu powierzchni relaskopowych. Z badań prowadzonych przez Boreckiego i in. [1999] wynika, że sposób ten pozwalał na oszacowanie miąższości pojedynczych drzewostanów z dokładnością w zakresie od -50% do +89%. W prawie 60% drzewostanów analizowanych przez wyżej wymienionych autorów błąd procentowy wtórny przekraczał  $\pm 10\%$ .

Problem małej dokładności szacowania miąższości na poziomie drzewostanu najczęściej był jednak marginalizowany. Uważano bowiem, że dane inwentaryzacyjne wykorzystywane są przede wszystkim dla potrzeb regulacji rozmiaru użytkowania, wykonywanej w dużo większych jednostkach niż drzewostan [Borecki i in. 2001]. Jednocześnie zdaniem Bruchwalda i Zajączkowskiego [2002] miąższość obrębu leśnego szacowana na podstawie wyników dla drzewosta-

nów była jednak określana ze zbyt dużą dokładnością w stosunku do rzeczywistych potrzeb. W efekcie została wdrożona do praktyki [Instrukcja... 2003] statystyczna metoda reprezentacyjna pomiaru miąższości obrębu leśnego, oparta na zakładaniu prób w warstwach wiekowo-gatunkowych.

Inwentaryzacja miąższości na poziomie obrębu leśnego nie oznacza, że zrezygnowano z określania miąższości poszczególnych wydzieleń. Podczas sporządzania opisu taksacyjnego szacowana jest zasobność drzewostanów. Szacunki te są następnie korelowane z wynikami inwentaryzacji dla obrębu i wyrównywane na poziomie klas wieku [Instrukcja... 2003, 2012]. Zasobność pojedynczych drzewostanów jest wykorzystywana m.in. dla potrzeb regulacji użytkowania rębego. Według Instrukcji [2003] dla gospodarstwa lasów ochronnych oraz gospodarstwa przerębowo-zrębowowego w lasach gospodarczych przyjmuje się etat według potrzeb hodowlanych. Etat ten określany jest na podstawie zaprojektowanych wskazań gospodarczych i zasobności drzewostanów. Według obecnie obowiązującej Instrukcji [2012] etat według potrzeb hodowlanych przyjmuje się dla gospodarstwa lasów ochronnych.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących dokładności określania miąższości pojedynczych drzewostanów podczas prac urzędniowych. Zaprezentowane wyniki stanowią część projektu badawczego wykonanego w latach 2004-2008 przez Instytut Badawczy Leśnictwa na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych.

## Material i metody

Material badawczy stanowią wyniki pomiarów przeprowadzonych w 2006 roku w 72 drzewostanach zlokalizowanych na terenie nadleśnictw Golub-Dobrzyń, Zamrzenica i Jedwabno (RDLP Toruń i Olsztyn). Nadleśnictwa te posiadają plany urządzenia lasu według stanu na 1 stycznia 2006 roku.

Większość wydzieleń podlegających pomiarom stanowiły lite drzewostany sosnowe. Tylko w dziewięciu drzewostanach w składzie gatunkowych poza sosną występowały inne gatunki. Według danych z IV rewizji urządzenia lasu były to drzewostany od Ia do II klasy bonitacji. Liczbę i powierzchnię wydzieleń podlegających pomiarom, w układzie klas wieku, przedstawiono w tabeli 1. Pomiary terenowe w okresie wrzesień-listopad 2006 roku wykonali pracownicy IBL.

W analizowanych drzewostanach zmierzono grubość wszystkich drzew i krzewów o średnicy większej lub równej 7 cm na wysokości 1,3 m. Pomiar grubości wykonywano w jednym kierunku, z dokładnością do 1 mm. Rejestracja pomiarów odbywała się z uwzględnieniem budowy pionowej drzewostanu, a w sytuacji wyraźnych różnic wiekowych w ramach gatunku w piętrze – z dodatkowym wyróżnieniem warstw wiekowych. Po zakończeniu pomiaru pierśnic, zmierzono wysokości poszczególnych gatunków w piętrach i ewentualnie warstwach wiekowych. Drzewa do pomiaru wybierano z całego drzewostanu, proporcjonalnie do udziału ilościowego danego gatunku w 2-centymetrowych klasach grubości. Na podstawie wykonanych pomiarów wykreslano krzywe wysokości w postaci wielomianów drugiego stopnia. Liczbę drzew do pomiaru wysokości uzależniono od liczebności danego gatunku w warstwie. W przypadku sosny w I piętrze mierzone wysokość 20 drzew + 0,5% ogólnej liczby sosen w warstwie. Dla pozostałych gatunków w I i II piętrze generalnie wykonywano 10-20 pomiarów wysokości. W przypadku gatunków występujących pojedynczo (mniej niż 50 drzew w drzewostanie), podrostu i podszytu mierzone wysokość 5 drzew o przeciętnej pierśnicy przyjmując za Rymer-Dudzińską [1972], że ich wysokość odpowiada przeciętnej wysokości gatunku.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów obliczono miąższość drzewostanów jako sumę miąższości poszczególnych drzew. W obliczeniach wykorzystano wzory empiryczne na pierśni-

Tabela 1.

Liczba i powierzchnia drzewostanów objętych pomiarami  
Number and area of measured stands

Klasa wieku	Liczba wydzieleń	Powierzchnia [ha]
III (41-60 lat)	19*	37,76
IV (61-80)	16	40,96
V (81-100)	16	35,96
VI (101-120)	13	34,65
VII i starsze (121 lat i więcej)	8	17,45
Razem	72	166,78

\* w tym jeden drzewostan w wieku 37 lat

\* including one stand of 37 years of age

cowe liczby kształtu grubizny drzewa stosowane w ramach IV rewizji urzędzenia lasu, a zamieszczone m.in. w publikacji Bruchwalda i in. [2000]. Wysokości drzew odczytano z krzywych wysokości opracowanych dla każdego gatunku w warstwie. W przypadku gatunków, dla których nie opracowywano krzywych wysokości, a mierzono wysokość drzew o przeciętnej pierśnicy, do określenia wysokości poszczególnych drzew wykorzystano równania stałych krzywych wysokości [Bruchwald i in. 2000].

Miąższość drzewostanów wynikającą bezpośrednio z pomiarów uzupełniono o miąższość drzew usuniętych od początku 2006 roku do czasu wykonywania pomiarów. Informacje o pozyskaniu w analizowanych drzewostanach uzyskano z odpowiednich nadleśnictw. Wielkość pozyskania, rejestrowaną bez kory, przeliczono przy wykorzystaniu wskaźników udziału kory stosowanych w Systemie Informatycznym Lasów Państwowych (SILP).

Ponieważ pomiędzy danymi z pomiarów terenowych (uzupełnionych o pozyskanie) a wynikami prac urzędzeniowych występuje różnica jednego roku, wyniki pomiarów skorygowano o bieżący roczny przyrost miąższości analizowanych drzewostanów, określony w trakcie sporządzania planów urzędzenia lasu. Tak określoną miąższość po przeliczeniu na powierzchnię hektara uznano za zasobność rzeczywistą według stanu na 1 stycznia 2006 roku.

Ocenę dokładności szacowania miąższości pojedynczych drzewostanów w ramach urzędzenia lasu przeprowadzono poprzez obliczenie błędów absolutnych i błędów procentowych wtórnych. Za błąd absolutny przyjęto różnicę pomiędzy zasobnością określoną w ramach prac urzędzenia lasu ( $zas_u$ ) a zasobnością rzeczywistą z pełnego pomiaru ( $zas_{rz}$ ):

$$p = zas_u - zas_{rz} \quad [1]$$

Błąd procentowy wtórny określono następująco:

$$p_{\%} = \frac{zas_u - zas_{rz}}{zas_{rz}} \cdot 100 \% \quad [2]$$

W związku z dwuetapowym systemem określania zasobności drzewostanów, w trakcie opracowywania planu urzędzenia lasu ocenę dokładności przeprowadzono niezależnie w dwóch wariantach, przyjmując za  $zas_u$ :

- zasobność oszacowaną podczas taksacji,
- zasobność przyjętą w planie urzędzenia lasu, tj. zasobność z taksacji skorygowaną o wyniki inwentaryzacji miąższości obrębu statystyczną metodą reprezentacyjną.

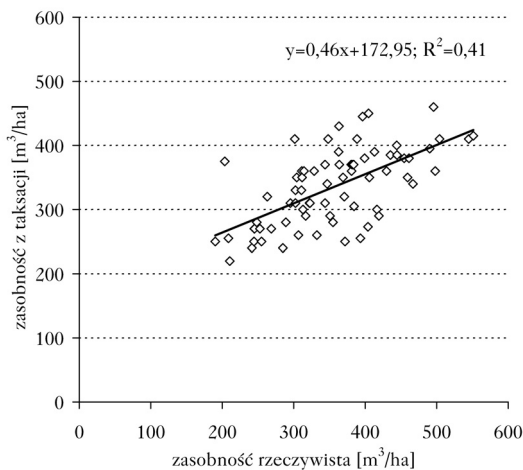
Obliczenia wykonano dla poszczególnych drzewostanów, klas wieku i całego materiału łącznie.

Dane urządzeniowe uzyskano z opisów taksacyjnych zawartych w bazach danych aplikacji Taksator odpowiednich nadleśnictw. Bazy te były również źródłem informacji o bieżącym rocznym przyroście miąższości drzewostanów.

## Wyniki

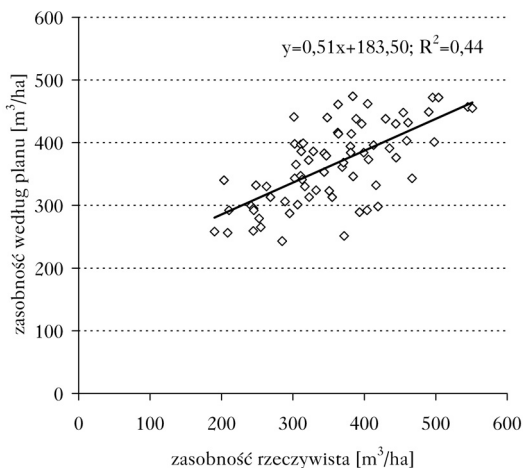
Kształtowanie się relacji pomiędzy rzeczywistą zasobnością analizowanych drzewostanów a zasobnością szacowaną przez taksatorów przedstawiono na rycinie 1. Przeprowadzona w ramach opracowywania planu urządzenia lasu korekta szacunków taksatorów względem wyników inwentaryzacji miąższości obrębu leśnego w niewielkim stopniu wpłynęła na poprawę zgodności danych zawartych w planie urządzenia lasu z rzeczywistymi zasobnościami drzewostanów (ryc. 2). Określana w trakcie taksacji zasobność drzewostanów zaledwie w 41% daje się wyjaśnić ich rzeczywistą miąższością. Po korekcie danych z taksacji współczynnik determinacji wzrósł do 44%.

Zasobności poszczególnych drzewostanów w ramach taksacji były zaniżone lub przeszacowywane w zakresie od  $-138$  do  $+172$   $\text{m}^3/\text{ha}$  (tab. 2). Błędy procentowe wtórne zawierały się w przedziale od  $-35$  do  $+84\%$ . Wymieniony zakres błędów wystąpił w grupie drzewostanów V klasy wieku. W wyniku korekty danych taksacyjnych, zasobności przyjmowane w planach



Ryc. 1.

Porównanie zasobności drzewostanów według taksacji z wielkościami rzeczywistymi  
Stand's volume obtained during visual estimation against real volume



Ryc. 2.

Porównanie zasobności drzewostanów według planu urządzenia lasu z wielkościami rzeczywistymi  
Stand's volume according to forest management plan against real volume

urządzenia lasu charakteryzują się nieco węższym zakresem błędów, tj. od -32 do +67%. Błędy absolutne wynosiły od -124 do +140 m<sup>3</sup>/ha.

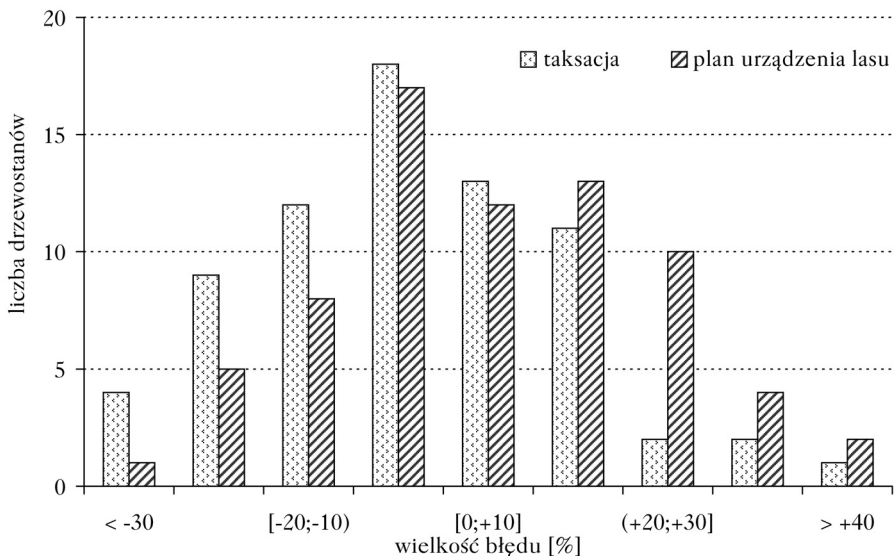
W przypadku wyników taksacji w większym stopniu zaobserwowano zaniżanie zasobności drzewostanów. Błędy ujemne wystąpiły w 43 wydzieleniach. Korekta zasobności drzewostanów z taksacji względem danych z inwentaryzacji wpłynęła na zmniejszenie liczby drzewostanów z zaniżoną zasobnością, wystąpiła przewaga błędów dodatnich. W 41 na 72 analizowanych drzewostanów zasobności przyjęte w planie urządzenia lasu i wprowadzone do SILP różnią się o więcej niż 10% względem wielkości rzeczywistych, z czego w 18 drzewostanach wielkość błędów przekracza ±20% (ryc. 3).

Przewaga błędów ujemnych w przypadku zasobności szacowanych podczas taksacji powoduje, że niedoszacowanie miąższości stwierdzono również na poziomie klas wieku, jak i ogółem wszystkich analizowanych drzewostanów. Błąd procentowy wtórny w klasach wieku nie przekraczał -10%, ogółem wynosił -5,6% (tab. 2). Korekta danych z taksacji względem wyników

**Tabela 2.**

Dokładność szacowania miąższości drzewostanów w ramach urządzenia lasu  
Accuracy of volume estimation during construction of forest management plan

Klasa wieku	Taksacja				Plan urządzenia lasu			
	Zakres błędów		Ogółem		Zakres błędów		Ogółem	
	[m <sup>3</sup> /ha]	[%]	m <sup>3</sup> /ha	%	m <sup>3</sup> /ha	%	m <sup>3</sup> /ha	%
III	-138; +60	-33; +31	-18	-5,7	-124; +82	-32; +38	+13	+4,3
IV	-116; +46	-28; +15	-15	-4,3	-84; +85	-20; +34	+8	+2,2
V	-138; +172	-35; +84	-7	-2,0	-104; +140	-27; +67	+32	+8,7
VI	-135; +67	-32; +18	-33	-8,5	-121; +98	-29; +32	+2	+0,5
VII i st.	-136; +46	-25; +15	-38	-9,2	-96; +61	-17; +20	+1	+0,3
Ogółem			-20	-5,6			+12	+3,4



**Ryc. 3.**

Rozkład błędów procentowych wtórnych szacowania miąższości drzewostanów  
Relative errors of stand's volume estimation

z inwentaryzacji miąższości spowodowała, że we wszystkich klasach wieku wystąpiły błędy dodatnie. Błąd absolutny dla wszystkich analizowanych drzewostanów względem danych z planów urządzenia lasu wynosił 3,4%.

Należy zauważyć, że korekta wyników pełnego pomiaru w związku z zarejestrowanym w 2006 roku pozyskaniem dotyczyła tylko trzydziestu z 72 analizowanych drzewostanów. Pozyskana miąższość po uwzględnieniu udziału kory w dwudziestu drzewostanach była niższa od 5 m<sup>3</sup>/ha, a tylko w trzech drzewostanach przekraczała 10 m<sup>3</sup>/ha (w jednym drzewostanie wykonano trzebież). Natomiast bieżący roczny przyrost miąższości przyjęty z planów urządzenia lasu, o który również pomniejszono wyniki pomiaru, kształtował się w zakresie 2,4-13,2 m<sup>3</sup>/ha.

## Podsumowanie

Miąższość pojedynczych drzewostanów, określana w ramach IV rewizji urządzenia lasu, podobnie jak we wcześniej stosowanych drzewostanowych systemach inwentaryzacji, charakteryzuje się małą dokładnością. W ponad połowie analizowanych drzewostanów zasobność przyjęta w planach urządzenia lasu różniła się o ponad 10% względem wyników pełnego pomiaru. Co istotne, w 1/4 drzewostanów błąd procentowy wtórny wynosił ponad 20%.

Fakt prowadzenia pomiarów rok po pracach urządzeniowych i korekta danych z pełnego pomiaru nie mają większego wpływu na uzyskane wyniki i stwierdzone wielkości błędów. Ewentualne niezgodności związane z innym systemem określania miąższości pozyskiwanej masy i przeliczaniem pozyskania bez kory na miąższość w korze, w sytuacji gdy pozyskanie w 2006 roku stanowi mniej niż 3% miąższości drzewostanów, będą marginalne. Zastosowanie tablicowych wielkości bieżącego rocznego przyrostu miąższości i ewentualne niezgodności w tym względzie na poziomie kilku m<sup>3</sup>/ha wobec skali błędów nie mają większego znaczenia.

Jednym z istotnych parametrów uwzględnianych w planowaniu urządzeniowym jest wskaźnik zadrzewienia (iloraz zasobności drzewostanu do zasobności tablicowej). W sytuacji wystąpienia dużego błędu szacowania zasobności, określony na jej podstawie wskaźnik zadrzewienia będzie znacząco odbiegał od stanu faktycznego. Wykonując prace planistyczno-hodowlane w konkretnym drzewostanie należy pamiętać, że rzeczywista miąższość drzewostanu i określony na jej podstawie wskaźnik zadrzewienia może różnić się znacząco od wartości zapisanych w planie urządzenia lasu.

Przenoszona do Systemu Informatycznego Lasów Państwowych zasobność drzewostanów podlega corocznej aktualizacji o przyrost i zabiegi gospodarcze. Modyfikacja zasobności o masę pozyskaną w ramach cięć przedrębnych i rębnych, w sytuacji gdy dane z planu urządzenia lasu są obciążone dużym błędem, będzie skutkować zwiększaniem się dysproporcji między rzeczywistą zasobnością drzewostanów a wynikami aktualizacji w kolejnych latach jego obowiązywania.

## Literatura

- Borecki T. 1995. Metody inwentaryzacji lasu dla celów planowania krótko- i średniookresowego oparte na grupowaniu drzewostanów. Fundacja „Rozwój SGGW”. Warszawa.
- Borecki T., Miścicki S., Nowakowska J., Stępień E., Wójcik R. 1999. Ocena dokładności inwentaryzacji drzewostanów sosnowych wykonywanej za pomocą próbných powierzchni relaskopowych. Sylwan 143 (3): 33-41.
- Borecki T., Stępień E., Nowakowska J., Wójcik R. 2001. Koncepcja inwentaryzacji lasu i jej wykorzystania w planowaniu. Roczn. AR Pozn. 181, Leśn. 39: 39-47.
- Bosiak A. 1984. Inwentaryzacja lasu jako źródło informacji dla gospodarki leśnej. Post. Tech. Leśn. 37: 31-37.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T., Dudek A., Michalak K., Wróblewski L., Zasada M. 2000. Wzory empiryczne do określania wysokości i pierścicowej liczby kształtu grubizny drzewa. Sylwan 144 (10): 5-13.
- Bruchwald A., Zajęczkowski S. 2002. Obrębowa metoda inwentaryzacji lasu oparta na losowaniu warstwowym. Sylwan 146 (10): 13-23.

- Instrukcja zarządzania lasu. 1994. IBL, Warszawa.  
 Instrukcja zarządzania lasu. 2003. CILP, Warszawa.  
 Instrukcja zarządzania lasu. 2012. CILP, Warszawa.  
 Rosa W., Stępień E., Zielony R. 1981. Zastosowanie statystycznej metody taksacji lasu dla potrzeb okresowego zarządzania gospodarstwa leśnego w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Rogowie. *Sylvan* 125 (7-9): 59-69.  
 Rutkowski B. 1981. Błędy i praktyczna dokładność statystyczno-matematycznych systemów inwentaryzacji lasu. *Sylvan* 125 (1): 11-23.  
 Rymer-Dudzińska T. 1972. Badania nad dokładnością określania średnich elementów miąższości drzewostanu. *Folia Forest. Pol. seria A.* 19: 73-91.  
 Stępień E. 1996. Jaka inwentaryzacja lasu w świetle obecnych potrzeb? *Sylvan* 140 (2): 5-11.

## SUMMARY

### Precision of growing stock assessment of pine stands within the forest management planning framework

One of the most important subject within forest management planning in Poland, is a problem of inventory unit. During a few decades volume of growing stock was estimated in all stands independently, mainly by relascope sample plots. Many authors considered such system as not suitable because of low accuracy of inventory data at stand level [Rosa et al. 1981; Rutkowski 1981; Borecki 1995].

In 2003, new method of growing stock assessment at forest division level, based on stratified sampling was introduced to the forest practice [Instrukcja... 2003]. Nevertheless, during the process of stands description, growing stock of particular stands is also assessed by visual estimation. During the elaboration of Forest Management Plan (FMP) data obtained by visual estimation are rectified using results of inventory at forest division level. Volume of individual stands, determined in such way is a basis for example for silviculture planning.

In this paper results of analysis concerning the precision of growing stock assessment at stand level are presented.

In 2006, seventy two pine stands in three forest districts, located in the north-central part of Poland, were measured. The number and area of stands within 20-years age classes are presented in table 1. The diameters at breast height of all trees (with  $dbh \geq 7$  cm) and heights of adequate number of trees for construction of height-diameter curves were determined. Empirical equation [Bruchwald et al. 2000] was used to calculate volume of all trees and volume of stands. These values were treated as real volume of growing stock of individual stands.

Results of measurements and estimation were compared with data obtained by visual estimation of growing stock (fig. 1) and data finally used in FMP (fig. 2).

Precision of growing stock assessment at stand level is presented in table 2. The maximum underestimation of growing stock within the framework of stand description equals 138 cubic meters per hectare, while maximum overestimation 172 cubic meters per hectare. Precision measured in percentage of real stand volume ranged from -35% to + 84%. Data used in FMP are almost the same imprecise, percentage differences are from -32% to 67%. In more than a half of analyzed stands volume recorded in forest management plans differs more than 10% from real value, in one quarter of stands difference is higher than 25% (fig. 3).

The results of the study, presented in the paper, show that making decision about silvicultural treatment basing on volume of individual stand could be in some cases inadequate.