

MAREK JABŁOŃSKI

Dokładność określania bieżącego przyrostu miąższości drzewostanów sosnowych stosowanego w Systemie Informatycznym Lasów Państwowych

Accuracy of determination of Scots pine stand current volume increment in the Information System of the State Forests

ABSTRACT

Jabłoński M. 2013. Dokładność określania bieżącego przyrostu miąższości drzewostanów sosnowych stosowanego w Systemie Informatycznym Lasów Państwowych. Sylwan 157 (9): 643-651.

Increment of growing stock is one of the key indicators useful in forest management. In the State Forests in Poland, up to now it is estimated using growth and yield tables elaborated a century ago. Paper presents results of study concerning current annual increment of Scots pine stands. Basing on repeated measurements of stand volume increment was estimated to 14.5 m³/ha for stands in age from 37 to 60 years and to 6.2 m³/ha for stands aged over 140. Increment estimated by measurements was 30-80% higher than increment evaluated using growth and yield tables for particular age classes.

KEY WORDS

volume increment, growth tables, utilization rate, Scots pine

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

Wielkość przyrostu miąższości zasobów drzewnych oraz kształtowanie się relacji pomiędzy przyrostem a pozyskaniem surowca drzewnego należą do podstawowych wskaźników trwałej i zrównoważonej gospodarki leśnej [State... 2011]. Szacowanie wielkości przyrostu miąższości drzewostanów jest jedną z procedur wykonywanej corocznie w nadleśnictwach bieżącej aktualizacji informacji o stanie lasu w Systemie Informatycznym Lasów Państwowych (SILP). Do tego celu wykorzystywane są dane z tablic zasobności i przyrostu drzewostanów zestawionych przez Szymkiewicza [Podręcznik... 2007]. Stosowane w praktyce tablice dla sosny opracowane zostały w 1908 roku przez Schwappacha i uzupełnione przez Szymkiewicza [1949] o Ia klasę bonitacji. Mimo że tablice te oparto na stosunkowo dużym materiale empirycznym, tj. 144 powierzchniach badawczych, z których 62% było założone w obecnych granicach Polski, to ich wiarygodność i dokładność często poddawana była w wątpliwość. Według Bruchwalda i in. [1979] zawarty w tablicach Schwappacha schemat przebiegu z wiekiem średniej wysokości drzewostanu, szczególnie w drzewostanach równowiekowych, odbiega od faktycznego przebiegu wzrostu tej cechy w drzewostanach sosnowych Polski. Zajączkowski [1978] jako wadę tablic wymieniał m.in. funkcyjne utożsamianie całkowitej produkcji drzewostanów z ich przeciętną wysokością, niezależnie od jakości siedliska. Z kolei zdaniem Makowskiego [1980] między przyrostem pomierzonym

a przyrostem określonym na podstawie tablic zasobności generalnie nie ma jednak istotnych rozbieżności, a średnia różnica na poziomie drzewostanu wynosi około 15%.

W ostatnich dziesięcioleciach obserwuje się zwiększony przyrost miąższości lasów w Europie [Nabuurs i in. 2001; Hunter, Schuck 2002], którego przyczyną upatruje się między innymi w stymulujących przyrost biomasy zmianach klimatu [Bernadzki 1995; Rykowski 2007]. Za zwiększoną produktywność siedlisk może odpowiadać m.in. wzrost temperatury [Kellomäki, Kolström 1994] i zwiększona depozycja azotu [Solberg i in. 2004]. Badania prowadzone na stałych powierzchniach monitoringu lasu w Europie wskazują na wyraźny wpływ depozycji azotu i wyższej temperatury w okresie letnim na zwiększenie przyrostu miąższości drzewostanów świerkowych i sosnowych [Solberg i in. 2009]. Jednocześnie dla lasów europejskich prognozowany jest dalszy wzrost zasobów drzewnych [Pussinen i in. 2009]. Według Sochy i Durlo [2012] znaczący wzrost zawartości dwutlenku węgla w atmosferze, przy jednoczesnym obniżeniu wielkości opadów, może jednak w przypadku drzewostanów górskich prowadzić do zmniejszenia ich zasobności. Natomiast jedną z przyczyn obserwowanych obecnie dodatnich reakcji przyrostowych drzew w Sudetach jest niewątpliwie ograniczenie emisji przemysłowych [Korzybski i in. 2013].

Celem niniejszego artykułu jest porównanie kształtowania się bieżącego przyrostu miąższości drzewostanów sosnowych określonego na podstawie różnicy okresowo mierzonych miąższości i wartości obliczanej w SILP.

Materiał i metody

W 1996 roku pracownicy Instytutu Badawczego Leśnictwa i Wydziału Leśnego SGGW wykonali pomiary w 94 drzewostanach sosnowych nadleśnictw Golub Dobrzyń, Zamrzenica i Jedwabno (RDLP Toruń i Olsztyn). W analizowanych drzewostanach zmierzono pierśnicę wszystkich drzew i krzewów w dwucentymetrowych klasach grubości oraz wysokość odpowiedniej liczby drzew dla potrzeb opracowania krzywych wysokości [Borecki i in. 1999]. Po dziesięciu latach pracownicy Instytutu przeprowadzili ponowne pomiary w tych drzewostanach. Stwierdzono, że w latach 1996-2006 osiemnaście spośród 94 drzewostanów podlegało użytkowaniu rębniemu, trzy drzewostany dołączono do innych wydzieleń, a w przypadku ośmiu nie było możliwe odtworzenie ich granic z 1996 roku. Jednoznacznie zweryfikowano przebieg granic 65 drzewostanów o łącznej powierzchni ponad 150 ha (tab.). W drzewostanach tych w okresie wrzesień-listopad 2006 roku zmierzono pierśnicę wszystkich drzew i krzewów o średnicy większej lub równej 7 cm. Pomiar wykonywano z dokładnością 1 mm. Każde drzewo zaliczono do jednej z następujących warstw wysokościowych drzewostanu: I piętro, II piętro, podrost lub podszyt. W celu opracowania krzywej wysokości dla każdego gatunku w warstwie wysokościowej zmie-

Tabela.

Charakterystyka drzewostanów objętych pomiarami w 2006 roku
Characteristics of stands measured in 2006

Klasa wieku w 2006 roku	Liczba wydzieleń	Powierzchnia [ha]	Klasa bonitacji w 1996 roku	Czynnik zadrzewienia w 1996 roku
III*	17	30,59	Ia/I	0,9
IV	15	39,92	Ia/I	0,8
V	13	29,24	I	0,9
VI	13	34,65	I	0,9
VII i wyższe	7	16,25	I/II	1,0
Razem	65	150,65		

* w tym jeden drzewostan w wieku 37 lat; including one stand aged 37

rzo wysokość kilkunastu-kilkudziesięciu drzew. W przypadku sosny pomiarowi podlegało co najmniej 20 drzew plus 0,5% liczby sosen w drzewostanie. Dla gatunków występujących pojedynczo (mniej niż 50 sztuk) mierzono wysokość kilku drzew w celu określenia przeciętnej wysokości gatunku w warstwie.

Według danych z 1996 roku większość z 65 wydzieleń stanowiły lite drzewostany sosnowe od Ia do II klasy bonitacji (tab.). Zaledwie w dziesięciu drzewostanach w składzie gatunkowym poza sosną występowały inne gatunki. Czynniki zadrzewienia analizowanych drzewostanów w 1996 roku wynosił średnio dla klas wieku 0,8-1,0 (tab.). W trzech drzewostanach VI klasy wieku i dwóch VII klasy wieku, o powierzchni odpowiednio 9,09 i 4,27 ha, w okresie 1996-2006 rozpoczęto użytkowanie rębne.

Bieżący roczny przyrost miąższości (Z_v) drzewostanów poszczególnych klas wieku na hektar obliczono według następującej formuły:

$$Z_v = \frac{V_2 - V_1 + U}{10 \cdot A}$$

gdzie:

- V_2 – miąższość [m^3] drzewostanów danej klasy wieku w 2006 roku,
- V_1 – miąższość [m^3] drzewostanów danej klasy wieku w 1996 roku,
- U – miąższość [m^3] drzew pozyskanych z drzewostanów między pomiarami,
- A – powierzchnia [ha] danej klasy wieku.

Miąższość drzewostanów w 2006 roku określono jako sumę miąższości pojedynczych drzew. Obliczenia wykonano z wykorzystaniem wzorów empirycznych na pierśnicowe liczby kształtu grubizny drzewa stosowanych w ramach IV rewizji urządzania lasu, zamieszczonych m.in. w publikacji Bruchwalda i in. [2000]. Wysokości drzew odczytano z krzywych wysokości wykreślonych w postaci wielomianów drugiego stopnia. W przypadku gatunków drzew, dla których określano średnią wysokość, do obliczenia ich miąższości posłużono się stałymi krzywymi wysokości opracowanymi w formie wzorów empirycznych i zestawionymi w publikacji Bruchwalda i in. [2000].

Ponieważ w 1996 roku do określenia miąższości drzew posługiwano się wzorami na liczby kształtu opracowanymi przez Tramplerę [Michalak, Głaz 1997], w celu wykluczenia różnic wynikających z zastosowania różnych algorytmów, miąższości drzew pomierzonych w 1996 roku przeliczono, stosując wzory na pierśnicowe liczby kształtu zaczerpnięte z publikacji Bruchwalda i in. [2000]. Informację o miąższości pozyskanych drzew w analizowanych drzewostanach w okresie 1996-2006 otrzymano z nadleśnictw. Była to miąższość bez kory, którą przeliczono na miąższość w korze przy wykorzystaniu wskaźników udziału kory stosowanych w SILP.

Bieżący roczny przyrost miąższości określony na podstawie dwukrotnego pomiaru miąższości drzewostanów porównano z przyrostem oszacowanym według procedury stosowanej w SILP, czyli przy wykorzystaniu tablic zasobności i przyrostu drzewostanów Szymkiewicza [2001]. Tablice te są wprowadzone do SILP w postaci funkcji Gompertza [Jarosz, Kłapeć 2002]. Parametry tej funkcji zawiera tabela *forest_f_actual_function*. Według reguł stosowanych w SILP przeprowadzono aktualizację miąższości drzewostanów z 1996 roku dla okresu 10 lat. Ponieważ pomiary miąższości wykonywano po zakończeniu okresu przyrostu drzew na wysokość i grubość, dla potrzeb aktualizacji ich wyniki utożsamiono ze stanem na 1 stycznia 1997 roku, przy odpowiednim uwzględnieniu pozyskania, jakie odbywało się pomiędzy terminem pomiaru a końcem roku. Przyrost miąższości drzewostanów zestawiono łącznie dla klas wieku. Dodatkowo określono wskaźnik intensywności użytkowania, rozumiany jako iloraz miąższości drzew pozyskanych z analizowanych drzewostanów i ich bieżącego przyrostu miąższości.

Wykorzystany w niniejszej pracy materiał badawczy zbierany był przede wszystkim z myślą o ocenie rzeczywistej dokładności szacowania miąższości drzewostanów w trakcie sporządzania planów urządzenia lasu [Borecki i in. 1999; Jabłoński 2012]. Dlatego też przyrost miąższości określony na podstawie analizowanego materiału nie będzie odpowiadał podejściu uznawanemu m.in. przez Przybylską [1977] za klasyczne, w którym to nie uwzględnia się w obliczeniach miąższości dorostu (miąższości drzew, które w analizowanym okresie przekroczyły próg pomiaru pierśnic). W przypadku danych wykorzystanych w niniejszej pracy precyzyjne określenie wielkości dorostu, szczególnie niższych warstw drzewostanów, nie było możliwe.

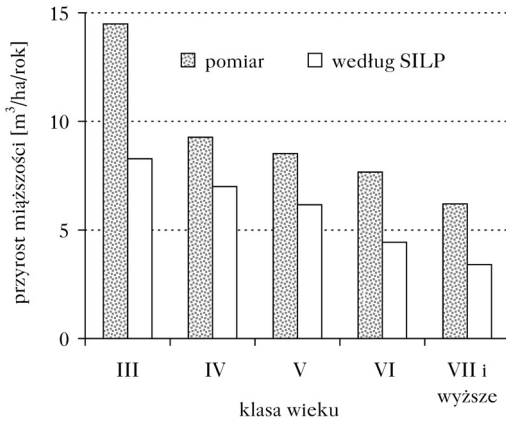
Jednocześnie należy jednak zauważyć, że również wielkości bieżącego przyrostu miąższości zamieszczone w tablicach Schwappacha nie były mierzone jako odrębny element taksacyjny, lecz stanowią różnicę miąższości drzewostanu na początku i końcu okresu [Szymkiewicz 2001], zawierają więc dorost. Mając natomiast na uwadze, że tablice zasobności dotyczą drzewostanów jednogatunkowych i jednowiekowych, wykonano dodatkowo obliczenia dotyczące wielkości przyrostu tylko dla sosny z warstwy pierwszego piętra.

Wyniki

Obliczając przyrost na podstawie różnicy dwóch pomiarów miąższości, uzyskano zdecydowanie wyższe wartości w porównaniu do przyrostu obliczonego przy użyciu procedur aktualizacyjnych SILP (ryc. 1). Największe różnice bezwzględne stwierdzono dla III klasy wieku, gdzie bieżący roczny przyrost miąższości według pomiarów ($14,5 \text{ m}^3/\text{ha}$) był o około 75% wyższy niż przyrost określony według procedur stosowanych w SILP ($8,3 \text{ m}^3/\text{ha}$). W drzewostanach IV i V klasy wieku różnice pomiędzy wielkością przyrostu określonego na podstawie pomiarów a przyrostem według procedur SILP wyniosły 33-37%. Przyrost miąższości drzewostanów VI i VII klasy wieku określony na podstawie dwukrotnego pomiaru miąższości drzewostanów był z kolei aż o 75 i 82% wyższy od wielkości uzyskanych według procedur aktualizacyjnych SILP.

Uzyskane wyniki obejmują również tę część przyrostu miąższości, która podlegała użytkowaniu pomiędzy pomiarami. W przypadku III klasy wieku przeciętny roczny poziom użytkowania wynosił $4,6 \text{ m}^3/\text{ha}$, tj. nieco ponad 30% przyrostu (ryc. 2). Odnosząc pozyskanie do przyrostu określonego według procedur SILP, intensywność użytkowania wynosiłaby około 55%. Zapas na pniu drzewostanów IV klasy wieku zwiększył się o wielkość porównywalną z poziomem użytkowania. Wskaźnik intensywności użytkowania przyrostu dla tej klasy wieku określony względem danych z aktualizacji miąższości w SILP wynosiłby natomiast około 67%. W przypadku VI i starszych klas wieku informacje o użytkowaniu dotyczą tylko drzewostanów, w których nie rozpoczęto jeszcze użytkowania rębego. Miąższość drewna pozyskanego w analizowanym dziesięcioleciu w drzewostanach VI klasy wieku stanowiła mniej niż 50% przyrostu określonego na podstawie pomiarów miąższości, podczas gdy intensywność użytkowania w odniesieniu do wielkości przyrostu określonego na podstawie tablic wynosiła 74%.

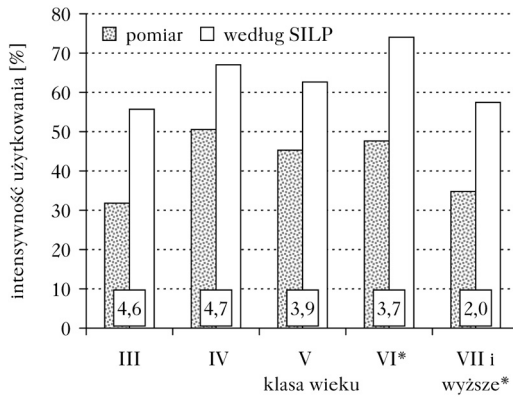
Różnice pomiędzy przyrostem miąższości sosny określonym na podstawie pomiarów a przyrostem według procedur aktualizacyjnych SILP wyniosły od prawie 40% (w drzewostanach IV klasy wieku) do ponad 70% (dla III i VII klasy wieku) (ryc. 3). Stwierdzone różnice, szczególnie w drzewostanach VI i VII klasy wieku, są niższe od wykazywanych dla przyrostu całych drzewostanów (ryc. 1), co wynika m.in. z pomijania w obliczeniach dorostu gatunków liściastych. Należy zauważyć, że w przypadku drzewostanów V-VII klasy wieku wśród sosen z pierwszego piętra w ogóle nie występował dorost, tak więc wyniki dla tych klas wieku (ryc. 3) charakteryzują przyrost miąższości według definicji stosowanej przez Przybylską [1977] oraz Banasia i in. [2012]. Z kolei wielkość bieżącego rocznego przyrostu miąższości drzewostanów III klasy wieku



Ryc. 1.

Bieżący roczny przyrost mąszości drzewostanów w klasach wieku

Current annual volume increment of all stands in age classes



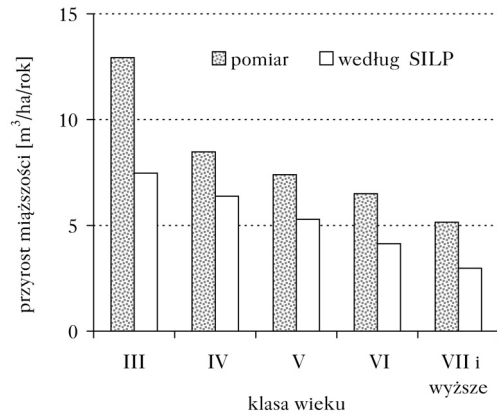
Ryc. 2.

Wielkość użytkowania przedrębnego i intensywność użytkowania przyrostu w klasach wieku

Intermediate harvest and utilisation rate in age classes

* tylko drzewostany, w których nie rozpoczęto użytkowania rębego

* only stands where no final harvest begun



Ryc. 3.

Bieżący roczny przyrost mąszości sosny z I piętra analizowanych drzewostanów

Current annual volume increment of Scots pine from the top layer in age classes

w dużym stopniu jest efektem przekraczania przez drzewa w analizowanym okresie progu pomiaru pierśnic, zjawiska uwzględnianego również w tablicach zasobności.

Dyskusja

Badania prowadzone w Europie [Kellomäki, Kolström 1994; Solberg i in 2004], również na podstawie danych z Polski [Solberg i in 2009], wskazują na istotny wpływ czynników klimatycznych i antropogenicznych, takich jak temperatura i depozycja azotu, na wzrost produktywności siedlisk

w ostatnich dekadach. Stosowane w Lasach Państwowych tablice zasobności i przyrostu drzewostanów niewątpliwie opracowane były na podstawie danych pochodzących z drzewostanów rosnących w innych niż obecnie warunkach klimatycznych. W przypadku drzewostanów sosnowych dane wykorzystane do budowy tablic zasobności pochodzą z pomiarów wykonywanych przez Schwappacha ponad 100 lat temu [Szymkiewicz 1949]. Z przedstawionych w niniejszej pracy badań wynika, że bieżący przyrost miąższości drzewostanów sosnowych jest zdecydowanie wyższy od wielkości oszacowanych na podstawie procedur aktualizacyjnych SILP, a bazujących na tych tablicach.

Na wzrost bieżącego przyrostu miąższości w ostatnich dziesięcioleciach wskazują również badania prowadzone przez Banasia i in. [2012] w drzewostanach jodłowych. Autorzy stwierdzili, że bieżący przyrost miąższości drzewostanów jodłowych w okresie ostatnich 40 lat zwiększył się ponad dwukrotnie (z 6,1 m³/ha do 13,4 m³/ha). Co istotne, w kolejnych dziesięcioleciach generalnie wyższym przyrostem charakteryzowały się drzewa o tej samej grubości. Zaobserwowane zmiany nie są więc efektem zmian np. średniego wieku analizowanych drzewostanów. Autorzy zwracają ponadto uwagę na to, że niektóre drzewa nawet w najwyższych stopniach grubości nie wykazywały zahamowania przyrostu miąższości. Spostrzeżenie to jest szczególnie istotne w kontekście stwierdzonych w niniejszej pracy wyższych od tablicowych wielkości przyrostu drzewostanów starszych klas wieku.

Niewątpliwie uzyskane wielkości przyrostu są po części efektem uwzględniania w obliczeniach miąższości dorostu. W drzewostanach najstarszych dorost stanowiły przede wszystkim drzewa i krzewy gatunków liściastych rosnące w warstwach podszytu, podrostu i drugiego piętra. W drzewostanach najmłodszych również sosny z I piętra, które w okresie 1996-2006 przekroczyły próg pomiaru pierśnic. Należy jednak podkreślić, że przyrost miąższości określony na podstawie tablic Szymkiewicza również obejmuje miąższość dorostu gatunku głównego. Tak więc porównywanie wielkości przyrostu sosny z pierwszego piętra określonego na podstawie pomiarów i według procedur aktualizacyjnych SILP jest uzasadnione.

W związku z koniecznością gromadzenia i przechowywania danych dla każdego drzewostanu oraz wątpliwościami co do precyzji pomiarów, metoda określania przyrostu miąższości na podstawie okresowego pomiaru miąższości drzewostanów nie znajdowała szerszego zastosowania w praktyce gospodarczej [Dudek 1994]. Wobec analizowania danych na poziomie klas wieku, można oczekiwać, że ewentualne błędy pomiaru grubości i wysokości drzew uległy jednak redukcji.

Informacja o relacjach między wielkością użytkowania a przyrostem miąższości umożliwiła podejmowanie odpowiednich decyzji gospodarczych [Bruchwald 2004], szczególnie w odniesieniu do etatu użytkowania przedrębego. Dotychczas w planowaniu urzędzeniowym przyjmowano, że etat użytkowania przedrębego nie może przekroczyć 50% przewidywanego przyrostu bieżącego [Instrukcja... 2003]. Z badań prowadzonych przez Boreckiego i in. [2012] wynika, że w 30% analizowanych przez autorów obrębów leśnych wskaźnik ten był przekraczany. W przypadku drzewostanów analizowanych w niniejszej pracy poziom użytkowania odniesiony do wielkości przyrostu oszacowanego na podstawie tablic zasobności średnio dla klas wieku wynosił od 56 do 74%. Natomiast wskaźnik intensywności użytkowania obliczony względem przyrostu określonego na podstawie dwukrotnego pomiaru miąższości, jedynie w grupie drzewostanów IV klasy wieku nieznacznie przekraczał 50%. Zwiększenie w ostatniej Instrukcji... [2012] maksymalnego etatu użytkowania przedrębego do 75% przewidywanego przyrostu bieżącego (określanego na podstawie tablic) ograniczy jedynie przypadki przekraczania przez nadleśnictwa orientacyjnego etatu użytkowania przedrębego. W dalszym ciągu będzie to jednak planowanie oparte na niewłaściwych założeniach.

Wnioski

- ✦ Odkładający się obecnie przyrost mierzchości drzewostanów sosnowych jest zdecydowanie wyższy od wartości zamieszczonych w tablicach zasobności zestawionych przez Szymkiewicza.
- ✦ Realizowana w praktyce intensywność użytkowania przedrębego jest zdecydowanie niższa od wskaźników określanych na podstawie przyrostu mierzchości zawartego w tablicach zasobności i kształtuje się na poziomie 30-50% rzeczywistego przyrostu mierzchości.
- ✦ Wobec znaczenia przyrostu mierzchości dla potrzeb planowania urzędzeniowego i aktualizacji mierzchości drzewostanów w SILP istnieje pilna potrzeba opracowania nowych procedur szacowania przyrostu mierzchości drzewostanów.

Podziękowania

Prezentowane wyniki stanowią część projektu badawczego wykonanego w latach 2004-2008 przez Instytut Badawczy Leśnictwa na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych. Szczególne podziękowania należą się panom dr. inż. Grzegorzowi Zajączkowskiemu i mgr. inż. Damianowi Korzybskiemu za pomoc w zebraniu materiału badawczego.

Literatura

- Banaś J., Bujoczek L., Drozd M., Zięba S. 2012. Zmiany bieżącego przyrostu mierzchości wybranych drzewostanów jodlowych Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy w latach 1971-2011. *Sylwan* 156 (12): 908-913.
- Bernadzki E. 1995. Gospodarka leśna w obliczu zmian klimatu. *Sylwan* 130 (1): 19-32.
- Borecki T., Miścicki S., Nowakowska J., Stępień E., Wójcik R. 1999. Ocena dokładności inwentaryzacji drzewostanów sosnowych wykonywanej za pomocą próbnych powierzchni relaskopowych. *Sylwan* 143 (3): 33-41.
- Borecki T., Pieniak D., Wójcik R. 2012. Realizacja użytkowania przedrębego w Lasach Państwowych w okresie 1999-2004. *Sylwan* 156 (11): 848-854.
- Bruchwald A. 2004. Relacje między użytkowaniem głównym a przyrostem mierzchości. *Sylwan* 148 (5): 3-12.
- 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., Rymer-Dudzińska T., Dudek A., Wróblewski L. 1979. Ocena schematu Schwappacha i Płońskiego przebiegu z wiekiem średniej wysokości drzewostanów sosnowych. *Sylwan* 123 (3): 1-9.
- Dudek A. 1994. Tablice przyrostu mierzchości dla sosny. Rozprawy Naukowe i Monografie. Wydawnictwo SGGW. Warszawa.
- Hunter I., Schuck A. 2002. Increasing forest growth in Europe – possible causes and implications for sustainable forest management. *Plant Biosystems* 136: 133-141.
- Instrukcja Urządzania Lasu. 2003. CILP. Warszawa.
- Instrukcja Urządzania Lasu. 2012. CILP. Warszawa.
- Jabłoński M. 2012. Dokładność szacowania mierzchości drzewostanów sosnowych w trakcie prac urządzania lasu. *Sylwan* 156 (9): 643-649.
- Jarosz K., Kłapeć B. 2002. Modelowanie wzrostu drzewostanów z wykorzystaniem funkcji Gomperta. *Sylwan* 146 (4): 35-42.
- Kellomäki S., Kolström M. 1994. The influence of climate change on the productivity of Scots pine, Norway spruce, Pendula birch and Pubescent birch in southern and northern Finland. *Forest Ecology and Management* 65: 201-217.
- Korzybski D., Mionskowski M., Dmyterko E., Bruchwald A. 2013. Stopień uszkodzenia świerka, jodły i modrzewia w Sudetach Zachodnich. *Sylwan* 157 (2): 104-112.
- Makowski K. 1980. Ocena przyrostu bieżącego mierzchości określanego na podstawie tablic. *Sylwan* 124 (1): 63-71.
- Michalak R., Głaz J. 1997. Założenia do aktualizacji zasad sporządzania planów urządzania lasu na podstawie analizy i oceny wybranych informacji zawartych w obecnych planach urządzania lasu. Maszynopis IBL.
- Nabuurs G. J., Päivinen R., Schanz H. 2001. Sustainable management regimes for Europe's forests – A projection with EFISCEN until 2050. *Forest Policy and Economics* 3: 55-173.
- Podręcznik użytkownika SILP. Zeszyt – LAS 7. Aktualizacja Stanu Posiadania. 2007. Taxus SI Sp. z o.o. Warszawa.
- Przybylska K. 1977. Wyniki statystyczno-matematycznej metody kontroli zapasu i przyrostu w jedlinach Lasu pod Huzarami. *Acta Agr. Silv. Ser. Silv.* 17: 65-80.
- Pussinen A., Nabuurs G. J., Wieggers H. J. J., Reinds G. J., Wamelink G. W. W., Kros J., Mol-Dijkstra J. P., de Vries W. 2009. Modelling long-term impacts of environmental change on mid- and high-latitude European forests and options for adaptive forest management. *Forest Ecology and Management* 258: 1806-1813.

- Rykowski K. 2007. Mechanizmy sekwestracji węgla w ekosystemach leśnych i możliwości oddziaływania na nie gospodarki leśnej. W: Konferencja naukowa. Rola lasów i gospodarki leśnej w kształtowaniu bilansu węgla w ekosystemach leśnych w Polsce, Warszawa, 18 grudnia 2006 roku. CILP, Warszawa. 53-71.
- Socha J., Durlo G. 2012. How will climate change impact biomass increment by Norway spruce stands in Western Beskids? *Folia Forestalia Polonica*, series A 54 (2): 94-108.
- Solberg S., Andreassen K., Clarke N., Torseth K., Tveito O., Strand G. H., Tomter S. 2004. The possible influence of nitrogen and acid deposition on forest growth in Norway. *Forest Ecology and Management* 192: 241-249.
- Solberg S., Dobbertin M., Reinds G. J., Lange H., Andreassen K., Garcia Fernandez P., Hildingsson H., de Vries W. 2009. Analyses of the impact of changes in atmospheric deposition and climate on forest growth in European monitoring plots: A stand growth approach. *Forest Ecology and Management* 258: 1735-1750.
- State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe. 2011. FOREST EUROPE, UNECE and FAO.
- Szymkiewicz B. 1949. Rozszerzenie tablic zasobności Schwappacha dla sosny o klasę 1a. *Sylwan* 93 (3-4): 76-93.
- Szymkiewicz B. 2001. Tablice zasobności i przyrostu drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
- Zajączkowski J. 1978. Produkcyjność drzewostanów sosnowych a tablice zasobności Schwappacha. *Sylwan* 122 (2): 23-26.

SUMMARY

Accuracy of determination of Scots pine stand current volume increment in the Information System of the State Forests

Increment of growing stock and balance between increment and fellings are ones of the most important indicators of sustainable forest management. In the last decades increase of increment is observed in forests of Europe [Nabuurs et al. 2001; Hunter, Schuck 2002], among others because of increase in temperature and nitrogen deposition [Kellomäki, Kolström 1994; Solberg et al. 2004]. In this paper results of study concerning increment of Scots pine (*Pinus sylvestris*) stands are presented.

Volume of 65 entire stands with total area of 150 hectares was estimated in 1996 and 2006 in north part of Poland. Diameter of all trees (with dbh higher and equal 7 cm) and height of appropriate number of trees for height-diameter curves construction were measured. The age of analysed stands ranged from 37 to 170 years. Pine was a dominant species in all measured stands, in 42 stands with share of volume over 90%. Data was aggregate into five, generally 20-years age classes - last one contains stands older than 120 years (tab.). Changes of volume of growing stock and information about fellings between 1996 and 2006 were used to estimate annual net increment for each age class. Results of estimation were compared with increment assessed using growth and yields tables [Szymkiewicz 2001], implemented to Information System of the State Forests (SILP) as Gompertz functions. Additionally ratio between fellings and increment was analysed.

Increment of growing stock estimated by repeated measurements of stands' volume was clearly higher than increment evaluated using growth tables (Gompertz functions) for all age classes (fig. 1). For the youngest stands in age from 37 to 60 years, increment obtained by double measure of its volume equals 14.5 cubic meters per hectare while using growth tables - 8.3 cubic meters per hectare. For the oldest stands aged over 140, increment was estimated at 6.2 and 3.4 cubic meters per hectare by repeated measurements and growth tables respectively. Ratio of utilization was estimated from 56% for the youngest age class to 74% for the stands in age from 101 to 120 when increment from growth tables were used. When data from repeated measurement of stands were applied ratio between fellings and increment was estimated on a lower level, i.e. from 32% for stands in age 37-60 years to 51% for the next age class (fig. 2). Method of measurement

used in presented studies, caused that increment contain volume of ingrowth. However, especially when data only for pine from top layer is used (fig. 3) results are coherent with data from growth tables, in which ingrowth in young stands also is included.

Results of study indicate an urgent need for verification method of increment estimation within forest management planning. Volume of increment obtained by using growth tables, developed more than a hundred years ago [Szymkiewicz 1949], does not correspond to the current trends of trees growth.