

STANISŁAW MIŚCICKI, EDYTA NOWICKA

Aktualizacja zapasu drzewostanów na podstawie danych z SILP i stałych kontrolnych powierzchni próbnych*

Updating of stand's timber volume on the basis of the data from the State Forests IT System (SILP) and permanent control sample plots

ABSTRACT

Miścicki S., Nowicka E. 2008. Aktualizacja zapasu drzewostanów na podstawie danych z SILP i stałych kontrolnych powierzchni próbnych. Sylwan 11: 26-39.

The results of measurements of permanent control sample plots (*skpp*) were used to update the growing stock of individual stands in the State Forests IT System (SILP). The calculation was based on Bayesian estimation. Several update methods were used differing in the principles of estimating the initial growing stock. The growing stock update results for the whole forest and individual age classes were similar for all the applied methods. The volume of the estimated increment and the recorded cuts in SILP was lower compared to the measurement results in *skpp*. In addition to the periodical correction of the SILP data, the application of *skpp* would enable reduction in the intervals between the growing stock inventories (to 20-30 years) performed on the basis of a relatively large number of temporary sample plots.

KEY WORDS

SILP, permanent sample plots, growing stock, update, utilization, current periodical volume increment, Bayesian estimation

ADDRESSES

Stanisław Miścicki – Katedra Urządzenia Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa; Wydział Leśny SGGW; ul. Nowoursynowska 159; 02-776 Warszawa; e-mail: stanislaw_miscicki@sggw.pl

Edyta Nowicka – Nadleśnictwo Zwoleń; Miodne Leśniczówka 107/1; 26-700 Zwoleń; e-mail: edyta.nowicka@poczta.onet.pl

Wstęp

W latach dziewięćdziesiątych XX wieku został wprowadzony System Informatyczny Lasów Państwowych (SILP). Spośród wielu możliwości obliczeniowych, które dzięki niemu powstały, można wskazać istniejącą w podsystemie LAS aktualizację struktury powierzchni i zapasu drzewostanów. Przewidziano, że coroczna aktualizacja dostarczy danych do planowania bieżących zadań gospodarczych w nadleśnictwie. Zaplanowano wykorzystanie jej wyników do przygotowania prac urzędowych [Instrukcja... 2003].

Do obliczenia aktualizowanego zapasu zastosowano powszechnie znany wzór:

$$V_{t2} = V_{t1} + Zv_{t1-t2} - U_{t1-t2} \quad [1]$$

gdzie:

V_{t2} – zapas aktualizowany,

* Praca naukowa finansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych (obecnie Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego) w latach 2003-2006 jako projekt badawczy 3 P06L 039 25 „Urządzanie gospodarstw zrębowych i przerębowo-zrębowych z wykorzystaniem stałych kontrolnych powierzchni próbnych”

V_{t_1} – zapas na początku okresu,
 $Zv_{t_1-t_2}$ – bieżący przyrost miąższości w okresie t_1-t_2 ,
 $U_{t_1-t_2}$ – użytkowanie w okresie t_1-t_2 .

Według obiegowej opinii wyniki mogą być obarczone błędem systematycznym, ponieważ każda z cech niezbędna do aktualizacji zapasu może być źle oszacowana. W wypadku obliczania w przedbieżącego okresowego przyrostu miąższości, do czego wykorzystano metodę Zabielskiego [1963], najczęściej podnoszono problem różnic oszacowania przyrostu w drzewostanach różnowiekowych, wielogatunkowych lub z zadrzewieniem znacznie odbiegającym od pełnego, a także problem wahań przyrostu ze względu na okresowe zmiany klimatyczne. Najwięcej zastrzeżeń dotyczyło poprawności rejestrowania wielkości użytkowania. Wskazywano, że – nieświadomie lub świadomie – ta wielkość może być przypisywana do niewłaściwego drzewostanu. W wielu regionach istnieje problem użytkowania nierejestrowanego (w następstwie kradzieży lub pozostawiania drewna w lesie). Źródłem błędu może być także różnica pomiędzy sposobem obliczania miąższości drzew stojących a miąższości sortymentów. Zwracano uwagę, że zapas początkowy drzewostanów jest określony niedokładnie. Jednak – w zależności od przeznaczenia wyników – ten ostatni problem może mieć mniejsze znaczenie, zwłaszcza przy wykorzystywaniu informacji o całej grupie drzewostanów. Wynika to z faktu, że błąd oszacowania zapasu dużych jednostek inwentaryzacyjnych – takich jak podklasa wieku czy cały obręb – jest relatywnie mały.

Wady w przyjętym w SILP sposobie aktualizacji zapasu skłaniają do poszukiwania nowych rozwiązań. Jednym z nich może być wprowadzenie okresowej weryfikacji wyników aktualizacji na podstawie danych ze stałych kontrolnych powierzchni próbnych (*skpp*). Podstawą teoretyczną takiej weryfikacji jest wnioskowanie bayessowskie [Freund 1968]. W przeszłości było ono już wykorzystywane w inwentaryzacji lasu, np. do szacowania stopnia uszkodzeń młodych drzewostanów przez jeleniowate [Miścicki 1989; Miścicki, Szerszenowicz 1992] lub do korygowania w inwentaryzacji wielkoobszarowej wyników dotyczących zasobności i zagęszczenia drzew – zwłaszcza w niewielkich jednostkach terytorialnych z małą liczbą prób [Köhl, Green 1991].

Dla drzewostanu j aktualizowaną zasobność $x_{akt,j}$ można obliczyć przez połączenie dwóch rodzajów danych: zasobności m_j aktualizowanej w SILP (traktowanej jako wartość szacunkowa) i zasobności p_j obliczonej z powierzchni próbnych zlokalizowanych w danym drzewostanie (traktowanej jako wartość pomiarowa). Stosuje się wzór [Freund 1968]:

$$x_{akt,j} = \bar{w} \cdot p_j + (1 - \bar{w}) \cdot m_j \quad [2]$$

gdzie:

$\bar{w} = n_j / (n_j + s_{p_j}^2 / s_{m_j}^2)$,
 n_j – liczba powierzchni próbnych w drzewostanie j ,
 $s_{p_j}^2$ – wariancja zasobności na powierzchni próbnej,
 $s_{m_j}^2$ – wariancja oszacowania zasobności drzewostanu w SILP,
 p_j, m_j – zdefiniowane uprzednio.

Błąd oszacowania aktualizowanej zasobności jest obliczany:

$$S = \frac{s_{p_j} \cdot s_{m_j}}{\sqrt{s_{p_j}^2 + n_j \cdot s_{m_j}^2}} \quad [3]$$

gdzie:

oznaczenia jw., przyjęto, że gdy brak powierzchni próbnej, to $S = s_{m_j}$.

Aktualizacja według zaproponowanego sposobu może być wykonana z wykorzystaniem wyników pomiarów czasowych powierzchni próbnych. Jednak w wypadku oceny dynamiki lasu (a taką jest ocena zmienionej zasobności) z zastosowaniem prób, występuje łączne oddziaływanie dwóch błędów reprezentacji: zasobności oraz jej zmian w danym okresie. Przy stosowaniu *skpp* zredukowaniu ulega błąd reprezentacji zapasu, co w praktyce oznacza większą dokładność oszacowania zaktualizowanej zasobności.

Cel pracy

Celem pracy było zbadanie sposobu aktualizacji zapasu drzewostanów z wykorzystaniem metody, w której dane pochodzące z SILP są połączone z wynikami pomiarów stałych kontrolnych powierzchni próbnych. Celami cząstkowymi było poznanie:

- czy możliwa jest poprawna aktualizacja zapasu z wykorzystaniem *skpp* biorąc za punkt wyjścia różny jego stan, ale te same wielkości przyrostu i użytkowania,
- czy występują błędy aktualizacji zapasu w SILP zarówno w podklasach wieku, jak i w odniesieniu do całego uroczyska leśnego (obrębu),
- która z cech – użytkowanie czy przyrost – wpłynęła na błąd aktualizacji zapasu (w wypadku wystąpienia takiego błędu).

Obiekt i materiały badawcze

Jako obiekt badań wybrano Uroczysko Głuchów wchodzące w skład Nadleśnictwa Rogów (Leśny Zakład Doświadczalny SGGW w Rogowie). Na podstawie taksacji przeprowadzonej w roku 1998 utworzono 294 drzewostany, których łączna powierzchnia wynosiła 905 ha. Gospodarstwa zrębowe zajmowały 256 ha, a przerębowo-zrębowe 649 ha.

W sierpniu 1998 założono sieć 220 stałych kontrolnych powierzchni próbnych. Były one rozmieszczone w więźbie 200x200 m i zlokalizowane w drzewostanach wszystkich klas wieku. W 154 wyłączeniach nie było żadnej powierzchni, w 80 jedna, w 36 dwie, w 11 trzy, w 6 cztery, w 3 pięć i w 4 sześć. W tym samym czasie zmierzono 207 czasowych powierzchni próbnych. Znajdowały się one w połowie odcinka w kierunku wschód-zachód pomiędzy powierzchniami stałymi. Oba rodzaje były powierzchniami koncentrycznymi. Na każdej z nich w kole o wielkości 200 m² mierzono drzewa o pierśnicy $d_{1,3} \geq 7$ cm, a w kole 500 m² o pierśnicy $d_{1,3} \geq 36$ cm. W sierpniu 2003 roku *skpp* pomierzono powtórnie. Oprócz pomiaru grubości drzew zaliczonych do próby (z dokładnością 1 mm) i wysokości tych samych drzew, co pięć lat wcześniej, wskazano ubytki (drzewa, które w tym okresie zostały wycięte lub pozostawione w lesie jako martwe) i dorosty (drzewa, które przybyły od poprzedniego pomiaru). Na podstawie tych wyników obliczono zapas w roku 1998 i 2003 oraz bieżący przyrost miąższości, ubytki, dorosty i ogólną zmianę zapasu dla tego okresu.

Dla okresu od sierpnia 1998 do sierpnia 2003 zebrano dane dotyczące lokalizacji i wielkości netto użytkowania przedrębного i rębного. Dane przygotował i udostępnił mgr inż. Grzegorz Wasilewski – nadleśniczy Nadleśnictwa Rogów. Wykorzystano je do aktualizacji zapasu poszczególnych drzewostanów w roku 2003 według procedury SILP.

Metodyka

Aktualizację zapasu poszczególnych drzewostanów przeprowadzono z wykorzystaniem wnioskowania bayessowskiego. Dla drzewostanu j jako dane pomiarowe p_j przyjęto wyniki z *skpp* w nim zlokalizowanych. Jako wielkość szacunkową m_j przyjęto zasobność w roku 2003, która była obliczona według procedury SILP na podstawie:

- zapasu i powierzchni tego drzewostanu w roku 1998 (z uwzględnieniem zmian granic np. w wyniku cięć rębnych),
- wielkości użytkowania zarejestrowanego w okresie 1998-2003 i skorygowanego ze względu na przeliczenie miąższości netto na brutto,
- przyrostu miąższości w tym okresie oszacowanego w przód metodą Zabielskiego [1963] na podstawie danych taksacyjnych w roku 1998.

Ponieważ liczone się z możliwością, że dane szacunkowe m mogą być obciążone błędem systematycznym, postanowiono go poznać i w miarę potrzeby usunąć przed wykonaniem właściwych obliczeń. W tym celu drzewostany uporządkowano według oszacowanej zasobności i przyjmując szerokość przedziału 10 jednostek (drzewostanów), obliczono zależność średniej ruchomej ilorazu q (stosunek zapasu pomierzonego na powierzchniach próbnych do zapasu szacowanego w danej grupie drzewostanów) od szacowanej zasobności m . Łączenie drzewostanów w grupy i stosowanie średniej ruchomej wynikało z konieczności zapewnienia danych z dostatecznej liczby powierzchni próbnych. Zależność q od m została wyrównana z wykorzystaniem wielomianu trzeciego stopnia.

Przyjęto, że odchylenie standardowe wyniku aktualizacji zapasu w SILP (niezbędne do obliczeń według wzorów 2 i 3) będzie ustalone na podstawie $s_{q\%j}$ czyli współczynnika zmienności ilorazu q . Obliczono zależność wartości tego współczynnika od szacowanej zasobności m_j , a także zależność współczynnika zmienności zasobności na koncentrycznej powierzchni próbnej $s_{p\%j}$ od szacowanej zasobności m_j .

Przyjęto kilka sposobów aktualizacji. Oprócz dwóch o charakterze porównawczym (oznaczonych poniżej jako 1. i 2.), w pozostałych czterech zapas w roku 2003 był zawsze obliczony według opisanej wyżej procedury. Różnice między sposobami dotyczyły wielkości zapasu początkowego. Ich nazwy i zasady obliczeń przedstawiały się następująco:

1. SI_SI – zapas w roku 1998 obliczono według danych z opisów taksacyjnych (wykorzystano metodę warstwowania [Bruchwald 2000], warstwy były wspólne dla całego nadleśnictwa); w roku 2003 dane były aktualizowane według SILP,
2. sp_sp – w obu terminach zapas obliczono na podstawie danych z *skpp*,
3. SI_SIsB – zapas w roku 1998 obliczono według danych z opisów taksacyjnych; w roku 2003 dane aktualizowane według SILP połączone z danymi z *skpp* w procedurze wnioskowania bayessowskiego (oznacza to skorygowanie danych SILP dla roku 2003),
4. SIsB_SIsB – zapas w roku 1998 obliczono przez połączenie danych z opisów taksacyjnych i z *skpp* w procedurze wnioskowania bayessowskiego; w roku 2003 dane aktualizowane według SILP połączone z danymi z *skpp* w procedurze wnioskowania bayessowskiego (odpowiada to sytuacji korygowania danych SILP w obu terminach),
5. SIsBk_SIsB – zapas w roku 1998 obliczono przez połączenie danych z opisów taksacyjnych i *skpp* w procedurze wnioskowania bayessowskiego z tzw. drugą korektą [Instrukcja... 2003], w której po oszacowaniu zapas w danej klasie wieku został wyrównany tak, aby był zgodny z wynikiem pomiaru *skpp*; w roku 2003 dane aktualizowane według SILP połączone z danymi z *skpp* w procedurze wnioskowania bayessowskiego (odpowiada to sytuacji korygowania danych SILP w obu terminach, przy czym dwukrotnego w pierwszym terminie),
6. SIwpBk_SIsB – zapas w roku 1998 obliczono przez połączenie danych z opisów taksacyjnych i wszystkich powierzchni próbnych *wpp* (czasowych i stałych) w procedurze wnioskowania bayessowskiego z tzw. drugą korektą (oszacowany zapas w danej klasie wieku został wyrównany tak, aby był zgodny z wynikiem pomiaru *wpp*); w roku 2003

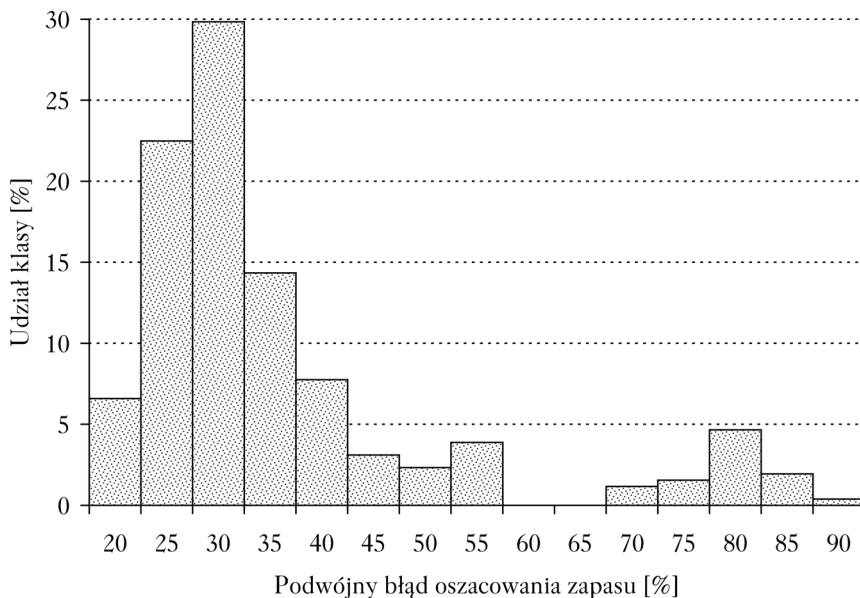
dane aktualizowane według SILP połączone z *skpp* w procedurze wnioskowania bayessowskiego (odpowiada to sytuacji korygowania danych SILP w obu terminach, przy czym dwukrotnego w pierwszym terminie i z wykorzystaniem większej liczby powierzchni próbnych niż w pozostałych sposobach).

Ocenę sposobów aktualizacji postanowiono przeprowadzić przez porównanie obliczonych wielkości zapasu klas wieku (o szerokości 10 lat, numerowanych 1, 2, 3 itd.) oraz całego uroczyska z wynikami uzyskanymi na podstawie pomiaru *skpp*.

Wyniki

Podwójny błąd procentowy oszacowania aktualizowanego zapasu poszczególnych drzewostanów zawierał się w szerokich granicach. Jego wartość zależała od liczby powierzchni próbnych pomierzonych w danym wyłączeniu, ale także od zasobności. W przypadku sposobu 5 – odznaczającego się największą dokładnością oszacowania – wartość podwójnego błędu zawierała się w granicach 18-88%, przy czym najwięcej drzewostanów było w klasie 27,5-32,5% (ryc. 1). W połowie wyłączeń błąd nie przekraczał 32%.

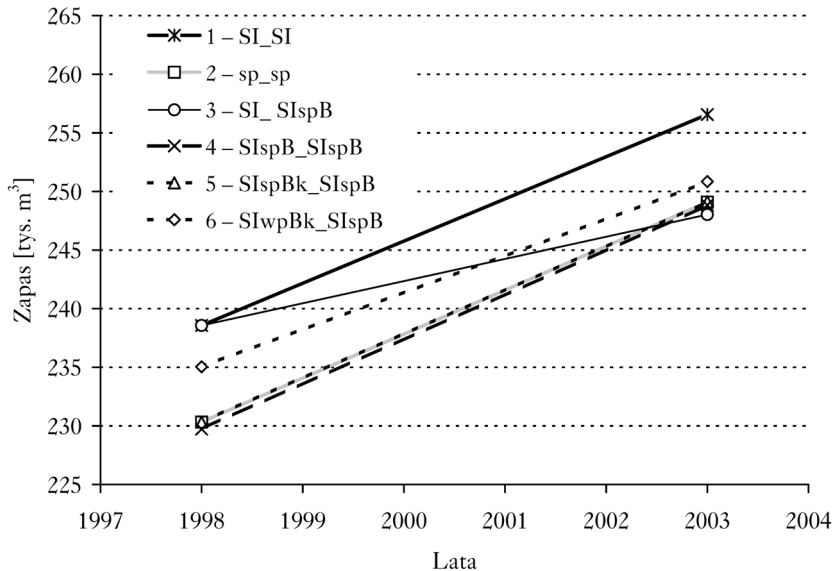
Zapasy drzewostanów Uroczyska Głuchów (bez 1 i 2 klasy wieku) w roku 1998 różnił się w zależności od sposobu jego obliczenia (ryc. 2). W każdym przypadku była zastosowana metoda warstwowania. Jednak wynik uzyskany z warstw drzewostanów dla całego Nadleśnictwa Rogów był nieco większy niż z warstw obliczonych tylko dla Uroczyska Głuchów. W przypadku sposobu 6. z wykorzystaniem jednocześnie powierzchni stałych i czasowych wynik był nieco większy niż z wykorzystaniem tylko powierzchni stałych. Biorąc pod uwagę, że w tym ostatnim



Ryc. 1.

Udział drzewostanów w klasach wielkości podwójnego błędu procentowego oszacowania aktualizowanego zapasu w roku 2003 z zastosowaniem wnioskowania bayessowskiego (na przykładzie 5. sposobu); ogólna liczba drzewostanów n=294

Share of trees in classes of double estimation error of the growing stock updated in 2003 on the basis of Bayesian estimation (example of method #5); the total number of stands n=294



Ryc. 2.

Ogólna zmiana zapasu drzewostanów Uroczyska Głuchów w okresie 1998-2003 – wyniki dla różnych sposobów określenia zapasu początkowego i końcowego

The general change in the growing stock in the Głuchów Forest in the years 1998-2003 – results of different methods of calculating the initial and final growing stock

1 sposób – taki jak w SILP; 2 sposób – ocena z wykorzystaniem stałych powierzchni próbnych; 3-6 – różne sposoby z zastosowaniem wnioskowania bayessowskiego (opis w tekście)

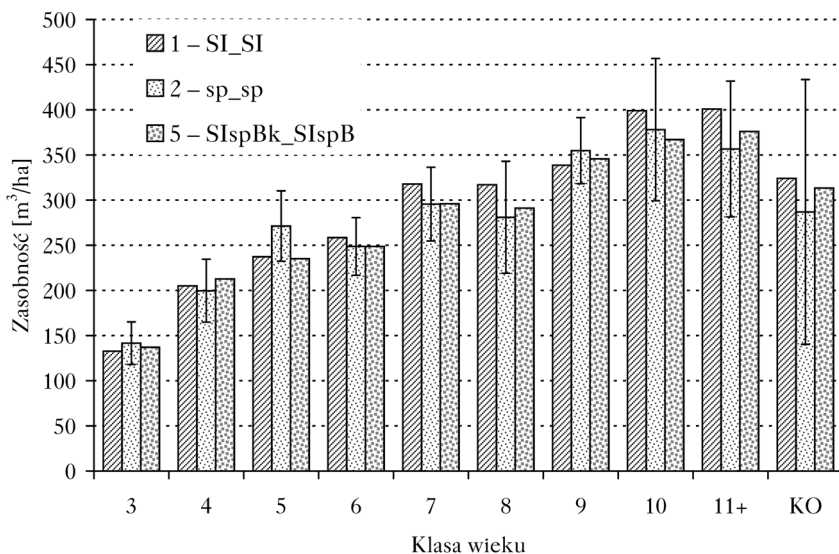
Method 1 – identical to that in the SILP; method 2 – calculated on the basis of permanent sample plot measurements; method 3-6 – various methods based on Bayesian estimation (described in the paper)

przypadku przedział ufności wielkości zapasu wynosił 218-242 tys. m³ (przy poziomie $p=0,05$), rozbieżności między wynikami obliczenia zapasu były nieznaczne.

W okresie 1998-2003 zapas drzewostanów Uroczyska Głuchów zwiększył się (ryc. 2). Zostało to stwierdzone na podstawie każdego z sześciu sposobów aktualizacji. Pomijając sposób 3, tempo zmian było podobne. Największy w roku 2003 był zapas oszacowany sposobem 1. – czyli tym, który jest przyjęty w SILP. W przypadku sposobów 3.-6., w których za pomocą wyników pomiarów *skpp* w roku 2003 przeprowadzono korektę aktualizowanych zapasów drzewostanów, rezultaty były bardzo podobne.

Sposoby aktualizacji różniły się ze względu na wynik oszacowania zapasu poszczególnych klas wieku. W stosunku do rezultatów uzyskanych z pomiarów *skpp*, uszeregowano je następująco: 5. sposób (średnie odchylenie zapasu klasy wieku w stosunku do danych z *skpp* 3912 m³), 4. (4409 m³), 3. (4641 m³), 6. (4657 m³) i 1. (7254 m³). Wyniki dotyczące najlepszego (5.) i najgorszego (1.) sposobu aktualizacji wskazały, że różnice oszacowania zasobności poszczególnych klas wieku były nieznaczne (ryc. 3). Jednak należy podkreślić różnice dotyczące drzewostanów rębnych. W obu prezentowanych sposobach, w stosunku do wyników z *skpp*, zasobność klasy odnowienia i klasy 11 (łącznie ze starszymi) była większa. W sposobie 1. dotyczyło to także 10 klasy wieku.

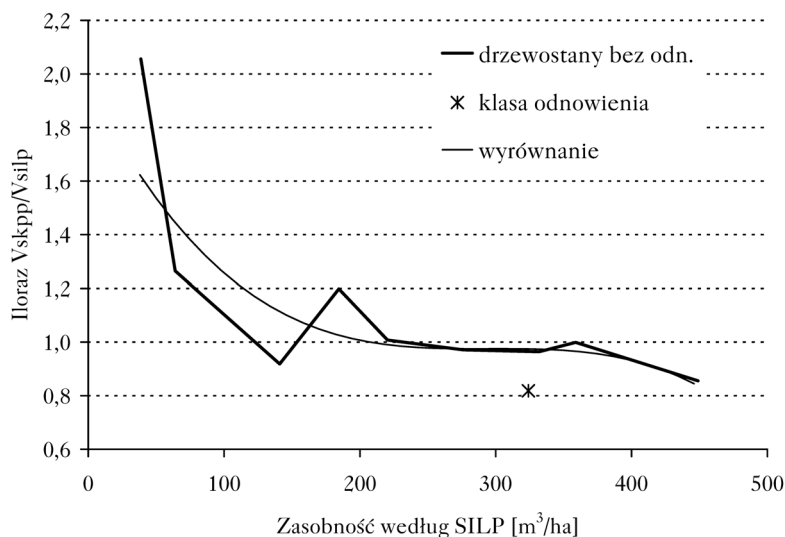
Przyczyną tych różnic była nietrafność aktualizacji zapasu pewnych grup drzewostanów. Porównując wyniki dla roku 2003 uzyskane według SILP (1. sposób) z wynikami z *skpp* (2. sposób) stwierdzono, że im większa była zasobność drzewostanów, tym większa była różnica



Ryc. 3.

Średnia zasobność drzewostanów w klasach wieku w roku 2003 – wyniki dla sposobów aktualizacji: 5 (najlepszego); 1 (stosowanego w SILP) i 2 (pomiar z zastosowaniem stałych powierzchni próbnych); dla sposobu 2 podano wartości błędów oszacowania (przy poziomie $p=0,05$)

Average stand volume in age classes in 2003 – results for the updating methods: 5 (the most accurate), 1 (used in the SILP) and 2 (measurement of permanent sample plots); for method 2 the percentage error of estimation was at the level $p=0.05$



Ryc. 4.

Iloraz zasobności obliczonej na podstawie stałych powierzchni próbnych przez aktualizowaną w SILP w zależności od zasobności drzewostanów obliczonej w SILP (osobno przedstawiono wyniki dla drzewostanów w klasie odnowienia)

The ratio of the volume calculated from the permanent sample plots to the volume updated in the SILP depending on the stand volume calculated in the SILP (results for the stands in regeneration class are presented separately)

na niekorzyść tego ostatniego sposobu (ryc. 4). Wynik dla drzewostanów najmniej zasobnych (z reguły najmłodszych) był według aktualizacji SILP mniejszy. W grupie drzewostanów o zasobności około 200-350 m³/ha wynik aktualizacji był podobny do uzyskanego z *skpp*. W grupie najbardziej zasobnych drzewostanów, w stosunku do *skpp* nastąpiło przeszacowanie. Największa różnica dotyczyła drzewostanów w klasie odnowienia.

Powyższe rozbieżności wynikały z jednoczesnego oddziaływania dwóch czynników:

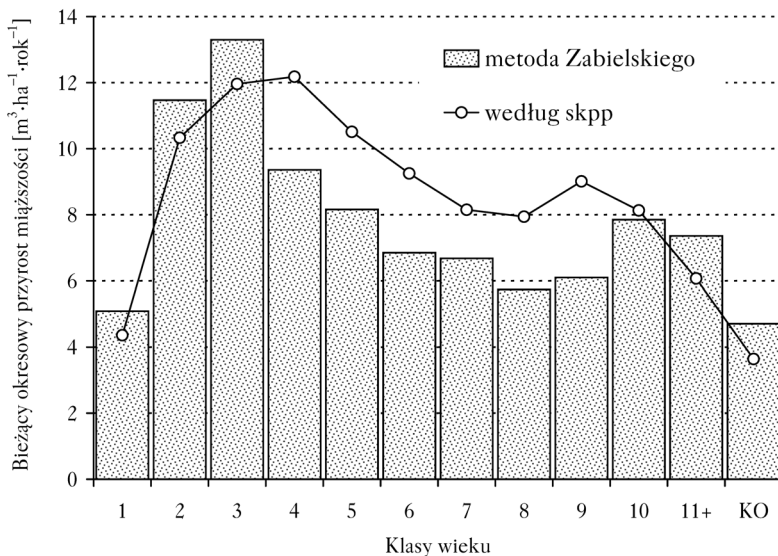
- różnic pomiędzy bieżącym okresowym przyrostem miąższości przyjętym z SILP a obliczonym za pomocą *skpp*

oraz

- różnic między użytkowaniem wykazanim w raporcie z realizacji planu cięć a ubytkami (nie tylko użytkowaniem) obliczonymi za pomocą *skpp*.

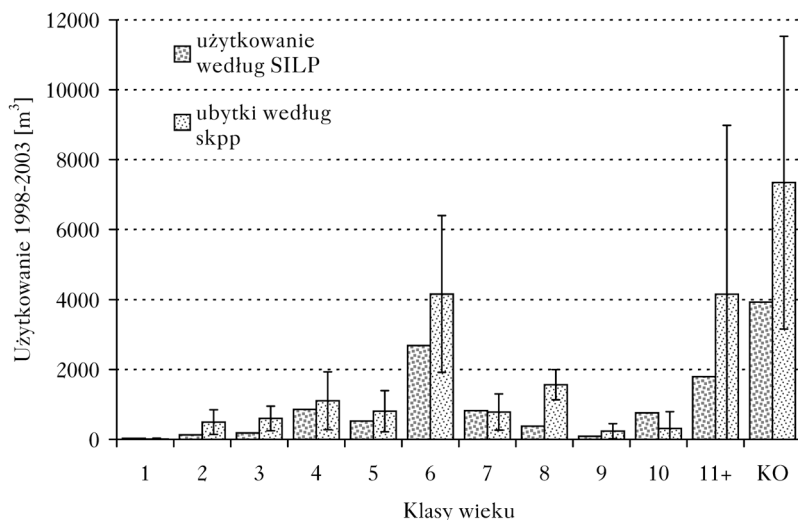
W drzewostanach 1-3 i 11 klasy wieku oraz KO przyrost oszacowany według metody Zabielskiego był większy, a w klasach 4-10 mniejszy niż obliczony według *skpp* (ryc. 5). Ubytki wykazane w raporcie o użytkowaniu były mniejsze niż obliczone przy wykorzystaniu pomiarów na *skpp* (ryc. 6). W interpretacji tego wyniku należy wziąć pod uwagę dokładność oszacowania ubytków. Jednak rozbieżności pomiędzy sposobem 1. a 2. miały ten sam znak niemal we wszystkich klasach wieku. Wyjątkiem była tylko klasa 10. W klasach 1 i 7 różnice były niewielkie.

Wskazane powyżej różnice były wyraźne w odniesieniu do traktowanych łącznie drzewostanów Uroczyska Głuchów. Ogólna zmiana zapasu w okresie 1998-2003 została określona podobnie przy zastosowaniu *skpp* jak i w ramach aktualizacji w SILP (ryc. 7). Jednak w wypadku użytkowania (całego, jak i podzielonego na przedrębne i rębne) różnice były znaczne. Wynik z SILP był poza przedziałem ufności dla wielkości ubytków zmierzonych na *skpp*. Podobnie było w wypadku bieżącego okresowego przyrostu miąższości.



Ryc. 5.

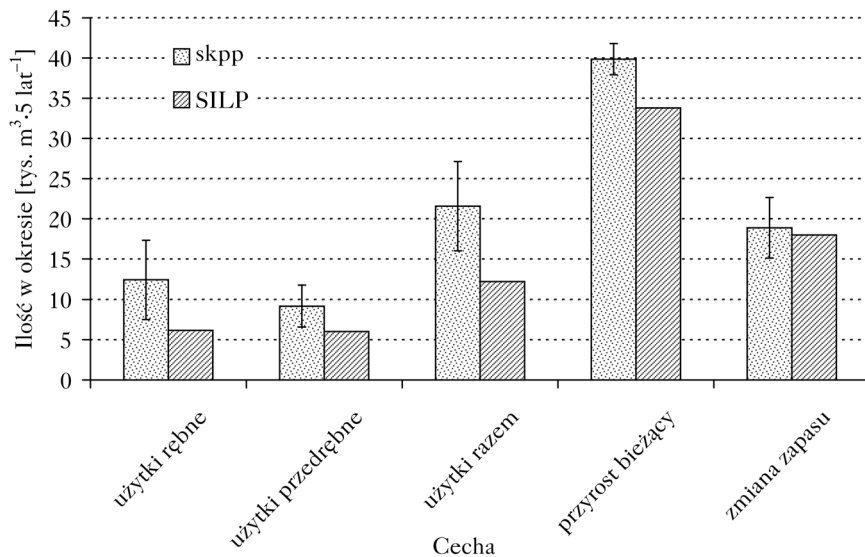
Bieżący okresowy przyrost miąższości w klasach wieku obliczony według metody Zabielskiego (wielkość przyjęta w SILP) a zmierzony na stałych powierzchniach próbnych
Current periodical volume increment in age classes calculated according to the Zabielski method (value adopted in the SILP) and measured on the permanent sample plots



Ryc. 6.

Użytkowanie grubizny brutto w klasach wieku w okresie 1998-2003 według rejestru (wielkość przyjęta w SILP) a obliczone według pomiarów na stałych powierzchniach próbnych (wartości błędów oszacowania przy poziomie $p=0,05$)

Harvest of gross merchantable timber in age classes in the period 1998-2003 according to the records (value adopted in the SILP) and calculated according to the measurements on permanent sample plots (estimation error values at $p=0.05$)



Ryc. 7.

Wielkości cech dynamicznych drzewostanów Uroczyska Głuchów w okresie 1998-2003 obliczonych według metod przyjętych w SILP a obliczonych na podstawie pomiarów stałych powierzchni próbnych (wartości błędów oszacowania przy poziomie $p=0,05$)

Values of dynamic characteristics of stands in the Głuchów Forest in the period 1998-2003 calculated according to the methods adopted in the SILP and measured on the permanent sample plots (estimation error values at $p=0.05$)

Dyskusja

Aktualizację zapasu poszczególnych drzewostanów wybranego uroczyska leśnego, przeprowadzono z wykorzystaniem różnych sposobów (oznaczonych numerami 3. do 6.; 1. i 2. pełniły funkcję odniesienia). W każdym, tak jak w sposobie 1. przyjętym w SILP, aktualny zapas został obliczony na podstawie rejestru użytkowania i oszacowania w przód bieżącego przyrostu miąższości. Takie dane traktowane jako szacunkowe zostały w procedurze wnioskowania bayessowskiego połączone z wynikami pomiarów powierzchni próbnych. Poszczególne sposoby różniły się ze względu na zapas w chwili rozpoczęcia aktualizacji.

Po zsumowaniu zapasu wszystkich drzewostanów uzyskano – niezależnie od sposobu aktualizacji – podobny zapas całego Uroczyska Głuchów (pomijając pogładowy sposób 1.). Oszacowanie tej cechy w poszczególnych klasach wieku podlegało większemu zróżnicowaniu ze względu na mniejszą powierzchnię tych jednostek, a w związku z tym mniejszą liczbę powierzchni próbnych wykorzystanych w każdej z nich. W każdym z badanych sposobów wyniki dotyczące klas wieku można byłoby uznać za przydatne ze względów gospodarczych.

W odniesieniu do rezultatów pomiarów *skpp*, najlepsze wyniki aktualizacji zapasu klas wieku w roku 2003 uzyskano w sposobach 5. i 4. Były to te, w których w obu terminach wykorzystano *skpp* do wyrównania wielkości zapasu drzewostanów z wykorzystaniem wnioskowania bayessowskiego. Największa dokładność oszacowania wynikała z faktu pomiaru na *skpp* tych samych wylosowanych fragmentów drzewostanów. W sposobie 3. – w którym osiągnięto nieco mniejszą dokładność oszacowania zapasu klas wieku – wykorzystano tylko rezultaty pomiarów *skpp* w roku 2003 (co odpowiadało zastosowaniu powierzchni próbnych czasowych). W sposobie 6. – mniejsza dokładność oszacowania wynikała ze zmieszania, przy wyrównaniu zapasu dla roku 1998, danych z *skpp* i powierzchni czasowych.

Trudno jest zweryfikować dokładność oszacowania zaktualizowanego zapasu poszczególnych drzewostanów. Wyniki zależały od liczby prób (pośrednio od wielkości drzewostanu) oraz od zmienności oszacowania (a ta zmieniała się wraz z zasobnością). Stosując sposób 5., dla przeciętnego drzewostanu o zasobności 250 m³/ha, podwójny błąd oszacowania tej cechy wyniósł 35%, gdy w drzewostanie nie było żadnej powierzchni próbnej, 31%, gdy była jedna i odpowiednio 23% (dwie), 19% (trzy) i 14% (sześć). W Uroczysku Głuchów jedna stała powierzchnia próbna przypadła na 4 ha drzewostanów. Jeżeli przyjmie się, że w obrębie leśnym liczba *skpp* wyniesie 500-1000 (raczej bliżej tej mniejszej wartości), to jedna *skpp* przypadłaby na około 10-20 ha. W tej sytuacji, przy stosowaniu sposobu aktualizacji zapasu drzewostanów z wykorzystaniem wnioskowania bayessowskiego, w większości drzewostanów nie byłoby żadnej powierzchni próbnej, a tylko w niewielkiej części z nich dwie lub więcej. W związku z tym dokładność oszacowania aktualizowanego zapasu poszczególnych drzewostanów byłaby niewielka.

Ocena aktualizacji zapasu poszczególnych drzewostanów wymagałaby przeprowadzenia rozległych badań. W każdym wyłączeniu konieczny byłby pomiar pełny albo seria kilkunastu-kilkudziesięciu powierzchni próbnych. Ze względu na koszt, przeprowadzenie takiego badania byłoby bardzo trudne. Pośrednim rozwiązaniem byłoby posłużenie się przykładem sztucznym, co już próbowano stosować [Objezta 2006].

Niniejsze badania potwierdziły, podnoszone od dawna, obawy dotyczące przydatności danych wykorzystywanych do aktualizacji zapasu drzewostanów według sposobu przyjętego w SILP. Wprawdzie ogólna ocena zmian zapasu Uroczyska Głuchów okazała się bardzo zbliżona do rezultatu obliczeń na podstawie *skpp*, to jednak wyniki dotyczące dwóch elementów składowych – przyrostu i użytkowania – okazały się znacząco rozbieżne. Ta ostatnia cecha

(podobnie jak i zmiana zasobności) w inwentaryzacji permanentnej z użyciem *skpp* jest zwykle określana stosunkowo mało dokładnie (np. w odniesieniu do zasobności czy przyrostu miąższości) – co jest znane z wcześniejszych badań [Schmid-Hass 1991; Przybylska 1993]. W wypadku przyrostu możliwe jest w przyszłości zastosowanie lepszych modeli jego prognozowania niż tych pochodzących z tablic zasobności i przyrostu drzewostanów Szymkiewicza [1961], wykorzystanych w metodzie Zabielskiego [1963].

W wypadku rejestracji wielkości użytkowania błędy mogły powstać z różnych, bardzo trudnych do wskazania, powodów. Mogły wynikać z tzw. użytkowania nierejestrowanego – kradzieży lub pozostawiania drewna w lesie. W Uroczysku Głuchów ta ostatnia kategoria była tak mała, że została pominięta. Inną przyczyną mogły być pomyłki przy rejestracji użytkowania – zarówno ze względu na jego wielkość, jak i miejsce pobrania (adres drzewostanu). Jeszcze inna mogła wynikać z odmiennego sposobu pomiaru drewna użytkowego leżącego a pomiaru drzew stojących. Częściowe usunięcie tej rozbieżności jest dokonywane przez przeliczenie miąższości grubizny brutto na miąższość netto przy pomocy współczynników zależnych od gatunku drzewa i klasy wieku drzewostanu [Instrukcja... 2003].

W Uroczysku Głuchów w dwóch grupach drzewostanów aktualizowany zapas znacznie różnił się od tego, który był zmierzony z wykorzystaniem *skpp*. W pierwszej były drzewostany młode, które w danym okresie przekroczyły wiekowy próg szacowania zasobności. Różnice mogły wynikać z oszacowania zasobności w SILP według dostępnych cech taksacyjnych (wiek, bonitacja, skład gatunkowy i zadrzewienie). W przyszłości zasobność tych drzewostanów mogłaby być przyjęta w SILP na podstawie wyników z ubiegłych lat.

Drugą grupę, w której wystąpiły rozbieżności między wynikami aktualizacji a rezultatami pomiarów *skpp*, stanowiły drzewostany najstarszych klas wieku, łącznie z KO. Zapas był tu przeszacowany, niezależnie od sposobu przeprowadzenia aktualizacji. Gdyby takie obliczenia nie były weryfikowane na podstawie rezultatów pomiarów powierzchni próbnych, to wielkość etatu użytkowania rębnego byłaby zawyżona. W praktyce gospodarce miałyby to negatywne następstwa. Ze względu na ważność tej grupy drzewostanów, można zaproponować modyfikację inwentaryzacji z zastosowaniem *skpp*. W grupie drzewostanów rębnych dodatkowo stosowane byłyby tzw. przejściowo stałe powierzchnie próbne (*pspp*). Ich liczba mogłaby być taka jak *skpp* lub dwukrotnie większa. Wykorzystanie obu rodzajów stałych powierzchni próbnych zwiększyłoby dokładność oszacowania zapasu drzewostanów rębnych, a jednocześnie dokładność kontroli wielkości użytkowania rębnego. Po uprzątnięciu danego drzewostanu zlokalizowane w nim *pspp* przestałyby istnieć.

Prezentowana tu metoda aktualizacji zapasu została przeprowadzona dla pięcioletniego okresu. Z powodów praktycznych nie należy się spodziewać częstszego jej wykonywania. Oznacza to, że w wypadku corocznej aktualizacji (zgodnie z oczekiwaniami użytkowników SILP) należałoby się liczyć z istnieniem błędnych wyników.

Rezultaty niniejszych badań mogą mieć znaczenie w urzędaniu lasu. Można zaproponować modyfikację sposobu wykonywania oceny stanu zasobów drzewnych na potrzeby sporządzania okresowych planów urzędania lasu. Koniecznym warunkiem byłoby założenie sieci stałych powierzchni próbnych. W odstępie 20-30 lat byłyby wykonywane „dokładny” pomiar zapasu, z wykorzystaniem dwóch rodzajów powierzchni próbnych – czasowych i stałych. Udział tych ostatnich mógłby wynosić 20-50%. W dziesięcioletnich odstępach, po wykonaniu pomiarów „dokładnych”, byłyby przeprowadzane pomiary tylko z użyciem *skpp*. Byłyby one wykorzystane do aktualizacji zapasu drzewostanów, ale także do określenia bieżącego przyrostu miąższości w różnych grupach drzewostanów i do kontroli wielkości użytkowania w obrębie leśnym.

Wnioski

- ✦ Stosując wnioskowanie bayessowskie uzyskano poprawne (zbliżone do rezultatów pomiarów na stałych powierzchniach próbnych) wyniki aktualizacji zapasu drzewostanów uroczyska. Wyniki uzyskane w kilku sposobach (różniących się metodą określenia początkowego zapasu drzewostanów) były podobne.
- ✦ Najlepsze wyniki aktualizacji uzyskano wtedy, kiedy na początku i na końcu badanego okresu, do korekty zapasu drzewostanów z zastosowaniem wnioskowania bayessowskiego, wykorzystano dane ze stałych powierzchni próbnych.
- ✦ Warunkiem stosowania do aktualizacji zapasu drzewostanów wyników oryginalnych (niekorygowanych) z SILP wydaje się być rozwiązanie problemu skrupulatnego rejestrowania użytkowania w poszczególnych drzewostanach oraz przyjęcie nowych współczynników do przeliczania miąższości użytków brutto na netto.
- ✦ W rejonach o znaczącym udziale użytkowania nierejestrowanego (kradzieże, pozostawianie drewna w lesie) konieczne wydaje się stosowanie stałych powierzchni próbnych do kontrolowania tego zjawiska. Aktualizacja zapasu z wykorzystaniem SILP może być w tym wypadku obciążona znacznym błędem.
- ✦ W celu zwiększenia dokładności oceny wielkości użytkowania za pomocą stałych powierzchni próbnych sugeruje się zastosowanie w grupie drzewostanów rębnych zwiększonej liczby powierzchni próbnych przez dodanie tzw. powierzchni przejściowo stałych – wykorzystywanych przez pewien okres do chwili uprzątnięcia drzewostanu, w którym byłyby zlokalizowane.
- ✦ Wyniki badań wskazują, że możliwe jest zmniejszenie nakładów na okresową inwentaryzację urzędzeniową. W odstępie 20-30 lat mógłby być wykonywany dokładniejszy pomiar zapasu, z wykorzystaniem powierzchni próbnych czasowych i stałych. W pozostałych dziesięcioletnich okresach zapas byłby określany dzięki połączeniu danych pochodzących z SILP i z pomiarów stałych powierzchni próbnych.

Literatura

- Bruchwald A. 2000. Wielkopowierzchniowa metoda określania miąższości obiektu leśnego oparta na losowaniu warstwowym. Sylwan 3: 5-17.
- Freund J. E. 1968. Podstawy nowoczesnej statystyki. PWE Warszawa.
- Köhl M., Green E. 1991. Empirische Bayes-Schätzer zur Datenanalyse in Forstinventuren. Forstw. Cbl. 110: 393-399.
- Instrukcja Urzędzenia Lasu. 2003. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- Miścicki S. 1989. Die Wildschadenerfassung in der Jungwaldfläche von Forstbetrieben und einzelnen Beständen. Schweiz. Z. Forstwes. 140, 5: 389-397.
- Miścicki S., Szerszenowicz A. 1992. Inwentaryzacja w ramach urzędzenia lasu uszkodzeń spowodowanych przez zwierzynę płąwą. Sylwan 4: 41-52.
- Obzejta M. 2006. Określenie zasobności drzewostanów na podstawie danych pochodzących z szacunków wzrokowych i z pomiarów powierzchni próbnych. Maszynopis pracy magisterskiej, SGGW Warszawa.
- Przybylska K. 1993. Poznawcze i praktyczne znaczeni autokorelacji miąższości drzew na kontrolnych powierzchniach próbnych. Zeszyty Naukowe AR Kraków, Rozprawy hab. 175.
- Schmid-Haas P. 1991. Szwajcarskie kontrolne powierzchnie próbne w urzędzeniu lasu. Sylwan 7: 31-40.
- Szymkiewicz B. 1961. Tablice zasobności i przyrostu drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
- Zabielski B. 1963. Przyrost przeciętny miąższości jako podstawa do obliczenia przyrostu bieżącego przy urzędzeniu lasu. Roczniki WSR Poznań, Leśnictwo 14: 229-232.

SUMMARY

Updating of stand's timber volume on the basis of the data from the State Forests IT System (SILP) and permanent control sample plots

In the State Forests IT System (SILP), growing stock is updated by adding the estimated volume of periodical increment to the initial growing stock and by deducting the recorded cuts. The result of such calculation may be incorrect due to the errors in determining each of the component volumes.

The results of the updating of growing stock could be corrected by applying Bayesian estimation. It consists of combining estimates (in this case – updating of timber volume) with measurement data (obtained from sample plots located in a given stand). It is suggested that permanent control sample plots (*skpp*) should be used as more accurate than temporary plots in determining the dynamic forest characteristics, such as change in growing stock.

It was decided to find out whether it was possible to perform correct updating using the SILP and *skpp* data, taking as a starting point different levels of growing stock, but the same increment and utilisation volumes. Moreover, it was decided to identify possible errors in the updating of growing stock in age classes and in the whole forest, as well as the factors impacting them.

The research material included the results of appraisal of 294 stands in the Głuchów Forest, the results of measurements of 220 *skpp* in 1998 and 2003, as well as the recorded volume in final and pre-final felling in the period of 1998-2003. Six methods were studied which differed in the way of estimating growing stock at the moment of starting updating. In methods 3-6, the growing stock calculated in 2003 on the basis of utilisation records and anticipated estimates of the current volume increment was corrected on the basis of the *skpp* results. Method 1 was identical to the original one in the SILP. Method 2 played an auxiliary role (measurement of *skpp* only).

The double percentage error of estimation of the updated growing stock of individual stands was confined within a broad range (Fig. 1). In the case of Method 5 (the most accurate), for half of sub-compartments the error did not exceed 32%. In the period of 1998-2003, the growing stock in the Głuchów Forest increased (Fig. 2). In the case of Methods 3-6, the results were very similar. Those pertaining to the best (5) and worst (1) methods showed that the differences in estimating growing stock in individual age classes had been insignificant (Fig. 3). The original SILP data on the inventoried growing stock of 2003 were found to differ from the *skpp* data (Fig. 4). There occurred the phenomenon of underestimation of the stands with the lowest standing volume and overestimation of the stands with the highest standing volume. In the majority of age classes, the volume increment estimated in SILP was lower than that estimated in *skpp* (Fig. 5). The losses shown in the Report on Utilisation were lower than those estimated on the basis of *skpp* measurements (Fig. 6). The general change in growing stock in the period 1998-2003 was determined similarly in the case of *skpp* data and SILP updates (Fig. 7). However, the differences in utilisation and current volume increment, were apparent.

The obtained results show that *skpp* may be used for periodical updates of the timber resource inventory results. This would enable reduction of the intervals between the timber

resource inventories (to 20-30 years) carried out using a relatively large number of temporary sample plots. Knowledge of the volume of the current increment and, most importantly, control of the utilisation volume would be an additional advantage.