

EMILIA WYSOCKA-FIJOREK, STANISŁAW ZAJĄCZKOWSKI

Indukcyjna metodyka prognozy rozwoju zasobów drzewnych

Inductive methodology of the forecast of wood resources development

ABSTRACT

Wysocka-Fijorek E., Zajączkowski S. 2020. Indukcyjna metodyka prognozy rozwoju zasobów drzewnych. Sylwan 164 (4): 267-279. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2019110>.

For effective forest management, comprehensive information on the condition and structure of wood resources is needed, as well as a forecast of their development and the possibility of harvest cutting in the long term. The paper objectives is to present a methodology of predicting the development of wood resources and the possibility of main cutting based on the current state of the forest. Presented methodology of the forecast preparation is based on the inductive type of prediction in which future directions of changes are predicted based on past events. Such forecast finds expression of conscious human activity in actively shaping the future, while it does not seek to determine the target state of the forest, but it is assumed that shaping the state of the forest can be subject to constant evolution. The forecast of the development of wood resources in individual forest areas may be based on the data contained in the forest management plans, and these data may be compiled either for individual forest districts (or other forest units), or for groups of forest districts (e.g. for regional directorates of the State Forests, or the State Forests in total). The initial data, necessary to make forecasts, are primarily: a tabular comparison of the stands area and volume in age classes and subclasses; projected afforestation area; intensity indicators of final cutting and intermediate felling determining the harvesting intensity in relation to the size of wood resources in individual classes and age subclasses; and the expected volume of current volume increment over the adopted forecast periods. Additional data contains: approximate share of clear- and complex cutting in final felling; adopted distribution according to the age classes of the young generation after removal cuts in stands kept in complex cutting; average length of the regeneration period; and average age of stands in regeneration classes – used to determine the average age in forest areas for which a forecast is made. Presented methodology makes it possible to determine and analyse anticipated changes in area and volume in age classes, average age and average stand volume as well as possibilities of final and intermediate cutting, and the harvesting intensity in relation to the size of wood resources and the current volume increase in the adopted forecast periods.

KEY WORDS

harvest growth increment, volume, area, resource modelling

ADDRESSES

Emilia Wysocka-Fijorek ⁽¹⁾ – e-mail: e.wysocka-fijorek@ibles.waw.pl

Stanisław Zajączkowski ⁽²⁾ – e-mail: stanislaw.zajaczkowski@zarzad.buligl.pl

⁽¹⁾ Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

⁽²⁾ Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej; Sękocin Stary, ul. Leśników 21, 05-090 Raszyn

Wstęp

Do efektywnego zarządzania lasami niezbędna jest kompleksowa informacja urzędniowa o stanie i strukturze zasobów drzewnych oraz prognoza ich zmian w dłuższej perspektywie czasowej. W zarządzaniu lasu pojawiają się nowe koncepcje związane z doskonaleniem procesu podejmowania decyzji [Miś 1984, 1989]. Podstawową decyzją podejmowaną przez leśników, mającą zapewnić trwałość oraz właściwy rozwój lasu, pozostaje prawidłowe ustalenie rozmiaru użytkowania rębne [Banaś 1996] nie tylko w planach urzędzenia lasu sporządzanych na 10 lat, ale także w prognozach na kilka dziesięcioleci. Wyniki takich prognoz mogą być pomocne zarówno przy kształtowaniu polityki leśnej oraz w planowaniu strategicznym, jak również w planowaniu urzędzeniowym.

Prognozowanie rozwoju zasobów leśnych polega na przetworzeniu wejściowych danych o stanie lasu, pobranych z terenu z uwzględnieniem wpływu różnych zjawisk na rozkład powierzchni i miąższości gatunków w klasach wieku, na informacje dotyczące najbliższej przyszłości [Poznański, Rutkowski 1987].

Prognozowanie rozwoju zasobów leśnych – na podstawie różnych założeń teoretycznych – podejmowano w Polsce już wielokrotnie. Metodyka prognozowania rozwoju zasobów leśnych oparta na teorii lasu celowego prezentowana była m.in. w opracowaniach Poznańskiego [1973, 1990], Klocka i Borkowskiego [1990a, b] oraz Klocka i Oestena [1992]. Z kolei prognozy wykonywane w Instytucie Badawczym Leśnictwa przez Trampler [1971, 1977] i Głaza [1997] przeprowadzane były na podstawie modelu lasu normalnego. Prognozy rozwoju zasobów drzewnych oraz możliwości użytkowania (w rozbiciu na użytkowanie rębne i przedrębne) nawiązujące do wymienionego niżej indukcyjnego typu prognozowania sporządzane są także w Biurze Urzędzenia Lasu i Geodezji Leśnej [Dawidziuk 2012; Dawidziuk, Zajączkowski 2015].

Ogólnie wyróżnia się dwa główne typy prognozowania rozwoju zasobów leśnych: dedukcyjny oraz indukcyjny [Poznański 1982]. Dedukcyjny typ prognozowania polega na dobieraniu następstw zdarzeń do rezultatu uznanego za prawdziwy (charakterystyczne jest tutaj stwierdzenie „będzie tak i tak”) i opiera się na założeniach teorii lasu normalnego. Z kolei indukcyjny typ prognozowania polega na dobieraniu rezultatu do następstwa zdarzeń uznanych za rzeczywiste (tutaj charakterystyczne jest stwierdzenie „chciałbym, aby było tak i tak”).

Prezentowana poniżej metodyka wykonywania prognozy oparta jest na podejściu indukcyjnym. W tym typie prognozowania – na podstawie zdarzeń zaistniałych w przeszłości – analizuje się możliwe etapy i kierunki rozwoju przewidywanych zjawisk. Prognozy indukcyjne umożliwiają odpowiedź na pytanie „co będzie, jeżeli będą spełnione określone założenia?”. W tego typu prognozowaniu znajduje odzwierciedlenie świadoma działalność człowieka w zakresie czynnego kształtowania przyszłości. Nie dąży się do osiągnięcia stanu końcowego, lecz prognozowany stan lasu może podlegać dalszej, ciągłej ewolucji. Działalność prognostyczna odnosi się zwykle tylko do pewnego odcinka tej ewolucji (np. do 30 lat), tj. do okresu, w którym realne wydaje się jeszcze przewidywanie wpływu przyrodniczego i gospodarczego otoczenia na stan lasu.

Do konstruowania prognoz indukcyjnych wykorzystuje się informacje dotyczące stanu obszaru leśnego objętego prognozą oraz wiedzę o sposobie transformacji zaistniałych zdarzeń w spodziewane przyszłe zdarzenia (wykorzystując w szczególności empiryczne oszacowania wpływu zjawisk przeżywania i ubywania drzewostanów w klasach wieku).

Celem niniejszej pracy jest szczegółowe przedstawienie metodyki indukcyjnego prognozowania rozwoju zasobów drzewnych oraz rozmiaru użytkowania głównego w podziale na użytkowanie rębne i przedrębne wraz z jej weryfikacją. Metodyka ta może znaleźć zastosowanie w dowolnych obszarach leśnych.

Material i metody

PRZYGOTOWANIE DANYCH WEJŚCIOWYCH. Opracowanie prognozy dla danego obszaru leśnego (np. na 30 lat) wymaga przygotowania określonych informacji wejściowych dotyczących stanu lasu oraz przewidywanych działań gospodarczych realizowanych przy określonych założeniach.

Przy prognozach wykorzystywana jest zwykle jako wyjściowa aktualna powierzchnia i miąższość drzewostanów w klasach i podklasach wieku zagregowana według gatunków panujących w wydzieleniach. Zestawienia te mogą być sporządzane np. na podstawie danych z planów urządzenia lasu zawartych m.in. w SILP i Banku Danych o Lasach, wykonywanych aktualizacji stanu lasu czy danych z wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu.

Powierzchnia przewidywanych zalesień w przyjętych okresach prognozy przyjmowana jest na podstawie dostępnych danych dotyczących wielkości spodziewanych zalesień w poszczególnych obszarach leśnych (np. nadleśnictwach), a także trendów zmian powierzchni lasów (szczególnie w odniesieniu do dużych obszarów leśnych) w dłuższych okresach na podstawie informacji statystycznych (np. z Głównego Urzędu Statystycznego).

Wskaźniki intensywności użytkowania rębego i przedrębnego według klas i podklas wieku nawiązują w sposób ilościowy do sposobu prowadzenia gospodarki leśnej i odzwierciedlają aktualny model gospodarki leśnej. Wskaźniki te (na 10 lat) ustalane są przede wszystkim bezpośrednio lub pośrednio na podstawie danych z planów urządzenia lasu dla pojedynczych obiektów (obrubów/nadleśnictw) albo dla większych obszarów leśnych, przy czym:

- wskaźniki użytkowania rębego obliczane są jako iloraz rozmiaru planowanego użytkowania rębego ujętego w planie urządzenia lasu do miąższości poszczególnych klas i podklas wieku (planowany rozmiar użytkowania rębego można pozyskać także z SILP dla każdego z wydzieleń);
- wskaźniki użytkowania przedrębnego określane są jako iloraz rozmiaru użytkowania przedrębnego do miąższości poszczególnych klas i podklas wieku. Podział ogólnej miąższości użytkowania przedrębnego (wynikającej z planów urządzenia lasu – danych SILP) na poszczególne klasy i podklasy wieku można przeprowadzić w różny sposób (np. za pomocą Tablic... [1975]). W dotychczasowej praktyce podział ten wykonywano na podstawie wymienionych tablic wydajności cięć pielęgnacyjnych, które pozwalają oszacować wysokość użytkowania przedrębnego w poszczególnych drzewostanach na podstawie gatunku, wieku oraz stopnia zwarcia. Dane (według klas i podklas wieku) wynikające z tablic wydajności wyrównywane są następnie do ogólnego rozmiaru użytkowania przedrębnego zaplanowanego na danym obszarze leśnym. Ostatecznie wskaźniki użytkowania przedrębnego (na 10 lat) obliczane są jako iloraz obliczonych w powyższy sposób wartości wynikających z planu urządzenia lasu do miąższości poszczególnych klas i podklas wieku.

Przyjęte możliwości użytkowania rębego i przedrębnego na najbliższy okres prognozy wynikają przeważnie z planów urządzenia lasu dla pojedynczych obiektów leśnych (np. nadleśnictw). Natomiast możliwości użytkowania dla większych obszarów wynikają zwykle z sumy danych zawartych w planach urządzenia lasu obiektów wchodzących w skład tego obszaru. Odpowiednie wielkości – w miąższości grubizny netto i brutto – przyjmowane są w podziale na użytkowanie rębne i przedrębne. Przelicznik brutto na netto w użytkowaniu przedrębnym stosowany jest w pracach urzędzeniowych w wysokości 0,8 (art. 94 § 7 Instrukcji... [2012]). Podobny współczynnik przeliczeniowy – jeżeli brakuje danych z planu urządzenia lasu – przyjmuje się także w użytkowaniu rębnym.

Wskaźniki intensywności użytkowania rębego i przedrębego według klas i podklas wieku wynikające bezpośrednio z planów urządzenia lasu wymagają zwykle wyrównania do użytkowania rębego i przedrębego przyjętych na początkowy okres prognozy (w m³ grubizny brutto). Potrzeba takiego wyrównania w poszczególnych klasach i podklasach wieku wynika z faktu, że możliwości użytkowania rębego i przedrębego ustalone wprost za pomocą wskaźników intensywności określonych w wyżej podany sposób mogą się nieznacznie różnić od wielkości wynikających bezpośrednio z planów urządzenia lasu. Wyrównanie to – w ramach użytkowania rębego i przedrębego – następuje przez przemnożenie wskaźników wynikających bezpośrednio z planów urządzenia lasu przez odpowiedni współczynnik, jednakowy dla wszystkich klas i podklas wieku.

Wykorzystywane w pracy wskaźniki intensywności użytkowania rębego są zróżnicowane między klasami i podklasami wieku, co wynika zarówno ze stosowanych wieków rębności, jak również z konieczności przeznaczania do użytkowania rębego drzewostanów młodszych klas wieku (w szczególności z uwagi na ich stan hodowlany), a zatem – pośrednio – uwzględniane są zarówno zróżnicowany gatunkowo wiek rębności, jak również potrzeby przebudowy drzewostanów w młodszych klasach wieku.

Spodziewana wielkość bieżącego przyrostu miąższości w przyjętych okresach prognozy dla poszczególnych obszarów leśnych może być szacowana przy wykorzystaniu danych z różnych źródeł, np. z planów urządzenia lasu czy przeprowadzanych aktualizacji stanu lasu. Dane te mogą być weryfikowane także na podstawie danych z innych źródeł, np. wyników z wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu (WISL). Szacunkowo określone wartości spodziewanego bieżącego przyrostu miąższości przyjmowane są dla poszczególnych okresów prognozy (zwykle 10-letnich).

Przyjęta wielkość spodziewanego bieżącego przyrostu miąższości pozwala na określenie ogólnej wielkości zasobów drzewnych na końcu danego okresu (V_k) jako sumy miąższości na początku okresu (V_p) i spodziewanego bieżącego przyrostu miąższości (Z_v), pomniejszonej o wysokość użytkowania rębego i przedrębego (U), zgodnie ze wzorem: $V_k = V_p + Z_v - U$. Oszacowanie ogólnej miąższości na koniec okresu umożliwia – w toku dalszych obliczeń – określenie przeciętnej zasobności według klas i podklas wieku na koniec kolejnych okresów prognozy.

W praktyce nie ma możliwości określenia bieżącego przyrostu miąższości w sposób całkowicie obiektywny. Dlatego może on być szacowany w sposób subiektywny na podstawie dostępnych danych, np. wielkości spodziewanego bieżącego przyrostu miąższości określonego na podstawie tablic zasobności i przyrostu drzewostanów, użytecznego bieżącego przyrostu miąższości w ubiegłym okresie gospodarczym, a także relacji przyrostu określanego w Polsce w ramach WISL do przyrostu określonego na podstawie tablic zasobności i przyrostu drzewostanów.

Udział rębni złożonych w użytkowaniu rębnym oraz przeciętną długość okresu odnowienia określa się w stosunku do użytkowania realizowanego poza klasami odnowienia. Znajomość miąższościowego udziału rębni złożonych w użytkowaniu rębnym wynika z potrzeby oszacowania powierzchni cięć rębnych rębniami złożonymi, których realizacja (we wszystkich klasach wieku z wyjątkiem klas odnowienia) łączy się z przechodzeniem drzewostanów do najmłodszych klas wieku przez klasy odnowienia. Przyjmuje się, że wielkość powierzchni manipulacyjnej drzewostanów z poszczególnych klas i podklas wieku (bez klasy odnowienia) użytkowanych rębniami złożonymi jest uzależniona od długości przeciętnego okresu odnowienia. Powierzchnię tę, według klas i podklas wieku, oblicza się jako iloczyn powierzchni oraz trzech wielkości:

- 1) wskaźnika użytkowania rębego,
- 2) udziału w użytkowaniu rębnym rębni złożonych,
- 3) długości przeciętnego okresu odnowienia – wyrażonej w dziesięcioleciach (np. gdy przeciętna długość okresu odnowienia wynosi 25, 30 lub 35 lat, wówczas mnożnik będzie wynosił odpowiednio 2,5, 3,0 i 3,5).

Przyjęty według podklas wieku rozkład młodego pokolenia po cięciach uprzętających w klasie odnowienia łączy się z przechodzeniem powierzchni objętych użytkowaniem do najmłodszych klas wieku. W zależności od długości tego okresu powierzchnie te po wykonaniu cięć uprzętających trafiają zwykle do podklas wieku Ia, Ib, IIa oraz IIb. Przeciętny wiek drzewostanów w klasie odnowienia umożliwia obliczenie przeciętnego wieku drzewostanów na danym obszarze leśnym w kolejnych okresach prognozy.

W oparciu o przygotowane dane wejściowe jest przeprowadzany w odniesieniu do danego obszaru leśnego proces prognozowania rozwoju zasobów drzewnych oraz możliwości użytkowania głównego w kolejnych okresach prognozy. Opisany poniżej algorytm umożliwiający automatyczne wykonanie prognoz jest dostępny u autorów prezentowanej pracy.

- 1) Miąższość poszczególnych klas i podklas wieku przemnaża się przez wskaźniki użytkowania rębnego i przedrębego. Po zsumowaniu wyników z poszczególnych klas i podklas wieku otrzymuje się wielkość przyjętych możliwości użytkowania rębego oraz użytkowania przedrębego w wymiarze miąższościowym (w m³ grubizny brutto).
- 2) Udział w użytkowaniu rębnym sumarycznej miąższości użytkowanej rębniami złożonymi w klasach wieku (bez klasy odnowienia) określa się na podstawie danych zawartych we wskazówkach gospodarczych planów urządzenia lasu. Dopełnienie do jedności określa udział rębni zupełnych.
- 3) Wskaźniki użytkowania rębego przemnaża się przez powierzchnię poszczególnych klas i podklas wieku (w tym także przez powierzchnię klasy odnowienia) w podziale na użytkowanie rębne rębniami zupełnymi i złożonymi. Wynikające stąd wartości określają wielkość powierzchni, która – w zależności od grupy rębni (zupełne, złożone) oraz klasy wieku, w której jest realizowana – powinna być dodana po przesunięciach (patrz pkt 4) do:
 - Ia podklasy wieku – w wypadku realizacji rębni zupełnych w klasach wieku (poza klasą odnowienia);
 - klasy odnowienia – w wypadku realizacji rębni złożonych w klasach wieku (bez klasy odnowienia), wskaźnik użytkowania rębego rębniami złożonymi określa udział w użytkowaniu rębnym użytkowania rębniami złożonymi;
 - najmłodszych podklas wieku (np. Ia, Ib, IIa, IIb) – w wypadku realizacji cięć uprzętających w klasach odnowienia, przy czym udział powierzchni przesuwanych do poszczególnych podklas wieku określa się na podstawie dotychczasowych doświadczeń.
- 4) Pozostającą powierzchnię poszczególnych podklas wieku – po odjęciu z poszczególnych klas i podklas wieku powierzchni zredukowanej (w wypadku rębni zupełnych) oraz powierzchni manipulacyjnej (w wypadku rębni złożonych) – przesuwa się o jedną podklasę wieku, a w przypadku VI klasy wieku przesuwana jest do VII klasy połowa powierzchni. Pozostającej powierzchni VII klasy wieku oraz powierzchni klas odnowienia nie przesuwa się.
- 5) Do powierzchni najmłodszych klas wieku (po przesunięciach) dodaje się powierzchnię zredukowaną wynikającą z użytkowania rębego rębniami zupełnymi oraz rębniami złożonymi w klasach odnowienia (zgodnie z zasadami przedstawionymi w pkt 3).
- 6) Dodatkowo Ia podklasę wieku zwiększa się o powierzchnię przewidywanych w dziesięciolecie nowych zalesień.
- 7) Ustaloną w powyższy sposób powierzchnię poszczególnych klas i podklas wieku na koniec okresu prognozy przemnaża się przez odpowiadającą im przewidywaną przeciętną zasobność (ustaloną zgodnie z zasadami przedstawionymi przy omawianiu spodziewanej wiel-

kości bieżącego przyrostu miąższości w przyjętych okresach prognozy), w wyniku czego otrzymuje się miąższościową tabelę klas wieku na koniec danego okresu prognozy.

- 8) Sporządzanie prognozy na następne okresy przebiegać będzie według wyżej przedstawionego sposobu postępowania.

W analogiczny sposób można sporządzać prognozę rozwoju zasobów drzewnych w zasadzie dla dowolnego obszaru (np. obrębu, nadleśnictwa, regionalnej dystrykcji, całych Lasów Państwowych czy innych dowolnie określonych obszarów leśnych) w różnych interwałach czasowych (np. 5 lub 10 lat). W przypadku stosowania innych interwałów prognozy wskaźniki intensywności użytkowania rębego i przedrębego oraz wskaźniki przechodzenia do następnych klas wieku należy proporcjonalnie przeliczyć na odpowiednią długość okresu.

WERYFIKACJA PRZEDSTAWIONEJ METODYKI SPORZĄDZANIA PROGNOZY. W celu zaprezentowania wyników zaproponowanej metodyki prognozowania rozwoju zasobów drzewnych oraz możliwości użytkowania głównego (w podziale na użytkowanie rębne i przedrębne) przygotowano dane urzędniowe dla nadleśnictw: Płaska (RDLP w Białymstoku) według stanu na 1 stycznia 2015 roku, Brzesko (RDLP w Krakowie) według stanu na 1 stycznia 2014 roku oraz Marcule (RDLP w Radomiu) według stanu na 1 stycznia 2015 roku.

W Nadleśnictwie Płaska siedliska borowe zajmują 75% powierzchni, a udział miąższościowy gatunków iglastych wynosi 76,8%. Drzewostany dwugatunkowe stanowią około połowy drzewostanów Nadleśnictwa, a drzewostany z trzema gatunkami około $\frac{1}{3}$ drzewostanów. W Nadleśnictwie Brzesko dominują siedliska lasowe – około 91% powierzchni, siedliska borowe – około 7% powierzchni, a olsy i łęgi stanowią niespełna 2% powierzchni. Z kolei w Nadleśnictwie Marcule siedliska borowe zajmują 30%, a lasowe – 70% powierzchni.

Przyjęta metodyka przewiduje analizy bez podziału na gatunki panujące, wychodząc z założenia, że w prognozach najważniejsze są dane sumaryczne (w podziale na użytkowanie rębne i przedrębne), a struktura gatunkowa w ciągu najbliższych dziesięcioleci nie ulegnie istotnej zmianie.

W pracy wykorzystano następujące dane wejściowe:

- 1) powierzchnię i miąższość drzewostanów w klasach wieku (tab. 1);
- 2) powierzchnię przewidywanych zalesień: w wybranych nadleśnictwach w okresie prognozy nie przewidziano zalesiania gruntów nieleśnych;
- 3) wskaźniki intensywności użytkowania rębego i przedrębego według klas i podklas wieku (tab. 2);
- 4) możliwości użytkowania rębego i przedrębego na pierwsze dziesięciolecie w nadleśnictwach: Płaska (1,13 mln m³ netto/1,37 mln m³ brutto), Brzesko (0,42 mln m³ netto /0,50 mln m³ brutto) i Marcule (0,63 mln m³ netto/0,79 mln m³ brutto);
- 5) spodziewaną wielkość bieżącego przyrostu miąższości w kolejnych okresach prognozy, na podstawie dostępnych danych oszacowaną na: 8,3 m³/ha rok (Nadleśnictwo Płaska), 9,5 m³/ha rok (Nadleśnictwo Brzesko) i 8,3 m³/ha rok (Nadleśnictwo Marcule);
- 6) udział rębni zupełnych i złożonych w użytkowaniu rębnym (w drzewostanach poza klasą odnowienia) oraz przeciętne długości okresu odnowienia (tab. 3);
- 7) rozkład młodego pokolenia według podklas wieku po cięciach uprzętających w klasie odnowienia (tab. 4);
- 8) przeciętny wiek drzewostanów w klasie odnowienia (przyjęto 100 lat).

Wyniki

Sporządzona prognoza rozwoju zasobów drzewnych – przy określonych wskaźnikach użytkowania rębego i przedrębego według klas i podklas wieku oraz przyjętej wielkości spodziewanego

bieżącego przyrostu miąższości – umożliwia analizowanie m.in. zmian struktury powierzchni oraz miąższości zasobów w trzech kolejnych okresach prognozy według klas wieku (ryc. 1 i 2), kształtowania się stanu zasobów drzewnych oraz możliwości użytkowania głównego, a także intensywności użytkowania w perspektywie przyjętych okresów prognozy (tab. 5).

Tabela 1.

Powierzchnia (A [ha]) i miąższość (V [m³]) drzewostanów w klasach i podklasach wieku według nadleśnictw Area (A [ha]) and volume (V [m³]) of stands in age classes according to forest districts

	Płaska		Brzesko		Marcule	
	A	V	A	V	A	V
Przestoje Hold-overs	–	27 790	–	11 768	–	7 365
Ia	1 462	6 910	103	85	530	2 430
Ib	648	26 455	183	6 390	1 013	47 525
IIa	746	84 085	272	26 845	830	112 165
IIb	1 154	213 710	355	67 385	860	148 675
IIIa	2 167	610 420	469	144 475	799	191 005
IIIb	2 673	892 885	624	204 740	944	269 740
IVa	1 509	458 370	864	321 210	1 371	460 265
IVb	1 933	659 155	780	308 400	1 338	508 900
Va	2 184	803 925	702	313 795	705	259 460
Vb	2 064	796 460	506	207 160	534	206 385
VI	2 325	942 135	430	180 630	387	132 185
VII	1 357	540 015	33	21 255	18	5 975
KO, KDO, BP	250	58 460	1 427	442 230	1 638	391 170
Razem In total	20 472	6 120 775	6 747	2 256 368	10 967	2 743 245
Grunty leśne niezalesione Unwooded forest areas	250	5 038	10	94	54	998
Razem In total	20 722	6 125 813	6 757	2 256 462	11 021	2 744 243

KO – regeneration class, KDO – class to regeneration, BP – selection structure

Tabela 2.

Wskaźniki intensywności użytkowania rębego (W_R) i przedrębego (W_PR) według klas i podklas wieku Final (W_R) and intermediate (W_PR) harvest intensity indices by age classes and subclasses

	Płaska		Brzesko		Marcule	
	W_R	W_PR	W_R	W_PR	W_R	W_PR
Ia	–	–	–	0,447250403	–	0,00216017
Ib	–	0,0363	–	0,433650611	–	0,07515124
IIa	–	0,1919	0,000229756	0,198781253	–	0,22768651
IIb	–	0,1754	–	0,216335169	–	0,19058584
IIIa	–	0,1673	–	0,204104870	–	0,16571074
IIIb	0,0002	0,1653	–	0,190118060	–	0,15997889
IVa	0,0057	0,1230	0,014510067	0,136007524	0,004358	0,13998654
IVb	0,0477	0,1074	0,032908921	0,129190217	0,017665	0,13083726
Va	0,0873	0,0857	0,050482118	0,089778143	0,303334	0,05191349
Vb	0,1847	0,0780	0,158962868	0,061270292	0,320274	0,04988129
VI	0,3215	0,0535	0,148388586	0,019079372	0,433705	0,02834577
VII	0,2810	0,0293	0,105641405	0,011557443	0,512572	–
KO, KDO, BP	0,5790	–	0,435050358	0,000289938	0,712911	–

oznaczenia jak w tabeli 1; denotes as in table 1

Tabela 3.

Udział [%] rębni zupełnych (Rzup) i złożonych (Rzł) w użytkowaniu rębnym (w drzewostanach poza klasą odnowienia) oraz przeciętna długość okresu odnowienia (L [lata])

Fraction [%] of clear (Rzup) and complex (Rzł) cutting in final felling (in stands outside the regeneration class) and average length of the renewal period (L [years])

	Rzup	Rzł	L
Płaska	87	13	20
Brzesko	16	84	25
Marcule	29	71	15

Tabela 4.

Rozkład [%] młodego pokolenia według podklas wieku po cięciach uprzątających w klasie odnowienia

Distribution [%] of the age classes in the young generation after removal cuts in stands kept in complex cutting

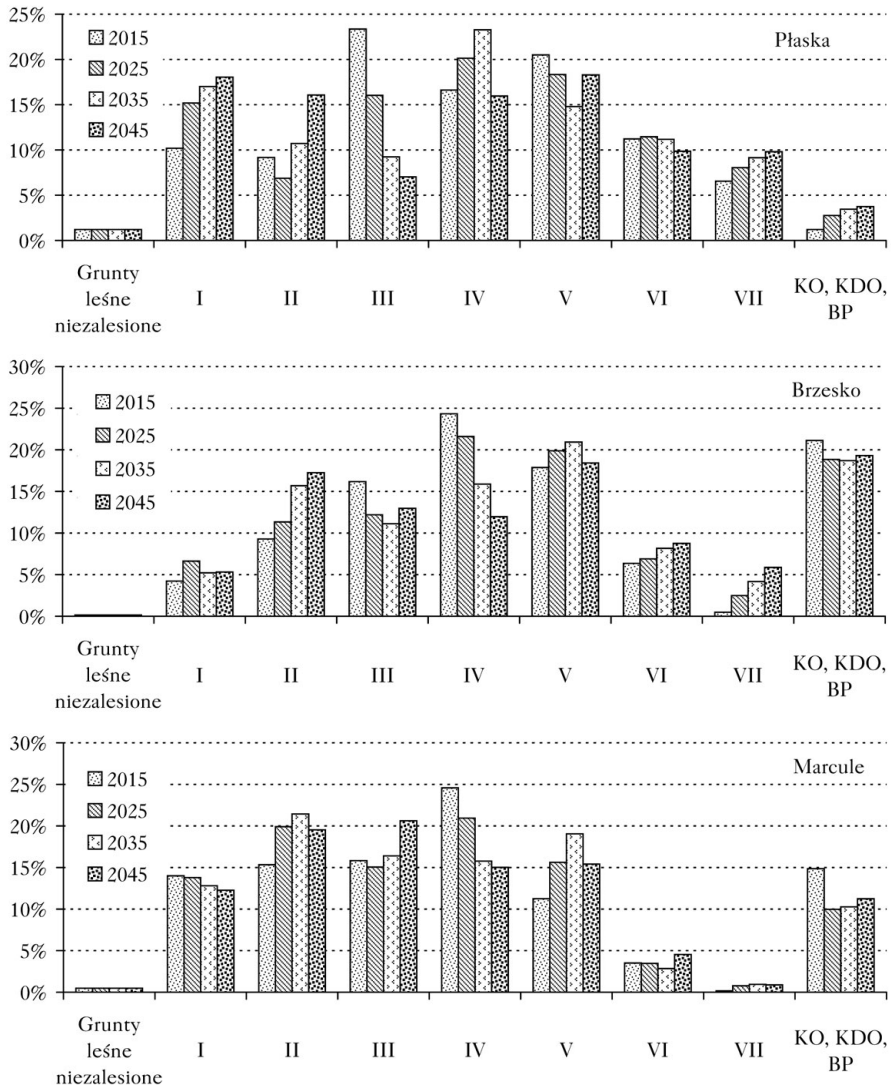
	Ia	Ib	IIa	IIb
Płaska	60	20	10	10
Brzesko	0	50	30	20
Marcule	40	30	20	10

W wybranych nadleśnictwach, przy przyjęciu niezmiennych warunków i sposobu prowadzenia gospodarki leśnej, stosowanie w najbliższym trzydziestoleciu przyjętych parametrów spowoduje zmiany w rozłożeniu zarówno powierzchni drzewostanów w klasach wieku (ryc. 1), jak również zapasu (ryc. 2). W przypadku Nadleśnictwa Płaska realizacja przyjętych założeń doprowadzi do obniżenia średniego wieku drzewostanów i wzrostu zasobności przy jednoczesnym wzroście intensywności użytkowania w stosunku do zasobów drzewnych (tab. 5). W Nadleśnictwie Brzesko realizacja przyjętej w obecnym planie urzędzenia lasu intensywności użytkowania, pomimo wzrostu rozmiaru użytkowania o 8,3% w perspektywie 30 lat, spowoduje wzrost średniego wieku drzewostanów o około 1 rok, a zasobności o 15%. Z kolei w Nadleśnictwie Marcule realizacja dotychczasowych założeń w perspektywie 30 lat spowodowałaby obniżenie średniego wieku o półtora roku, przy wzroście pozyskania drewna o 12% oraz intensywności użytkowania w stosunku do przyrostu.

Dyskusja

Zdaniem Misia [1984] charakterystyczne jest, że mniejszym stopniem trudności charakteryzuje się matematyczna część problemu poszukiwania najlepszego wariantu decyzji, natomiast bardzo skomplikowane jest poprawne sformułowanie warunków obiektywnego wyboru takiej decyzji i przyjęcia właściwych kryteriów optymalizacji. Wybór optymalnego etatu cięć rębnych powinien być zależny od położenia i specyfiki obrębu oraz kryterium celu regulacji określonego dla danego gospodarstwa. W ekosystemach leśnych pozostających w stanie równowagi regulacja produkcji drewna powinna zmierzać do wzrostu produktywności przy zachowaniu właściwych proporcji pomiędzy zapasem, przyrostem i etatem [Miś 1989].

Innym aspektem jest możliwość wykorzystania prognoz do przewidywania zmian struktury drzewostanów, na których mogłoby opierać się również planowanie ochrony przyrody [Miścicki, Gazda 2016]. Prognozy demonstrują przyszły stan lasu w przypadku, gdy działają na niego zabiegi i zdarzenia o dotychczasowej intensywności. Prognozowanie w leśnictwie w oparciu o prognozy rozwoju drzewostanów, głównie w kierunku uszkodzenia drzewostanów przez wiatr, wykonywane było m.in. przez Bruchwalda i Dmyterko [2011, 2012a, b, 2014] oraz Dmyterko i in. [2015].



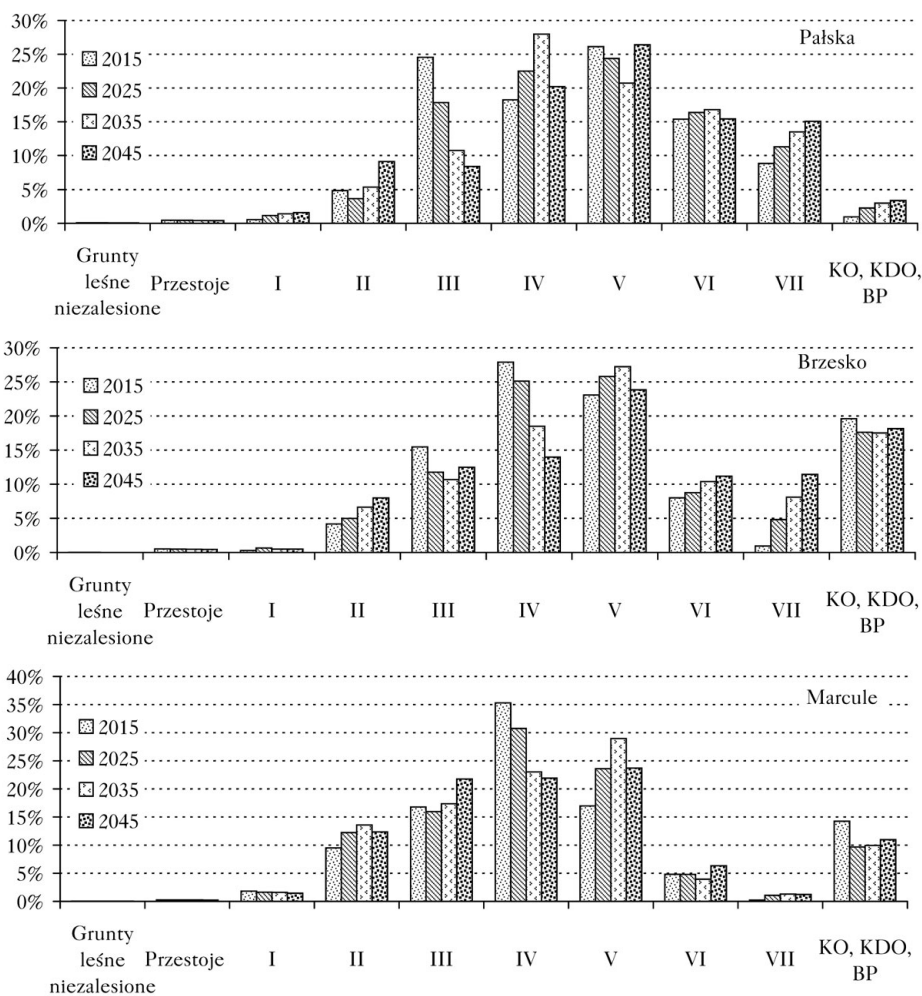
Ryc. 1.

Prognoza zmian powierzchni w klasach wieku w nadleśnictwach Płaska, Brzesko i Marcule

Forecast of the changes in the area of the age classes in the Płaska, Brzeska and Marcule forest districts
oznaczenia jak w tabeli 1; denotes as in table 1

Zarówno badania historyczne, jak i obecnie prowadzone, pomimo iż opierają się na różnych założeniach metodycznych czy danych wejściowych, pokazują, że niezmiernie istotne w prowadzeniu trwałej i zrównoważonej gospodarki leśnej jest prognozowanie kierunków rozwoju lasu. Prognozy rozwoju zasobów drzewnych stanowią punkt wyjścia dla innych, już szczegółowych – dedykowanych prognoz, dlatego tak istotne jest opracowanie prostej, a jednocześnie dokładnej metody prognozowania rozwoju zasobów drzewnych.

W pracy przedstawiono metodykę sporządzania prognoz wraz z jej weryfikacją na przykładzie prognozy kształtowania się zasobów drzewnych w trzech kolejnych dziesięcioleciach sporzą-



Ryc. 2.

Prognoza zmian miąższości w klasach wieku w nadleśnictwach Płaska, Brzesko i Marcule

Forecast of the changes in the volume of the age classes in the Płaska, Brzeska and Marcule forest districts
oznaczenia jak w tabeli 1; denotes as in table 1

dzanej dla wybranych nadleśnictw. Przyjęta metodyka pozwoliła na oszacowanie kształtowania się stanu lasu oraz możliwości pozyskania drewna na tym obszarze w 30-letnim okresie, przy założeniu, że wskaźniki intensywności użytkowania rębego i przedrębego według klas i podklas wieku w okresie objętym prognozą będą takie same, co w przybliżeniu oznacza, że w całym okresie objętym prognozą gospodarka leśna pod względem intensywności użytkowania głównego będzie realizowana w podobny sposób.

W metodyce sporządzania prognozy przyjęto uproszczenie, że w danym okresie prognozy procentowe zmiany przeciętnych wielkości zasobności na 1 ha w poszczególnych klasach i podklasach wieku (po przesunięciu powierzchni) są procentowo takie same. Z uwagi na zróżnicowanie przeciętnej zasobności na 1 ha w klasach i podklasach wieku także bieżący przyrost miąższości (w powiązaniu z planowaną wielkością użytkowania rębego i przedrębego) jest zróżnicowany

Tabela 5.

Prognoza kształtowania się stanu zasobów drzewnych (W – wiek [lata], V – zasobność [m^3/ha]), możliwości użytkowania głównego grubizny brutto (R – rębne, PR – przedrębne, Σ – razem [$m^3/ha/10$ lat]) oraz intensywności użytkowania w stosunku do zasobów (Izas [%]) i przyrostu (Iprz [%]) w perspektywie 30 lat
Forecast of wood resources (W – age [years], V – growing stock [m^3/ha]), main use possibilities (R – final, PR – intermediate, Σ – total [$m^3/ha/10$ lat]) and usage intensity in relation to the wood resources (Izas [%]) or increment (Iprz [%]) in the perspective of 30 years

Rok i okres prognozy Year and period of the forecast	W	V	R	PR	Σ	Izas	Iprz
Nadleśnictwo Płaska							
2015 (2015-2024)	67,7	295,6	35,71	30,34	66,05	2,23	80
2025 (2025-2034)	68,0	312,6	40,88	28,47	69,35	2,22	84
2035 (2035-2044)	66,8	325,8	47,84	29,30	77,14	2,37	93
2045	65,0	331,3					
Nadleśnictwo Brzesko							
2014 (2014-2023)	73,2	334,0	42,19	32,46	74,65	2,24	79
2024 (2024-2033)	73,3	354,3	44,45	32,23	76,68	2,16	82
2034 (2034-2043)	73,9	372,9	48,96	31,92	80,88	2,17	86
2044	74,2	386,7					
Nadleśnictwo Marcule							
2015 (2015-2024)	60,4	249,0	44,92	26,38	71,30	2,86	84
2025 (2025-2034)	58,1	262,7	44,64	27,96	72,60	2,76	85
2035 (2035-2044)	59,0	275,4	51,53	28,68	80,21	2,91	94
2045	58,5	280,1					

między klasami wieku. Kwestią nadrzędną jest jednak zachowanie oszacowanej wielkości przyrostu dla całego obiektu.

Prezentowanie prognozowanych zmian stanu lasu oraz możliwości pozyskania drewna w użytkowaniu rębnym i przedrębnym, wraz ze zmieniającą się w okresie prognozy strukturą powierzchni i miąższości drzewostanów na konkretnym obszarze leśnym, przy określonych wskaźnikach intensywności użytkowania rębego i przedrębego w poszczególnych klasach wieku ma duże znaczenie praktyczne – zarówno w odniesieniu do lasów w skali regionalnej i krajowej, jak również do lasów poszczególnych nadleśnictw (ewentualnie innych obszarów leśnych).

Kluczowym elementem z punktu widzenia prognozowania jest określenie wskaźników intensywności użytkowania w odniesieniu do miąższości. Wskaźniki te obliczane są indywidualnie dla każdego z analizowanych obiektów, gdyż bezpośrednio wynikają z zapisów planu/planów urządzenia lasu. Istotne jest również, że są one obliczane oddzielnie dla użytkowania rębego i przedrębego. Dopiero po wstępnym obliczeniu wskaźników na podstawie zapisów w planach urządzenia lasu wskaźniki zaplanowanego użytkowania rębego i przedrębego wyrównuje się do wysokości zaplanowanego użytkowania w poszczególnych obiektach (w ten sposób powstają wyrównane wskaźniki użytkowania na 10 lat). Indywidualizacja wskaźników dla każdego obiektu powoduje, że odzwierciedlają one aktualny (w momencie rozpoczynania prognozy) sposób gospodarowania w lokalnych warunkach.

Prezentacja planowanego rozmiaru pozyskania na tle zmieniającej się struktury powierzchni i zapasu drzewostanów przy określonej intensywności użytkowania pozwala spojrzeć na planowane zadania w dłuższej perspektywie czasowej. Wykorzystanie takich prognoz w planowaniu urządzeniowym może przyczynić się także do szerszej analizy pożądanego kierunku rozwoju zasobów drzewnych. Rozwijanie metod prognozowania pomoże też przy weryfikacji samych wskaźników intensywności użytkowania.

Wdrożenie takich rozwiązań umożliwi w przyszłości sprawniejsze sporządzanie wariantowych prognoz rozwoju zasobów drzewnych oraz możliwości użytkowania głównego. Łatwiejsze będzie wówczas:

- a) uwzględnianie w prognozach zmian sposobów prowadzenia gospodarki leśnej, m.in. przez różnicowanie wskaźników intensywności użytkowania rębego i przedrębego w kolejnych okresach prognozy;
- b) przeprowadzanie pełniejszych analiz w zakresie szacowania kosztów alternatywnych związanych w szczególności z ograniczeniem użytkowania głównego (np. w związku z realizacją ochrony przyrody w lasach czy dodatkowych wymogów wynikających z certyfikacji gospodarki leśnej).

Podsumowanie

Dane z opisanych prognoz, np. w skali regionalnej czy całych Lasów Państwowych, będą przydatne w kształtowaniu polityki leśnej państwa, natomiast prognozy sporządzane dla mniejszych obszarów leśnych, w szczególności dla nadleśnictw – mogą być przydatne przy ustalaniu pożądanego kierunku rozwoju zasobów leśnych, a tym samym także do pełniejszego uzasadnienia przyjmowanych etatów na etapie planowania urzędzeniowego.

Przedstawiona metodyka prognozy rozwoju zasobów leśnych może być w przyszłości wykorzystywana również do opracowywania (dla różnych obszarów leśnych) wariantowych prognoz rozwoju zasobów drzewnych oraz możliwości użytkowania głównego, w szczególności poprzez różnicowanie wyjściowych wskaźników intensywności użytkowania rębego i przedrębego w powiązaniu:

- a) z ograniczeniami w prowadzeniu gospodarki leśnej wynikającymi z pełnienia przez las różnych funkcji (w tym także funkcji ochrony przyrody), a także wymogów certyfikacji gospodarki leśnej;
- b) z założonymi zmianami sposobów prowadzenia gospodarki leśnej (np. zmianą struktury stosowanych rębni, długości okresów odnowienia, a dodatkowo ze zmianami wielkości spodziewanego bieżącego przyrostu miąższości).

Dalszy rozwój zaprezentowanej metodyki prognozowania rozwoju zasobów drzewnych powinien również uwzględniać możliwość różnicowania wskaźników użytkowania rębego i przedrębego w kolejnych okresach prognozy.

Różnicowanie zarówno wyjściowych wskaźników intensywności użytkowania rębego i przedrębego, jak również ich zmiany w kolejnych okresach prognozy, w powiązaniu z wprowadzaniem, względnie z zaniechaniem określonych działań gospodarczych, może być wykorzystywane do szacowania kosztów alternatywnych w konkretnych obszarach leśnych (np. związanych z ograniczeniami w gospodarce leśnej wynikającymi z ochrony przyrody w lasach, certyfikacji czy innych względów).

Wydaje się, że prognozy przeprowadzane na 2-3 dziesięciolecia pozwolą lepiej uzasadnić przyjmowane etaty użytkowania rębego na etapie prac urzędzeniowych, szczególnie w aspekcie spodziewanego w następnych dziesięcioleciach stanu lasu przy przyjętym sposobie gospodarowania.

Celowe jest rozwijanie sposobów przeprowadzania prognoz – przy wykorzystaniu m.in. sposobów prognozowania przyjętych w Banku Danych o Lasach, przy jednoczesnej weryfikacji wysokości wskaźników wielkości spodziewanego bieżącego przyrostu miąższości.

Literatura

- Banaś J. 1996. Prognozowanie rozmiaru użytkowania rębego w przerębowo-zrębowym sposobie zagospodarowania. *Sylvan* 140 (12): 41-46.

- Bruchwald A., Dmyterko E. 2011. Zastosowanie modeli ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny zagrożenia lasów nadleśnictwa. *Sylvan* 155 (7): 459-471. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2011035>.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2012a. Ryzyko powstawania szkód w drzewostanach poszczególnych nadleśnictw Polski. *Sylvan* 156 (1): 19-27. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2011054>.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2012b. Zagrożenie lasu przez wiatr na przykładzie nadleśnictwa Puszczy Białowieskiej. *Sylvan* 156 (10): 750-764. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2012010>.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2014. Nowy wariant modelu ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr. *Sylvan* 158 (8): 571-578. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2013116>.
- Dawidziuk J. 2012. Stan obecny zasobów leśnych oraz prognozy ich rozwoju i użytkowania. W: IV Sesja Zimowej Szkoły Leśnej przy IBL. Przyrodnicze i gospodarcze aspekty produkcji oraz wykorzystania drewna – stan obecny i prognoza. Sękocin Stary, 20-22 marca 2012 r. Instytut Badawczy Leśnictwa. 104-117.
- Dawidziuk J., Zajączkowski S. 2012. Stan i perspektywy rozwoju zasobów leśnych do 2030 r. Polskie Towarzystwo Leśne, Spała. 41-56.
- Dawidziuk J., Zajączkowski S. 2015. Rozwój, struktura i możliwości zwiększonego użytkowania zasobów leśnych w Polsce w perspektywie roku 2080. W: Kaliszewski A., Rykowski K. [red.]. Materiały piątego panelu ekspertów „Rozwój”. Lasy i gospodarka leśna jako instrumenty ekonomicznego i społecznego rozwoju kraju. Sękocin Stary, 17 września 2014 roku. Instytut Badawczy Leśnictwa. 262-279.
- Dmyterko E., Mionskowski M., Bruchwald A. 2015. Zagrożenie lasów Polski na podstawie modelu ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr. *Sylvan* 159 (5): 361-371. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2014132>.
- Głaz J. 1997. Metodyka prognozy rozwoju zasobów drzewnych. *Prace Inst. Bad. Leś.* A 813: 45-69.
- Instrukcja urządzania lasu. 2012. Część 1. Instrukcja sporządzania planu urządzania lasu dla nadleśnictwa. CILP, Warszawa.
- Kłoczek A., Borkowski S. 1990a. Las celowy – nowa idea w leśnictwie. *Las Polski* 20:14-15.
- Kłoczek A., Borkowski S. 1990b. Las celowy – nowa idea w leśnictwie. *Las Polski* 22: 6-7.
- Kłoczek A., Oesten G. 1992. Macierzowe ujęcie rozwoju lasu. *Prace Inst. Bad. Leś.* A 738 (745): 3-32.
- Miś R. 1984. Regulacja etatu cięć użytków rębnych przy zastosowaniu funkcji korzyści. *Sylvan* 128 (5): 23-31.
- Miś R. 1989. Regulacja produkcji drewna w ekosystemach leśnych. *Sylvan* 133 (8): 7-21.
- Miścicki S., Gazda A. 2016. Prognoza zmian składu gatunkowego drzewostanów Białowieskiego Parku Narodowego. *Sylvan* 160 (4): 309-319. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2015106>.
- Poznański R. 1973. Las jako układ i macierz prawdopodobieństwa przejść. *Sylvan* 117 (5): 29-38.
- Poznański R. 1982. Formy rozumowania logicznego a typy prognoz w gospodarstwie leśnym. *Sylvan* 126 (5): 11-17.
- Poznański R. 1990. Ocena intensywności procesów przeżycia i wyrębu drzew i drzewostanów w lasach okręgów przemysłowych. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa.
- Poznański R., Rutkowski B. 1987. Prognozowanie, programowanie i planowanie w świetle nowej definicji urządzania lasu. *Sylvan* 131 (2): 47-53.
- Tablice wydajności cięć pielęgnacyjnych. 1975. IBL, Warszawa.
- Trampler T. 1971. Prognoza rozwoju zasobów drzewnych i możliwości ich użytkowania do 2000 roku. Część II. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa.
- Trampler T. 1977. Prognoza rozwoju zasobów drzewnych i możliwości ich użytkowania w lasach przedsiębiorstw Lasy Państwowe do 2010 roku. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa.