

RYSZARD POZNAŃSKI

**Przeżywanie i śmiertelność drzew
jako podstawa prognozy
rozmiaru użytkowania w przerębowym
sposobie zagospodarowania lasu**

Жизнеспособность и смертность деревьев как основание прогноза размеров лесопользования в выборочном хозяйстве

Survival and mortality of trees as base for prevision of the utilization volume in selection system

I. WSTĘP

Podstawową zasadą prognozowania rozmiaru użytkowania w przerębowym sposobie zagospodarowania lasu jest zapewnienie maksymalizacji przyrostu przy równoczesnym utrzymaniu lub poprawie struktury lasu (4). W praktyce zasada ta realizowana jest w ten sposób, że za podstawę decyzji o prognozowanym użytkowaniu przyjmuje się wielkość bieżącego przyrostu miąższości, jaki dokonał się w ubiegłym okresie gospodarczym, a którego ramy wyznaczone są przez przyrost całkowitej produkcji (tzw. przyrost z dorostem) jako wartość górną, oraz przyrost rzeczywisty (tzw. przyrost bez dorostu) jako wartość dolną (2). Na wielkość prognozowanego użytkowania wpływa ponadto zmienne na ogół zapotrzebowanie społeczne na ilość i strukturę pożądaných sortymentów drzewnych (3).

Ostateczną decyzję o wielkości użytkowania podejmuje leśnik-hodowca, który — uwzględniając przyrost oraz potrzeby społeczne — wyznacza cięcia w taki sposób, aby zasada utrzymania lub poprawy wewnętrznej struktury lasu przerębowego została trwale zachowana (4, 5).

Złożoność procesu prognozowania w przerębowym sposobie zagospodarowania uniemożliwia podejmowanie decyzji obiektywnych. Istnieje więc problem wskaźnikowego ujęcia kompleksu składników decyzji prognostycznych.

Celem poznawczym niniejszej pracy jest zbadanie i ujęcie w numeryczne wskaźniki zjawiska śmiertelności i przeżywania drzew w lesie

przerębowym oraz wykrycie na tej podstawie obiektywnych prawidłowości realizowanych cięć pielęgnacyjnych. Celem praktycznym jest natomiast wykorzystanie stwierdzonych prawidłowości do opracowania metody prognozowania użytkowania dla wszystkich lasów o strukturze przerębowej.

2. OBIEKT I MATERIAŁ BADAWCZY

Badaniami objęto jeden zwarty kompleks lasów gminy Les Verrières w Szwajcarii o obszarze ok. 277 ha, położonych na Jurze Neuenburskiej, na wysokości 1030—1180 m n.p.m. Są to lasy bukowo-jodłowo-świerkowe o strukturze przerębowej, składające się z 24 jednostek kontrolnych o kolejnych numerach: 1, 2, 3, ... 24. Lasy Les Verrières zostały po raz pierwszy urządzone przez H. Biolleya w 1893 r. według klasycznej metody kontroli. Pomiary inwentaryzacyjne kontynuowane są do chwili obecnej w nie zmienionej formie.

Materiał badawczy stanowią wyniki obliczeń, jakie otrzymano z 7 kontrolnych pomiarów, wykonanych w latach 1893—1944. Uzyskane dane dotyczyły rozłożonych na 5-centymetrowe stopnie grubości, wielkości zapasu i liczby drzew na początku i na końcu okresów kontrolnych oraz wartości rzeczywistego przyrostu i użytkowania w tych okresach. Miąższość wyrażono w sylwach.

Niniejszą pracę wykonano na materiałach badawczych udostępnionych do opublikowania w Polsce przez prof. dr. hab. Alfreda Kurta z Federalnej Politechniki (ETH) w Zurychu.

3. METODYKA BADAŃ

Procesy rozwojowe lasu przerębowego charakteryzują się tym, że w ciągu dowolnego okresu (np. okresu gospodarczego) drzewa w określonych stopniach grubości albo przeżywają do końca tego okresu, albo podlegają wyrębowi. Stopień przeżywania i śmiertelności drzew wyrazić można przy pomocy odpowiednich współczynników (1, 5). Współczynniki śmiertelności (q_j) są ułamkami zawartymi od 0 do 1, które wskazują na tę część drzew zinwentaryzowanych na początku okresu kontrolnego, która została usunięta cięciami pielęgnacyjnymi w ciągu tego okresu. Współczynniki przeżycia ($1 - q_j$) są ułamkami dopełniającymi do jedności współczynniki śmiertelności i wskazują na tę część początkowej liczby drzew, która nie została objęta cięciami pielęgnacyjnymi i pozostaje przy życiu do końca okresu kontrolnego.

W niniejszej pracy współczynniki śmiertelności obliczono z ilorazu liczby drzew usuniętych cięciami pielęgnacyjnymi w stopniach grubości o nr. „j” i całkowitej liczby drzew w poszczególnych stopniach grubości

zinwentaryzowanych na początku okresu kontrolnego. W podany sposób obliczono współczynniki śmiertelności dla 24 przyjętych do badań jednostek kontrolnych w 7 terminach kontrolnych. Stanowiły one z kolei podstawę do obliczenia średniego dla jednostki kontrolnej rozkładu współczynników śmiertelności i ich odchyłeń standardowych. Umożliwiło to ustalenie przedziału, w którym z prawdopodobieństwem 0,682 mieściła się większość cięć pielęgnacyjnych wykonanych w latach 1893—1944. Wartość interpretacyjna współczynników śmiertelności jest przy tym taka sama dla liczby drzew jak i zapasu, z uwagi na zastosowanie do obliczeń miąższości jednakowej taryfy we wszystkich okresach kontrolnych.

4. ANALIZA I WYNIKI BADAŃ

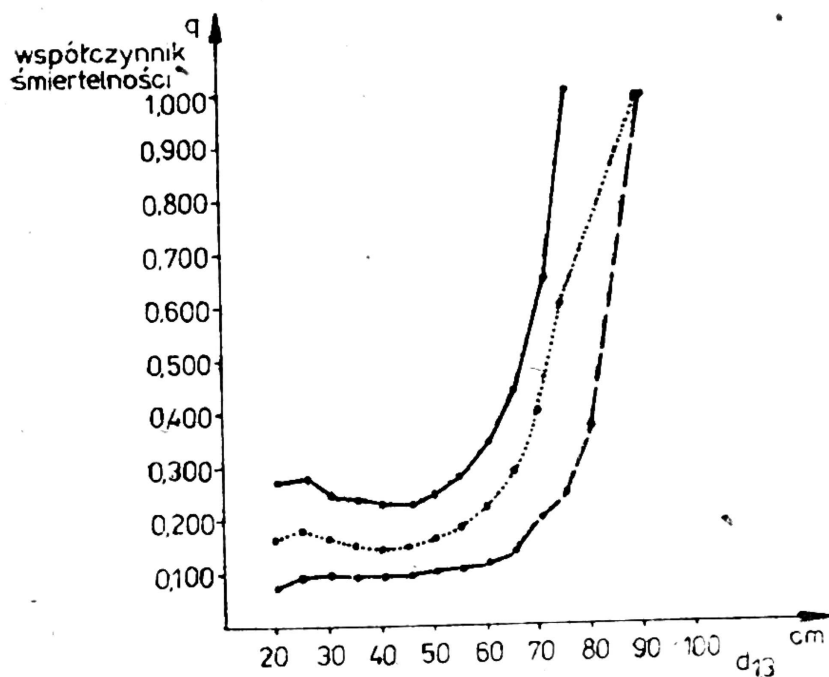
Zmiany wewnętrznej struktury lasu przerębowego Les Verrières, zredukowane do zmian liczby drzew i miąższości w stopniach grubości, przedstawiono przy pomocy macierzy prawdopodobieństwa przejść (tab. 1). W pierwszym wierszu macierzy podano elementy stanu początkowego wyrażone przez średnie wielkości współczynników śmiertelności, a w kolumnach macierzy elementy stanu końcowego wyrażone przez średnie wielkości współczynników przeżycia. Strzałka w lewym górnym rogu wskazuje na kierunek przejść jednego stanu w drugi w ciągu 8-letniego okresu gospodarczego. W pozostałych kratkach macierzy podano prawdopodobieństwa przejść pomiędzy poszczególnymi elementami stanu początkowego i końcowego, przy czym zera występują tam gdzie przejścia nie ma.

W przedstawionej macierzy możliwe są dwa rodzaje przejść. W pierwszym przypadku drzewa (ich liczba i miąższość) przeżywają i pozostają w tym samym stopniu grubości albo przechodzą do następnego, tj. wyższego o 5 cm. W drugim przypadku, w wyniku przeprowadzonych cięć pielęgnacyjnych, drzewa (ich liczba i miąższość) przechodzą do stopni grubości najniższych, tj. poniżej progu pierśnicowego (17,5 cm).

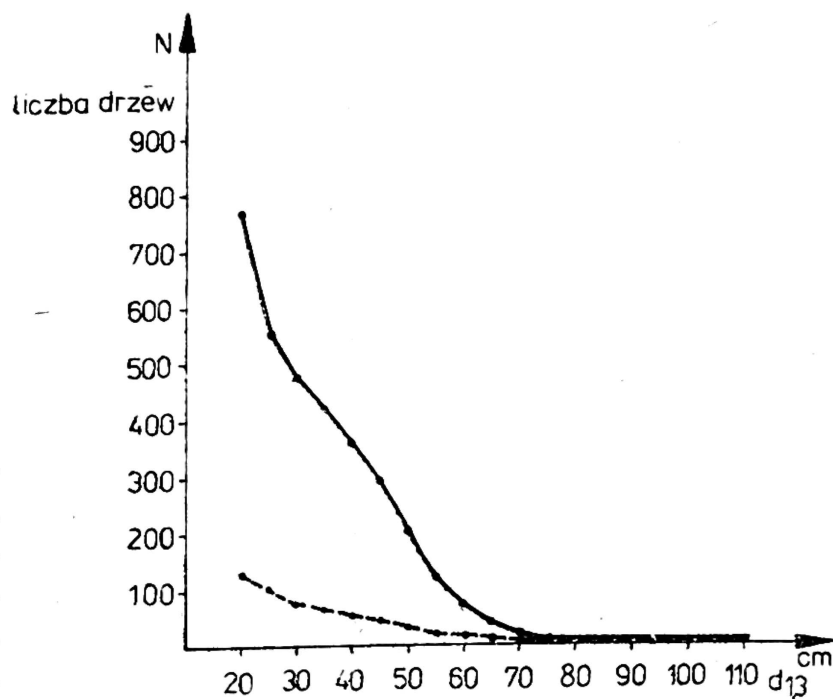
Z przedstawionej macierzy wynika, że prawdopodobieństwo przeżycia jest najwyższe dla drzew w najniższych i średnich stopniach grubości, a najniższe dla drzew w stopniach grubości najwyższych. W szczególności w przedziale pierśnic od 20 do 55 cm przeżywa od 81 do 85% wszystkich drzew, co oznacza, że w najniższych i średnich przedziałach pierśnic przeznaczają się do wyrębu mniej niż 20% wszystkich drzew. Natomiast w stopniach grubości powyżej 55 cm prawdopodobieństwo przeżycia drzew zmniejsza się z 78 do 0% w stopniach grubości 90 cm i wyżej. Ilustrację tego zjawiska przedstawiono na ryc. 1 w postaci 3 krzywych współczynników śmiertelności, które razem obejmują przedział,

w którym z prawdopodobieństwem 0,682 mieściła się większość zrealizowanych cięć pielęgnacyjnych.

Stwierdzone prawidłowości w przeżywaniu i w śmiertelności drzew w lesie przerębowym mają wyraźnie charakter obiektywnego prawa biologicznego.

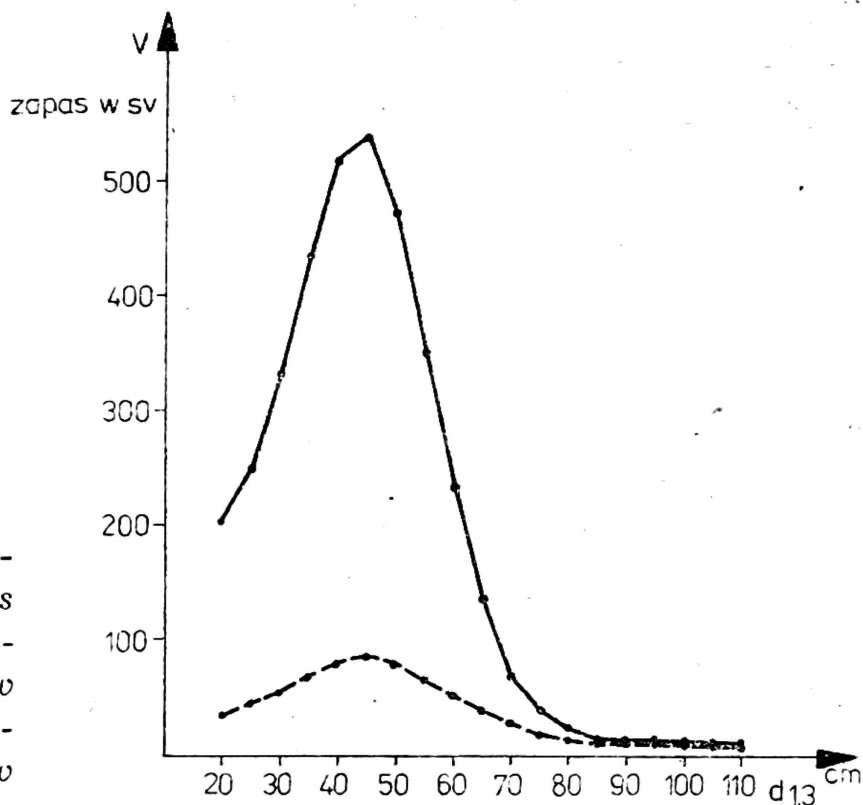


Ryc. 1. Rozkład współczynników śmiertelności w lesie przerębowym Les Verrières: ——— maksymalny, - - - - - minimalny, średni



Ryc. 2. Przeciętne rozkłady liczby drzew w lesie przerębowym Les Verrières: ——— zarejestrowanych na początku okresów gospodarczych, - - - - - usuniętych cięciami pielęgnacyjnymi w ciągu okresów

Ryc. 3. Przeciętne rozkłady zapasu w lesie przerębowym Les Verrières: — zarejestrowanego na początku okresów gospodarczych, - - - - - usuniętych cięciami pielęgnacyjnymi w ciągu okresów



Oprócz tych prawidłowości o charakterze biologicznym, przy realizacji cięć w lesie przerębowym les Verrières można zauważyć dość wyraźne prawidłowości hodowlano-gospodarcze. Wyrażają się one przez wprost idealne podobieństwo rozkładu cięć w stopniach grubości do rozkładu liczby drzew i zapasu, jakie zarejestrowano na początku okresu gospodarczego. Ilustrują to zjawisko ryciny 2 i 3, z których wynika, że proporcjonalnie do zmiany liczby drzew i zapasu w stopniach grubości zmienia się miąższość i liczba drzew usuniętych w cięciach pielęgnacyjnych.

Powyższe stwierdzenia na temat sposobu realizacji cięć pielęgnacyjnych w lesie przerębowym świadczą o dobrej znajomości biologicznej prawidłowości i odpowiednim jej wykorzystaniu przez leśnika-hodowcę. W przypadku bowiem żywego organizmu prawdopodobieństwo jego przeżycia jest zmienne, tj. na ogół wysokie w młodym i średnim wieku i wiele niższe w wieku starszym.

5. ZASADY PROGNOZOWANIA METODĄ WSPÓŁCZYNNIKÓW ŚMIERTELNOŚCI

Ujawnione wyżej prawidłowości biologiczne i hodowlano-gospodarcze w strukturze i w wielkości realizowanych cięć pielęgnacyjnych można wykorzystać praktycznie do celów prognozowania w sposób następujący. Prognozowaną wielkość zapasu (P_v) i liczby drzew (P_N) można obliczyć według wzorów:

$$P_v = \sum_{j=1}^k v_j q_j \quad (1)$$

$$P_N = \sum_{j=1}^k N_j q_j \quad (2)$$

gdzie: j oznacza numer stopnia grubości ($1 \leq j \leq k$), V_j — wielkość zapasu na początku prognozowanego okresu w stopniu grubości o numerze j , N_j — liczbę drzew na początku prognozowanego okresu w stopniu grubości o numerze j , q_j — ustaloną empirycznie wielkość współczynnika śmiertelności w stopniu grubości o numerze j .

W przedstawionych wzorach współczynniki śmiertelności (q_j) są stałymi elementami prognozy, natomiast zapas (V_j) i liczba drzew (N_j) są elementami zmieniającymi się odpowiednio do wyników kolejnych pomiarów inwentaryzacyjnych. W zależności od przyjętego rozkładu współczynników śmiertelności skonstruować można trzy warianty prognozy: minimalną, maksymalną i średnią.

6. PRZYKŁAD PROGNOZY

Trójwariantową prognozę użytkowania sporządzono na najbliższy okres gospodarczy (8 lat) dla losowo wybranej jednostki kontrolnej (nr 5) lasu przerębowego Les Verrières.

Wyniki prognozy przedstawiono w tab. 2, a przewidywany wpływ trzech wariantów prognozy na wielkość akumulacji liczby drzew, zapasu i przyrostu — w tab. 3.

Z zestawionych w tabelach danych wynika, że przyjmując do realizacji maksymalny wariant prognozy przewiduje się akumulację w wielkości 21% początkowej liczby drzew i 14% zapasu początkowego. W przypadku przyjęcia minimalnego wariantu prognozy akumulacja wyniesie odpowiednio 38% i 34%. Przy średnim wariantcie prognozy przewiduje się akumulację 29% początkowej liczby drzew i 24% zapasu początkowego.

Przyjęcie do realizacji 3 wariantów prognozy spowoduje określone zmiany w przyroście. Przyjmując bowiem do realizacji maksymalny wariant prognozy spodziewać się można, że pozyska się cięciami pielęgnacyjnymi ok. 55% przewidywanego przyrostu liczby drzew i ok. 68% przyrostu miąższości. W przypadku minimalnego wariantu prognozy przewiduje się pozyskać odpowiednio 20% przyrostu liczby drzew i 25% przyrostu miąższości. W przypadku średniego wariantu prognozy spodziewać się można, że do wyřębu przeznaczony się 37% przyrostu liczby drzew i 46% przyrostu miąższości.

Strukturę prognozowanych cięć przedstawiono na tle rozkładu początkowej liczby drzew (ryc. 4) oraz początkowego zapasu (ryc. 5). Z tych

Przykład trójwariantowej prognozy użytkowania
metodą współczynników śmiertelności dla jednostki kontrolnej nr 5
lasu przerębowego Les Verrières
(dla 8-letniego okresu prognozowania)

Piersnica w cm	Stan na początku okresu gospodarczego			Współczynniki śmiertelności				Warianty prognozy użytkowania					
	Liczba drzew	Zapasy	Vp	maks.	min.	średnie	Liczba drzew			Zapasy			
							maks.	min.	średnia	maks.	min.	średn.	
d _{1,3}	Np			q maks.	q min.	q średn.	Un maks.	Un min.	Un średni	Uv maks.	Uv min.	Uv średn.	
20	911	246		0,261	0,075	0,168	238	68	153	64	18	41	
25	461	207		0,264	0,096	0,180	122	44	83	55	20	37	
30	341	235		0,232	0,098	0,165	79	33	56	54	23	39	
35	268	273		0,228	0,094	0,161	61	25	43	62	26	44	
40	276	395		0,212	0,098	0,155	58	27	43	84	39	62	
45	271	515		0,217	0,099	0,158	59	27	43	112	51	81	
50	232	561		0,238	0,102	0,170	55	24	39	133	57	95	
55	169	505		0,275	0,103	0,189	46	17	32	139	52	95	
60	125	450		0,337	0,113	0,225	42	14	28	151	51	101	
65	81	345		0,433	0,129	0,281	35	10	23	149	44	97	
70	34	168		0,629	0,195	0,412	21	7	14	105	33	69	
75	12	68		0,735	0,279	0,507	9	3	6	50	19	34	
80	9	58		0,987	0,233	0,610	9	2	5	57	13	35	
85	2	14		1,000	0,359	0,735	2	1	1	14	5	10	
Razem	3192	4040		—	—	—	836	302	569	1229	451	840	

**Wyniki porównania trzech wariantów prognozy z przyrostem
oraz przewidywane zmiany liczby drzew, zapasu i przyrostu
dla jednostki kontrolnej nr 5 lasu przerębowego
Les Verrières (dla 8-letniego okresu prognozowania)**

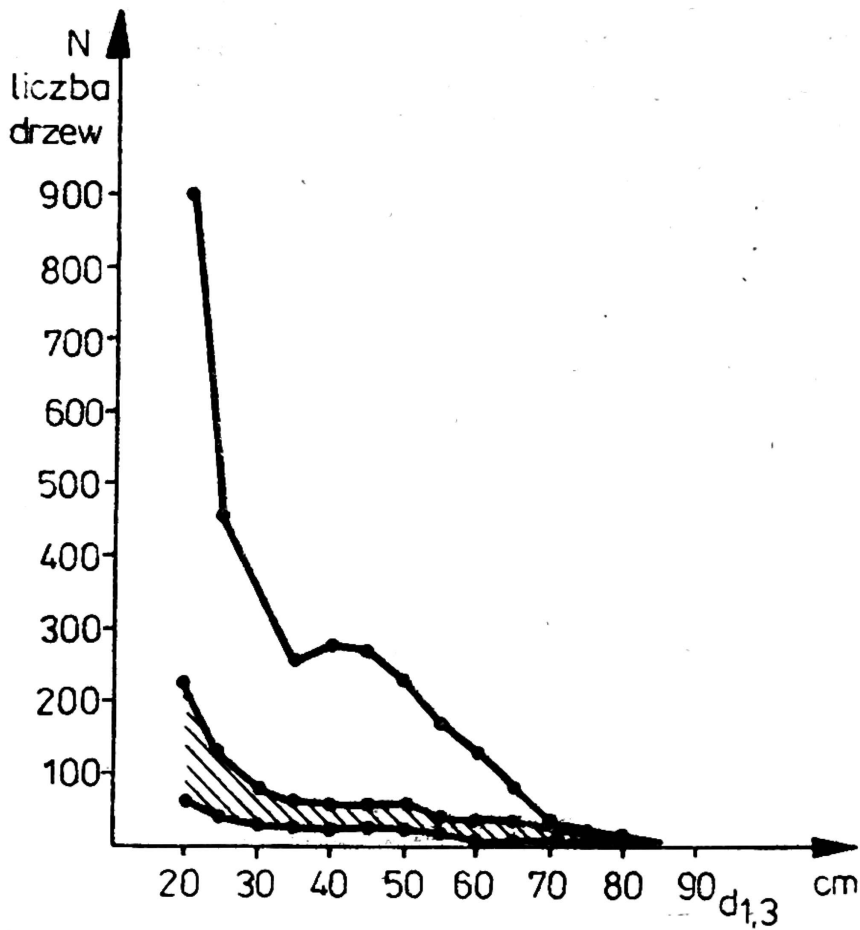
Lp.	Treść	Liczba drzew	Zapas
1	Stan na początku okresu gospodarczego	3192	4040
2	Bieżący przyrost	1508	1810
3	Warianty prognozowanego użytkowania:		
	— średni	569	840
	— maksymalny	836	1229
	— minimalny	302	451
4	Przewidywany stan na koniec okresu prognozowania dla wariantu prognozy:		
	— średniego	4141	5010
	— maksymalnego	3864	4621
	— minimalnego	4398	5399
5	Przewidywane zmiany na koniec okresu prognozowanego w wielkościach bezwzględnych i w procentach dla wariantu prognozy:		
	— średniego	939 (29 ⁰ / ₀)	970 (24 ⁰ / ₀)
	— maksymalnego	672 (21 ⁰ / ₀)	581 (14 ⁰ / ₀)
	— minimalnego	1206 (38 ⁰ / ₀)	1359 (34 ⁰ / ₀)
6	Przewidywane zmiany na koniec okresu prognozowanego w procentach przyrostu dla wariantu prognozy:		
	— średniego	37 ⁰ / ₀	46 ⁰ / ₀
	— maksymalnego	55 ⁰ / ₀	68 ⁰ / ₀
	— minimalnego	20 ⁰ / ₀	25 ⁰ / ₀

rycin wynika, że krzywe wyznaczające pole trójwariantowej prognozy liczby drzew i zapasu są podobne kształtem do krzywych rozkładu liczby drzew i zapasu zinwentaryzowanych na początku okresu gospodarczego.

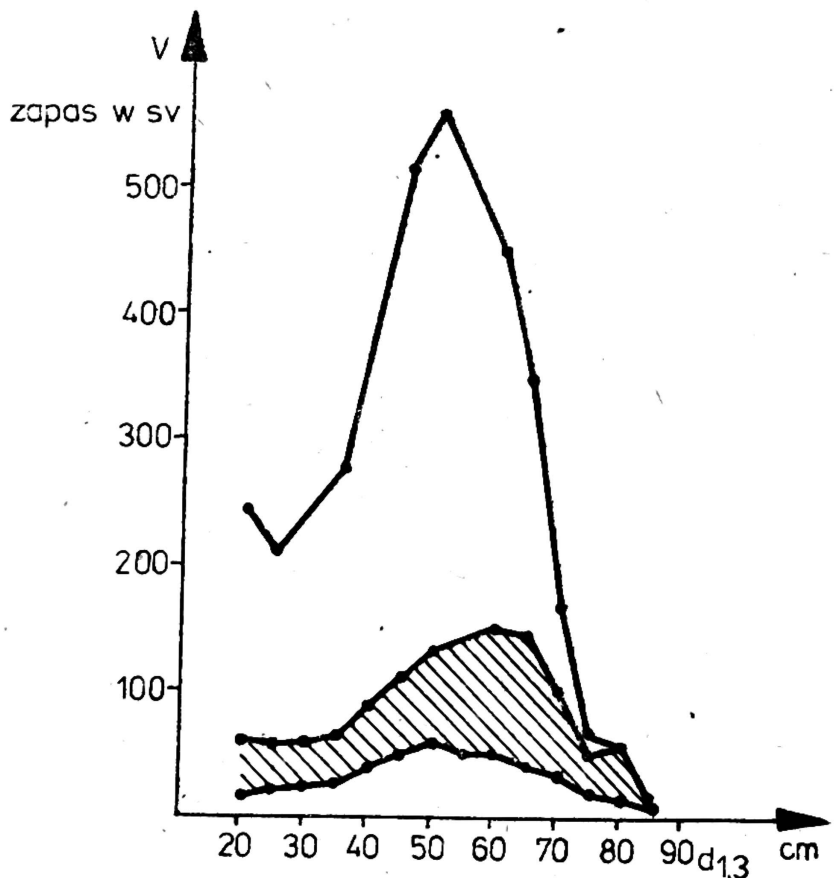
7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W pracy zbadano i ujęto w numeryczne wskaźniki zjawiska śmiertelności i przeżywania drzew, jakie zaszły w ciągu dziesiątków lat działalności gospodarczej w lesie przerębowym Les Verrières. Stwierdzono przy tym obiektywne prawidłowości o charakterze biologicznym w przeżywaniu drzew i hodowlano-gospodarcze przy realizacji cięć pielęgnacyjnych.

Stwierdzone prawidłowości posłużyły do opracowania trójwariantowej metody prognozowania użytkowania dla lasów o strukturze przerę-



Ryc. 4. Krzywe porównawcze dla jednostki kontrolnej nr 5 lasu przerębowego Les Verrières: — rozkładu liczby drzew zarejestrowanych na początku okresu gospodarczego, *////* rozkładu wyznaczającego pole przedziału ekstremalnych prognoz liczby drzew



Ryc. 5. Krzywe porównawcze dla jednostki kontrolnej nr 5 lasu przerębowego Les Verrières: — rozkładu zapasu zarejestrowanego na początku okresu gospodarczego, *////* rozkładu wyznaczającego pole ekstremalnych prognoz zapasu

bowej. Wykonano przykład takiej prognozy dla losowo wybranej jednostki kontrolnej lasu przerębowego Les Verrières. Wyniki prognozy wykazują, że bez względu na przyjęty wariant prognozy dokona się akumulacja liczby drzew i zapasu, przy czym struktura grubościowa przewidywanych cięć będzie zgodna ze strukturą lasu przerębowego pod względem liczby drzew i zapasu.

Z uwagi na obiektywny charakter wskaźników przeżywania i śmiertelności proponowana metoda prognozowania może znaleźć zastosowanie we wszystkich lasach przerębowych, a więc i w Polsce.

Z Instytutu Ekonomiki Leśnictwa
i Organizacji Gospodarstwa Leśnego
Akademii Rolniczej im. Hugona Kołłątaja
w Krakowie

LITERATURA

1. Poznański R.: Las jako układ i macierz prawdopodobieństwa przejść. Sylwan 1973 R. 117 nr 5.
2. Rutkowski B.: Problemy inwentaryzacji i regulacji w gospodarstwie leśnym. Skrypt. W. 2. Kraków: AR 1972.
3. Rutkowski B.: Regulacja rozmiaru użytkowania rębego w zrębowym sposobie zagospodarowania w świetle teorii i badań. Zesz. Nauk. WSR Krak., Rozpr. 1969 nr 13.
4. Trepp W.: Der Plenterwald. HESPA Mitt. 1974 Nr. 66.
5. Weidemann A.: Eignung verschiedener Massargumente und Berechnungsmethoden für die Erfassung von Zustand und Zustandsänderung von Bestockungen. Mitt. EAFV Birmensdorf 1961 Nr. 37.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 4 sierpnia 1980 r.

Краткое содержание

В работе исследованы и охвачены численными показателями смертности и жизнеспособности деревьев, какие произошли в течение десятков лет хозяйственной деятельности и системе выборочного хозяйства в Швейцарии. Констатировано при этом объективные закономерности биологического характера в жизнеспособности деревьев и лесоводческо-хозяйственные при реализации рубок ухода. Констатированные закономерности послужили для разработки трехвариантного метода прогнозирования лесопользования в структуре выборочных рубок. Разработан пример такого прогноза для выбранной по жеребьевке контрольной единицы выборочного леса *Les Verrières*. Результаты прогноза показывают то, что независимо от принятого варианта прогноза произойдет аккумуляция количества деревьев и запаса, причем структура толщины предусматриваемых рубок будет соответствовать структуре выборочного леса с точки зрения количества деревьев и запаса. Учитывая объективный характер показателей жизнеспособности и смертности, предлагаемый метод прогнозирования может найти применение во всех выборочных лесах, а следовательно и в Польше.

Summary

The phenomena of mortality and survival of trees that took place in the course of decades of economic activity in the forest Les Verrières in Switzerland, managed by selection system, were studied and put into numerical indices, in the paper. Objective regularities of biological character in the survival of trees and silvicultural regularities at performance of tending cuttings were stated. These regularities served for elaboration of a three-variant method of prevision of the utilization volume for forests managed by selection system. An example of such a prevision for a control unit, chosen by hazard, of the forest Les Verrières, managed by selection system is presented in the paper. The results of the prevision show that irrespectively of adopted variant of prevision, the accumulation of the number of trees and of the growing stock will take place and the diameter structure of expected cuttings will be in agreement with the structure of forest managed by selection system. Because of the objective character of the indices of survival and mortality, proposed method of prevision can be applied in all forests managed by selection system, thus also in Poland.