

CZESŁAW ŁOPUSKI

## Teoria ekologicznego wypełnienia przestrzeni i „równanie drzewostanu”

Теория экологического заполнения пространства и уравнение насаждения

Theory of Ecological Space Filling and Stand Equation

W artykule pt. „Czym jest w istocie „teoria ekologicznego wypełnienia przestrzeni” prof. Sucheckiego zamieszczonym w numerze 1/1961 r. „Sylwana” autor, prof. Bolesław Szymkiewicz poddał tę teorię bardzo ostrej krytyce.

Wystąpienie swoje prof. Szymkiewicz uzasadnił tym, że materiały dotyczące dyskusji w tej sprawie przeprowadzonej na zebraniu 29 listopada 1957 r. w Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie dotychczas nie zostały opublikowane i w ogóle ich publikacja jest wątpliwa. Co do tego ostatniego, to sądząc ze streszczenia dyskusji w artykule prof. Szymkiewicza, nie wątpię, że do publikacji tej dyskusji nie dojdzie ze względu na jej poziom.

Wbrew zarzutom prof. Szymkiewicza, znając poziom i sposób ujęcia tematu w pracach prof. Sucheckiego wiem, że autor daleki był od myśli podważania zasług naukowych profesorów Paczoskiego i Jedlińskiego. Przeciwnie prof. Suchecki jest kontynuatorem prac tych uczonych w mocno zaniedbanej u nas dziedzinie „nauki o lesie”. W nauce tej, jak w każdej nauce przyrodniczej, autorytetów nie ma i niejedne tezy były z czasem kwestionowane i poprawiane.

Pojęcie „ekologiczne wypełnienie przestrzeni przez las” nie wymaga bliższych wyjaśnień, gdyż jest tylko matematycznym wyrażeniem faktu, że każdy drzewostan swoją objętością wyrażoną w  $m^3$  (V), czyli miąższością strzał, gałęzi i liści wypełnia część przestrzeni (wyrażoną w procentach) nad powierzchnią dna lasu, sprowadzoną do 1 ha i do średniej wysokości drzewostanu.

Wprowadzenie natomiast tego pojęcia do nauki o lesie i użycie przestrzeni, jako ściśle określonej miary objętości drzewostanów i ich wzajemnego ustosunkowania jest oryginalną myślą prof. Sucheckiego i znajduje szerokie zastosowanie zarówno w ocenie sposobu zagospodarowania lasu (trzebieży), jak i po zastosowaniu kryterium wieku, w ocenie wydajności produkcyjnej siedliska i energii wzrostu drzewostanu.

W teorii ekologicznego wypełnienia, przestrzeń jest miarą ściśle określoną, ale zmienną, bo zwiększającą się w postępie arytmetycznym wraz ze wzrostem średniej wysokości drzewostanu.

Ze wzoru — ekologiczne wypełnienie przestrzeni  $E = \frac{V}{100 H}$  wynika wzór: objętość drzewostanu  $V = 100 E H$ .

Ponieważ objętość (miąższość) drzewostanu można wyrazić również wzorem  $V = G H F$ , więc  $G H F = 100 E H$ , czyli  $E = \frac{G F}{100}$ , przy tej samej wartości  $H$ . Co oznacza, że procentowe wypełnienie przestrzeni przez drzewostan wyrazić można przez:

1) iloraz miąższości drzewostanu w  $m^3$  przez stokrotną średnią wysokość drzewostanu w metrach,

2) przez iloczyn sumy powierzchni przekrojów na 1 ha, na wysokości piersi przez liczbę kształtu drzewostanu, dzielone przez 100, przy czym  $E$  jest wartością określoną, ale zmienną, zależną od średniej wysokości drzewostanu.

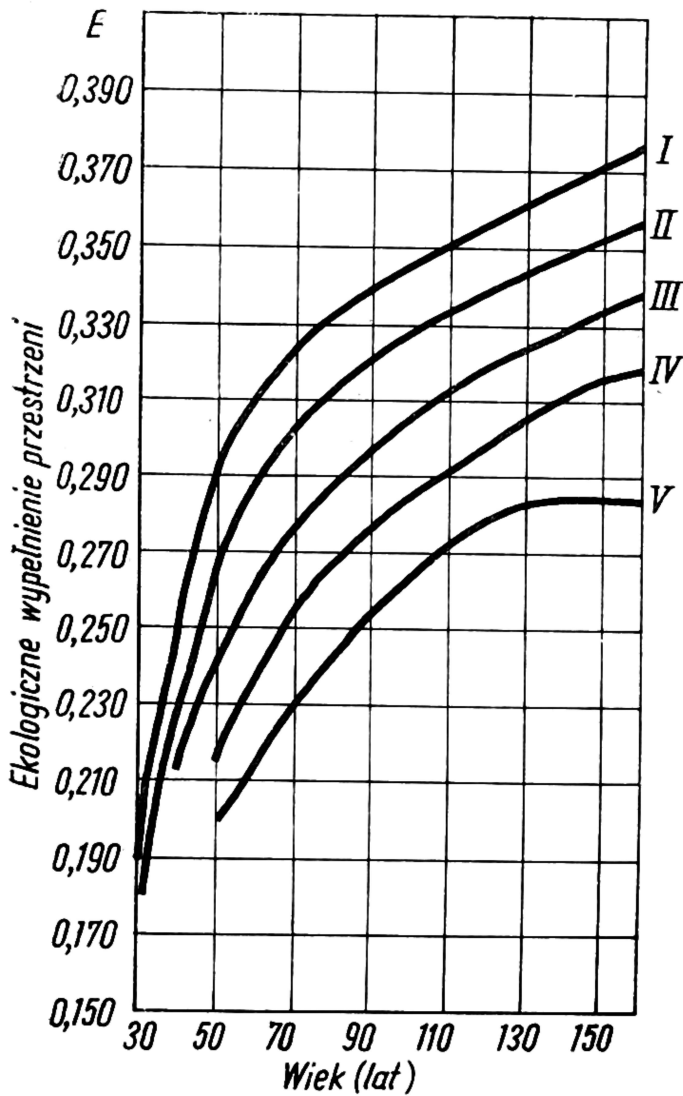
Przy pełnym zadrzewieniu i słabych zabiegach pielęgnacyjnych (trzebież A) w miarę wzrostu drzewostanu, ekologiczne wypełnienie przestrzeni zwiększa się, zależnie od gatunku drzew, wolniej (sosna) lub prędzej (świerk) do czasu, gdy drzewostan zacznie zbliżać się do maksymalnej wysokości średniej, którą na danym siedlisku może osiągnąć. Następuje wówczas okres, w którym ekologiczne wypełnienie przestrzeni (wciąż zwiększającej się choć w tempie zwolnionym) po osiągnięciu szczytu zaczyna opadać i to tym prędzej im gorsza jest bonitacja siedliska.

Drzewostan zawsze dąży do maksymalnego wypełnienia przestrzeni, właściwego dla danego wieku i siedliska. Stosując stale silniejsze zabiegi pielęgnacyjne (trzebieże) obniżamy sztucznie, za każdym razem, wypełnienie przestrzeni i pobudzamy drzewostan do zwiększenia swej objętości przez wypełnienie strzał i rozwój koron. Przebieg ekologicznego wypełnienia przestrzeni, poczynając od wieku rozpoczęcia trzebieży, zamiast wzrastać, ulega stałemu obniżeniu, ale jest to już tylko skutkiem celowej działalności człowieka, np. tab. Schwappacha 1908 r.: sosna.

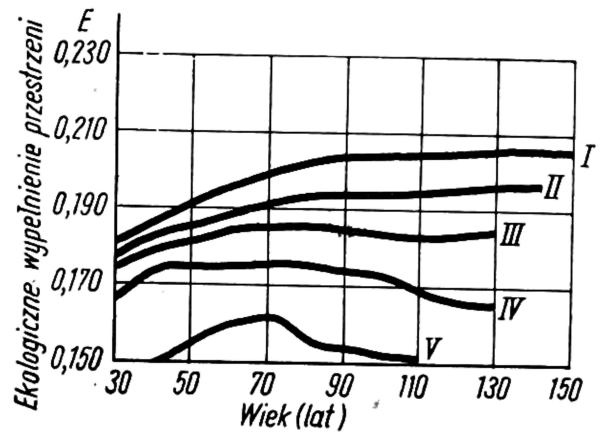
Ekologiczne wypełnienie przestrzeni, jako miara porównawcza oddaje duże usługi przy krytycznej analizie tablic zasobności drzewostanów, a mianowicie wskazuje, czy wybór parcel doświadczalnych, mających przedstawić klasę wieku i bonitację siedliska, był dobry oraz czy wybór drzew modelowych do obliczenia miąższości i liczby kształtu drzewostanu był właściwy. Są to bowiem trudności, z którymi spotyka się każdy taksator przy opracowaniu tablic zasobności. W Niemczech gdzie jest 9 stacji doświadczalnych pracujących od dawna w zespole pod kierunkiem pruskiej stacji doświadczalnej i rozporządzających wielką liczbą parcel doświadczalnych, ewentualne błędy są wyrównane przez liczbę obliczeń. W Polsce twórca tablic zasobności drzewostanów był skazany na popełnienie błędów, przede wszystkim w ocenie parcel doświadczalnej, gdyż teoria ekologicznego wypełnienia przestrzeni nie była jeszcze w użyciu.

Celem zobrazowania i pozwolenia czytelnikowi na wyciągnięcie wniosków przedkładam kilka będących w użyciu tablic zasobności wyrażonych graficznie według przebiegu ekologicznego wypełnienia przestrzeni zgodnie ze wzrostem wysokości średniej i wieku drzewostanów (ryc. 1, 2, 3 i 4) dla  $V =$  grubizna + drobnica.

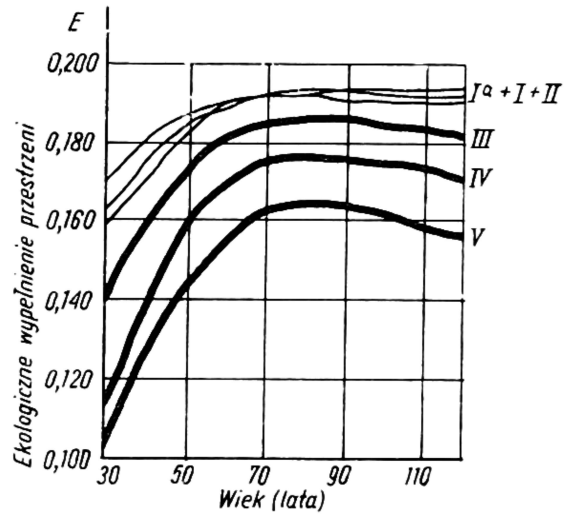
Ryc. 4 przedstawia przebieg linii ekologicznej wypełnienia przestrzeni według prof. Jedlińskiego w tab. dla sosny. Brak ciągłości w ich przebiegu spowodowany jest wyborem średniej pierśnicy, jako wskaźnika bonitacji siedliska.



Ryc. 1. Jodła. Tablice zasobności Schwappacha. Prawidłowy przebieg ekologicznego wypełnienia przestrzeni.



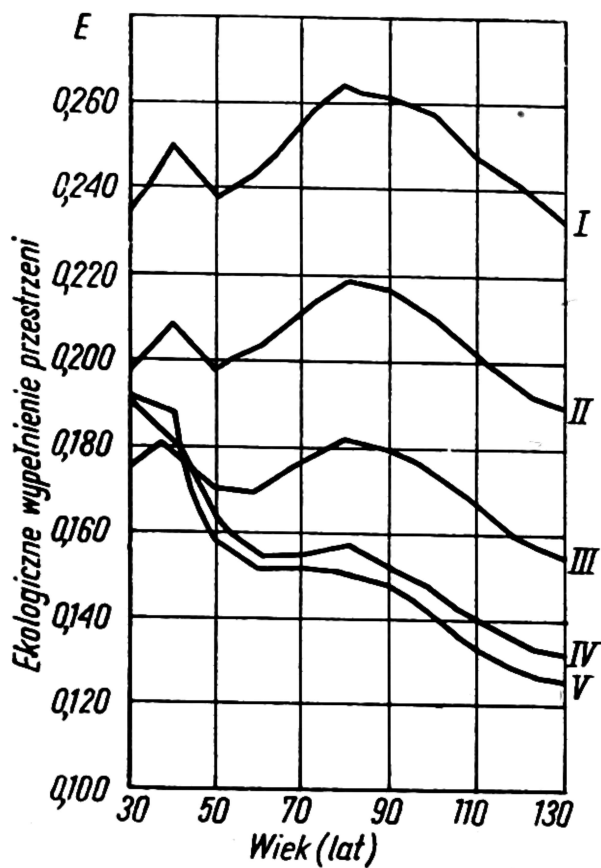
Ryc. 1. Jodła. Tablice zasobności Schwappacha 1896 r. Umiarkowane zabiegi pielęgnacyjne.



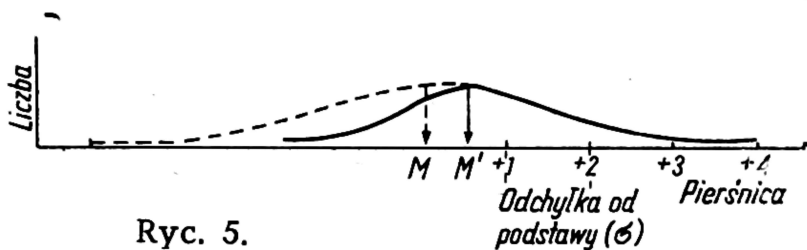
Ryc. 3. Sosna. Tablice zasobności Płockiego. Słabsze zabiegi pielęgnacyjne, bon. Ia, I i II są identyczne.

Zupełnie bezpodstawny jest zarzut wysunięty przez prof. Szymkiewicza odnośnie pominięcia czynnika wieku w „równaniu drzewostanu”. Wyraz  $E = \frac{V}{100 H}$  i pochodzący stąd wyraz  $V = 100 E H$  jak również wyprowadzone później przez prof. Sucheckiego „równanie drzewostanu” wyrażają statykę drzewostanu w danej chwili. Wyrazy te nie zajmują się wiekiem, który należy do historii drzewostanu, podobnie, jak wieku nie uwzględniają wzór  $V = GHF$ , lub rzędy wysokości — kształtu Wilhelma Laera. Wiek drzewostanu poznajemy przeliczając słoje przyrostowe, historię przez analizę strzał, odtworzeniem przeciętnej historii drzewostanów w zależności od wieku, siedliska i ingerencji hodowlanej człowieka, zajmują się twórcy tablic zasobności drzewostanów. Analizując przebieg ekologicznego wypełnienia przestrzeni w tablicach zasobności śledzimy historię drzewostanu pod względem energii wzrostu.

Z kolei nawiązując do krytyki prof. Szymkiewicza omówię strukturę drzewostanów jednowiekowych pod względem rozkładu pierśnic. Struktura ta, według ogólnie przyjętego w nauce o lesie poglądu, układa się dookoła podstawowej pierśnicy średniej według krzywej dwuramiennej Gaussa. Uczony francuski D'Alverny w następujący sposób przedstawia stan wyrosniętego drzewostanu jednowiekowego pod względem ustosunkowania pierśnic (ryc. 5).



Ryc. 4 (sosna).



Ryc. 5.

W rysunku tym:  $M$  — miejsce pierśnicy podstawowej (bazy),  $M'$  — miejsce aktualnej pierśnicy średniej, przesuniętej z wiekiem drzewostanu na prawo, wskutek eliminacji drzew opóźnionych lub usuniętych przez zabiegi pielęgnacyjne, oznaczonych linią przerywaną,  $\sigma$  — odchyłka od bazy zwiększająca się w miarę wzrostu drzewostanu.

Z ryc. 5 wynika, że aktualna średnia pierśnica danego drzewostanu nie jest pierśnicą podstawową (bazą), koło której formował się drzewostan, jest do niej tylko zbliżona i nazywa się *pozorną grubością drzewostanu*.

W pracy „równanie drzewostanu” prof. Sucheckiego analizuje strukturę drzewostanu w stosunku do aktualnej średniej pierśnicy i w znanym wzorze  $V = GHF$ , wyraża składnik  $G$  (suma powierzchni przekrojów) przez średnią pierśnicę i średnią odchyłkę od tej pierśnicy:  $G = (NM^2 + N\sigma^2)\frac{\pi}{4}$ , czyli w przybliżeniu:  $G = N(M^2 + \sigma^2) 0,8$ .

$N$  — liczba drzew w przeliczeniu na 1 ha,

$M$  — średnia pierśnica drzewostanu,

$\sigma$  — średnia odchyłka od tej pierśnicy.

Wobec tego objętość drzewostanu  $V = N(M^2 + \sigma^2) 0,8 H F$  i ekologiczne wypełnienie przestrzeni przez drzewostan:

$$E = \frac{V}{100 H} = \frac{N(M^2 + \sigma^2) 0,8 F}{100}$$

Należy jeszcze raz podkreślić, że w tym wzorze średnia pierśnica  $M$  nie jest pierśnicą bazy, koło której formował się drzewostan w czasie swego wzrostu, lecz jest od niej nieco większa wskutek eliminacji drzew opóźnionych w rozwoju. Również średnia odchyłka  $\sigma$  we wzorze prof. Sucheckiego, jest średnią odchyłką od aktualnej średniej pierśnicy i jest nieco mniejsza od średniej odchyłki od bazy formowania się drzewostanu pod względem grubości. Eliminacja drzew opóźnionych lub wyjętych wskutek zabiegów pielęgnacyjnych wpłynęła w nieco inny, ale podobny sposób na skrócenie lewego ramienia krzywej Gaussa, po stronie pierśnic mniejszych od bazy<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> w gospodarstwie duńskim stosującym silne trzebieże górne według twórcy tablic zasobności prof. dr Karola M. Moellera ulegają skróceniu oba ramiona krzywej Gaussa i rozpiętość pierśnic przybiera formę  $M = \pm 20\%$ .



Ponieważ obliczenie wartości  $\sigma$  według wzoru  $\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum (\Delta M^2)$  jest w każdym przypadku utrudnione, więc prof. Sucheckki proponuje przyjąć empirycznie różnicę wartości najgrubszej ( $d_n$ ) i najcieńszej ( $d_1$ ) pierśnicy, podzieloną przez 5 jako wartość przybliżoną średniej odchyłki ( $\sigma$ ).

W celu skontrolowania dokładności uproszczonego obliczenia prof. Sucheckki przeliczył miąższość 147 powierzchni próbnych przyjmując we wzorze  $V = GFH$  składnik  $G$  według bezpośredniego pomiaru w terenie i według uproszczonego wzoru

$$G = N \left[ M^2 + \left( \frac{d_n - d_1}{5} \right)^2 \right] 0,8$$

przy czym różnice miąższości mieściły się w granicach dopuszczalnego błędu.

Ze swej strony, chcąc sprawdzić przygodność dzielnika 5 w tym uproszczonym wzorze, obliczyłem dzielniki dla krzywych rozdzielczych stosunkowych grubości pierśnic dla sosny (S. Kusala), dla świerka (Fekete i Schiffel) i dla dębu (według krzywej rozdzielczej obliczonej na podstawie wyników kłupowania masywu dębowego Foret de l'Adour we Francji). Z równania  $\frac{d_n - d_1}{x} = \frac{d_n - M}{3}$  wynika, że dla tych krzywych rozdzielczych należałoby użyć dzielnika 5,17 dla sosny, 5,43 dla świerka i 5,13 dla dębu. Przyjęcie przez prof. Sucheckkiego dzielnika 5 dla sosny jest najzupełniej dopuszczalne.

Dla drzewostanów z gatunków przystosowanych do silnego zwarcia (świerk, jodła) i odpornych na przygłuszenie, dzielnik powinien być nieco większy. Wszelkie jednak zmiany w wielkości dzielnika 5 wpływają w bardzo małym stopniu na wartość sumy powierzchni przekrojów, ponieważ wartość człona  $\left( \frac{d_n - d_1}{5} \right)^2$  w stosunku do wartości  $M^2$  jest bardzo mała.

Podkreślić należy, że tylko wzór  $G = N(M^2 + \sigma^2) \frac{\pi}{4}$  jest matematycznie dokładny, a użycie człona  $\left( \frac{d_n - d_1}{5} \right)^2$  i współczynnika 0,8 jest tylko zbliżeniem się do rzeczywistej wartości sumy powierzchni przekrojów. Użycie dzielnika 5 może być przyjęte tylko dla drzewostanów starszych, w których eliminacja drzew opóźnionych w rozwoju już się dokonała, w młodnikach kilkuletnich, zwłaszcza pochodzenia szlucznego, w których eliminacja ta nie miała miejsca lub jest w ząbku, dzielnik musi być większy i dochodzić może do liczby 6 w przyjętym przez prof. Sucheckkiego podziale krzywej Gaussa na sześć części. Zarzuty czynione pod tym względem przez prof. Szymkiewicza są zupełnie bezpodstawne.

Matematyczne wyrażenie stosunku średniej pierśnicy drzewostanu ( $M$ ) do sumy powierzchni przekrojów ( $G$ ) jest oryginalnym osiągnięciem prof. Sucheckkiego, ma duże znaczenie praktyczne dla obliczenia rozmiaru i rodzaju projektowanej trzebieży i jest ukoronowaniem prac profesora nad tym zagadnieniem.

W samej rzeczy z równania  $E = \frac{V}{100 H} = \frac{N(M^2 + \sigma^2) 0,8 F}{100}$  wynika, że stosunek

2 drzewostanów  $E$  i  $E_1$  mających prawie taką samą wysokość i liczbę kształtu (wiek), jak to ma miejsce w drzewostanie przed i po wykonaniu trzebieży możemy wyrazić:

$$\frac{E_1}{E} = \frac{V_1}{V} = \frac{N_1 (M^2 + \sigma^2)}{N (M_1^2 + \sigma^2)}$$

Z równania pierśnicy średniej  $M$ , jako sumy pierśnic poszczególnych słopni grubości, dzielonej przez ilość drzew  $N$ , prof. Sucheck i wyprowadza wartość  $M_1$ , tj. średniej pierśnicy drzew drzewostanu pozostałego po trzebieży.

$$M_1 = \frac{NM - b \text{ dm}}{N - b}, \text{ gdzie } b \text{ — liczba drzew wyjętych w trzebieży, } dm \text{ — średnia}$$

pierśnica tych drzew.

Przez  $X$  oznaczymy poszukiwaną średnią pierśnicę pewnej liczby drzew przeznaczonych do trzebieży. Jeżeli chcemy ażeby pozostający drzewostan miał pożądaną przez nas grubość  $M_1$ , to z równania:  $X = \frac{NM - M_1 (N-b)}{b}$  otrzymamy poszukiwaną pierśnicę.

Jestem zdania, że ze względu na duże znaczenie praktyczne dwóch równań, a mianowicie:

- 1) równania ekologicznego wypełnienia przestrzeni  $E = \frac{V}{100 H} = \frac{N(M^2 + \sigma^2) 0,8 F}{100}$  i
- 2) równania precyzującego rozmiar trzebieży  $M_1 = \frac{NM - b \text{ dm}}{N - b}$  powinny one

wejść na stałe do naszych podręczników leśnictwa, a nawet, jako przyczynek polski, do światowej literatury leśniczej.

Stosunek, jaki można ustalić między wypełnieniem przestrzeni przez jeden i ten sam drzewostan przed i po wykonaniu trzebieży, a mianowicie  $\frac{E_1}{E} = s$ , prof.

Sucheck i przenosi na każdy spotkany choćby zdeformowany drzewostan, w którym możemy obliczyć  $N_1$ ,  $M_1$ ,  $\sigma_1$  i oczywiście wysokość średnią  $H_1$  tworząc równanie:

$$E = \frac{N_1 (M_1^2 + \sigma_1^2) 0,8 F}{100} S$$

nazwane „równaniem drzewostanu”.

Przygodność tego równania budzi wiele zastrzeżeń i wymaga dodatkowych wyjaśnień ze strony autora odnośnie symbolu  $E$ . Pierwszym odruchem czytelnika jest myśl, że  $E$  wyraża maksymalne wypełnienie przestrzeni przez drzewostan przy pełnym zadrzewieniu, w tych samych warunkach co do wieku i siedliska; wówczas jednak obie strony równania nie są porównywalne. W samej rzeczy, równanie implikuje, że średnia wysokość jest po obu stronach równania jednakowa, ponieważ z równania  $100 E H = G H F$ , wynika  $100 E = G F$  przez podzielenie przez  $H$  mające identyczną wielkość po obu stronach. Tymczasem wysokość średnia drzewostanu przy pełnym zadrzewieniu byłaby inna, niż w drzewostanie zniekształconym czy to wskutek przypadkowych strat (wiatrołomy), czy wskutek działalności hodowlanej (system silniejszych trzebieży). W tym przypadku porównywalne są tylko objętości (miąższości) drzewostanów, ale nie ich ekologiczne wypełnienia i tylko wiek i jakość siedliska są w obu wypadkach jednakowe.

Być może również, że autor miał na myśli porównanie z będącymi w użyciu tablicami zasobności drzewostanów po poprawieniu ich pod względem harmonijnego przebiegu krzywych ilustrujących zmiany ekologicznego wypełnienia przestrzeni w zależności od wieku drzewostanu?

Są to wszystko sprawy wymagające wyjaśnień ze strony samego autora, ażeby dobra i cenna dla praktyki leśnej myśl nie uległa zatraceniu, bo późniejsza praca prof. Sucheck i ego pt. „Rozwinięcie teorii ekologicznego wypełnienia przestrzeni i zastosowanie jej do hodowli lasu” wydana przez Polską Akademię Umiejętności

w Krakowie (Prace Rolniczo Leśne, nr 67, 1953) jest mało dostępna dla ogółu pracowników leśnictwa.

Również z powodu nieporównywalności E dla dwóch okresów wieku tego samego drzewostanu nie można się zgodzić na proponowane przez prof. Sucheckiego równanie: Przyrost bieżący  $l = N_1(M_1^2 + \sigma^2) 0,8 F \Delta H S$ .

W samej rzeczy, nie tylko średnia wysokość, ale i drzewo o średniej pierśnicy było inne przed 5 laty, a tym bardziej przed 10 laty od chwili analizowania drzewostanu. Przyrost bieżący możemy poznać w przybliżeniu tylko przez analizę szerokości słoików przyrostowych na pewnej liczbie drzew modelowych średniej miąższości, przyjętych jako drzewa modelowe przyrostowe dla krótkich okresów czasu. Poza tym tylko zastosowanie metody kontroli pozwala poznać dokładnie przyrost bieżący w drzewostanach.

#### LITERATURA

1. Sucheckie K. — Równanie drzewostanu. Odbitka z roczników Nauk Rolniczych i Leśnych. Tom XLLX, Poznań, 1947.
2. Szymkiewicz B. — Czym jest w istocie teoria ekologicznego wypełnienia przestrzeni prof. Sucheckiego. „Sylwan”, nr 1/1961.
3. D'Alverny — Structure des peuplements en régénération naturelle. Bulletin de la Société Forestière de France-Comté et des Provinces de l'Est. 1929.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 15 listopada 1961 r.