

Jerzy Ważny

WPŁYW DZIAŁANIA GRZYBÓW
MERULIUS LACRYMANS (WULF). FR. I *CONIOPHORA*
CEREBELLA PERS. NA FIZYCZNE I MECHANICZNE
WŁASNOŚCI NIEKTÓRYCH GATUNKÓW DREWNA

ВЛИЯНИЕ ДЕЙСТВИЯ ГРИБОВ *MERULIUS LACRYMANS* (WULF.) FR.
И *CONIOPHORA CEREBELLA* PERS. НА ФИЗИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ

THE EFFECT OF FUNGI *MERULIUS LACRYMANS* (WULF.) FR. AND
CONIOPHORA CEREBELLA PERS. ON PHYSICAL AND MECHANICAL
PROPERTIES OF CERTAIN WOOD SPECIES

WSTĘP

Grzyby niszczące drewno powodują w nim szereg zmian, z których na szczególną uwagę z teoretycznego i praktycznego punktu widzenia zasługują zmiany jego własności fizycznych i mechanicznych. Przeprowadzone dotychczas na ten temat prace omawiają przeważnie własności techniczne drewna zniszczonego przez grzyby w warunkach naturalnych, najczęściej jeszcze w drzewie rosnącym lub po jego ścięciu. Przedmiotem tych badań jest więc końcowy efekt działania grzybów, bez uwzględniania czasu działania i sprecyzowania warunków, w jakich zachodził rozkład. Badania tego typu prowadzili: w 1921 r. Colley (8), w 1925 r. Baxter (4), w 1935 r. Wanin (22), Andriejew (1) i inni.

W literaturze naukowej niewiele można spotkać prac poświęconych zbadaniu wielkości czy tym bardziej dynamiki zmian zachodzących w określonych warunkach w drewnie pod wpływem grzybów. Przyczyną tego stanu rzeczy są głównie trudności metodyczne związane ze sztucznym zarażaniem drewna, szczególnie przy próbkach większych wymiarów. Przeprowadzenie tego rodzaju badań wymaga znajomości techniki badań mikologicznych oraz badań technologiczno-wytrzymałościowych, co rzadko pokrywa się z zainteresowaniem jednej osoby lub jednego laboratorium.

Interesującą pracę z tego zakresu ogłosili w 1931 r. Cartwright, Findlay, Chaplin i Campbell (7). Badali oni wpływ *Trametes serialis* Fr. na wytrzymałość drewna świerka sitkajskiego w zależności od czasu działania tego grzyba. Nad tym samym zagadnieniem pracował również w 1935 r. Armstrong (2).

Szczegółowe badania wpływu działania *Polyporus hispidus* Fr. na drewno jesionu przeprowadzili w 1936 r. Cartwright, Campbell i Armstrong (5). Oznaczali oni zmiany ciężaru, wytrzymałości na zginanie, ściskanie, udarność i współczynnika sprężystości.

Miller i Mejer (12) badali w 1936 r. wpływ działania *Corticium laeve* Pers., *Peniophora gigantea* Mass., *Stereum sanguinolentum* Fr. i in. na ciężar objętościowy, wytrzymałość na ściskanie i nasiąkliwość drewna sosny i świerka.

Przedmiotem badań Scheffera (17) w 1936 r. był wpływ działania *Polystictus versicolor* Fr. na fizyczne i mechaniczne własności drewna *Liquidambar styraciflua* L.

Scheffer oraz jego współpracownicy (18) badali w 1941 r. również wpływ działania grzybów *Polyporus Schweinitzii* Fr. i *Trametes pini* Fr. na ciężar właściwy, udarność i na inne rodzaje wytrzymałości drewna świerka sitkajskiego i daglezi.

Narayanamurti, Jain i Gujjar Mal Verma (12) przeprowadzili w 1951 r. badania wpływu działania grzybów: *Polystictus sanguineus* (L.) Murr. na drewno *Dalbergia sissoe* Roxb. *Lenzites sepiaria* Fr. na drewno *Pinus longinifolia* Roxb. i *Trametes meyenii* L. na drewno *Bombax malaburum*. D. C. Określali oni współczynnik sprężystości, wytrzymałości na rozciąganie oraz skład chemiczny zagrzybionego drewna.

Ważny (23) badał w 1953 r. wpływ działania grzyba *Leptoporus fodinarum* (Vel.) Pilát na ciężar właściwy i wytrzymałość na ściskanie drewna sosny, świerka i buka.

Wśród nielicznych prac nad wpływem działania grzybów na własności fizyczne i mechaniczne drewna niewielką pozycję stanowią prace dotyczące grzybów *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. i *Coniophora cerebella* Pers. Liese i Stamer (10) badali w 1934 r. wpływ działania tych grzybów na drewno bielaste sosny. Badania dotyczyły zmian ciężaru właściwego i wytrzymałości na ściskanie po okresach porażenia od 1 do 6 miesięcy.

Trendelenburg (19) opracowując nową metodę badań toksyczności impregnatorów zbadał w 1940 r. zmiany udarność drewna sosny zachodzące pod wpływem działania tych grzybów, a Pechmann i Schaile (14) w 1950 r. oraz Göhre (9) w 1955 r. badali zmiany wytrzymałości na zginanie statyczne. Te interesujące badania prowadzono na bardzo małych próbkach, głównie sosnowych, przy czym okres działania grzybów był stosunkowo niewielki.

Wśród prac na temat wpływu działania grzybów *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. i *Coniophora cerebella* Pers. na drewno brak więc dotychczas szerszych opracowań obejmujących badania większej liczby własności technicznych nie tylko sosny, ale i innych gatunków drewna.

*

*

*

Czuję się w obowiązku złożyć serdeczne podziękowanie następującym osobom, które służyły mi radą lub pomocą przy opracowywaniu niniejszej pracy:
prof. drowi J. Kochmanowi — jako promotorowi,
prof. drowi Z. Nawrockiemu — za przejrzenie pracy i uwagi dotyczące opracowania statystycznego,
mgrowi inż. L. Ubyaszowej — za konsultacje i pomoc przy opracowywaniu materiałów statystycznych,
inż. B. Kaczkowskiemu — za pomoc przy obliczeniach końcowych,
st. laborantce K. Pastuch — za pomoc laboratoryjną.

I. MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

1. Cel i zakres badań

Przedmiotem niniejszej pracy było zbadanie wpływu wywieranego na niektóre fizyczne i mechaniczne własności drewna przez grzyb domowy właściwy *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. i grzyb piwniczny *Coniophora cerebella* Pers., będące najpospolitszymi, a zarazem najszkodliwymi u nas grzybami domowymi. W szczególności chodziło o stwierdzenie stopnia zmian tych własności po różnych okresach działania grzybów, a więc określenie ich dynamiki w warunkach zbliżonych do optymalnych dla rozwoju danego grzyba.

Wyjaśnienie tych zagadnień, ważnych z punktu widzenia teorii i praktyki, przyczynić się powinno do zwiększenia bezpieczeństwa konstrukcji drewnianych opianowanych przez grzyby oraz stworzyć podstawy teoretyczne do bardziej oszczędnego dysponowania drewnem odzyskowym przy remontach odgrzybienionych.

Praca obejmuje badania wpływu działania grzybów na własności drewna szczególnie ważne z punktu widzenia praktyki, tj. na jego ciężar, objętość, ciężar właściwy, nasiąkliwość, higroskopijność, wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na zginanie statyczne, wytrzymałość na zginanie dynamiczne, udarność, twardość.

Badania przeprowadzono na czterech gatunkach drewna, powszechnie stosowanych u nas w budownictwie, tj. na drewnie sosny (*Pinus silvestris* L.), świerka (*Picea excelsa* Lk), buka (*Fagus silvatica* L.) i dębu (*Quercus* sp.), przy czym na drewnie sosnowym badania wykonano oddzielnie dla bielu i twardzieli.

Badania przeprowadzono w cyklach 6-miesięcznych z uwzględnieniem dynamiki procesu działania grzybów. Szczegółowych pomiarów dokonowano w okresach 1, 2, 3, 4, 5, i 6 miesięcy od chwili rozpoczęcia doświadczeń. Dla celów porównawczych przeprowadzono badania także na drewnie zdrowym.

2. Materiał badawczy

Drewno. Drewno do badań pochodziło ze składów Państwowej Centrali Drzewnej w Warszawie. Z odpowiednio dobranych bali grubości 50 mm i 100 mm, I—II klasy jakości, wyrobiono próbki wymaganych wymiarów. Duży nacisk przy doborze próbek do badań położono na ich jakość, a w szczególności jednolitość. Do badań zastosowano jedynie próbki pozbawione wszelkich wad i uszkodzeń, o słoistości w granicach 5—8 słojów na 1 cm u sosny i buka, a 4—7 u świerka i dębu oraz zbliżonym ciężarze właściwym.

We wszystkich doświadczeniach zastosowano cztery powtórzenia. Pozwoliło to na stosunkowo dokładne stwierdzenie zmian własności drewna zachodzących w czasie działania grzybów.

Kształt i wymiary próbek przyjęto na ogół zgodnie z normami państwowymi obowiązującymi przy określaniu fizycznych i mechanicznych własności drewna. Dokładniejszy opis próbek został podany w II i III rozdziale niniejszej pracy.

Ponieważ pod wpływem działania grzybów następowało częściowe zmniejszenie się wymiarów próbek, tym większe, im silniejszy był rozkład drewna, zachodziła obawa, że wyniki z różnych okresów badań mogą być ze sobą nieporównywalne. Dla wyjaśnienia tego zagadnienia przeprowadzono orientacyjne badania nad wpływem wielkości próbki na wytrzymałość na ściskanie i zginanie statyczne. W wyniku ich stwierdzono, że wielkość próbki nie wywiera wpływu na rezultaty badań wytrzymałości.

Grzyby. Do badań użyto czystych kultur grzybów *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. i *Coniophora cerebella* Pers. Kultury te oznaczone jako szczepy „Warszawa” wybrano jako najbardziej aktywne spośród kilku szczepów krajowych. Były one wyizolowane z drewna przed kilku laty i przechowywane w laboratorium na pożywce agarowej. Charakterystyka kultur w okresie przeprowadzania badań przedstawia się następująco.

Grzybnia *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. rozwijała się bardzo regularnie tworząc prawidłowe koło; wzrost płaski; warstwa grzybni na środku grubsza, ku krawędziom coraz cieńsza. Kolor biały z żółtymi plamami tworzącymi się nieregularnie pod wpływem światła dziennego. Strzępki pod mikroskopem bezbarwne, o dość wyraźnych przegrodach poprzecznych, niewielkiej liczbie rozgałęzień oraz nielicznych sprzążkach. Grubość strzępek 2,7 — 3,6 μ . Średni przyrost dobowy kolonii wynosił 0,76

cm, szybkość niszczenia drewna 6,1% (5,9 — 6,4%) w okresie jednego miesiąca. Grzybnia *Coniophora cerebella* Pers. — krótkowielista, zbita, gęsta, rozwijała się regularnie, mając wygląd gładkiej, delikatnej flaneli koloru kremowego. Strzępki pod mikroskopem bezbarwne, rozgałęzione, o wyraźnych przegrodach poprzecznych i dużym zróżnicowaniu pod względem grubości: strzępki główne średnicy około 6 μ , a strzępki rozgałęzień bocznych około 2 μ . Sprzążki tworzą się okółkowo na strzępkach głównych. Średni przyrost dobowy kolonii wynosił 0,85 cm, szybkość niszczenia drewna 7,1% (6,8 — 8,8%) w okresie jednego miesiąca.

Inne dane dotyczące charakterystyki biologicznej obu badanych szczepów zebrane są w tab. 1.

Tabela 1

Charakterystyka biologiczna grzybów użytych do badań

	<i>M. lacrymans</i>			<i>C. cerebella</i>		
	min	opt	max	min	opt	max
Temperatura wzrostu w °C	5	22	25	5	22	35
Odczyn pożywki pH	2	7	9	2	6	9
Wilgotność początkowa drewna w %	—	30—45	—	—	35—50	—

3. Metodyka badań

Badania mikologiczne. Pierwsza faza badań polegała na sztucznym zarażaniu próbek drewna czystymi kulturami grzybów. W tym celu rozlano do naczyń szklanych pożywkę agarową o składzie: 17 G agaru, 350 G brzołki piwnej 10° Bl, 650 G wody destylowanej. Stosowano szalki Petriego o średnicy 20 cm dla próbek małych, słoje Wecka o pojemności 1 l dla próbek do badań twardości oraz cylindry wysokości 45 cm zamykane korkiem z waty dla próbek do badań wytrzymałości na zginanie. Naczynia z pożywką sterylizowano, przy czym w cylindrach po sterylizacji robiono skos, podobnie jak to się robi w probówkach.

Tak przygotowaną pożywkę szczepiono grzybnią jednego lub drugiego grzyba. W chwili kiedy grzybnia pokryła prawie całą powierzchnię pożywki, przystąpiono do zakładania próbek drewna. Próbkę były uprzednio poddane sterylizacji w autoklawie. Przeprowadzano je następnie nad płomieniem gazowym i układano na grzybni przekrojem podłużnym: próbki małe po 15—20 sztuk w szalce Petriego, próbki do badań wytrzymałości na zginanie po 2 w cylindrze, próbki do badań twardości po 1 sztuce w słojach Wecka. W chwili zakładania próbki miały wilgotność około 12%. Po upływie 2—3 dni od założenia na grzybnię osiągały one wilgotność około 30%, bliską wilgotności optymalnej dla badanych grzybów.

Naczynia z grzybnią i próbkami były przez cały okres badań przechowywane w termostatach. W pomieszczeniach tych starano się zachować

wać warunki zbliżone do optymalnych dla rozwoju badanych grzybów. Ustaloną temperaturę 22° C nie we wszystkich przypadkach udało się utrzymać. Ogólnie biorąc temperatura w czasie całego cyklu doświadczeń wahała się w granicach 20—24° C, co w zasadzie jest bliskie optimum dla rozwoju obu grzybów. Znacznie trudniej było utrzymać odpowiednią wilgotność względną powietrza wewnątrz naczyń. Wynosiła ona przeważnie od 75 do 95%. Ze względu na długi okres badań wilgotność ulegała stopniowemu obniżaniu, co spowodowało konieczność sztucznego jej podtrzymywania. Przeprowadzano to przez wkładanie do naczyń w odstępach dwutygodniowych kawałków waty zwilżonej wodą destylowaną. W ten sposób udało się utrzymać wilgotność powietrza na odpowiednim poziomie. Ze względu na hamujący wpływ światła na rozwój grzybní i intensywność niszczenia drewna [Vorreiter (20)] pomieszczenia, w których przechowywano naczynia z kulturami, były zaciemnione.

Badania wytrzymałościowe. W odpowiednich odstępach czasu próbki drewna wyjmowano z naczyń, oczyszczano z grzybní i poddawano klimatyzacji w warunkach laboratoryjnych. Zwracano uwagę aby próbki nie wysychały zbyt gwałtownie, gdyż w ten sposób ulegały one, szczególnie przy silniejszym zniszczeniu, dużemu zniekształceniu, to jest skręcaniu się, wyginaniu itp. W ten sposób doprowadzono je do wilgotności około 8—9%. Tak przygotowane próbki poddawano badaniom poszczególnych własności fizycznych i mechanicznych. Bliższy opis stosowanych metod podany jest w następnym rozdziale. Badania wytrzymałościowe prowadzono w Instytucie Techniki Budowlanej na 4-tonowej maszynie wytrzymałościowej Amslera.

4. Opracowanie wyników

Wyniki badań zestawiono w tabelach, w których podano minimalne, średnie i maksymalne wartości danej własności oraz wartości średnie wyrażone w procentach wartości dla drewna zdrowego. Wprowadzono również następującą liczbową charakterystykę statystyczną:

- 1) średnie odchylenie od średniej arytmetycznej

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{n-1}},$$

- 2) współczynnik zmienności

$$v = \frac{\sigma}{M} \cdot 100\%,$$

- 3) średni błąd średniej arytmetycznej

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$

gdzie

- σ — średnie odchylenie od średniej arytmetycznej,
- δ — odchylenie pojedynczego spostrzeżenia od średniej arytmetycznej,
- n — liczba spostrzeżeń,
- v — współczynnik zmienności,
- M — średnia arytmetyczna,
- m — średni błąd średniej arytmetycznej.

W celu porównania otrzymanych średnich wartości dla wytrzymałości na ściskanie, zginanie statyczne, zginanie dynamiczne, udarność i twardość drewna porażonego przez grzyby z wynikami dla drewna zdrowego (próbki kontrolne) przeprowadzono prostą analizę zmienności, przyjmując jednokierunkową klasyfikację (okresy działania grzybów) według Romanowskiego (16). Analiza zmienności polegała na rozdzieleniu całkowitej zmienności układu obserwacji średnich, czyli zmienności wokół średniej ogólnej układu na dwie części, z których jedną przypisuje się działaniu różnic w długościach okresów zagrzybienia, drugą zaś działaniu czynnika nieuporządkowanego, czyli błędowi. Zmienność spowodowaną czynnikiem nieuporządkowanym, zwanym zmiennością nieściśłości lub błędowi, obliczono z różnicy między zmiennością całkowitą a oznaczoną zmiennością między okresami. Wnioski o istotności różnic wyciągnięto przez porównanie stosunków przeciętnych zmienności ze zmiennościami nieściśłości (błędowi). Kiedy stosunek ten jest większy od teoretycznej wartości rozkładu Snedecora (e^{2s} Fishera) przyjmujemy, że istnieje zróżnicowanie spowodowane działaniem grzyba. W takim wypadku sprawdzano istotność różnic między średnimi arytmetycznymi okresów na podstawie przedziałów ufności (t/μ_r), przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,95. Przedziały ufności dla każdego gatunku grzyba i drewna zestawiono w tabelach. Wnioski dotyczące istotności różnic podano w tekście.

W celu stwierdzenia wpływu różnych czynników na kształtowanie się wyników badanych własności przeprowadzono również wielokierunkową analizę zmienności. Dla każdej z badanych własności mechanicznych drewna przeprowadzono klasyfikację według okresów czasu, gatunków grzyba i gatunków drewna. Przeprowadzona zbiorcza analiza zmienności polegała na rozdzieleniu całkowitej zmienności wyników na 8 części, obejmujących: działanie czynnika czasu, gatunku grzyba, gatunku drewna, współdziałanie gatunku drewna i gatunku grzyba, współdziałanie czasu i gatunku drewna, współdziałanie czasu i gatunku grzyba, współdziałanie gatunku drewna, gatunku grzyba i czasu oraz czynnika nieuporządkowanego, czyli błędowi. Ocena zróżnicowania oraz istotność różnic sprawdzano analogicznie jak w jednokierunkowej analizie zmienności. Szczegółowej analizie poddano współdziałanie gatunku dREW-

na i gatunku grzyba, czyli zależność własności technicznych różnych gatunków drewna od gatunku grzyba, współdziałanie czasu zagrzybienia i gatunku drewna, czyli zależność własności technicznych różnych gatunków drewna od czasu działania grzyba, oraz współzależność czasu zagrzybienia i gatunku grzyba, czyli zależność własności technicznych drewna od gatunku grzyba w różnych okresach zagrzybienia.

Dla wszystkich badanych własności mechanicznych określono ich zależność od ciężaru właściwego przy porażeniu przez grzyby.

Współzależność prostoliniową między rozpatrywaną wytrzymałością y a ciężarem właściwym x określano stosując następujące wzory [według Romanowskiego (16)]:

- 1) współczynnik korelacji obliczony z szeregów szczegółowych

$$r = \frac{\sum \delta_x \delta_y}{N \sigma_x \sigma_y},$$

- 2) współczynnik regresji

$$\varphi_x = r \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x},$$

- 3) równanie regresji

$$\bar{y}_x - \bar{y} = \varphi_x (x - \bar{x}),$$

gdzie

- r — współczynnik korelacji;
- δ_x, δ_y — odchylenie pojedynczego spostrzeżenia x i y od średniej arytmetycznej $\bar{x}, \bar{y}$;
- $\bar{x}, \bar{y}$ — średnia arytmetyczna wartości x i y ;
- $\bar{y}_x$ — średnia cząstkowa dla danej wartości x ;
- N — liczebność szeregu;
- φ_x — współczynnik regresji;
- σ_x, σ_y — średnie odchylenie od średniej arytmetycznej.

Istotność zależności korelacyjnej liniowej oceniono przez porównanie obliczonych współczynników korelacji z tabelą współczynników teoretycznych r^1 Fishera, przy założeniu że

$$k = n - 2.$$

Jeżeli wartość obliczonego r była większa od $r^1 = 0,48$ (przy prawdopodobieństwie 0,99) lub $r^1 = 0,35$ (przy prawdopodobieństwie 0,95), zależność przyjmowano za istniejącą.

Współzależność paraboliczną między rozpatrywaną wytrzymałością y a ciężarem właściwym x określano stosując następujące wzory:

1) stosunek korelacyjny y względem x

$$\eta_y = \frac{\sigma(\bar{y}_x)}{\sigma_y},$$

gdzie $\sigma(\bar{y}_x) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum N_x (y_x - y)^2};$

2) współczynnik regresji parabolicznej

$$R = \frac{\sigma(Y_x)}{\sigma_y},$$

gdzie $\sigma(Y_x) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum N_x (Y_x - y)^2},$

3) równanie regresji parabolicznej

$$\bar{y}_x = a_0 + a_1x + a_2x^2.$$

Ocenę istotności R , a więc i istotności regresji parabolicznej, przeprowadzano stosując kryterium T .

Obliczano wielkość

$$T_R = \frac{(N - s) (\eta_y^2 - R^2)}{(s - 3) (1 - \eta_y^2)}$$

i porównywano z wartością teoretyczną T z tablic Fishera, przy założeniu że

$$k_1 = s - 3 \text{ i } k_2 = n - s,$$

gdy $T_R < 1$, to jako T_R należy obliczyć wielkość

$$T_R = \frac{(s - 3) (1 - \eta_y^2)}{(n - s) (\eta_y^2 - R^2)}$$

i porównać z T tablicowym, przy założeniu że

$$k_1 = n - s \text{ i } k_2 = s - 3,$$

gdzie

η_y — stosunek korelacyjny y względem x ;

R — współczynnik regresji parabolicznej;

Y_x — średnia teoretyczna wartość y na paraboli;

y_x — empiryczna wartość y ;

s — liczba wartości $\bar{y}_x$.

Jeżeli wartość T_R była większa od $T = 13,93$ (prawdopodobieństwo 0,99) i $T = 5,77$ (prawdopodobieństwo 0,95) w pierwszym wypadku oraz $T = 4,37$ (prawdopodobieństwo 0,99) i $T = 2,84$ (prawdopodobieństwo 0,95) w drugim wypadku, zależność przyjmowano za istniejącą.

Wykresy regresji opracowano na podstawie współczynnika regresji — przy zależności prostoliniowej oraz na podstawie wartości x i poprawionych wartości y — przy zależności parabolicznej.

II. BADANIA ZMIAN WŁASNOŚCI FIZYCZNYCH DREWNA ZAGRZYBIONEGO

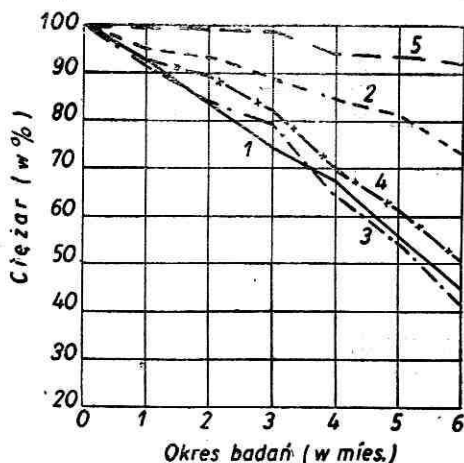
1. Zmiany ciężaru drewna

Badanie zmian ciężaru drewna pod wpływem działania grzybów *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. i *Coniophora cerebella* Pers. przeprowadzono na próbkach o wymiarach $2 \times 2 \times 2$ cm. Przed założeniem na grzybnię zostały one zważone w stanie całkowicie suchym i doprowadzone do żądanej wilgotności. Po odpowiednich okresach działania grzybów próbki wyjmowano z naczyń, oczyszczano z grzybni powierzchniowej, suszono do stanu całkowicie suchego i ważono. Zmiany ciężaru drewna obliczano w stosunku do ciężaru początkowego próbek, stosując wzór

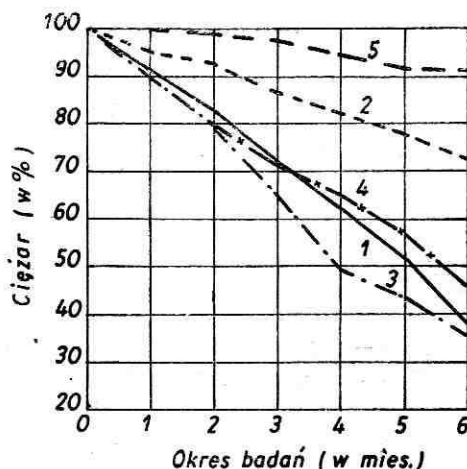
$$Z = \frac{C_k}{C_p} \cdot 100\%,$$

gdzie

- Z — zmiana ciężaru drewna w %,
 C_p — ciężar początkowy próbki w G,
 C_k — ciężar końcowy próbki w G.



Rys. 1. Zmiany ciężaru drewna pod wpływem działania grzyba *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb



Rys. 2. Zmiany ciężaru drewna pod wpływem działania grzyba *Coniophora cerebella* Pers.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb

Tabela 2

Zmiany ciężaru drewna pod wpływem działania grzyba

Merulius lacrymans (Wulf.) Fr.

Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Ciężar w G				σ	$\pm m$	v
		min	śred	%	max			
Sosna-biel	kontr.	3,410	3,440	100,0	3,500	0,04	0,02	1,1
	1	3,200	3,220	93,2	3,230	0,01	0,01	0,3
	2	2,820	2,900	84,6	2,980	0,07	0,03	2,4
	3	2,500	2,610	75,9	2,700	0,09	0,04	3,4
	4	2,320	2,360	67,9	2,390	0,04	0,02	1,6
	5	1,880	1,970	56,9	1,980	0,07	0,03	3,5
	6	1,500	1,620	46,6	1,730	0,10	0,05	6,0
Sosna-twar-dziel	kontr.	4,010	4,030	100,0	4,050	0,02	0,01	0,4
	1	3,900	3,940	96,5	3,970	0,03	0,01	0,8
	2	3,700	3,760	94,0	3,900	0,09	0,04	2,3
	3	3,520	3,600	89,6	3,670	0,07	0,03	1,9
	4	3,370	3,460	85,8	3,510	0,06	0,03	1,8
	5	3,280	3,300	81,4	3,330	0,02	0,01	0,6
	6	3,000	3,050	74,3	3,090	0,04	0,02	1,3
Świerk	kontr.	2,960	2,980	100,0	3,000	0,02	0,01	0,6
	1	2,720	2,750	92,6	2,800	0,04	0,02	1,4
	2	2,460	2,540	85,7	2,620	0,07	0,03	2,5
	3	2,320	2,330	79,2	2,410	0,05	0,02	2,1
	4	1,900	1,980	66,6	2,110	0,05	0,02	2,5
	5	1,470	1,660	55,9	1,810	0,14	0,07	8,4
	6	1,050	1,250	42,4	1,390	0,12	0,06	9,6
Buk	kontr.	4,840	4,870	100,0	4,900	0,03	0,01	0,6
	1	4,430	4,500	93,1	4,530	0,05	0,02	1,1
	2	4,170	4,330	89,3	4,460	0,12	0,06	2,7
	3	4,020	4,030	82,8	4,030	0,02	0,01	0,5
	4	3,250	3,430	69,6	3,560	0,17	0,08	4,9
	5	2,950	2,970	61,1	3,110	0,11	0,05	3,9
	6	2,270	2,450	50,3	2,560	0,11	0,05	4,4
Dąb	kontr.	4,910	4,980	100,0	5,000	0,04	0,02	0,8
	1	4,900	4,970	99,8	5,000	0,06	0,03	1,2
	2	4,880	4,920	99,5	4,980	0,05	0,03	1,2
	3	4,900	4,930	98,8	4,980	0,04	0,02	0,9
	4	4,680	4,740	95,6	4,820	0,07	0,03	1,8
	5	4,680	4,740	95,0	4,750	0,05	0,02	1,0
	6	4,580	4,630	93,0	4,690	0,05	0,02	1,1

Uzyskane średnie wyniki zostały zestawione w tab. 2 i 3 i przedstawione graficznie na wykresach (rys. 1 i 2). Obok średniej procentowej wartości ciężaru po różnych okresach działania grzybów i oprócz wartości skrajnych tabele podają średni błąd, średnie odchylenie i współczynnik zmienności. Wyniki wskazują na wyraźny spadek ciężaru drewna pod wpływem działania grzybów. Obniżanie się ciężaru zachodziło na

Tabela 3

Zmiany ciężaru drewna pod wpływem działania grzyba
Coniophora cerebella Pers.

Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Ciężar w G				σ	$\pm m$	v
		min	śred	%	max			
Sosna-biel	kontr.	3,410	3,440	100,0	3,500	0,04	0,02	1,1
	1	3,030	3,130	91,2	3,200	0,06	0,03	1,3
	2	2,850	2,910	83,8	3,020	0,08	0,04	2,7
	3	2,350	2,450	71,5	2,530	0,08	0,04	3,2
	4	1,990	2,190	63,0	2,380	0,16	0,08	7,2
	5	1,740	1,830	52,5	1,900	0,07	0,03	3,8
	6	1,220	1,340	38,3	1,540	0,15	0,07	11,1
Sosna-twardziel	kontr.	4,010	4,030	100,0	4,050	0,02	0,01	0,4
	1	3,810	3,170	95,9	3,900	0,03	0,01	0,7
	2	3,700	3,760	92,5	3,850	0,07	0,03	1,8
	3	3,450	3,530	86,7	3,660	0,09	0,04	2,5
	4	3,290	3,350	82,8	3,420	0,07	0,03	2,0
	5	3,000	3,190	78,1	3,400	0,17	0,09	5,3
	6	2,900	2,980	73,3	3,190	0,12	0,06	4,0
Świerk	kontr.	2,960	2,980	100,0	3,000	0,02	0,01	0,6
	1	2,620	2,670	89,5	2,690	0,03	0,01	1,1
	2	2,270	2,320	78,9	2,350	0,04	0,02	1,7
	3	1,840	1,930	65,4	1,990	0,06	0,03	3,1
	4	1,390	1,480	49,4	1,700	0,10	0,05	6,7
	5	1,260	1,280	43,7	1,300	0,32	0,01	1,5
	6	0,990	1,040	35,5	1,050	0,05	0,02	4,8
Buk	kontr.	4,840	4,870	100,0	4,900	0,03	0,01	0,6
	1	4,360	4,380	89,8	4,400	0,02	0,01	0,4
	2	3,800	3,880	79,5	3,950	0,06	0,03	1,7
	3	3,450	3,480	71,2	3,530	0,04	0,02	1,1
	4	3,020	3,190	65,5	3,200	0,12	0,06	3,7
	5	2,710	2,790	57,0	2,900	0,08	0,04	2,1
	6	2,120	2,280	46,4	2,430	0,14	0,07	6,1
Dąb	kontr.	4,910	4,980	100,0	5,000	0,04	0,02	0,8
	1	4,830	4,950	99,4	5,000	0,08	0,04	1,6
	2	4,890	4,960	99,3	5,000	0,03	0,01	0,6
	3	4,800	4,820	97,1	4,870	0,03	0,01	0,6
	4	4,600	4,710	94,5	4,790	0,06	0,03	1,2
	5	4,490	4,540	91,9	4,620	0,07	0,03	1,7
	6	4,410	4,530	91,0	4,630	0,09	0,04	1,9

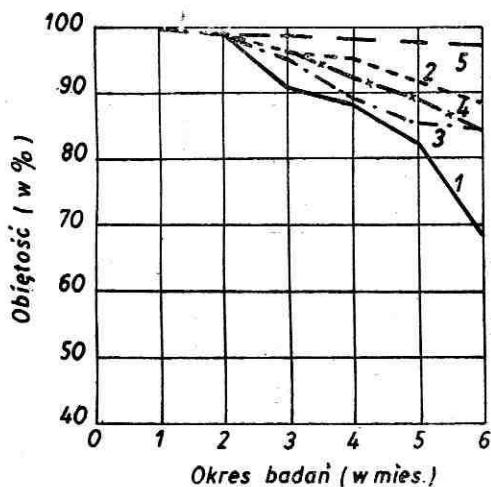
ogół proporcjonalnie do czasu działania grzybów. Po 6 miesiącach ciężar obniżył się pod wpływem działania obu grzybów najsilniej u świerka, nieco mniej u sosny-bielu i buka. Sosna-twardziel i dąb wykazały znacznie mniejsze straty ciężaru. *C. cerebella* wywołał większe straty niż *M. lacrymans*.

Współczynnik zmienności świadczy o stosunkowo niewielkiej rozpę-

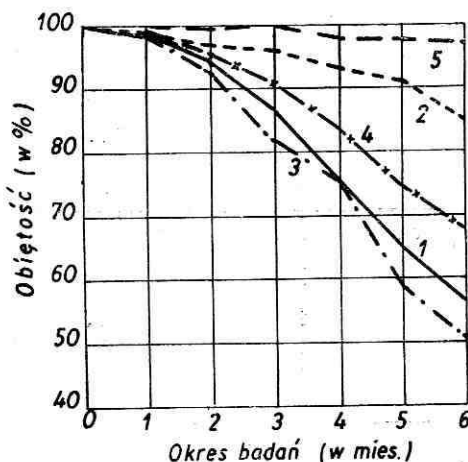
tości wyników w poszczególnych okresach badawczych. Rozpiętość ta wzrasta w miarę postępowania stopnia rozkładu, osiągając w szóstym miesiącu wartość maksymalną około 10%.

2. Zmiany objętości drewna

Badania zmian objętości drewna zachodzących pod wpływem działania grzybów *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. i *Coniophora cerebella* Pers. przeprowadzono na tych samych próbkach, na których oznaczano ciężar. Pomiary wykonywano objętościomierzem rtęciowym na próbkach całkowicie suchych z dokładnością do 0,003 cm³. Uzyskane wyniki zestawiono w tab. 4 i 5 oraz przedstawiono graficznie na rys. 3 i 4. Wskazują one



Rys. 3. Zmiany objętości drewna pod wpływem działania grzyba *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb



Rys. 4. Zmiany objętości drewna pod wpływem działania grzyba *Coniophora cerebella* Pers.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb

na zmniejszanie się objętości drewna w miarę przedłużania się czasu działania grzybów. Stwierdzono, że u wszystkich badanych gatunków drewna grzyb *C. cerebella* wywołał znaczniejsze zmniejszenie objętości niż *M. lacrymans*. Zjawisko to wystąpiło nawet wówczas, kiedy straty ciężaru drewna przy działaniu obu grzybów były prawie jednakowe. Największy spadek objętości stwierdzono u świerka, następnie u sosny-bielu, buka, sosny-twardzieli i dębu.

Współczynnik zmienności wskazuje na niewielką rozpiętość wyników w drewnie zdrowym oraz sukcesywny jej wzrost w miarę postępu rozkładu drewna. Mimo to zróżnicowanie współczynników odnoszących się do poszczególnych okresów zagrzybienia jest niezbyt duże i waha się od około 1% (dla drewna zdrowego) do około 6%.

Tabela 4

**Zmiany objętości drewna pod wpływem działania grzyba
Merulius lacrymans (Wulf.) Fr.**

Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Objętość w cm ³				σ	$\pm m$	v
		min	śred	%	max			
Sosna-biel	kontr.	7,50	7,55	100,0	7,64	0,07	0,03	0,9
	1	7,46	7,56	100,0	7,56	0,13	0,06	1,7
	2	7,37	7,46	98,8	7,57	0,08	0,04	1,1
	3	6,40	6,89	90,9	7,03	0,32	0,16	4,5
	4	6,46	6,69	88,3	6,72	0,20	0,10	2,9
	5	5,52	6,26	82,5	6,77	0,36	0,18	5,3
	6	5,02	5,19	68,5	5,47	0,19	0,09	3,4
Sosna-twardziel	kontr.	7,73	7,83	100,0	7,95	0,11	0,05	1,3
	1	7,72	7,78	99,3	7,81	0,05	0,02	0,5
	2	7,70	7,74	98,8	7,81	0,05	0,02	0,6
	3	7,40	7,55	96,4	7,77	0,18	0,09	2,3
	4	7,30	7,45	95,1	7,43	0,10	0,05	1,3
	5	7,04	7,19	91,8	7,37	0,14	0,07	1,8
	6	6,74	6,92	88,4	7,05	0,12	0,06	1,7
Świerk	kontr.	7,35	7,41	100,0	7,43	0,05	0,02	0,6
	1	7,35	7,45	100,0	7,55	0,08	0,04	1,1
	2	7,27	7,33	98,9	7,40	0,06	0,03	0,8
	3	7,01	7,05	95,1	7,20	0,10	0,05	1,3
	4	6,52	6,63	89,4	6,73	0,09	0,04	1,3
	5	6,11	6,32	85,2	6,51	0,18	0,09	2,7
	6	6,08	6,24	84,2	6,51	0,12	0,06	1,9
Buk	kontr.	7,56	7,59	100,0	7,61	0,02	0,01	0,3
	1	7,56	7,58	99,8	7,59	0,01	0,005	0,1
	2	7,43	7,50	98,8	7,56	0,07	0,03	0,9
	3	7,23	7,33	96,5	7,43	0,09	0,04	1,2
	4	6,84	7,00	92,2	7,21	0,16	0,08	2,2
	5	6,55	6,75	88,9	6,79	0,17	0,08	2,5
	6	6,22	6,41	84,4	6,54	0,13	0,07	1,9
Dąb	kontr.	7,35	7,52	100,0	7,70	0,15	0,07	1,9
	1	7,41	7,52	99,8	7,59	0,14	0,07	1,3
	2	7,28	7,46	99,1	7,61	0,12	0,06	1,1
	3	7,29	7,47	99,2	7,59	0,12	0,06	1,1
	4	7,31	7,41	98,4	7,57	0,12	0,06	1,1
	5	7,29	7,37	97,9	7,45	0,06	0,03	0,8
	6	7,29	7,35	97,6	7,45	0,07	0,05	0,9

3. Zmiany ciężaru właściwego drewna

Zmiany ciężaru właściwego drewna zachodzące pod wpływem działania grzybów *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. i *Coniophora cerebella* Pers. opracowano na podstawie wyników pomiaru ciężaru i objętości

Tabela 5

Zmiany objętości drewna pod wpływem działania grzyba
Coniophora cerebella Pers.

Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Objętość w cm ³				σ	$\pm m$	v
		min	śred	%	max			
Sosna-biel	kontr.	7,50	7,55	100,0	7,64	0,07	0,03	0,9
	1	7,32	7,46	98,7	7,54	0,09	0,04	1,2
	2	7,03	7,15	94,6	7,36	0,15	0,07	2,0
	3	6,36	6,57	87,0	6,80	0,16	0,08	1,3
	4	5,70	5,75	76,1	5,81	0,05	0,02	0,8
	5	4,73	4,91	64,9	5,05	0,14	0,07	2,7
	6	4,02	4,26	56,4	4,73	0,32	0,16	6,7
Sosna-twardziel	kontr.	7,73	7,83	100,0	7,95	0,11	0,05	1,3
	1	7,71	7,77	99,2	7,95	0,14	0,07	1,7
	2	7,55	7,61	97,1	7,68	0,05	0,02	0,7
	3	7,49	7,54	96,2	7,61	0,05	0,02	0,7
	4	7,22	7,29	93,1	7,37	0,07	0,03	0,9
	5	7,05	7,14	91,1	7,21	0,08	0,04	1,1
	6	6,53	6,68	85,3	6,81	0,13	0,06	1,9
Świerk	kontr.	7,35	7,41	100,0	7,43	0,05	0,02	0,6
	1	7,26	7,37	99,1	7,44	0,07	0,03	0,9
	2	6,58	6,89	92,9	7,19	0,28	0,14	3,8
	3	5,81	6,07	81,9	6,39	0,21	0,10	3,2
	4	5,40	5,58	75,1	5,69	0,15	0,07	2,6
	5	4,16	4,34	58,5	4,49	0,14	0,07	3,1
	6	3,48	3,75	30,6	4,03	0,26	0,13	6,4
Buk	kontr.	7,56	7,59	100,0	7,61	0,02	0,01	0,3
	1	7,50	7,58	99,8	7,59	0,05	0,02	0,7
	2	7,20	7,30	96,1	7,39	0,08	0,04	1,0
	3	6,81	6,90	90,9	6,98	0,07	0,03	1,0
	4	6,25	6,39	84,1	6,46	0,09	0,04	1,3
	5	5,43	5,72	75,3	5,83	0,18	0,09	3,0
	6	5,03	5,17	68,1	5,39	0,16	0,08	2,9
Dąb	kontr.	7,35	7,52	100,0	7,70	0,15	0,07	1,9
	1	7,46	7,51	99,7	7,56	0,04	0,02	0,5
	2	7,44	7,49	99,5	7,57	0,04	0,02	0,5
	3	7,46	7,52	100,0	7,68	0,10	0,05	1,3
	4	7,32	7,38	98,1	7,43	0,04	0,02	0,5
	5	7,32	7,37	97,9	7,39	0,03	0,01	0,4
	6	7,10	7,30	97,1	7,51	0,16	0,08	2,1

próbek. Ciężar właściwy obliczano dla drewna w stanie całkowicie suchym za pomocą wzoru

$$\gamma_o = \frac{G_o}{V_o} \text{ G/cm}^3,$$

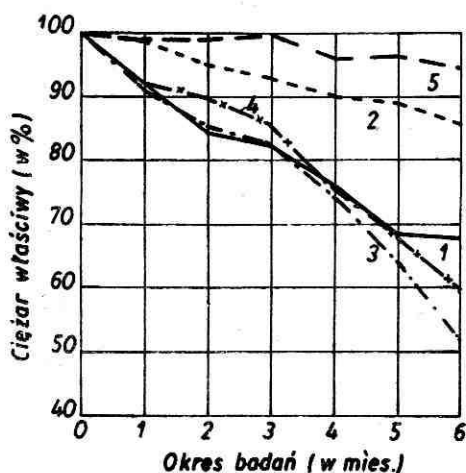
gdzie

γ_0 — ciężar właściwy drewna całkowicie suchego w G/cm^3 ,

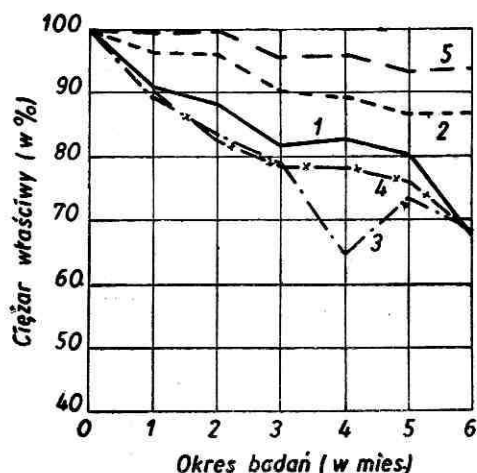
G_0 — ciężar próbki całkowicie suchej w G ,

V_0 — objętość próbki całkowicie suchej w cm^3 .

Uzyskane wyniki przedstawiono w tab. 6 i 7 i na rys. 5 i 6. Świadczą one o wyraźnym spadku ciężaru właściwego wywołanym działaniem obu grzybów. Spadek ten zachodził na ogół proporcjonalnie do czasu działania grzybów.



Rys. 5. Zmiany ciężaru właściwego drewna pod wpływem działania grzyba *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb



Rys. 6. Zmiany ciężaru właściwego drewna pod wpływem działania grzyba *Coniophora cerebella* Pers.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb

Współczynnik zmienności wskazuje na stosunkowo niewielkie zróżnicowanie wyników zarówno dla drewna zdrowego, jak i porażonego przez grzyby. Waha się on w granicach od około 1% do około 5% i tylko niekiedy przekracza tę ostatnią wartość.

W celu stwierdzenia wiarygodności różnic pomiędzy ciężarem właściwym drewna zagrzybionego w różnych okresach czasu a ciężarem właściwym drewna zdrowego (próbki kontrolne) przeprowadzono jednokierunkową analizę zmienności w ramach poszczególnych gatunków drewna i gatunków grzybów. Obliczone przedziały ufności dla średnich arytmetycznych wyników podaje tab. 8. Z przeprowadzonych porównań wynika, że istotne różnice występowały prawie we wszystkich wypadkach. Dla *M. lacrymans* zanotowano następujące wyjątki: po okresie 1 miesiąca dla sosny-twardzieli przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,95, po okresie 1, 2 i 3 miesięcy dla dębu przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,95, a w przypadku *C. cerebella*: po okresie 1 i 2 miesięcy dla sosny-twar-

Tabela 6

**Zmiany ciężaru właściwego drewna pod wpływem działania grzyba
Merulius lacrymans (Wulf.) Fr.**

Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Ciężar właściwy w G/cm ³				σ	$\pm m$	v
		min	śred	%	max			
Sosna-biel	kontr.	0,451	0,460	100,0	0,466	0,007	0,003	1,5
	1	0,416	0,425	92,3	0,431	0,006	0,003	1,5
	2	0,372	0,388	84,3	0,404	0,013	0,006	3,3
	3	0,355	0,378	82,1	0,421	0,030	0,015	6,9
	4	0,333	0,351	76,3	0,360	0,013	0,006	3,7
	5	0,287	0,315	68,4	0,343	0,029	0,014	8,2
	6	0,291	0,312	67,8	0,0330	0,016	0,008	5,1
Sosna-twardziel	kontr.	0,508	0,514	100,0	0,521	0,005	0,002	0,9
	1	0,503	0,508	98,8	0,512	0,004	0,002	0,8
	2	0,477	0,489	95,1	0,499	0,009	0,004	0,8
	3	0,471	0,476	92,6	0,480	0,004	0,002	0,8
	4	0,461	0,465	90,4	0,471	0,004	0,002	0,9
	5	0,451	0,459	89,2	0,465	0,006	0,003	1,3
	6	0,438	0,441	85,7	0,445	0,003	0,001	0,7
Świerk	kontr.	0,398	0,403	100,0	0,406	0,004	0,002	1,0
	1	0,368	0,369	91,5	0,371	0,002	0,001	0,5
	2	0,333	0,345	85,6	0,360	0,011	0,005	3,2
	3	0,328	0,334	82,8	0,337	0,004	0,002	1,1
	4	0,281	0,298	73,9	0,315	0,014	0,007	4,6
	5	0,240	0,261	64,7	0,278	0,016	0,008	6,1
	6	0,172	0,199	49,3	0,213	0,018	0,009	9,0
Buk	kontr.	0,636	0,541	100,0	0,645	0,006	0,003	0,9
	1	0,583	0,593	92,5	0,597	0,006	0,003	1,0
	2	0,559	0,576	89,8	0,589	0,012	0,006	2,1
	3	0,541	0,547	85,3	0,558	0,007	0,003	1,2
	4	0,460	0,485	75,6	0,508	0,020	0,010	4,1
	5	0,425	0,438	68,3	0,456	0,015	0,008	3,4
	6	0,365	0,381	59,4	0,391	0,011	0,005	2,8
Dąb	kontr.	0,647	0,662	100,0	0,680	0,014	0,007	2,0
	1	0,645	0,660	99,6	0,672	0,011	0,005	1,6
	2	0,640	0,658	99,3	0,669	0,012	0,006	1,8
	3	0,645	0,660	99,6	0,682	0,016	0,008	2,4
	4	0,619	0,636	96,0	0,651	0,014	0,007	2,2
	5	0,630	0,638	96,3	0,644	0,006	0,003	0,9
	6	0,618	0,627	94,5	0,637	0,008	0,004	1,2

dzieli przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,95, po okresie 1 i 2 miesięcy dla dębu przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,95.

Można więc stwierdzić, że ciężar właściwy drewna zagrzybionego różnił się istotnie od ciężaru właściwego drewna zdrowego, z wyjątkiem początkowych okresów działania tych grzybów w przypadku drewna sosny-twardzieli i dębu.

Tabela 7

Zmiany ciężaru właściwego drewna pod wpływem działania grzyba
Coniophora cerebella Pers.

Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Ciężar właściwy w G/cm ³				σ	$\pm m$	v
		min	śred	%	max			
Sosna-biel	kontr.	0,451	0,460	100,0	0,466	0,007	0,003	1,5
	1	0,413	0,419	91,0	0,425	0,005	0,002	1,1
	2	0,389	0,407	88,4	0,429	0,018	0,009	4,4
	3	0,362	0,376	81,7	0,391	0,012	0,006	3,1
	4	0,348	0,380	82,6	0,413	0,027	0,013	7,1
	5	0,358	0,370	80,4	0,390	0,014	0,007	3,7
	6	0,301	0,312	67,8	0,325	0,009	0,004	2,8
Sosna-twardziel	kontr.	0,508	0,514	100,0	0,521	0,005	0,002	0,9
	1	0,484	0,497	96,6	0,512	0,013	0,006	2,6
	2	0,487	0,494	96,1	0,509	0,010	0,005	2,0
	3	0,459	0,460	90,6	0,495	0,012	0,006	2,5
	4	0,454	0,459	89,2	0,463	0,005	0,002	1,1
	5	0,425	0,447	86,6	0,470	0,019	0,009	3,2
	6	0,425	0,445	86,5	0,462	0,017	0,008	3,8
Świerk	kontr.	0,398	0,403	100,0	0,406	0,004	0,002	1,0
	1	0,352	0,361	89,5	0,367	0,006	0,003	1,6
	2	0,319	0,335	83,1	0,355	0,016	0,008	4,4
	3	0,309	0,318	78,9	0,328	0,010	0,005	3,0
	4	0,246	0,261	64,4	0,281	0,015	0,007	5,3
	5	0,291	0,295	73,2	0,312	0,012	0,006	3,8
	6	0,253	0,278	68,9	0,301	0,020	0,010	6,6
Buk	kontr.	0,636	0,641	100,0	0,645	0,006	0,003	0,9
	1	0,575	0,578	90,1	0,582	0,003	0,001	0,5
	2	0,528	0,529	82,5	0,534	0,003	0,001	0,5
	3	0,499	0,504	78,6	0,510	0,005	0,002	1,0
	4	0,483	0,501	78,1	0,517	0,014	0,007	2,7
	5	0,476	0,488	76,1	0,499	0,012	0,006	2,4
	6	0,416	0,440	68,6	0,469	0,022	0,011	4,6
Dąb	kontr.	0,647	0,662	100,0	0,680	0,014	0,007	2,0
	1	0,644	0,658	99,3	0,668	0,010	0,005	1,4
	2	0,651	0,660	99,6	0,667	0,007	0,003	1,0
	3	0,624	0,640	96,6	0,652	0,011	0,005	1,6
	4	0,627	0,637	96,2	0,644	0,008	0,004	1,2
	5	0,607	0,618	93,3	0,630	0,009	0,004	1,4
	6	0,606	0,621	93,8	0,629	0,011	0,005	1,7

W celu zbadania wpływu różnych czynników na kształtowanie się ciężaru właściwego przeprowadzono wielokierunkową analizę zmienności. Końcowe wyniki analizy zestawiono w tab. 9; jak wynika z niej, wszystkie rozpatrywane czynniki wywierały istotny wpływ na różnicowanie wyników z wyjątkiem gatunku grzyba.

Na podstawie analizy statystycznej można więc stwierdzić, że obydwa

Tabela 8

Porównanie ciężaru właściwego drewna zagrzybionego i drewna zdrowego
(Przedziały ufności)

Gatunek drewna	<i>M. lacrymans</i>		<i>C. cerebella</i>	
	$t_{\mu_r} 0,99$	$t_{\mu_r} 0,95$	$t_{\mu_r} 0,99$	$t_{\mu_r} 0,95$
Sosna-biel	0,037	0,026	0,031	0,022
Sosna-twardziel	0,011	0,008	0,051	0,037
Świerk	0,023	0,016	0,025	0,018
Buk	0,025	0,018	0,023	0,016
Dąb	0,025	0,018	0,020	0,014

Tabela 9

Zbiorecza analiza zmienności ciężaru właściwego drewna

L. p.	Czynnik zmienności	Suma kwadratów	Liczba stopni swobody	Zmienność przeciętna	F empi- ryczne	F teoretyczne		Istotność różnic	
						0,99	0,95	0,99	0,95
1	Czas zagrzybienia	0,483026	6	0,020504	385	2,89	2,14	+	+
2	Gatunek grzyba	0,000335	1	0,000335	1,6	6,76	3,89	—	—
3	Gatunek drewna	3,611943	4	0,902916	4339	3,41	2,42	+	+
4	Współdziałanie gatunku drewna i gatunku grzyba	0,003752	4	0,000938	4,7	3,41	2,42	+	+
5	Współdziałanie czasu zagrzybienia i gatunku drewna	0,000421	24	0,000013	16	1,88	1,57	+	+
6	Współdziałanie czasu zagrzybienia i gatunku grzyba	0,015881	6	0,002647	12,6	2,89	2,14	+	+
7	Współdziałanie gatunku drewna, gatunku grzyba i czasu zagrzybienia	0,151444	24	0,006310	30	1,88	1,57	+	+
8	Błąd	0,043922	210	0,000209	—	—	—	—	—
Zmienność całkowita		4,310624	279						

gatunki grzybów obniżają w jednakowym stopniu ciężar właściwy badanych gatunków drewna w poszczególnych okresach zagrzybienia.

Przy szczegółowej analizie zależności ciężaru właściwego różnych gatunków drewna od gatunku grzyba, czyli współdziałania gatunku drewna z gatunkiem grzyba, zestawiono średnie wyniki łącznie dla wszystkich okresów zagrzybienia (tab. 10) oraz obliczono przedział ufności, który wyniósł przy prawdopodobieństwie 0,99—0,009, przy prawdopodobieństwie 0,95—0,007. Analiza porównawcza nie wykazała różnic w stopniu działania grzybów *M. lacrymans* i *C. cerebella* na ciężar właściwy drewna sosny-twardzieli, świerka, buka i dębu. W przypadku drewna sosny-bielu

Tabela 10

Zmiany ciężaru właściwego różnych gatunków drewna w zależności od gatunku grzyba

Gatunek drewna	Ciężar właściwy w G/cm ³			Przedział ufności 0,99 0,95	Istotność różnic	
	<i>M. lacrymans</i>	<i>C. cerebella</i>	różnice		0,99	0,95
Sosna-biel	0,375	0,389	0,013	0,009 0,007	+	+
Sosna-twardziel	0,479	0,474	0,004		—	—
Świerk	0,315	0,321	0,005		—	—
Buk	0,523	0,525	0,002		—	—
Dąb	0,649	0,642	0,006		—	—

Tabela 11

Zmiany ciężaru właściwego drewna w różnych okresach zagrzybienia w zależności od gatunku grzyba

Okres działania grzyba w miesiącach	Ciężar właściwy w G/cm ³			Przedział ufności 0,99 0,95	Istotność różnic	
	<i>M. lacrymans</i>	<i>C. cerebella</i>	różnice		0,99	0,95
Kontr.	0,536	0,536	—	0,012 0,009	—	—
1	0,511	0,502	0,008		—	—
2	0,491	0,485	0,005		—	—
3	0,479	0,460	0,018		+	+
4	0,447	0,447	—		—	—
5	0,422	0,443	0,021		+	+
6	0,392	0,418	0,026		+	+

Tabela 12

Zmiany ciężaru właściwego różnych gatunków drewna w różnych okresach działania grzybów

Gatunek drewna	Ciężar właściwy w %						
	kontr.	okres działania grzybów w miesiącach					
		1	2	3	4	5	6
Sosna-biel	100	91,6	86,3	81,9	79,5	74,5	67,7
Sosna-twardziel	100	97,6	95,5	91,5	89,8	87,9	86,0
Świerk	100	90,1	84,3	80,8	69,3	69,1	59,1
Buk	100	91,2	86,2	81,9	76,9	72,3	64,0
Dąb	100	99,9	99,9	98,5	96,7	95,2	94,6

wystąpiło nieznacznie silniejsze działanie grzyba *M. lacrymans*. Ze względu na niewielkie różnice można i tu przyjąć, że oba działają prawie jednakowo.

Zbadano również zależność ciężaru właściwego drewna od gatunku grzyba w poszczególnych okresach badawczych (tab. 11). Za podstawę analizy wzięto dla każdego z grzybów średnie wartości ciężaru właści-

wego w każdym okresie zagrzybienia, łącznie ze wszystkich badanych gatunków drewna, traktując je jako ogólną bazę pokarmową. Przedział ufności wynosił 0,012 przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,009 przy prawdopodobieństwie 0,95. Jak wynika z analizy porównawczej spadek ciężaru właściwego na skutek działania obu grzybów był na ogół jednokowy w większości okresów. Niewielkie wiarogodne różnice wystąpiły w 3, 5 i 6 miesiącu.

Znacznie większe różnice stwierdzono analizując współdziałanie długości okresu zagrzybienia z gatunkiem drewna, czyli zależność ciężaru właściwego od gatunku drewna w różnych okresach działania grzybów (tab. 12). W zestawieniu podano średnie wartości ciężaru właściwego w różnych okresach porażenia obliczone łącznie dla próbek poddanych działaniu obu grzybów. Dla celów porównawczych wyniki przedstawiono w procentach ciężaru właściwego drewna zdrowego (próbki kontrolne). Przedział ufności dla różnic pomiędzy średnimi, obliczony również w procentach średniej wartości ciężaru właściwego dla wszystkich gatunków drewna, wynosił 3,5% przy prawdopodobieństwie 0,09 i 2,6% przy prawdopodobieństwie 0,95. Analiza porównawcza wykazała, że ciężar właściwy drewna obniża się pod wpływem działania grzybów w różnym stopniu u poszczególnych gatunków drewna. Najmniejsze straty stwierdzono u dębu, nieco większe u sosny-twardzieli. Próbki pozostałych gatunków drewna wykazały prawie jednakowe obniżenie ciężaru właściwego. Wyraźnie wiarygodne różnice dla poszczególnych okresów zagrzybienia można stwierdzić pomiędzy dębem a sosną-twardzielą oraz pomiędzy tymi gatunkami a sosną-bielem, świerkiem i bukiem. Ostatnie trzy gatunki wykazują między sobą istotne różnice tylko w końcowych okresach (4 i 5 miesiąc).

Można więc stwierdzić, że działanie grzybów obniżało najmniej ciężar właściwy drewna dębu, nieco więcej sosny-twardzieli, a najwięcej i prawie jednakowo sosny-bielu, świerka i buka.

4. Zmiany nasiąkliwości drewna

Do określenia nasiąkliwości drewna po różnych okresach czasu działania grzybów *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. i *Coniophora cerebella* Pers. z porażonych kawałków drewna wycinano próbki o wymiarach około $2 \times 2 \times 2$ cm. Pod uwagę brano drewno po 1, 3 i 6 miesiącach zagrzybienia oraz drewno zdrowe. Próbki suszono do 0% wilgotności, ważono i wkładano do naczyń z wodą destylowaną. Po 24 godzinach wyjmowano je, osuszano zewnętrznie bibułą filtracyjną i powtórnie ważono. Ilość wchłoniętej wody oznaczano według wzoru

$$W = \frac{G_w - G_o}{G_o} \cdot 100\%$$

Tabela 13

Zmiany nasiąkliwości drewna po 24 godzinach moczenia w wodzie wywołane działaniem grzybów *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. i *Coniophora cerebella* Pers.

Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Nasiąkliwość				σ	$\pm m$	v
		min	śred	%	max			
M. lacrymans								
Sosna-biel	kontr.	79,7	81,6	100	83,3	1,63	0,81	1,9
	1	120,1	132,6	163	140,0	8,66	4,33	3,2
	3	155,5	177,0	216	191,6	16,10	8,05	3,0
	6	252,3	270,0	330	280,7	12,60	6,30	4,6
Sosna-twardziel	kontr.	68,2	71,6	100	75,6	3,16	1,58	4,4
	1	61,2	66,7	93	71,5	4,35	2,17	6,5
	3	79,7	84,5	118	89,1	4,12	2,06	4,8
	6	90,4	97,9	136	104,9	6,58	3,26	6,7
Świerk	kontr.	79,1	81,9	100	84,3	2,32	1,16	2,8
	1	150,9	169,1	206	176,0	12,16	6,08	7,1
	3	163,3	175,4	214	186,8	11,31	5,63	6,4
	6	222,7	272,9	333	330,3	57,44	28,72	21,0
Buk	kontr.	66,3	67,3	100	69,4	1,46	0,73	2,1
	1	98,8	100,1	148	101,3	0,76	0,38	0,8
	3	129,3	134,2	199	137,2	3,32	1,66	2,5
	6	168,1	179,5	266	188,2	2,34	1,17	1,3
Dąb	kontr.	43,3	44,6	100	45,5	1,17	0,58	2,6
	1	39,3	42,2	94	43,7	2,03	1,01	4,8
	3	40,6	41,9	93	43,8	1,34	0,67	3,2
	6	46,1	47,5	106	48,9	1,29	0,64	2,7
C. cerebella								
Sosna-biel	kontr.	79,7	81,6	100	83,3	1,63	0,81	1,9
	1	142,3	147,0	180	153,7	4,81	2,40	3,2
	3	197,8	241,8	296	230,0	32,16	16,08	13,3
	6	303,8	311,1	381	314,8	5,36	2,48	1,7
Sosna-twardziel	kontr.	68,2	71,6	100	75,6	3,16	1,58	4,4
	1	58,9	59,8	83	60,7	0,80	0,40	1,3
	3	92,6	83,4	130	94,8	1,45	0,72	1,5
	6	122,5	125,6	175	131,8	4,24	2,12	3,3
Świerk	kontr.	79,1	81,9	100	84,3	2,32	1,16	2,8
	1	180,9	185,8	226	193,0	5,90	2,95	3,1
	3	241,5	244,3	298	247,8	3,02	1,00	1,2
	6	302,6	326,9	399	338,5	15,55	7,77	4,7
Buk	kontr.	66,3	67,3	100	69,4	1,46	0,73	2,1
	1	95,4	100,8	149	104,0	3,93	1,96	3,8
	3	113,8	131,2	194	146,5	11,78	5,89	8,9
	6	170,9	178,8	265	183,8	5,32	2,66	2,9
Dąb	kontr.	43,3	44,6	100	45,5	1,17	0,53	2,6
	1	39,7	42,5	95	44,5	2,11	1,05	4,9
	3	39,7	42,5	94	44,6	2,06	1,03	4,9
	6	43,1	45,7	102	47,6	1,99	0,99	4,3

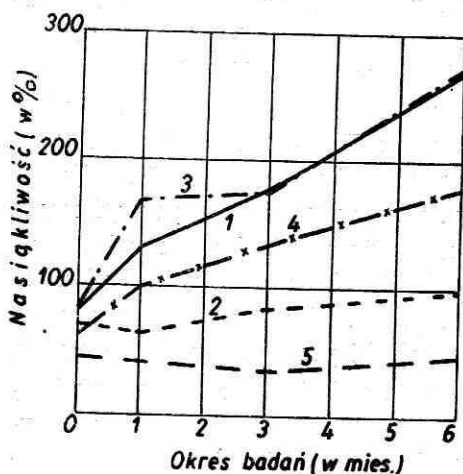
gdzie

W — ilość wchłoniętej wody w procentach ciężaru drewna całkowicie suchego,

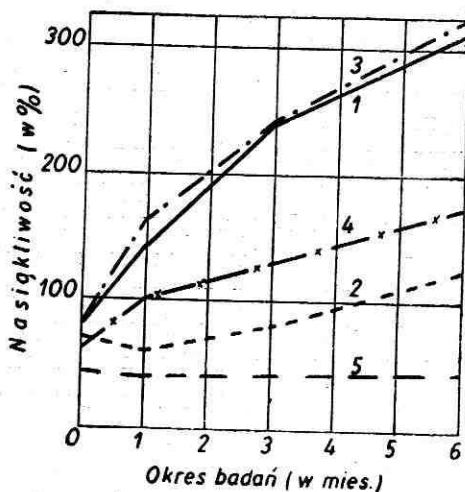
G_w — ciężar próbki po 24 godzinach moczenia w wodzie w G ,

G_o — ciężar próbki drewna całkowicie suchego w G .

Zestawienie wartości liczbowych dla nasiąkliwości zawiera tab. 13 oraz rys. 7 i 8.



Rys. 7. Zmiany nasiąkliwości drewna pod wpływem działania grzyba *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb



Rys. 8. Zmiany nasiąkliwości drewna pod wpływem działania grzyba *Coniophora cerebella* Pers.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb

Wyniki badań wykazują, że nasiąkliwość drewna gatunków szybko ulegających niszczeniu wzrastała w miarę czasu działania grzybów. W drewnie sosny-bielu, świerka i buka wzrost nasiąkliwości miał przebieg zbliżony do prostoliniowego.

Nieco inaczej przedstawia się nasiąkliwość drewna bardziej odpornego na działanie grzybów, tj. sosny-twardzieli i dębu. Po 1 miesiącu działania grzybów na to drewno zachodziło nieznaczne obniżenie się nasiąkliwości, po czym w następnych okresach nastąpił jej wzrost, silniejszy w drewnie sosny-twardzieli, a znacznie słabszy w drewnie dębu.

Fakt ten można wytłumaczyć w sposób następujący: w pierwszej fazie rozwoju grzybów w drewnie strzępki grzybni nie niszczą błon komórkowych. Wnikają one do wnętrza komórek drewna i przechodzą z komórki do komórki w poszukiwaniu rozproszonych substancji pokarmowych, korzystając z naturalnych otworów, to jest jamek prostych i jamek otoczkowych. Na skutek tego jamki zostają częściowo pozatykane przez strzępki, co utrudnia przenikanie wody. W późniejszych okre-

sach rozwoju strzępki zaczynają niszczyć ścianki komórkowe, liczba otworów kapilarnych szybko wzrasta, co pociąga za sobą wzrost nasiąkliwości. Zjawisko to potwierdziły również badania mikroskopowe. Należy przypuszczać, że analogiczny przebieg ma nasiąkliwość drewna sosny-bielu, świerka i buka. Ze względu na szybkie tempo niszczenia, okres początkowego nieznacznego obniżenia nasiąkliwości nastąpił prawdopodobnie znacznie wcześniej i nie został uchwycony doświadczeniem. Istniejące w literaturze rozbieżne poglądy na to zagadnienie wydają się potwierdzać wysuniętą hipotezę. W anin (21) stwierdził wzrost nasiąkliwości drewna sosny w końcowym stadium rozkładu wywołowanego przez *Fomes ignarius* Fr. i *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. Przeciwnie wyniki uzyskał on (22) badając nasiąkliwość drewna sosny w początkowym stadium rozkładu przez *Fomes annosus* Fr. oraz Andriejew (1), który badał drewno jodły niszczone przez *Pholiota adiposa* Fr. i *Fomes Hartigii* All. W tych przypadkach drewno znajdujące się w początkowym okresie zagrzybienia miało nasiąkliwość niższą od drewna zdrowego. Wydaje się, że przyczyną tych rozbieżności było poddanie badaniom drewna znajdującego się w różnym stadium rozkładu, a tym samym nie uwzględnienie w analizie zagadnienia dynamiki procesu rozkładu drewna.

Stopień nasiąkliwości niszczonego drewna był również uzależniony od gatunku niszczącego je grzyba. W większości gatunków drewna z wyjątkiem buka, gdzie różnice były minimalne, nasiąkliwość szybciej wzrosła i osiągnęła wyższą wartość przy porażeniu grzybem *C. cerebella* niż *M. lacrymans*. Po 6 miesiącach nasiąkliwość wzrosła pod wpływem działania grzyba *M. lacrymans* w drewnie świerka o 233%, sosny-bielu 230%, buka 166%, sosny-twardzieli 36%, dębu 6%. Po takim samym okresie działania grzyba *C. cerebella* nasiąkliwość wzrosła o 299% w drewnie świerka, 281% sosny-bielu, 265% buka, 75% sosny-twardzieli i 2% dębu.

Współczynnik zmienności dla wszystkich gatunków drewna waha się w granicach 2—4%, co świadczy o niewielkiej rozpiętości wyników. W niektórych tylko wypadkach współczynnik zmienności wykazuje dużą wartość, jak np. dla świerka po 6 miesiącach (*M. lacrymans*) i dla sosny-bielu po 3 miesiącach (*C. cerebella*).

5. Zmiany higroskopijności drewna

Zmiany higroskopijności drewna wywołane działaniem grzybów *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. i *Coniophora cerebella* Pers. badana na próbkach o wymiarach około $2 \times 2 \times 2$ cm wyrobionych z większych kawałków drewna poddanych uprzednio zagrzybieniu. Badanie własności higroskopijnych przeprowadzono na drewnie po 1, 3 i 6 miesiącach działania grzybów oraz na próbkach kontrolnych z drewna zdrowego. Za miarę nasiąkliwości przyjęto ilość pary wodnej wchłoniętej przez drewno w ciągu 24 godz. z powietrza o wilgotności względnej 100%.

Tabela 14

Zmiany higroskopijności drewna po 24 godz. przebywania w eksykatorze wywołane działaniem grzybów *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. i *Coniophora cerebella* Pers.

Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Sorpccja w %				σ	$\pm m$	v
		min	śred	%	max			
M. lacrymans								
Sosna-biel	kontr.	9,8	10,1	100	10,4	0,24	0,12	2,3
	1	8,1	8,9	88	9,7	0,69	0,34	7,7
	3	7,9	8,0	79	8,2	0,18	0,09	1,2
	6	7,1	7,5	74	8,0	0,57	0,28	7,6
Sosna- twardziel	kontr.	8,1	8,4	100	8,7	0,31	0,15	3,6
	1	7,1	7,9	94	8,4	0,59	0,28	7,4
	3	5,4	6,8	80	7,5	1,07	0,53	15,7
	6	5,7	6,7	79	7,6	0,14	0,07	2,1
Świerk	kontr.	13,5	13,7	100	14,0	0,24	0,12	1,7
	1	11,7	12,1	88	12,7	0,43	0,21	3,5
	3	11,1	11,8	86	12,5	0,67	0,33	5,6
	6	10,1	10,9	79	11,9	0,78	0,39	4,2
Buk	kontr.	6,4	7,1	100	7,8	0,57	0,28	8,0
	1	6,6	7,0	98	7,8	0,56	0,28	8,0
	3	6,1	6,4	91	6,7	0,31	0,16	4,8
	6	3,4	6,0	84	6,8	0,58	0,29	9,6
Dąb	kontr.	4,0	4,4	100	4,8	0,32	0,16	7,2
	1	3,9	4,1	93	4,5	0,26	0,13	6,3
	3	3,1	3,9	88	4,6	0,64	0,32	16,4
	6	3,5	4,0	90	4,6	0,47	0,23	11,7
C. cerebella								
Sosna-biel	kontr.	9,8	10,1	100	10,4	0,24	0,12	2,3
	1	8,5	9,1	90	10,0	0,69	0,34	7,7
	3	7,1	7,8	77	8,8	0,74	0,37	9,4
	6	6,1	6,6	65	7,6	0,72	0,36	10,9
Sosna- twardziel	kontr.	8,1	8,4	100	8,7	0,31	0,15	3,6
	1	6,7	7,1	84	7,6	0,38	0,19	4,5
	3	6,2	6,5	78	7,2	0,42	0,21	6,7
Świerk	kontr.	13,5	13,7	100	14,0	0,24	0,12	1,7
	1	11,4	11,8	86	12,0	0,26	0,13	2,2
	3	10,4	10,7	78	11,4	0,45	0,22	4,2
	6	8,5	9,2	67	10,4	0,81	0,40	8,8
Buk	kontr.	6,4	7,1	100	7,8	0,57	0,28	9,0
	1	5,0	5,8	81	6,2	0,54	0,27	9,3
	3	4,8	5,2	73	5,7	0,55	0,27	10,5
	6	4,3	4,4	61	5,0	0,56	0,28	12,7
Dąb	kontr.	4,0	4,4	100	4,8	0,32	0,16	7,2
	1	3,9	4,4	100	4,9	0,44	0,22	10,0
	3	3,7	4,0	90	4,5	0,37	0,18	9,2
	6	3,6	4,1	93	4,5	0,37	0,18	9,0

Całkowicie suche próbki po zważeniu wkładano na siatkę do eksykatora zawierającego powietrze o wilgotności względnej 100%. Założoną wilgotność powietrza w eksykatorze utrzymywał wlany na dno nasycony roztwór węglanu sodu ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Higroskopijność drewna po 24 godz. oznaczano według wzoru

$$S = \frac{G_w - G_o}{G_w} \cdot 100\%,$$

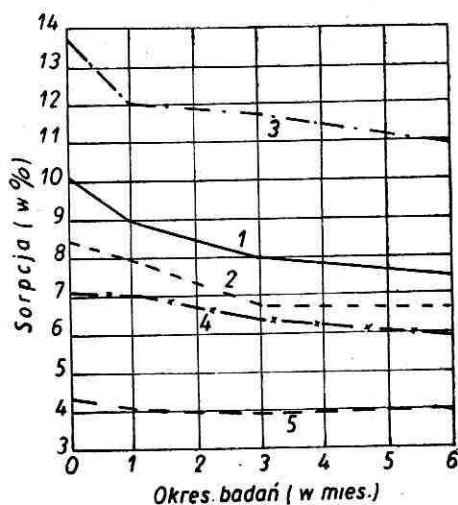
gdzie

S — ilość wchłoniętej pary wodnej w procentach ciężaru drewna całkowicie suchego,

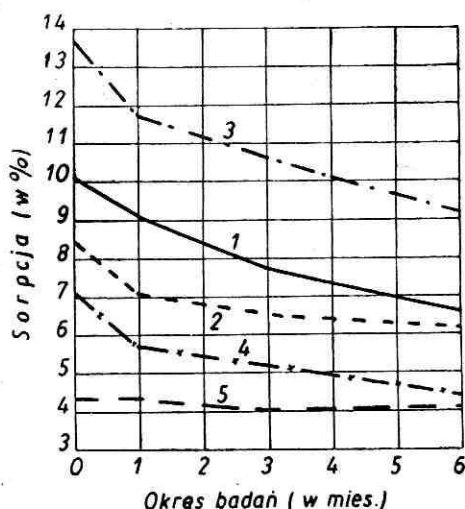
G_w — ciężar próbki po 24 godz. przebywania w eksykatorze w G ,

G_o — ciężar próbki całkowicie suchej w G .

Wyniki badań higroskopijności przedstawiono w tab. 14 i na wykresach (rys. 9 i 10). Zestawienia te wyraźnie wskazują na zmniejszenie się higroskopijności w miarę postępowania rozkładu drewna. Grzyb



Rys. 9. Zmiany higroskopijności drewna pod wpływem działania grzyba *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb



Rys. 10. Zmiany higroskopijności drewna pod wpływem działania grzyba *Coniophora cerebella* Pers.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb

C. cerebella niszczyć drewno szybciej powodował również znaczniejsze obniżenie higroskopijności. W drewnie gatunków odporniejszych na działanie grzybów, jak np. w drewnie sosny-twardzieli, higroskopijność obniżała się wolniej lub jak w drewnie dębu — bardzo nieznacznie.

Zmniejszanie się higroskopijności drewna pod wpływem działania grzybów wydaje się z teoretycznego punktu widzenia całkowicie uza-

sadnione. O higroskopijności drewna decyduje higroskopijność jego składników, tj. przede wszystkim celulozy i ligniny. Grzyby *M. lacrymans* i *C. cerebella* wywołują rozkład drewna typu destrukcyjnego, podczas którego rozkładowi ulega w drewnie celuloza, a zawartość ligniny prawie się nie zmienia. Jak wiadomo, lignina wykazuje niższe własności higroskopijne niż celuloza [Nikitin (13)]. Z tego wynika, że higroskopijność drewna będzie się zmniejszać w miarę obniżania się procentowej zawartości celulozy. Fakt ten nie znajduje dostatecznego potwierdzenia w dotychczasowych, nielicznych zresztą pracach na ten temat. Wanin (21) stwierdził nawet nieznaczne zwiększenie higroskopijności drewna sosny porażonego przez *M. lacrymans*, natomiast Miller i Meyer [Piereżygin (15)] nie stwierdzili różnicy w higroskopijności między drewnem zdrowym sosny i świerka, a zniszczonym przez tzw. grzyby skladowe.

Stopień higroskopijności drewna zależny był również od gatunku grzyba wywołującego rozkład. Przy zagrzybieniu przez *M. lacrymans* higroskopijność drewna malała nieco wolniej niż przy zagrzybieniu przez *C. cerebella*. Po 6 miesiącach działania *M. lacrymans* higroskopijność w drewnie sosny-bielu zmniejszyła się o 26%, sosny-twardzieli i świerka o 21%, buka o 16%, dębu o 10%. Przy zagrzybieniu przez *C. cerebella* w tym czasie higroskopijność sosny-bielu obniżyła się o 35%, świerka o 33%, sosny-twardzieli o 22%, a dębu tylko o 7%.

Współczynnik zmienności wyników wahał się średnio dla obu grzybów w granicach 2—6%, co świadczy o niedużej ich rozpiętości. Rozpiętość higroskopijności drewna porażonego przez grzyby była na ogół większa niż drewna zdrowego.

III. BADANIA ZMIAN WŁASNOŚCI MECHANICZNYCH DREWNA ZAGRZYPIONEGO

1. Zmiany wytrzymałości drewna na ściskanie wzdłuż włókien

Badanie wpływu działania grzybów *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. i *Coniophora cerebella* Pers. na wytrzymałość drewna na ściskanie wzdłuż włókien przeprowadzono na próbkach o wymiarach (przed zagrzybieniem) 2×2×2 cm. Pod wpływem działania grzybów nastąpiło w próbkach pewne zmniejszenie się ich objętości, dlatego też przed obciążaniem powierzchnie przekroju były powtórnie mierzone przymiarem suwliwym z dokładnością do 0,1 mm. Równocześnie określano wilgotność kilku próbek. Próbki obciążano wzdłuż włókien przy przyroście siły 1200—1800 kG/min.

Tabela 15

Zmiany wytrzymałości drewna na ściskanie wzdłuż włókien pod wpływem działania grzyba *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.

Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Wytrzymałość na ściskanie w kG/cm ²				σ	$\pm m$	v
		min	śred	%	max			
Sosna-biel	kontr.	386	400	100,0	422	16,5	8,1	4,1
	1	300	320	80,0	348	20,7	10,2	6,4
	2	234	255	63,7	267	15,6	7,4	5,1
	3	185	201	50,2	211	12,0	6,0	5,9
	4	119	129	32,2	136	8,1	4,0	6,2
	5	63	68	17,0	73	4,1	1,0	6,0
	6	24	34	8,5	44	9,5	2,4	27,0
Sosna-twardziel	kontr.	397	403	100,0	417	9,5	4,6	2,3
	1	354	371	91,6	378	11,3	5,6	3,0
	2	318	336	83,3	352	16,4	8,2	4,8
	3	279	295	73,2	312	17,1	8,5	5,7
	4	210	236	58,5	267	27,2	13,6	11,4
	5	150	165	40,9	178	11,5	5,7	6,9
	6	106	120	29,7	142	15,3	7,6	12,7
Świerk	kontr.	380	391	100,0	401	9,2	4,6	2,3
	1	262	275	70,3	293	12,9	6,4	3,6
	2	220	235	60,1	244	10,7	5,3	4,5
	3	179	188	48,0	192	12,4	6,2	6,5
	4	104	118	30,1	142	16,9	8,4	14,3
	5	44	55	14,0	67	9,6	4,8	17,4
	6	20	24	6,1	30	4,3	2,1	17,9
Buk	kontr.	521	533	100,0	540	8,6	4,3	1,6
	1	465	478	89,6	487	10,6	5,3	2,2
	2	382	400	75,0	422	13,6	6,8	3,4
	3	325	339	63,6	349	12,0	6,0	3,5
	4	240	250	46,9	261	9,6	4,8	3,8
	5	123	153	28,7	168	20,2	10,1	3,2
	6	97	99	18,5	102	2,2	1,1	2,2
Dąb	kontr.	480	502	100,0	520	18,8	9,4	3,7
	1	477	498	99,2	514	15,9	7,9	3,1
	2	462	473	94,2	486	10,7	5,3	2,2
	3	401	430	85,6	463	25,5	12,7	5,9
	4	401	430	85,6	444	19,9	9,9	4,6
	5	404	424	84,4	448	19,7	9,6	4,6
	6	383	394	78,4	408	13,3	6,6	3,3

Wytrzymałość na ściskanie określano według wzoru

$$R_{cw} = \frac{P}{F} \text{ kG/cm}^2,$$

Tabela 16

Zmiany wytrzymałości drewna na ściskanie wzdłuż włókien pod wpływem działania grzyba *Coniophora cerebella* Pers.

Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Wytrzymałość na ściskanie w kg/cm^2				σ	$\pm m$	v
		min	śred	%	max			
Sosna-biel	kontr.	386	400	100,0	422	16,5	8,1	4,1
	1	269	296	74,0	302	18,6	9,1	6,2
	2	218	233	58,2	240	12,0	6,0	5,1
	3	172	181	45,2	192	10,7	5,2	5,9
	4	102	114	28,5	124	10,3	5,0	9,0
	5	56	65	16,2	77	9,2	4,3	13,1
	6	28	29	7,0	30	1,0	0,5	3,4
Sosna-twardziel	kontr.	397	403	100,0	417	9,5	4,6	2,3
	1	335	359	89,0	378	20,9	10,4	5,8
	2	262	266	66,0	270	3,2	1,6	1,2
	3	205	216	53,5	225	9,3	4,6	4,3
	4	176	188	46,6	195	6,5	3,2	3,4
	5	126	132	32,7	141	7,3	3,6	5,5
	6	63	69	17,1	78	7,0	3,5	1,0
Świerk	kontr.	380	391	100,0	401	9,2	4,6	2,3
	1	259	271	69,3	287	11,6	5,8	4,2
	2	206	223	57,0	244	15,7	7,8	7,0
	3	159	157	40,1	166	6,4	3,2	4,0
	4	81	98	25,0	116	14,4	7,2	14,6
	5	31	38	9,7	45	5,8	2,9	15,2
	6	14	19	4,7	28	6,6	3,3	34,7
Buk	kontr.	521	533	100,0	540	8,6	4,3	1,6
	1	424	441	82,7	473	21,8	10,9	4,9
	2	339	351	65,8	366	12,2	6,1	3,4
	3	201	235	41,1	259	25,4	12,7	10,8
	4	120	153	28,7	185	26,7	13,3	17,4
	5	57	72	13,5	91	14,6	7,3	20,2
	6	71	81	15,1	92	18,7	9,3	23,0
Dąb	kontr.	480	502	100,0	520	18,8	9,4	3,7
	1	441	476	94,8	504	29,4	14,7	6,1
	2	416	433	86,2	449	17,6	8,8	4,0
	3	381	404	80,4	428	19,5	9,7	4,8
	4	385	396	78,6	405	9,1	4,5	2,3
	5	352	368	73,3	378	26,5	13,2	7,2
	6	331	371	73,9	364	25,5	12,7	6,8

gdzie

R_{cw} — wytrzymałość na ściskanie w kg/cm^2 przy wilgotności $W\%$,

P — siła niszcząca w kg ,

F — powierzchnia przekroju próbki w cm^2 .

Uzyskane wyniki zredukowano do 15% wilgotności stosując wzór Bau-schingera

$$R_{c15} = R_{cw} [1 + a (W - 15)] \text{ kG/cm}^2,$$

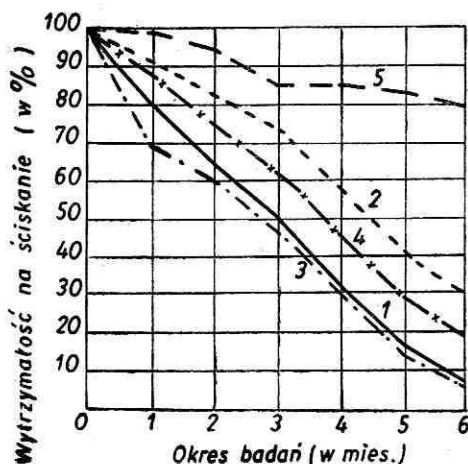
gdzie

R_{cw} — wytrzymałość przy 15% wilgotności,

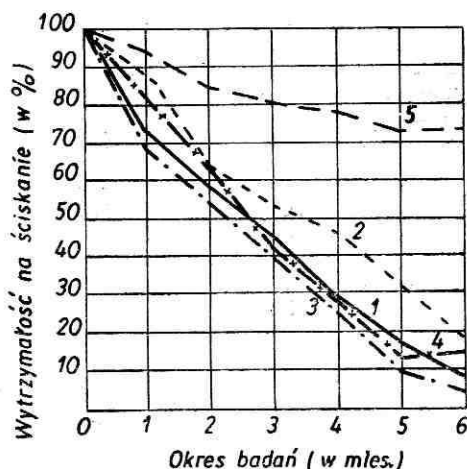
W — wilgotność próbki w chwili badania w %,

a — współczynnik zmiany wytrzymałości drewna przy zmianie jego wilgotności o 1%, wynoszący dla sosny i buka 0,05, dla świerka i dębu 0,04.

Wyniki badań zestawione w tab. 15 i 16, oddzielnie dla drewna za-
grzybionego przez *M. lacrymans* i *C. cerebella*, oraz przedstawiono w po-
staci wykresów (rys. 11 i 12).



Rys 11. Zmiany wytrzymałości drewna na ściskanie pod wpływem działania grzyba *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb



Rys. 12. Zmiany wytrzymałości drewna na ściskanie pod wpływem działania grzyba *Coniophora cerebella* Pers.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb

Uzyskane wyniki wykazują spadek wytrzymałości drewna na ściskanie zachodzący pod wpływem działania grzybów. Spadek ten jest na ogół proporcjonalny do czasu ich działania.

Współczynnik zmienności dla obu gatunków grzybów i wszystkich gatunków drewna wykazuje mniej więcej jednakową rozpiętość wahań (około 5%) z tendencją do wzrostu w późniejszych okresach badawczych. W niektórych przypadkach stwierdzono sporadyczny, znaczny wzrost współczynnika zmienności w pewnych okresach, jak np. przy zagrzybieniu przez *C. cerebella* drewna sosny-bielu (5 miesięcy), sosny-twardzieli (6 miesięcy) i przy zagrzybieniu przez *M. lacrymans* sosny-bielu (6 miesięcy). Na uwagę zasługuje fakt, że współczynnik zmienności wytrzymałości próbek kontrolnych (drewna zdrowego) był dla wszystkich gatunków drewna dużo niższy niż w przypadku próbek poddanych działaniu grzybów. Świadczy to o nierównomiernym działaniu grzybów na wytrzymałość próbek w tym samym okresie czasu.

Wiarogodność różnic między wytrzymałością na ściskanie drewna porażonego przez grzyby a wytrzymałością drewna zdrowego zbadano za pomocą jednokierunkowej analizy zmienności w ramach poszczególnych gatunków grzyba i gatunków drewna. Obliczone przedziały ufności zawiera tab. 17. Istotne różnice stwierdzono prawie we wszystkich przypadkach. Dla *M. lacrymans* zanotowano następujące wyjątki: po okresie 1 miesiąca dla sosny-twardzieli przy prawdopodobieństwie 0,99, po okresie 1 miesiąca dla dębu przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,95 i po okresie 2 miesięcy przy prawdopodobieństwie 0,99, a dla *C. cerebella*: po okresie 1 miesiąca dla sosny-twardzieli przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,95 i po okresie 1 miesiąca dla dębu przy prawdopodobieństwie 0,99.

Tabela 17

Porównanie wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien drewna zagrzybionego i drewna zdrowego
(Przedziały ufności)

Gatunek drewna	<i>M. lacrymans</i>		<i>C. cerebella</i>	
	$t_{\mu_r, 0,99}$	$t_{\mu_r, 0,95}$	$t_{\mu_r, 0,99}$	$t_{\mu_r, 0,95}$
Sosna-biel	31,8	23,4	21,6	15,4
Sosna-twardziel	32,5	23,9	63,9	47,0
Świerk	22,0	16,2	26,6	19,5
Buk	24,6	18,0	37,0	27,2
Dąb	35,6	25,8	40,0	28,6

Wytrzymałość na ściskanie drewna porażonego przez grzyby była więc istotnie mniejsza od wytrzymałości drewna zdrowego już po jednomiesięcznym ich działaniu we wszystkich wypadkach z wyjątkiem sosny-twardzieli i dębu, gdzie różnice istotne zaobserwowano dopiero w drugim miesiącu.

W celu zbadania wpływu różnych czynników na kształtowanie się zmienności wyników wytrzymałości na ściskanie przeprowadzono wielokierunkową analizę zmienności. Wyniki analizy zestawiono w tab. 18. Z tabeli tej wynika, że wszystkie rozpatrzone czynniki wywierają istotny wpływ na zróżnicowanie wyników przy prawdopodobieństwie 0,99. Spośród wymienionych czynników szczegółowo rozpatrzono współdziałanie gatunku drewna z gatunkiem grzyba, długości okresu zagrzybienia z gatunkiem drewna, długości okresu zagrzybienia z gatunkiem grzyba oraz gatunku drewna, gatunku grzyba i długości okresu zagrzybienia.

Współdziałanie gatunku drewna z gatunkiem grzyba, czyli zależność wytrzymałości na ściskanie różnych gatunków drewna od gatunku grzyba, przedstawiono w tab. 19. Zawiera ona średnie wyniki łącznie dla wszystkich okresów zagrzybienia. Przedział ufności wynosił 8,74 przy prawdopodobieństwie 0,99 i 6,66 przy prawdopodobieństwie 0,95. Na podstawie analizy porównawczej stwierdzono, że działanie *C. cerebella* obniża wytrzymałość na ściskanie drewna badanych gatunków bardziej niż

Tabela 18

Zbiorcza analiza zmienności wytrzymałości drewna na ściskanie wzdłuż włókien

Lp.	Czynnik zmienności	Suma kwadratów	Liczba stopni swobody	Zmienność przeciętna	F empiryczne	F teoretyczne		Istotność różnic	
						0,99	0,95	0,99	0,95
1	Czas zagrzybienia	3373747,6	6	562231,2	2553	2,89	2,14	+	+
2	Gatunek grzyba	66744,2	1	66744,2	303	6,76	3,89	+	+
3	Gatunek drewna	2366578,6	4	591644,6	2686	3,41	2,42	+	+
4	Współdziałanie gatunku drewna i gatunku grzyba	19098,4	4	4774,6	21,6	3,41	2,42	+	+
5	Współdziałanie czasu zagrzybienia i gatunku drewna	421815,6	24	17542,3	79	1,88	1,57	+	+
6	Współdziałanie czasu zagrzybienia i gatunku grzyba	17014,6	6	2835,8	12,4	2,89	2,14	+	+
7	Współdziałanie gatunku drewna, gatunku grzyba i czasu zagrzybienia	18738,7	24	780,7	3,5	1,88	1,57	+	+
8	Błąd	46249,3	210	220,2					
	Zmienność całkowita	6330087,0	279						

Tabela 19

Zmiany wytrzymałości różnych gatunków drewna na ściskanie wzdłuż włókien w zależności od gatunku grzyba

Gatunek drewna	Wytrzymałość na ściskanie w kg/cm ²			Przedział ufności 0,99 0,95	Istotność różnic	
	<i>M. lacrymans</i>	<i>C. cerebella</i>	różnice		0,99	0,95
Sosna-biel	201,5	187,9	13,6	8,74 6,66	+	+
Sosna-twardziel	276,1	234,2	41,9		+	+
Świerk	183,1	171,0	12,1		+	+
Buk	321,8	266,8	55,0		+	+
Dąb	450,7	418,7	32,0		+	+

działanie *M. lacrymans*. Istotność różnic została dowiedziona we wszystkich przypadkach. Różnice te były największe dla sosny-twardzieli, buka, następnie dla dębu, a najmniejsze i prawie jednakowe dla sosny-bielu i świerka.

Współdziałanie okresu zagrzybienia i gatunku grzyba, czyli zależność wytrzymałości na ściskanie od gatunku grzyba w różnych okresach zagrzybienia, przedstawiono w tab. 20. Podane średnie wartości uwzględniają działanie obu grzybów na wszystkie gatunki drewna łącznie przy potraktowaniu ich jako ogólnej bazy pokarmowej. Przedział ufności wy-

Tabela 20

Zmiany wytrzymałości drewna na ściskanie wzdłuż włókien w różnych okresach zagrzybienia w zależności od gatunku grzyba

Okres działania grzyba w miesiącach	Wytrzymałość na ściskanie w kG cm ²			Przedział ufności 0,99 0,95	Istotność różnic	
	<i>M. lacrymans</i>	<i>C. cerebella</i>	różnice		0,99	0,95
Kontr.	447,7	447,7	—	11,8 9,0	—	—
1	366,3	466,3	22,6		+	+
2	339,6	301,9	27,7		+	+
3	289,6	239,0	50,6		+	+
4	233,0	189,7	43,3		+	+
5	135,6	135,6	37,6		+	+
6	134,5	110,2	24,3		+	+

nosił 11,8 przy prawdopodobieństwie 0,99 i 9,0 przy prawdopodobieństwie 0,95. Wyniki pozwalają stwierdzić, że działanie grzybów *M. lacrymans* i *C. cerebella* przez 6 miesięcy niejednakowo wpływało na wytrzymałość drewna na ściskanie. Działanie *C. cerebella* spowodowało znaczniejszy spadek wytrzymałości we wszystkich badanych okresach, różniący się istotnie przy prawdopodobieństwie 0,99 od spadku spowodowanego przez działanie *M. lacrymans*. Największe różnice wystąpiły w 3 i 4 miesiącu zagrzybienia; we wcześniejszych i późniejszych okresach stwierdzono tendencję do zmniejszania się różnic.

Współdziałanie okresu zagrzybienia i gatunku drewna, czyli zależność wytrzymałości na ściskanie od gatunku drewna w różnych okresach porażenia przez grzyby, przedstawiono w tab. 21. Podano w niej średnie

Tabela 21

Zmiany wytrzymałości różnych gatunków drewna na ściskanie w różnych okresach działania grzybów

Gatunek drewna	Wytrzymałość na ściskanie w %						
	kontr.	okres działania grzybów w miesiącach					
		1	2	3	4	5	6
Sosna-biel	100	74,9	60,0	47,2	30,0	16,4	7,8
Sosna-twardziel	100	89,9	74,5	63,1	52,2	36,9	23,4
Świerk	100	69,9	58,7	43,3	27,6	11,8	5,4
Buk	100	75,6	61,7	47,2	33,1	18,4	14,8
Dąb	100	96,6	90,0	82,8	82,0	78,7	73,9

wytrzymałości drewna na ściskanie w różnych okresach zagrzybienia obliczone łącznie dla próbek poddanych działaniu obu grzybów. Do celów porównawczych wyniki przedstawiono w procentach wytrzymałości drewna zdrowego (kontrolnego). Przedział ufności dla średnich wartości wytrzymałości na ściskanie dla wszystkich gatunków drewna przedstawiony w procentach wynosił 4,1 przy prawdopodobieństwie 0,99 i 3,13 przy

prawdopodobieństwie 0,95. Wytrzymałość na ściskanie wszystkich gatunków drewna pod wpływem działania grzybów obniżała się w niejednakowym stopniu. Największy spadek stwierdzono w drewnie świerka, sosny-bielu i buka, mniejszy w drewnie sosny-twardzieli, najmniejszy w drewnie dębu. Spadek wytrzymałości przebiegał na ogół równomiernie we wszystkich badanych gatunkach drewna. Na podstawie różnic w spadku wytrzymałości na ściskanie w różnych okresach zagrzybienia można stwierdzić, że istotne różnice wystąpiły między wytrzymałością drewna dębu a sosny-twardzieli oraz między tymi gatunkami a sosną-bielem, świerkiem i bukiem. Różnice między wytrzymałością drewna sosny-bielu, świerka i buka ogólnie biorąc były nieistotne, z wyjątkiem różnic w 1 i 6 miesiącu zagrzybienia.

W celu określenia współzależności między wytrzymałością na ściskanie a ciężarem właściwym drewna obliczono współczynnik korelacji między tymi cechami oraz ułożono równanie regresji. Stwierdzono, że między tymi cechami istnieje zależność prostoliniowa. Przy porażeniu drewna przez *M. lacrymans* równania regresji miały następującą postać (w nawiasach podano współczynnik korelacji):

dla drewna sosny-bielu ($r = 0,97$)

$$R_{c15} = 2790 \gamma_0 - 835,$$

dla drewna sosny-twardzieli ($r = 0,84$)

$$R_{c15} = 2900 \gamma_0 - 1111,$$

dla drewna świerka ($r = 0,95$)

$$R_{c15} = 1790 \gamma_0 - 390,$$

dla drewna buka ($r = 0,97$)

$$R_{c5} = 1740 \gamma_0 - 589,$$

dla drewna dębu ($r = 0,84$)

$$R_{c15} = 2400 \gamma_0 - 1102.$$

Przy porażeniu drewna przez *C. cerebella* równania regresji miały postać:

dla drewna sosny-bielu ($r = 0,91$)

$$R_{c15} = 2600 \gamma_0 - 823,$$

dla drewna sosny-twardzieli ($r = 0,94$)

$$R_{c15} = 4200 \gamma_0 - 1761,$$

dla drewna świerka ($r = 0,93$)

$$R_{c15} = 2530 \gamma_0 - 641,$$

dla drewna buka ($r = 0,93$)

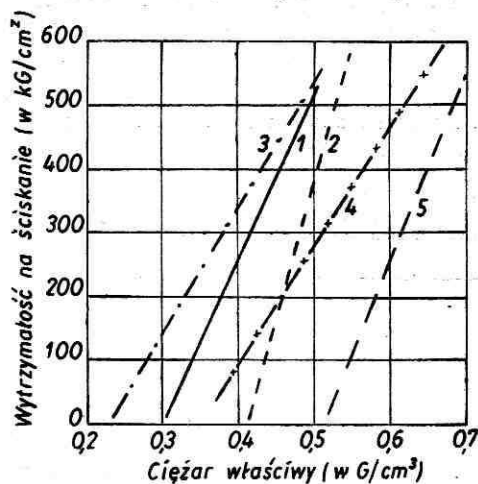
$$R_{c15} = 2580 \gamma_0 - 1088,$$

dla drewna dębu ($r = 0,92$)

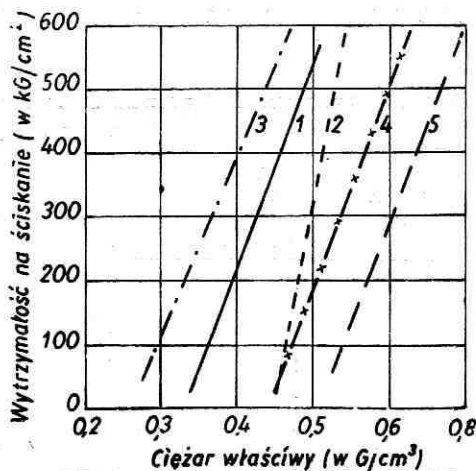
$$R_{c15} = 2560 \gamma_0 - 1222.$$

Należy podkreślić, że wysoka wartość współczynnika korelacji, zbliżona w większości wypadków do 1, przy sprawdzeniu z teoretycznym r^1 Fishera potwierdziła istnienie korelacji pomiędzy wytrzymałością na

ściskanie a ciężarem właściwym drewna. Ułożone równania regresji pozwalają na podstawie ciężaru właściwego obliczyć dla poszczególnych gatunków drewna zagrzybionego przez *M. lacrymans* lub *C. cerebella* odpowiadającą mu wartość wytrzymałości na ściskanie. Tę samą wartość można również odczytać z wykresów prostych regresji (rys. 13 i 14).



Rys. 13. Proste regresji wytrzymałości na ściskanie i ciężaru właściwego drewna zagrzybionego przez *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb



Rys. 14. Proste regresji wytrzymałości na ściskanie i ciężaru właściwego drewna zagrzybionego przez *Coniophora cerebella* Pers.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb

2. Zmiany wytrzymałości drewna na zginanie statyczne

Wpływ działania grzybów *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. i *Coniophora cerebella* Pers. na wytrzymałość drewna na zginanie statyczne określano na próbkach o wymiarach wyjściowych $2 \times 2 \times 30$ cm. Po wyjęciu z kultury grzyba i klimatyzacji oznaczano powtórnie za pomocą przymiaru suwliwego szerokość i wysokość próbki, z dokładnością do 0,1 mm. Rozstaw podpór przy badaniu wynosił 24 cm. Próbkę obciążano w kierunku równoległym do przekroju stycznego z szybkością 120 do 180 kg/min. Wytrzymałość na zginanie statyczne obliczono według wzoru

$$R_{gw} = \frac{3 Pl}{2 b h^2} \text{ kg/cm}^2,$$

gdzie

R_{gw} — wytrzymałość na zginanie statyczne przy wilgotności W % w kg/cm^2 ,

P — siła niszcząca w kg ,

l — rozstaw podpór wynoszący 24 cm,

b — szerokość próbki w cm,

h — wysokość przekroju próbki w cm.

Po określeniu wytrzymałości z bezpośredniego sąsiedztwa przełomu pobierano próbkę do zbadania wilgotności. Wyniki przeliczono do poziomu 15% wilgotności stosując wzór Bauschingera o współczynniku $\alpha = 0,04$.

Tabela 22

Zmiany wytrzymałości drewna na zginanie statyczne pod wpływem działania grzyba
Merulius lacrymans (Wulf.) Fr.

Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Wytrzymałość na zginanie statyczne w kg/cm ²				σ	$\pm m$	v
		min	śred	%	max			
Sosna-biel	kontr.	727	776	100,0	816	36,9	18,4	4,7
	1	324	337	43,4	356	15,3	7,6	4,2
	2	163	179	23,0	202	17,3	8,6	9,6
	3	112	144	18,5	173	25,5	12,7	17,7
	4	37	55	7,1	75	20,8	10,4	20,8
	5	0	17	2,1	28	12,0	6,0	70,5
	6	0	5	0,6	20	11,4	5,7	228,0
Sosna-twardziel	kontr.	716	778	100,0	813	42,7	21,3	5,4
	1	550	669	85,9	782	45,0	22,5	6,7
	2	544	636	81,7	684	53,3	26,6	8,3
	3	540	578	74,2	600	26,5	13,2	4,5
	4	402	460	59,1	509	50,0	25,0	10,8
	5	180	225	31,4	329	71,0	35,5	31,5
	6	94	118	15,1	164	31,9	15,6	27,0
Świerk	kontr.	634	652	100,0	684	23,2	11,6	3,5
	1	201	229	35,1	255	25,5	12,7	25,5
	2	110	127	19,4	161	22,4	11,2	17,6
	3	76	87	13,3	106	14,5	7,2	16,6
	4	19	34	5,2	49	12,5	6,2	36,7
	5	0	22	3,3	34	14,9	7,4	67,7
	6	0	6	0,9	17	4,0	2,0	6,6
Buk	kontr.	1090	1120	100,0	1160	30,0	15,0	2,6
	1	450	460	41,0	570	14,1	7,0	3,0
	2	140	195	17,4	220	36,0	18,0	18,4
	3	90	100	8,9	120	14,1	7,0	14,1
	4	40	54	4,8	64	10,0	5,0	18,2
	5	10	15	1,3	22	5,2	2,6	34,6
	6	0	0	0	0	—	—	—
Dąb	kontr.	873	922	100,0	996	53,6	26,8	5,8
	1	852	856	92,8	921	41,8	20,9	4,7
	2	792	851	92,2	921	56,2	28,1	6,6
	3	743	829	89,9	852	54,1	27,0	6,5
	4	720	769	83,4	834	56,7	28,0	7,3
	5	690	679	73,6	788	74,1	37,0	9,1
	6	576	634	68,7	662	38,4	19,1	6,0

Tabela 23

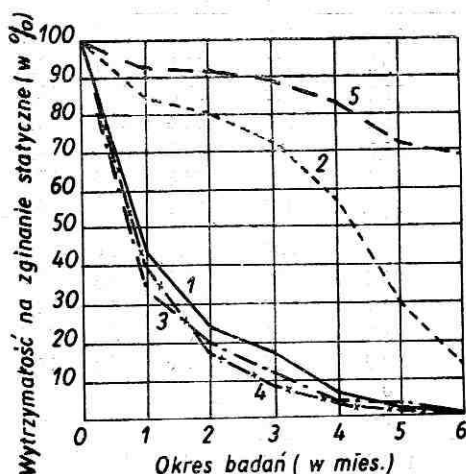
Zmiany wytrzymałości drewna na zginanie statyczne pod wpływem działania grzyba
Coniophora cerebella Pers.

Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Wytrzymałość na zginanie statyczne w kg/cm^2				σ	$\pm m$	v
		min	śred	%	max			
Sosna-biel	kontr.	727	776	100,0	816	36,9	18,4	4,7
	1	278	304	39,1	324	20,8	10,4	6,8
	2	132	157	20,2	186	23,1	11,5	14,7
	3	57	69	8,9	84	9,8	4,9	14,2
	4	34	47	6,0	55	24,0	12,0	85,7
	5	0	14	1,8	29	16,4	8,2	117,1
	6	0	0	0	0	—	—	—
Sosna twar-dziel	kontr.	716	773	100,0	792	42,7	21,3	5,4
	1	549	616	79,1	658	39,5	19,7	6,4
	2	533	606	77,8	700	67,9	33,9	12,0
	3	446	506	65,0	561	51,4	25,7	10,1
	4	359	429	55,1	411	56,7	28,3	13,2
	5	150	197	25,3	228	35,3	17,6	17,9
	6	0	78	1,0	115	50,3	25,1	64,4
Świerk	kontr.	634	652	100,0	684	23,2	11,6	3,5
	1	184	191	29,2	202	8,8	4,4	4,6
	2	47	70	10,7	80	15,4	7,7	22,0
	3	16	23	3,5	31	6,4	3,2	27,8
	4	0	4	0,6	12	5,6	2,8	14,0
	5	0	0	0	0	—	—	—
	6	0	0	0	0	—	—	—
Buk	kontr.	1090	1120	100,0	1130	30,0	15,0	2,6
	1	400	450	40,1	460	67,0	35,5	14,8
	2	120	130	11,6	140	10,0	5,0	7,6
	3	50	65	5,9	70	16,6	6,4	26,5
	4	0	11	1,0	20	8,4	4,2	7,6
	5	0	0	0	0	—	—	—
	6	0	0	0	0	—	—	—
Dąb	kontr.	873	922	100,0	996	53,6	26,8	5,8
	1	795	820	88,9	300	96,2	48,1	11,7
	2	581	640	69,4	684	44,3	22,1	6,9
	3	528	580	62,2	618	66,3	33,1	11,4
	4	542	582	63,1	620	32,6	16,3	5,6
	5	509	540	58,6	572	32,8	16,4	6,1
	6	444	490	53,1	544	41,1	20,5	8,3

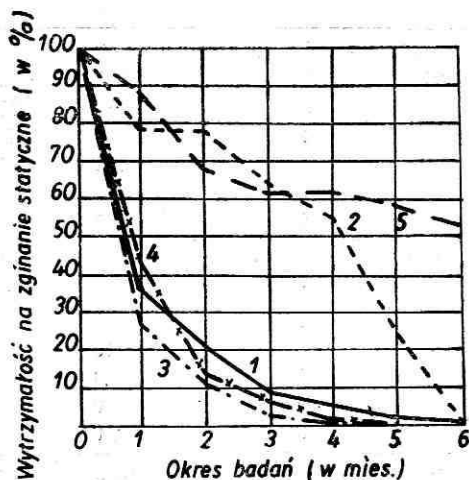
Uzyskane wyniki zestawiono w tab. 22 i 23 oraz przedstawiono graficznie na wykresach (rys. 15 i 16).

Wytrzymałość drewna na zginanie statyczne pod wpływem działania obu grzybów znacznie się zmniejszyła. Charakterystyczną cechą zmian był gwałtowny spadek wytrzymałości po pierwszym miesiącu zagrzybienia w drewnie sosny-bielu, świerka i buka, tj. rodzajów należących

do mniej odpornych na działanie grzybów. Spadek ten dochodził przy zagrzybieniu przez *M. lacrymans* do 35,1% w drewnie świerka, 41% buka i 43,4 sosny-bielu; przy zagrzybieniu przez *C. cerebella* do 29,2% w drewnie świerka, 39,1% sosny-bielu i 40% buka. Po pierwszym miesiącu spadek wytrzymałości stopniowo zmniejszał się, wskutek czego krzywa na wykresach przybrała postać zbliżoną do paraboli. Po 6 miesiącach zagrzybienia przez *M. lacrymans* wytrzymałość na zginanie statyczne spadła w drewnie sosny-bielu do 0,6%, świerka do 0,9%, buka do 0. Pod wpływem działania grzyba *C. cerebella* w tym samym czasie wytrzymałość drewna sosny-bielu obniżała się do 0; wytrzymałość drewna buka i świerka spadła do 0 już po 5 miesiącach zagrzybienia.



Rys. 15. Zmiany wytrzymałości drewna na zginanie statyczne pod wpływem działania grzyba *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb



Rys. 16. Zmiany wytrzymałości drewna na zginanie statyczne pod wpływem działania grzyba *Coniophora cerebella* Pers.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb

Nieco inny przebieg miał spadek wytrzymałości drewna na zginanie statyczne u rodzajów zaliczanych do bardziej odpornych na działanie grzybów, tj. w drewnie sosny-twardzieli i dębu. Tempo spadku było tu nieregularne, wskutek czego wykresy miały postać pośrednią pomiędzy prostą a parabolą. Na podkreślenie zasługuje fakt, że wytrzymałość drewna sosny-twardzieli w okresie drugiego i trzeciego miesiąca zagrzybienia *C. cerebella* była większa od wytrzymałości drewna dębu. Przyczyną tego zjawiska było prawdopodobnie trudne do zaobserwowania, okresowe zahamowanie procesu rozkładu drewna sosny-twardzieli. Po 6 miesiącach działania grzyba *M. lacrymans* wytrzymałość na zginanie statyczne spadła w drewnie sosny-twardzieli do 15,1%, dębu do 68,7%; przy zagrzybieniu przez *C. cerebella* do 10,0% i 53,1%.

Współczynnik zmienności wykazuje szeroką rozpiętość wyników w poszczególnych okresach zagrzybienia przez *M. lacrymans* i *C. cerebella* dla wszystkich gatunków drewna. Wyniki wytrzymałości drewna zdrowego wykazują zmienność niewielką (v wynosi około 5%), natomiast zmienność wyników dla drewna zagrzybionego wzrasta z przedłużaniem się okresu zagrzybienia. W niektórych wypadkach współczynnik zmienności osiąga bardzo wysoką wartość szczególnie w końcowych okresach, jak np. w 6 miesiącu zagrzybienia przez *M. lacrymans* drewna sosny-bielu (228%) oraz zagrzybienia przez *C. cerebella* również drewna sosny-bielu w 5 miesiącu (117,1%).

Wiarogodność różnic pomiędzy wytrzymałością na zginanie statyczne drewna zdrowego (kontrolnego) a wytrzymałością drewna porażonego przez grzyby *M. lacrymans* i *C. cerebella* zbadano za pomocą jednokierunkowej analizy zmienności w ramach poszczególnych gatunków grzybów i gatunków drewna. Przedziały ufności podano w tab. 24. Istotne

Tabela 24

Porównanie wytrzymałości na zginanie statyczne drewna zagrzybionego i drewna zdrowego
(Przedziały ufności)

Gatunek drewna	<i>M. lacrymans</i>		<i>C. cerebella</i>	
	$t_{\mu_r} 0,99$	$t_{\mu_r} 0,95$	$t_{\mu_r} 0,99$	$t_{\mu_r} 0,95$
Sosna-biel	43,8	31,4	40,9	29,3
Sosna-twardziel	119,6	91,5	97,9	70,2
Świerk	37,0	27,2	22,9	16,8
Buk	37,6	26,9	29,7	21,3
Dąb	94,5	67,8	236,3	169,5

różnice stwierdzono prawie we wszystkich wypadkach. Dla *M. lacrymans* zanotowano następujące wyjątki: po okresie 1 miesiąca dla sosny-twardzieli przy prawdopodobieństwie 0,99, po okresie 1 miesiąca dla dębu przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,95 i po okresie 2 miesięcy przy prawdopodobieństwie 0,99, a dla *C. cerebella* po okresie 1 miesiąca dla dębu przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,95.

Wytrzymałość na zginanie statyczne drewna porażonego przez *M. lacrymans* i *C. cerebella* jest więc już po jednomiesięcznym działaniu tych grzybów istotnie mniejsza od wytrzymałości drewna zdrowego z wyjątkiem początkowych okresów zagrzybienia drewna sosny-twardzieli i dębu.

W celu stwierdzenia wpływu poszczególnych czynników na kształtowanie się wyników wytrzymałości na zginanie statyczne przeprowadzono wielokierunkową analizę zmienności (tab. 25). Stwierdzono istotny wpływ wszystkich rozpatrywanych czynników, z wyjątkiem współdziałania gatunku drewna, gatunku grzyba i czasu zagrzybienia.

Tabela 25

Zbiorecza analiza zmienności wytrzymałości drewna na zginanie statyczne

Lp.	Czynnik zmienności	Suma kwadratów	Liczba stopnia swobody	Zmienność przeciętna	F empiryczne	F teoretyczne		Istotność różnic	
						0,99	0,95	0,99	0,95
1	Czas zagrzybienia	144531472	6	24088578	998	2,89	2,14	+	+
2	Gatunek grzyba	2049849	1	2049849	84	6,76	3,89	+	+
3	Gatunek drewna	125581562	4	31395390	1300	3,41	2,42	+	+
4	Współdziałanie gatunku drewna i gatunku grzyba	1502078	4	375519	15	3,41	2,42	+	+
5	Współdziałanie czasu zagrzybienia i gatunku drewna	33800925	24	1408372	58	1,88	1,57	+	+
6	Współdziałanie czasu zagrzybienia i gatunku grzyba	750984	6	125164	5	2,89	2,14	+	+
7	Współdziałanie gatunku drewna, gatunku grzyba i czasu zagrzybienia	392399	24	17183	1,3	1,88	1,57	—	—
8	Błąd	4971465	210	23673					
	Zmienność całkowita	313580734	279						

Zmiany wytrzymałości drewna różnych gatunków na zginanie statyczne w zależności od gatunku grzyba zostały szczegółowo przedstawione w tab. 26. Przedział ufności wynosił 33,4 przy prawdopodobieństwie 0,99 i 25,4 przy prawdopodobieństwie 0,95.

Tabela 26

Zmiany wytrzymałości różnych gatunków drewna na zginanie statyczne w zależności od gatunku grzyba

Gatunek drewna	Wytrzymałość na zginanie statyczne w kG/cm ²			Przedział ufości 0,99 0,95	Istotność różnic	
	M. lacrymans	C. cerebella	różnice		0,99	0,95
	Sosna biel	216,6	197,6	19,0	33,4 25,4	—
Sosna-twardziel	497,2	452,0	45,2		+	+
Świerk	165,9	134,4	31,5		—	+
Buk	276,3	248,8	27,5		—	+
Dąb	798,7	653,3	145,4		+	+

Grzyb *C. cerebella* wywołał większy spadek wytrzymałości wszystkich gatunków drewna z wyjątkiem sosny-bielu. Istotność różnic dowiedziona została dla sosny-twardzieli i dębu przy prawdopodobieństwie 0,99 oraz dla świerka i buka przy prawdopodobieństwie 0,95. Szczególnie duże różnice stwierdzono dla drewna dębu. Różnice dla sosny-bielu w świetle ujęcia statystycznego okazały się nieistotne.

Rozpatrzono również wytrzymałość drewna na zginanie statyczne we wszystkich okresach badawczych w zależności od gatunku grzyba (tab. 27). *C. cerebella* wywołał większy spadek wytrzymałości we wszyst-

Tabela 27

**Zmiany wytrzymałości drewna na zginanie statyczne w różnych okresach
zagrzybienia w zależności od gatunku grzyba**

Okres działania grzyba w miesiącach	Wytrzymałość na zginanie statyczne w kG/cm²			Przedział ufności 0,99 0,95	Istotność różnic	
	M. lacrymans	C. cerebella	różnice		0,99	
					0,95	0,99
Kontr.	850,4	850,4	0	39,3 29,9	—	—
1	515,1	470,6	44,5		+	+
2	395,4	320,7	74,7		+	+
3	345,0	246,8	96,2		+	+
4	274,6	205,0	69,6		+	+
5	205,2	153,4	51,8		+	+
6	152,7	113,8	38,9		—	+

kich okresach badania, różniący się istotnie swą wielkością (przy prawdopodobieństwie 0,99) od spadku spowodowanego działaniem *M. lacrymans*. W 6 miesiącu działania grzybów różnica nieco się zmniejszyła i stała się nieistotna przy prawdopodobieństwie 0,99. Przeciętne tempo obniżania się wytrzymałości zagrzybionego drewna na zginanie dynamiczne było prawie jednakowe dla obu grzybów we wszystkich okresach.

Szybkość spadku wytrzymałości poszczególnych gatunków drewna niszczonego przez grzyby była różna. W celu określenia różnic zestawiono w tab. 28 średnie wyniki wytrzymałości w % (dla obu grzybów łącznie).

Tabela 28

**Zmiany wytrzymałości różnych gatunków drewna na zginanie statyczne
w różnych okresach działania grzybów**

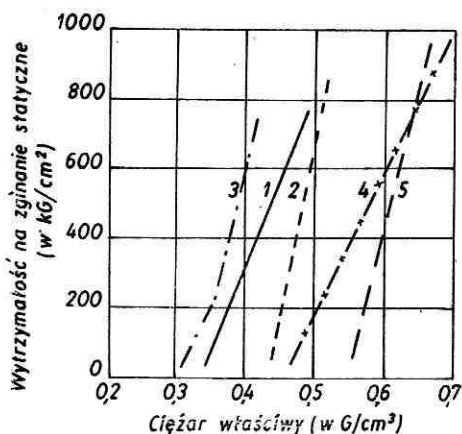
Gatunek drewna	Wytrzymałość na zginanie statyczne w %						
	kontr.	okres działania grzybów w miesiącach					
		1	2	3	4	5	6
Sosna-biel	100	41,2	21,9	13,7	6,5	2,0	0,3
Sosna-twardziel	100	82,6	79,6	69,7	53,9	28,2	12,6
Świerk	100	32,2	15,1	8,4	2,9	1,7	0,5
Buk	100	39,1	14,0	6,9	2,9	0,6	0
Dąb	100	92,1	80,8	75,1	73,3	68,8	60,9

Obliczony przedział ufności dla różnic między średnimi wynosił 7,3 przy prawdopodobieństwie 0,99 oraz 5,9 przy prawdopodobieństwie 0,95. Wyraźne różnice w spadku wytrzymałości wystąpiły między drewnem dębu i sosny-twardzieli oraz między nimi i pozostałymi gatunkami. Istotnych

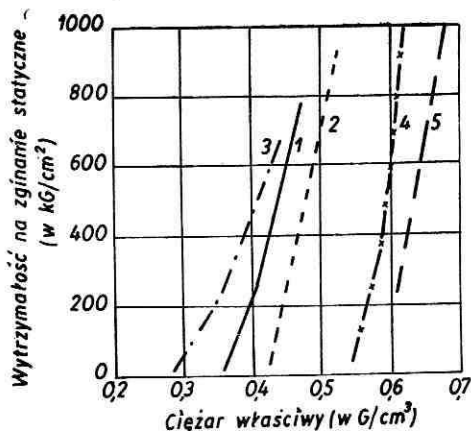
różnic w spadku wytrzymałości drewna sosny-bielu, świerka i buka nie stwierdzono we wszystkich prawie okresach.

Z przeprowadzonych porównań wynika, że najmniejszy spadek wytrzymałości na zginanie statyczne wystąpił w drewnie dębu; następnie sosny-twardzieli. Pozostałe badane gatunki drewna, tj. sosny-bielu, świerka i buka, wykazują największy spadek wytrzymałości, przy jednoczesnym braku istotnych różnic między sobą.

Na podstawie uzyskanych wyników zbadano zależność pomiędzy spadkiem wytrzymałości drewna na zginanie statyczne a ciężarem właściwym drewna (rys. 17 i 18). Stwierdzono, że między wymienionymi włas-



Rys. 17. Proste i krzywe regresji wytrzymałości na zginanie statyczne i ciężaru właściwego drewna zagrzybionego przez *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb



Rys. 18. Proste i krzywe regresji wytrzymałości na zginanie statyczne i ciężaru właściwego drewna zagrzybionego przez *Coniophora cerebella* Pers.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb

nościami zachodzi w drewnie sosny-twardzieli i dębu zależność prostopadlinowa wyrażająca się przy zagrzybieniu drewna przez *M. lacrymans* następującymi równaniami (w nawiasach podano współczynnik korelacji):

dla drewna sosny-twardzieli ($r = 0,93$)

$$R_{g15} = 8620 \gamma_0 - 3642,$$

dla drewna dębu ($r = 0,92$)

$$R_{g15} = 6590 \gamma_0 - 3479,$$

Przy zagrzybieniu drewna przez *C. cerebella* równania miały postać:

dla drewna sosny-twardzieli ($r = 0,92$)

$$R_{g15} = 8550 \gamma_0 - 3594,$$

dla drewna dębu ($r = 0,80$)

$$R_{g15} = 7180 \gamma_0 - 3913.$$

Zależność między wytrzymałością na zginanie statyczne a ciężarem właściwym drewna sosny-bielu, świerka i buka ma charakter paraboliczny. Zależność tę wyraża się równaniem 2-stopnia, które przy zagrzybieniu drewna przez *M. lacrymans* ma następującą postać (w nawiasach podano kryterium oceny T_R):

dla drewna sosny-bielu ($T_R = 57,7$)

$$R_{g15} = 1090,7 + 2,22 \gamma_o + 0,0033 \gamma_o^2,$$

dla drewna świerka ($T_R = 152$)

$$R_{g15} = 1696,81 - 14,38 \gamma_o + 0,029 \gamma_o^2,$$

dla drewna buka ($T_R = 123$)

$$R_{g15} = 1188,32 + 1,72 \gamma_o + 0,002 \gamma_o^2.$$

Przy zagrzybieniu drewna przez *C. cerebella* równania miały postać:

dla drewna sosny-bielu ($T_R = 45,9$)

$$R_{g15} = -595 - 1,2 \gamma_o + 0,008 \gamma_o^2,$$

dla drewna świerka ($T_R = 252$)

$$R_{g15} = 426,07 + 0,06 \gamma_o + 0,005 \gamma_o^2,$$

dla drewna buka ($T_R = 17,1$)

$$R_{g15} = 21236 - 83,6 \gamma_o + 0,082 \gamma_o^2.$$

Porównanie otrzymanych współczynników korelacji z r teoretycznym Fishera dla drewna sosny-twardzieli i dębu oraz kryterium T_R z T tablicowym dla drewna sosny-bielu, świerka i buka potwierdziło istotność rozpatrzonych zależności.

3. Zmiany wytrzymałości drewna na zginanie dynamiczne

Badanie zmian wytrzymałości drewna na zginanie dynamiczne zachodzących pod wpływem działania grzybów *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. i *Coniophora cerebella* Pers. przeprowadzono na próbkach o wymiarach wyjściowych $2 \times 2 \times 30$ cm. Próbkę poddane przez odpowiedni okres działaniu grzybów mierzono powtórnie po klimatyzacji przymiarem suwlinowym z dokładnością do 0,1 mm. Badanie przeprowadzono młotem udarowym przy sile działającej prostopadle do przekroju promieniowego próbki. Rozstaw podpór wynosił 24 cm, przy czym pod ruchomą podpórę z kulką zakładano sztabkę aluminiową o twardości 18,8 w skali Brinella. Odciski kulki mierzono lupą pomiarową Amslera z dokładnością 0,1 mm. Wytrzymałość na zginanie dynamiczne obliczono według wzoru

$$R_{gdw} = P_d \cdot \frac{36}{bh^2} \text{ kG/cm}^2,$$

gdzie

R_{gdw} — wytrzymałość na zginanie dynamiczne przy wilgotności W %,

P_d — dynamiczna siła niszcząca w kG,

b — szerokość przekroju próbki w cm,

h — wysokość przekroju próbki w cm.

Dynamiczną siłę niszczącą obliczono według wzoru

$$P_d = H_B \pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2}) kG,$$

gdzie

H_B — twardość sztabki aluminiowej w kG/mm^2 ,

D — średnica kulki stalowej w ruchomej podporze maszyny wynosząca 10 mm,

d — średnica wcisku kulki stalowej w sztabce aluminiowej w mm.

Tabela 29

Zmiany wytrzymałości drewna na zginanie dynamiczne pod wpływem działania grzyba *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.

Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Wytrzymałość na zginanie dynamiczne w kG/cm^2				σ	$\pm m$	v
		min	śred.	%	max			
Sosna-biel	Kontr.	1610	1655	100,0	1710	52	26	3
	1	620	805	48,6	1140	246	123	30
	2	440	600	36,2	750	145	72	24
	3	330	565	34,1	820	238	238	42
	4	450	580	35,0	710	150	75	25
	5	80	300	18,1	520	188	94	63
	6	0	120	7,2	480	520	260	433
Sosna-twardziel	Kontr.	1400	1480	100,0	1710	154	77	10
	1	900	1165	78,7	1310	193	96	16
	2	700	855	57,7	1050	184	92	21
	3	760	980	66,2	1160	165	82	16
	4	380	675	45,6	860	218	109	32
	5	330	635	42,9	850	177	88	27
	6	510	725	48,9	1110	281	140	33
Świerk	Kontr.	1130	1220	100,0	1310	112	56	9
	1	440	470	38,5	510	32	16	6
	2	230	370	30,5	460	107	53	28
	3	250	310	25,4	370	58	29	18
	4	220	395	32,3	360	126	63	21
	5	0	110	9,0	220	95	48	86
	6	0	0	0	0	—	—	—
Buk	Kontr.	1610	1645	100,0	1710	45	22	3
	1	510	810	49,2	980	206	103	25
	2	460	555	33,7	660	81	40	14
	3	440	580	35,2	780	135	67	23
	4	90	415	25,2	680	252	126	60
	5	50	185	11,2	250	160	80	86
	6	0	0	0	0	—	—	—
Dąb	Kontr.	1400	1460	100,0	1520	64	32	4
	1	1050	1195	81,8	1230	216	108	18
	2	980	1095	75,0	1220	45	22	4
	3	1050	1120	76,7	1310	130	65	12
	4	980	1060	72,6	1090	54	27	5
	5	980	1120	76,7	1220	118	59	10
	6	615	820	56,1	1100	252	126	30

Bezpośrednio po dokonaniu badania pobierano z sąsiedztwa przełomu próbkę na określenie wilgotności. Wyniki przeliczano do poziomu 15% wilgotności za pomocą wzoru Bauschingera stosując współczynnik 0,04.

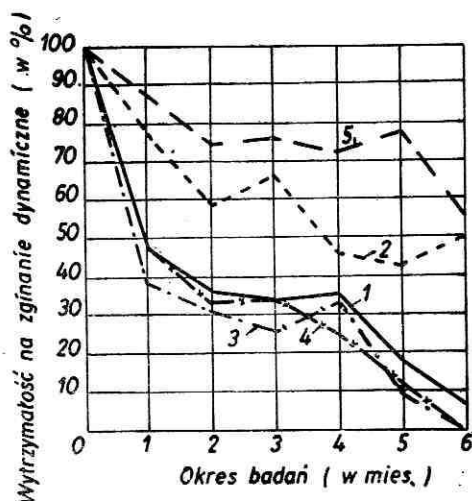
Uzyskane wyniki zestawiono w tab. 29 i 30 i przedstawiono graficznie na wykresach (rys. 19 i 20). Wytrzymałość drewna na zginanie dynamiczne obniżała się pod działaniem obu grzybów podobnie do wytrzymałości

Tabela 30

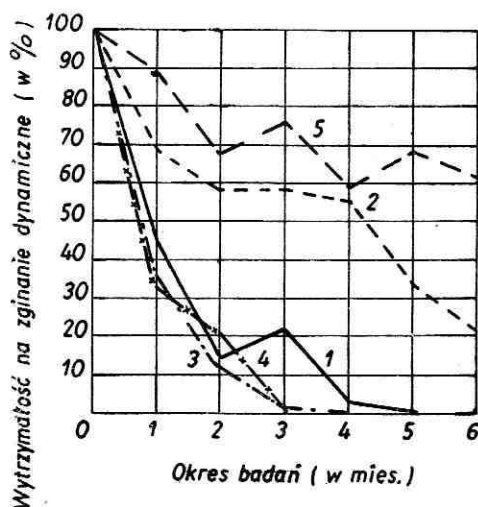
Zmiany wytrzymałości drewna na zginanie dynamiczne pod wpływem działania grzyba *Coniophora cerebella* Pers.

Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Wytrzymałość na zginanie dynamiczne w kg/cm ²				σ	$\pm m$	v
		min	śred	%	max			
Sosna-biel	Kontr.	1610	1655	100,0	1710	52	26	3
	1	490	745	45,0	980	231	115	31
	2	0	245	14,8	360	165	82	67
	3	130	355	21,4	600	219	109	61
	4	0	45	2,7	100	52	26	116
	5	0	0	0	0	—	—	—
	6	0	0	0	0	—	—	—
Sosna-twardziel	Kontr.	1400	1480	100,0	1710	154	77	10
	1	690	1015	68,5	1220	233	116	22
	2	440	860	58,1	1350	418	209	48
	3	620	865	58,1	1230	270	135	31
	4	620	830	56,0	1230	485	242	68
	5	230	490	33,1	750	214	107	43
	6	120	300	20,2	580	210	105	70
Świerk	Kontr.	1130	1220	100,0	1310	112	56	9
	1	370	440	36,0	500	53	26	12
	2	80	140	11,4	180	45	22	32
	3	0	18	1,4	74	80	40	44
	4	0	0	0	0	—	—	—
	5	0	0	0	0	—	—	—
	6	0	0	0	0	—	—	—
Buk	Kontr.	1610	1645	100,0	1710	45	22	3
	1	470	565	34,3	710	113	56	20
	2	70	335	20,3	490	182	91	54
	3	0	0	0	0	—	—	—
	4	0	0	0	0	—	—	—
	5	0	0	0	0	—	—	—
	6	0	0	0	0	—	—	—
Dąb	Kontr.	1400	1460	100,0	1520	64	32	4
	1	1220	1310	89,7	1320	69	34	4
	2	890	1040	67,0	1150	104	52	10
	3	970	1095	75,0	1210	103	51	9
	4	650	840	57,5	1060	178	89	21
	5	830	1000	68,5	1130	126	63	12
	6	830	890	60,9	910	38	19	4

na zginanie statyczne. W drewnie sosny-bielu, świerka i buka w pierwszym miesiącu zagrzybienia nastąpił silny spadek wytrzymałości, który w okresach następnych nieco się zmniejszył. Wykres wytrzymałości w zależności od długości okresu zagrzybienia jest więc zbliżony do paraboli. Podobny przebieg jak przy zginaniu statycznym mają wykresy wytrzymałości dla drewna sosny-twardzieli i dębu. Ogólnie biorąc, spadek wytrzymałości na zginanie dynamiczne był jednak mniej regularny niż przy zginaniu statycznym. Wyraźnie uwidacznia się to w późniejszych okresach, gdzie krzywe mają przebieg nieregularny, falisty.



Rys. 19. Zmiany wytrzymałości drewna na zginanie dynamiczne pod wpływem działania grzyba *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb



Rys. 20. Zmiany wytrzymałości drewna na zginanie dynamiczne pod wpływem działania grzyba *Coniophora cerebella* Pers.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb

Po 6 miesiącach działania grzyba *M. lacrymans* wytrzymałość na zginanie dynamiczne drewna świerka i buka doszła do 0, drewna sosny-bielu — do 7,2%; wytrzymałość drewna sosny-twardzieli w tym czasie spadała do 48,9%, a drewna dębu do 56,1%.

Działanie grzyba *C. cerebella* obniżyło wytrzymałość drewna buka do 0 już po 3 miesiącach, drewna świerka po 4, a sosny-bielu po 5 miesiącach. Wytrzymałość drewna sosny-twardzieli po 6 miesiącach spadała do 20,2%, a drewna dębu do 60,9%.

Współczynnik zmienności wskazuje na dużą rozpiętość wyników w poszczególnych okresach badawczych, z tendencją do wzrostu w późniejszych miesiącach. W niektórych okresach współczynnik osiągał niezwykle wysoką wartość, jak np. w 6 miesiącu u sosny-bielu dla grzyba *M. lacrymans* (433%).

Wiarogodność różnic pomiędzy wytrzymałością na zginanie dyna-

miczne drewna zagrzybionego a wytrzymałością drewna zdrowego zbadano przy zastosowaniu jednokierunkowej analizy zmienności w ramach poszczególnych gatunków drewna i gatunków grzybów. Przedziały ufności podaje tab. 31.

Tabela 31

Porównanie wytrzymałości na zginanie dynamiczne drewna zagrzybionego i drewna zdrowego
(Przedziały ufności)

Gatunek drewna	<i>M. lacrymans</i>		<i>C. cerebella</i>	
	$t_{\mu_r} 0,99$	$t_{\mu_r} 0,95$	$t_{\mu_r} 0,99$	$t_{\mu_r} 0,95$
Sosna-biel	375	269	275	197
Sosna-twardziel	425	304	520	375
Świerk	149	107	100	72
Buk	252	181	171	123
Dąb	378	271	213	153

Istotne różnice stwierdzono prawie we wszystkich wypadkach. Dla *M. lacrymans* stwierdzono następujące wyjątki: po okresie 1 miesiąca dla sosny-twardzieli przy prawdopodobieństwie 0,99, po okresie 1 miesiąca dla dębu przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,95 oraz po okresie 2 miesięcy przy prawdopodobieństwie 0,99; a dla *C. cerebella*: po okresie 1 miesiąca dla sosny-twardzieli przy prawdopodobieństwie 0,99 oraz po okresie 1 miesiąca dla dębu przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,95.

Tabela 32

Zbiorcza analiza zmienności wytrzymałości drewna na zginanie dynamiczne

Lp.	Czynnik zmienności	Suma kwadratów	Liczba stopni swobody	Zmienność przeciętna	F empiryczne	F teoretyczne		Istotność różnic	
						0,99	0,95	0,99	0,95
1	Czas zagrzybienia	3983096737	6	663849456	270	2,89	2,14	+	+
2	Gatunek grzyba	105362492	1	105362492	40	6,76	3,89	+	+
3	Gatunek drewna	2406869466	4	601717366	250	3,41	2,42	+	+
4	Współdziałanie gatunku drewna i gatunku grzyba	26306609	4	6576652	2,6	3,41	2,42	—	+
5	Współdziałanie czasu zagrzybienia i gatunku drewna	588847900	24	24535329	9,2	1,88	1,57	+	+
6	Współdziałanie czasu zagrzybienia i gatunku grzyba	45216648	6	7536108	3,06	2,89	2,14	+	+
7	Współdziałanie gatunku drewna, gatunku grzyba i czasu zagrzybienia	102824346	24	4284347	1,7	1,88	1,57	—	+
8	Błąd	516243200	210	2458301					
Zmienność całkowita		7774767395	279						

Wytrzymałość na zginanie dynamiczne drewna zagrzybionego różniła się więc istotnie od wytrzymałości drewna zdrowego już po pierwszym miesiącu działania grzybów na drewno wszystkich gatunków z wyjątkiem sosny-twardzieli i dębu. W tych gatunkach istotne różnice występują dopiero w drugim lub trzecim miesiącu.

Wpływ różnych czynników na wyniki wytrzymałości na zginanie dynamiczne rozpatrzono za pomocą zbiorczej analizy zmienności (tab. 32). Istotne oddziaływanie stwierdzono dla wszystkich czynników przy prawdopodobieństwie 0,95 oraz dla większości przy prawdopodobieństwie 0,99.

Współzależność gatunku drewna z gatunkiem grzyba, czyli zależność wytrzymałości na zginanie dynamiczne różnych gatunków drewna od gatunku działającego grzyba, przedstawia tab. 33 zawierająca średnie

Tabela 33

Zmiany wytrzymałości różnych gatunków drewna na zginanie dynamiczne w zależności od gatunku grzyba

Gatunek drewna	Wytrzymałość na zginanie dynamiczne w kg/cm^2			Przedział ufności 0,95	Istotność różnic 0,95
	<i>M. lacrymans</i>	<i>C. cerebella</i>	różnice		
Sosna-biel	660,3	535,7	124,6	82,1	+
Sosna-twardziel	931,0	838,9	92,1		+
Świerk	399,0	260,1	138,9		+
Buk	483,5	383,5	100,0		+
Dąb	1127,8	1090,0	37,8		—

wyniki dla wszystkich okresów badawczych. Porównanie przeprowadzono tylko dla prawdopodobieństwa 0,95, gdyż analiza zmienności wykazała nieistotność różnic przy prawdopodobieństwie 0,99.

Przy założonym prawdopodobieństwie 0,95, grzyb *C. cerebella* wywołał wiarygodnie większe niż *M. lacrymans* obniżenie wytrzymałości wszystkich gatunków drewna z wyjątkiem dębu. Największe różnice wystąpiły w drewnie świerka i sosny-bielu, nieco mniejsze — buka.

Zależność wytrzymałości na zginanie dynamiczne od gatunku grzyba w różnych okresach zagrzybienia rozpatrzono na podstawie średnich wartości dla wszystkich gatunków drewna łącznie. Uzyskane wyniki (tab. 34) pozwalają stwierdzić, że działanie grzybów *M. lacrymans* i *C. cerebella* niejednakowo obniżało wytrzymałość drewna na zginanie dynamiczne: *C. cerebella* wywołał większy spadek wytrzymałości. Istotność różnic została stwierdzona prawie we wszystkich okresach z wyjątkiem 1 miesiąca przy prawdopodobieństwie 0,99 i 6 miesięcy przy prawdopodobieństwie 0,95. Największe różnice zachodziły w 3 i 4 miesiącu zagrzybienia. We wcześniejszych i późniejszych okresach różnice malały.

Tabela 34

**Zmiany wytrzymałości drewna na zginanie dynamiczne w różnych okresach
zagrzybienia w zależności od gatunku**

Okres działania grzyba w miesiącach	Wytrzymałość na zginanie dynamiczne w kg/cm^2			Przedział ufości 0,99 0,95	Istotność różnic	
	<i>M. lacrymans</i>	<i>C. cerebella</i>	różnice		0,99	0,95
Kontr.	1492,5	1492,5	0	127,21 111,72	—	—
1	838,5	814,5	24,0		—	—
2	701,0	524,5	176,5		+	+
3	678,5	467,7	210,8		+	+
4	560,5	343,5	217,0		+	+
5	433,5	298,5	135,0		+	+
6	338,5	243,0	95,5		—	—

Zależność wytrzymałości na zginanie dynamiczne od gatunku drewna w różnych okresach zagrzybienia ujęto w tab. 35. Podane wyniki stanowią średnie wartości dla obu grzybów, przedstawione w % wytrzymałości drewna zdrowego. Przedział ufości wynosił 13,5 przy prawdopodobieństwie 0,99 i 10,2 przy 0,95. Obniżenie wytrzymałości na zginanie dynamiczne w ciągu 6 okresów badawczych miało dla poszczególnych gatunków drewna charakter dość niejednorodny. Po spadku w jednym okresie, następowało niekiedy zwiększenie wytrzymałości powstałe prawdopodobnie na skutek niejednorodności próbek.

Tabela 35

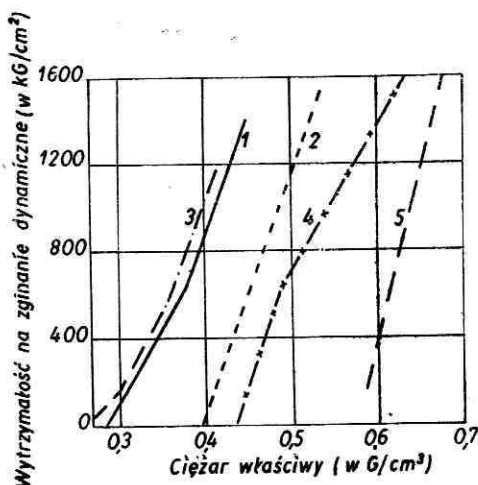
**Zmiany wytrzymałości różnych gatunków drewna na zginanie dynamiczne
w różnych okresach działania grzybów**

Gatunek drewna	Wytrzymałość na zginanie dynamiczne w %						
	kontr.	okres działania grzybów w miesiącach					
		1	2	3	4	5	6
Sosna-biel	100	46,9	25,4	27,8	13,6	9,1	3,6
Sosna-twardziel	100	73,6	58,2	62,5	51,0	38,3	35,7
Świerk	100	37,3	20,9	13,7	12,1	4,4	0
Buk	100	34,0	27,8	12,6	5,6	0	0
Dąb	100	85,6	73,6	75,6	61,5	72,6	59,3

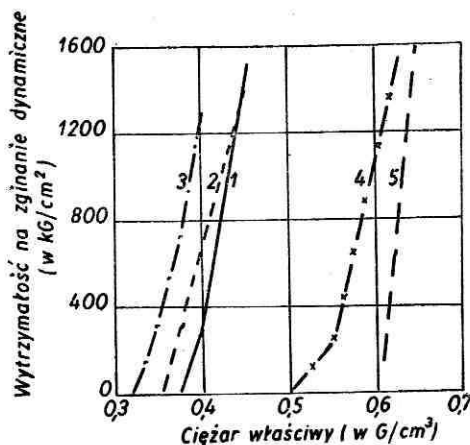
Różnice w stopniu obniżenia wytrzymałości między drewnem sosny-bielu, świerka i buka ogólnie biorąc były nieistotne we wszystkich prawie okresach. Różnice istotne wystąpiły pomiędzy dębem i sosną-twardziela oraz pomiędzy tymi dwoma gatunkami a sosną-bielem, świerkiem i bukiem. Podane różnice odnoszą się do prawdopodobieństwa 0,99. Najmniejszy spadek wytrzymałości przez wszystkie okresy zachodził w drewnie dębu, nieco większy — sosny-twardzieli, a największy — sosny-bielu, świerka i buka.

Opracowano również zależności pomiędzy spadkiem wytrzymałości na zginanie a ciężarem właściwym drewna (rys. 21 i 22). Stwierdzono,

że pomiędzy tymi własnościami zachodzi zależność prostoliniowa dla drewna sosny-twardzieli i dębu wyrażająca się dla *M. lacrymans* nastę-



Rys. 21. Proste i krzywe regresji wytrzymałości na zginanie dynamiczne i ciężaru właściwego drewna zagrzybionego przez *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb



Rys. 22. Proste i krzywe regresji wytrzymałości na zginanie dynamiczne i ciężaru właściwego drewna zagrzybionego przez *Coniophora cerebella* Pers.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb

pującymi równaniami regresji (w nawiasach podano współczynniki korelacji):

dla drewna sosny-twardzieli ($r = 1$)

$$R_{gd15} = 10000 \gamma_0 - 3850,$$

dla drewna dębu ($r = 0,90$)

$$R_{gd15} = 9810 \gamma_0 - 5232,$$

Przy porażeniu przez *C. cerebella* równania mają postać:

dla drewna sosny-twardzieli ($r = 0,90$)

$$R_{gd15} = 12550 \gamma_0 - 3775,$$

dla drewna dębu ($r = 0,59$)

$$R_{gd15} = 7690 \gamma_0 - 3846.$$

Zależność pomiędzy wytrzymałością na zginanie dynamiczne a ciężarem właściwym w drewnie sosny-bielu, świerka i buka miała charakter paraboliczny i wyrażała się następującymi równaniami: przy porażeniu przez *M. lacrymans* (w nawiasach podano kryterium oceny T_R):

dla drewna sosny-bielu ($T_R = 43,7$)

$$R_{gd15} = 1246 + 1,678 \gamma_0 + 0,009 \gamma_0^2,$$

dla drewna świerka ($T_R = 16,1$)

$$R_{gd15} = 1999 - 16,86 \gamma_0 + 0,036 \gamma_0^2,$$

dla drewna buka ($T_R = 12,6$)

$$R_{gd15} = 9052 + 32,95 \gamma_0 + 0,027 \gamma_0^2,$$

Przy porażeniu przez *C. cerebella* równania miały postać:

dla drewna sosny-bielu ($T_R = 14,8$)

$$R_{gd15} = 11570 - 61,72 \gamma_0 + 0,094 \gamma_0^2,$$

dla drewna świerka ($T_R = 8,10$)

$$R_{gd15} = 15053 + 86,35 \gamma_0 + 0,118 \gamma_0^2,$$

dla drewna buka ($T_R = 9,18$)

$$R_{gd15} = 125,33 - 53,52 \gamma_0 + 0,057 \gamma_0^2.$$

Porównanie współczynników korelacji przy zależności prostoliniowej i kryteriów T_R przy zależności parabolicznej z wartościami r i T z tablic Fishera potwierdziło istotność tych zależności.

4. Zmiany udarności drewna

Wpływ działania grzybów *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. i *Coniophora cerebella* Pers. na udarność badano na tych samych próbkach, na których określano wytrzymałość na zginanie dynamiczne. Udarność obliczano według wzoru

$$U_W = \frac{L}{F} \text{ kG/cm}^2,$$

gdzie

U_W — udarność przy wilgotności $W\%$,

L — praca odczytana na skali maszyny wytrzymałościowej w kG,

$F = b \cdot h$ — powierzchnia przekroju próbki w cm^2 .

Wyniki badania przeliczano według wzoru Bauschingera do poziomu 15% wilgotności stosując współczynnik 0,03.

Wyniki przedstawione są w tab. 36 i 37 i na wykresach (rys. 23 i 24).

Pod wpływem działania obu grzybów w ciągu 6 miesięcy udarność drewna wydatnie obniżyła się. Tempo obniżania się było niejednakowe w badanych okresach zagrzybienia. Udarność drewna sosny-bielu, świerka i buka po bardzo dużym spadku w pierwszym miesiącu obniżyła się w następnych okresach znacznie łagodniej. Wykres udarności jest zbliżony do paraboli. Udarność drewna sosny-twardzieli i dębu obniżyła się na ogół jednakowo we wszystkich okresach, dając wykres częściowo prostoliniowy, częściowo paraboliczny. Interesujące jest, że obniżenie udarności zachodziło początkowo w większym stopniu w drewnie dębu niż sosny-twardzieli. Jak widać na wykresach, dopiero pomiędzy 1 a 2 miesiącem przy *M. lacrymans* i pomiędzy 2 a 3 przy *C. cerebella* rozpoczyna się znacznie większy spadek u sosny-twardzieli.

Po 6 miesiącach pod wpływem działania grzyba *M. lacrymans* największy spadek udarności wystąpił w drewnie świerka i buka, osiągając 100% w stosunku do drewna zdrowego. Udarność drewna sosny-bielu obniżyła się w tym czasie do 11%, sosny-twardzieli do 15,8%, a dębu do 59,3%.

Tabela 36

**Zmiany udarności drewna pod wpływem działania grzyba
Merulius lacrymans (Wulf.) Fr.**

Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Udarność w kg/cm ²				σ	$\pm m$	v
		min	śred	%	max			
Sosna-biel	kontr.	0,546	7,717	100,0	0,833	0,12	0,06	16
	1	0,235	0,426	59,4	0,603	0,14	0,07	32
	2	0,175	0,287	40,0	0,460	0,13	0,06	45
	3	0,211	0,285	39,7	0,346	0,07	0,03	24
	4	0,130	0,157	21,8	0,179	0,02	0,01	15
	5	0	0,035	4,8	0,063	0,03	0,01	80
	6	0	0,008	1,1	0,018	0,01	0,005	112
Sosna-twardziel	kontr.	0,718	0,797	100,0	0,862	0,06	0,03	8
	1	0,690	0,769	96,4	0,862	0,08	0,04	11
	2	0,517	0,569	71,3	0,632	0,06	0,03	11
	3	0,460	0,516	64,7	0,580	0,06	0,03	12
	4	0,265	0,365	45,7	0,418	0,07	0,03	19
	5	0,115	0,225	28,1	0,377	0,11	0,06	52
	6	0,029	0,126	15,8	0,204	0,07	0,03	57
Świerk	kontr.	0,488	0,552	100,0	0,575	0,05	0,02	9
	1	0,044	0,076	13,7	0,116	0,05	0,02	65
	2	0,030	0,045	8,1	0,060	0,01	0,006	26
	3	0,031	0,041	7,4	0,060	0,01	0,007	34
	4	0,030	0,030	5,4	0,031	0,003	0,0001	1
	5	0	0,015	2,7	0,032	0,01	0,003	66
	6	0	0	0	0	—	—	—
Buk	kontr.	0,779	0,829	100,0	0,870	0,04	0,03	44
	1	0,318	0,398	48,0	0,519	0,09	0,05	22
	2	0,120	0,230	27,7	0,358	0,10	0,05	45
	3	0,060	0,207	24,9	0,356	0,15	0,07	74
	4	0,015	0,109	13,1	0,215	0,08	0,04	75
	5	0	0,016	1,9	0,033	0,01	0,006	81
	6	0	0	0	0	—	—	—
Dąb	kontr.	0,603	0,716	100,0	0,833	0,09	0,05	12
	1	0,518	0,662	92,4	0,806	0,12	0,06	18
	2	0,517	0,644	89,9	0,805	0,15	0,07	23
	3	0,546	0,619	86,4	0,725	0,08	0,04	12
	4	0,402	0,495	69,1	0,603	0,09	0,05	18
	5	0,373	0,505	70,5	0,632	0,13	0,06	26
	6	0,345	0,425	59,3	0,546	0,09	0,06	20

Wpływ działania grzyba *C. cerebella* był silniejszy. Udarność drewna buka obniżyła się do 0 już po 3 miesiącach działania, świerka po 4, a sosny-bielu po 5 miesiącach. Udarność drewna sosny-twardzieli spadała po 6 miesiącach do 2,6%, a dębu do 44,4%.

Wyniki badań udarności poszczególnych gatunków drewna wykazują duże wahania. Współczynnik zmienności waha się w szerokich granicach:

Tabela 37

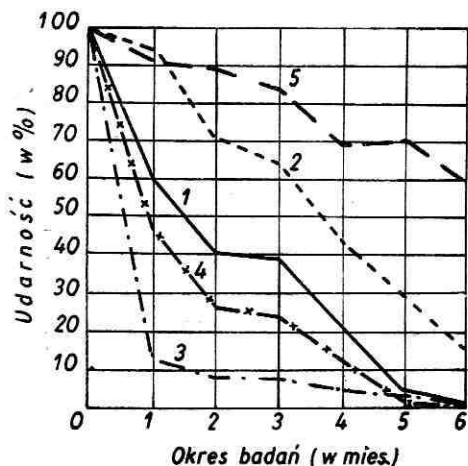
Zmiany udarności drewna pod wpływem działania grzyba
Coniophora cerebella Pers.

Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Udarność w kG/cm ²				σ	$\pm m$	v
		min	śred	%	max			
Sosna-biel	kontr.	0,546	0,717	100,0	0,833	0,12	0,06	16
	1	0,030	0,215	29,9	0,373	0,16	0,08	74
	2	0,016	0,107	14,9	0,230	0,09	0,05	84
	3	0	0,092	12,8	0,185	0,08	0,04	88
	4	0	0,029	4,0	0,104	0,05	0,03	250
	5	—	—	—	—	—	—	—
	6	—	—	—	—	—	—	—
Sosna-twardziel	kontr.	0,718	0,797	100,0	0,862	0,06	0,03	8
	1	0,693	0,759	95,2	0,862	0,09	0,05	12
	2	0,324	0,564	70,7	0,833	0,26	0,13	17
	3	0,345	0,486	60,9	0,687	0,15	0,07	30
	4	0,258	0,312	39,1	0,388	0,06	0,03	20
	5	0,119	0,204	25,2	0,295	0,07	0,04	35
	6	0	0,021	2,6	0,035	0,02	0,01	80
Świerk	kontr.	0,488	0,552	100,0	0,575	0,05	0,02	9
	1	0,029	0,052	9,4	0,091	0,03	0,01	52
	2	0,016	0,027	4,8	0,045	0,01	0,007	48
	3	0	0,005	0,9	0,021	0,01	0,005	200
	4	0	0	0	0	—	—	—
	5	0	0	0	0	—	—	—
	6	0	0	0	0	—	—	—
Buk	kontr.	0,779	0,829	100,0	0,870	0,04	0,02	44
	1	0,043	0,060	7,1	0,091	0,02	0,01	36
	2	0,016	0,035	4,2	0,061	0,02	0,01	54
	3	0	0	0	0	—	—	—
	4	0	0	0	0	—	—	—
	5	0	0	0	0	—	—	—
	6	0	0	0	0	—	—	—
Dąb	kontr.	0,603	0,716	100,0	0,833	0,09	0,05	12
	1	0,517	0,602	84,0	0,667	0,06	0,03	10
	2	0,342	0,454	63,4	0,603	0,12	0,06	26
	3	0,346	0,452	63,1	0,606	0,10	0,05	22
	4	0,294	0,405	56,5	0,519	0,10	0,05	24
	5	0,313	0,446	62,2	0,524	0,08	0,04	17
	6	0,258	0,318	44,4	0,378	0,05	0,02	15

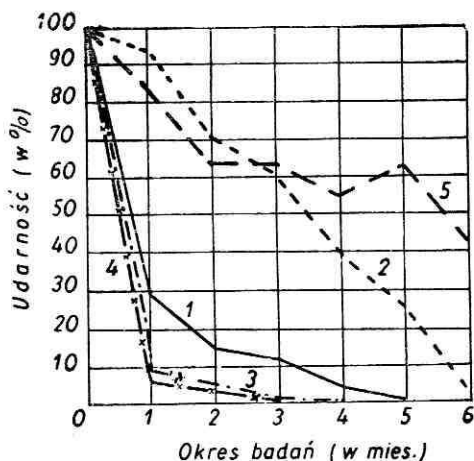
np. w drewnie sosny-twardzieli niszczonej przez *M. lacrymans* od 8% przy drewnie zdrowym do 80% w 6 miesiącu działania grzyba. W miarę wzrastania czasu działania grzybów daje się zauważyć wzrost współczynnika zmienności.

W celu stwierdzenia wiarygodności różnic pomiędzy udarnością drewna zagrzybionego a udarnością drewna zdrowego przeprowadzono

jednokierunkową analizę zmienności w obrębie gatunków drewna i gatunków grzybów. Przedziały ufności podaje tab. 38. Istotne różnice stwierdzono prawie we wszystkich wypadkach. Dla *M. lacrymans* zanotowano następujące wyjątki: po okresie 1 miesiąca dla sosny-twardzieli



Rys. 23. Zmiany udarności drewna pod wpływem działania grzyba *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb



Rys. 24. Zmiany udarności drewna pod wpływem działania grzyba *Coniophora cerebella* Pers.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb

Tabela 38

Porównanie udarności drewna zagrzybionego i drewna zdrowego
(Przedziały ufności)

Gatunek drewna	<i>M. lacrymans</i>		<i>C. cerebella</i>	
	$t_{\mu_r, 0,99}$	$t_{\mu_r, 0,95}$	$t_{\mu_r, 0,99}$	$t_{\mu_r, 0,95}$
Sosna-biel	0,311	0,223	0,271	0,194
Sosna-twardziel	0,152	0,109	0,254	0,182
Świerk	0,048	0,034	0,042	0,030
Buk	0,169	0,121	0,037	0,026
Dąb	0,087	0,063	0,195	0,140

przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,95, po okresie 1 miesiąca dla dębu przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,95 oraz po okresie 2 miesięcy przy prawdopodobieństwie 0,99, a dla *C. cerebella*: po okresie 1 miesiąca dla sosny-twardzieli przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,95 oraz po okresie 1 miesiąca dla dębu przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,95.

Udarność drewna sosny-bielu, świerka i buka porażonego przez grzyby *M. lacrymans* i *C. cerebella* już po pierwszym miesiącu różniła się więc istotnie od udarności drewna zdrowego, a udarność drewna dębu i sosny-twardzieli — po drugim miesiącu zagrzybienia.

Za pomocą wielokierunkowej analizy zmienności (tab. 39) rozpatrzy-

Tabela 39

Zbiorecza analiza zmienności udarności drewna

Lp.	Czynnik zmienności	Suma kwadratów	Liczba stopnia swobody	Zmienność przeciętna	F empiryczne	F teoretyczne		Istotność różnic	
						0,99	0,95	0,99	0,95
1	Czas zagrzybienia	10783581	6	1797263	320	0,89	2,14	+	+
2	Gatunek grzyba	370697	1	370697	66	6,76	3,89	+	+
3	Gatunek drewna	7848897	4	1962224	350	3,41	2,42	+	+
4	Współdziałanie gatunku drewna i gatunku grzyba	129156	4	32289	5,7	3,41	2,42	+	+
5	Współdziałanie czasu zagrzybienia i gatunku drewna	2309945	24	96247	17	1,88	1,57	+	+
6	Współdziałanie czasu zagrzybienia i gatunku grzyba	147189	6	24531	4,4	2,89	2,14	+	+
7	Współdziałanie gatunku drewna, gatunku grzyba i czasu zagrzybienia	211144	24	8797	1,52	1,88	1,57	—	—
8	Błąd	1178078	210	5603					
	Zmienność całkowita	22978687	279						

no wpływ poszczególnych czynników na wyniki udarności drewna. Stwierdzono istotność oddziaływania wszystkich rozpatrywanych czynników z wyjątkiem współdziałania gatunku drewna, gatunku grzyba i okresu zagrzybienia.

Tabela 40

Zmiany udarności różnych gatunków drewna w zależności od gatunku grzyba

Gatunek drewna	Udarność w kg/cm ²			Przedział ufności	Istotność różnic	
	<i>M. lacrymans</i>	<i>C. cerebella</i>	różnice		0,99	
					0,95	0,99
Sosna-biel	0,235	0,164	0,071	0,051 0,039	+	+
Sosna-twardziel	0,478	0,343	0,135		+	+
Świerk	0 108	0,093	0,015		—	—
Buk	0,255	0,132	0,123		+	+
Dąb	0,581	0,484	0,096		+	+

Zależność między udarnością zagrzybionego drewna różnych gatunków a gatunkiem działającego grzyba została dowiedziona we wszystkich wypadkach z wyjątkiem drewna świerka (tab. 40). Średnie wyniki udarności obliczone łącznie dla wszystkich okresów badawczych dowodzą, że działanie grzyba *C. cerebella* bardziej obniżało tę własność drewna niż grzyba *M. lacrymans*. Największe różnice stwierdzono między udarnością

drewna sosny-twardzieli i buka, mniejsze drewna dębu i sosny-bielu. Spadek udarności drewna świerka zagrzybionego przez *M. lacrymans* i zagrzybionego przez *C. cerebella* był prawie jednakowy (różnice nieistotne).

Zależność udarności drewna od gatunku grzyba w różnych okresach zagrzybienia przedstawia tab. 41.

Tabela 41

Zmiany udarności drewna w różnych okresach zagrzybienia w zależności od gatunku grzyba

Okres działania grzyba w miesiącach	Udarność w kg/cm ²			Przedział uñości	Istotność różnic	
	<i>M. lacrymans</i>	<i>C. cerebella</i>	różnice		0,99	0,99
				0,95		
Kontr.	0,722	0,722	—	0,059 0,045	—	—
1	0,451	0,343	0,108		+	+
2	0,356	0,235	0,120		+	+
3	0,333	0,207	0,126		+	+
4	0,231	0,149	0,082		+	+
5	0,157	0,130	0,027		—	—
6	0,111	0,067	0,044		—	—

Działanie grzybów *M. lacrymans* i *C. cerebella* obniżało udarność drewna niejednakowo. *C. cerebella* wywołał większy spadek udarności niż *M. lacrymans* we wszystkich okresach badawczych. Różnice udarności drewna zagrzybionego różnymi gatunkami grzybów były nie istotne w 5 i 6 miesiącach zagrzybienia; największe różnice wystąpiły w 3 miesiącu zagrzybienia drewna.

Zależność udarności od gatunku drewna w różnych okresach porażenia przez grzyby, czyli współdziałanie gatunku drewna i okresu zagrzybienia, ujęta jest w tab. 42. Dla celów porównawczych wyniki przed-

Tabela 42

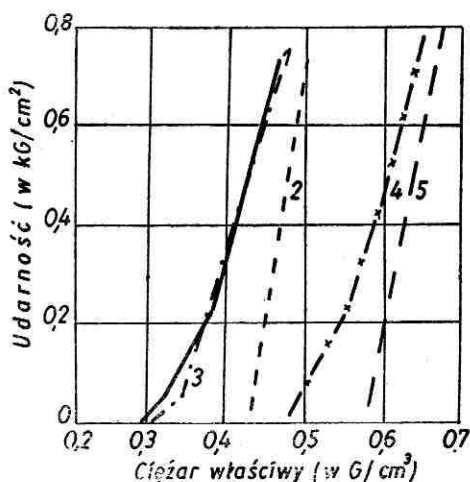
Zmiany udarności różnych gatunków drewna w różnych okresach działania grzybów

Gatunek drewna	Udarność w %						
	kontr.	okres działania grzybów w miesiącach					
		1	2	3	4	5	6
Sosna-biel	100	41,2	27,0	26,3	12,9	1,9	0,6
Sosna-twardziel	100	96,1	71,0	62,8	42,4	26,9	9,2
Świerk	100	11,6	6,5	4,2	2,7	1,3	0
Buk	100	27,6	15,9	12,4	6,6	0,9	0
Dąb	100	88,0	76,7	74,7	62,8	66,4	51,7

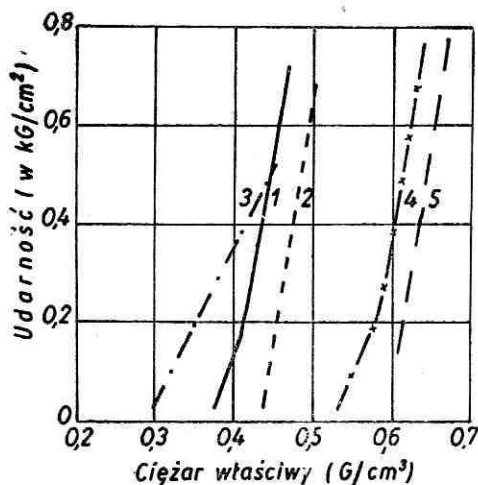
stawione są w procentach udarności drewna zdrowego, łącznie dla obu grzybów. Przedział ufności dla różnic pomiędzy średnimi wynosi 0,13 przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,10 przy prawdopodobieństwie 0,95. Obniżanie się udarności drewna pod wpływem działania grzybów nie

kształtowało się jednakowo dla wszystkich badanych gatunków drewna. Największe tempo spadku udarności przez wszystkie okresy badawcze stwierdzono u świerka, nieco mniejsze u buka i wreszcie u sosny-bielu. Udarność drewna sosny-twardzieli obniżała się znacznie wolniej, a jeszcze wolniej — dębu. Spadek udarności drewna sosny-twardzieli i dębu zachodził prawie równomiernie przez wszystkie okresy. U pozostałych gatunków drewna w pierwszym miesiącu następuje gwałtowny spadek udarności (dochodzący u świerka do 11%). W pozostałych okresach występuje na ogół dalsze równomierne obniżanie się udarności i w 6 miesiącu zagrzybienia dla drewna świerka i buka wynosi ona zero. Należy podkreślić wyraźne, udowodnione różnice udarności u poszczególnych gatunków drewna, jakie wystąpiły we wszystkich okresach zagrzybienia.

Na podstawie uzyskanych wyników ustalono zależność między spadkiem udarności a ciężarem właściwym drewna (rys. 25 i 26). Stwierdzono,



Rys. 25. Proste i krzywe regresji udarności i ciężaru właściwego drewna zagrzybionego przez *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb



Rys. 26. Proste i krzywe regresji udarności i ciężaru właściwego drewna porażonego przez *Coniophora cerebella* Pers.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb

że między wymienionymi cechami istnieje zależność prostoliniowa dla drewna sosny-twardzieli i dębu, wyrażająca się przy zagrzybieniu drewna przez *M. lacrymans* następującymi równaniami (w nawiasach podane są współczynniki korelacji):

dla drewna sosny-twardzieli ($r = 0,98$)

$$U_{15} = 9590 \gamma_0 - 4103,$$

dla drewna dębu ($r = 0,96$)

$$U_{15} = 7120 \gamma_0 - 4033,$$

Przy zagrzybieniu przez *C. cerebella* zależność ta wyrażała się równaniami:

dla drewna sosny-twardzieli ($r = 0,90$)

$$U_{15} = 3050 \gamma_0 - 3840,$$

dla drewna dębu ($r = 0,74$)

$$U_{15} = 5350 \gamma_0 - 2946,$$

Zależność między spadkiem udarności a ciężarem właściwym dla pozostałych gatunków drewna, tj. sosny-bielu, świerka i buka, miała charakter paraboliczny i wyrażała się przy zagrzybieniu przez *M. lacrymans* równaniami (w nawiasach podano kryterium oceny istotności):

dla drewna sosny-bielu ($T_R = 43,3$)

$$U_{15} = 1,490 - 10,89 \gamma_0 + 0,02 \gamma_0^2$$

dla drewna świerka ($T_R = 29,6$)

$$U_{15} = 2,268 - 16 \gamma_0 + 0,028 \gamma_0^2,$$

dla drewna buka ($T_R = 14,6$)

$$U_{15} = 3,639 - 16,7 \gamma_0 + 0,019 \gamma_0^2,$$

Przy zagrzybieniu drewna przez *C. cerebella* równania miały postać:

dla drewna sosny-bielu ($T_R = 13,97$)

$$U_{15} = 6,362 - 37,19 \gamma_0 + 0,054 \gamma_0^2,$$

dla drewna świerka ($T_R = 8,72$)

$$U_{15} = -0,880 + 2,94 \gamma_0 + 0,0004 \gamma_0^2,$$

dla drewna buka ($T_R = 21,6$)

$$U_{15} = 9,801 - 39,71 \gamma_0 + 0,04 \gamma_0^2,$$

Porównanie współczynników korelacji przy zależności prostoliniowej i kryteriów oceny istotności przy zależności parabolicznej z tablicami Fishera potwierdziło istotność rozpatrzonych zależności we wszystkich wypadkach.

5. Zmiany twardości drewna

Wpływ działania grzybów *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. i *Cenophora cerebella* Pers. na twardość drewna badano na próbkach o wymiarach $5 \times 5 \times 8$ cm a więc odbiegających nieco od norm państwowych. Zmiana długości próbek podyktowana była wielkością słoików hermetycznych, w których poddawano próbki działaniu grzybów. Twardość badano na przekrojach poprzecznych, wykonując na przekroju czołowym badanej próbki 4 odciski. Ze względu na nierównomierne zniszczenie przekrojów czołowych nie obliczano średniej twardości dla próbki, traktując każdy odcisk jako samodzielne spostrzeżenie. Badanie twardości przeprowadzono metodą Janki, stosując kulkę stalową o średnicy 11,284 mm, dającą przy wciskaniu na głębokość promienia (5,642 mm) czaszę o powierzchni rzutu 1 cm^2 . Za liczbę twardości przyjęto siłę odczytaną na siłomierzu maszyny wytrzymałościowej. Po zbadaniu twardości z części próbek po-

bierano próbki dla określenia wilgotności. Wyniki twardości przeliczano do poziomu 15% wilgotności, stosując wzór Bauschingera przy współczynniku $\alpha = 0,03$.

Uzyskane wyniki przedstawione są w tab. 43 i 44 na wykresach (rys. 27 i 28).

Tabela 43

Zmiany twardości drewna pod wpływem działania grzyba
Merulius lacrymans (Wulf.) Fr.

Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Twardość w kg/cm ²				σ	$\pm m$	v
		min	śred	%	max			
Sosna-biel	kontr.	320	350	100,0	370	22	8	6
	1	220	300	85,7	340	42	15	14
	2	140	230	65,7	330	62	22	27
	3	100	170	48,5	220	55	19	32
	4	40	170	48,5	330	90	32	55
	5	50	100	28,5	210	65	23	48
	6	30	53	15,1	80	17	6	31
Sosna-twardziel	kontr.	340	390	100,0	410	22	8	6
	1	290	340	87,1	410	43	15	14
	2	170	260	66,6	330	56	20	22
	3	120	220	56,4	300	69	24	31
	4	100	190	48,7	260	58	21	29
	5	80	170	43,5	280	76	27	46
	6	80	130	33,3	210	47	17	36
Świerk	kontr.	260	270	100,0	310	19	7	7
	1	100	150	55,5	210	37	13	26
	2	80	140	51,8	190	37	13	27
	3	70	110	40,7	140	31	11	28
	4	20	80	29,6	130	41	15	48
	5	50	70	25,9	90	16	6	22
	6	20	30	11,1	70	20	7	8
Buk	kontr.	570	600	100,0	620	19	7	3
	1	450	500	83,3	590	83	30	17
	2	230	380	63,3	460	107	38	29
	3	80	180	30,0	330	83	30	46
	4	60	110	18,3	150	32	11	30
	5	50	100	16,6	180	42	15	42
	6	60	110	18,3	180	47	17	43
Dąb	kontr.	560	650	100,0	700	54	19	8
	1	660	700	100,0	750	34	12	6
	2	280	570	87,6	670	177	63	31
	3	550	630	97,9	700	52	20	9
	4	360	450	69,2	550	86	31	19
	5	380	460	70,7	570	63	21	13
	6	330	420	64,6	490	86	31	20

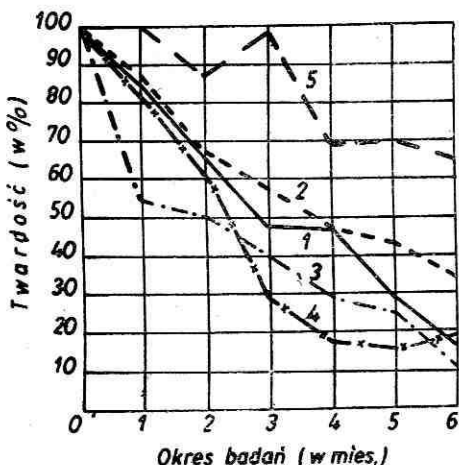
Tabela 44

Zmiany twardości drewna pod wpływem działania grzyba
Coniophora cerebella Pers.

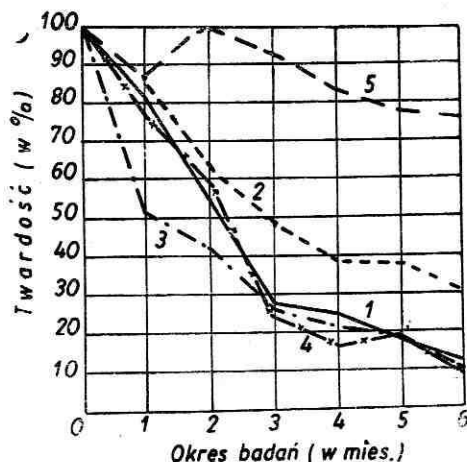
Gatunek drewna	Okres działania grzyba w miesiącach	Twardość w kg/cm ²				σ	$\pm m$	v
		min	śred	%	max			
Sosna-biel	kontr.	320	350	100,0	390	22	8	6
	1	164	290	82,8	370	54	19	18
	2	80	190	54,2	260	58	21	31
	3	40	100	28,5	160	35	13	33
	4	40	90	25,7	170	40	14	42
	5	30	60	17,1	90	21	7	35
	6	20	40	11,4	50	12	4	38
Sosna-twardziel	kontr.	340	390	100,0	410	22	8	6
	1	290	340	87,1	410	42	15	12
	2	160	250	64,1	330	67	24	27
	3	120	190	48,7	330	68	24	35
	4	60	150	38,4	250	67	24	39
	5	70	150	38,4	170	33	12	23
	6	50	120	30,7	170	49	17	43
Świerk	kontr.	260	270	100,0	310	19	7	7
	1	120	140	51,8	170	23	8	18
	2	30	120	42,8	190	61	22	51
	3	30	70	25,9	120	32	11	43
	4	30	60	22,2	130	35	12	54
	5	30	50	18,5	70	11	4	23
	6	10	20	7,4	30	6	2	28
Buk	kontr.	570	600	100,0	620	19	7	3
	1	410	470	78,3	570	64	23	13
	2	290	350	58,3	370	29	10	8
	3	80	140	23,3	210	50	17	37
	4	40	100	16,6		44	16	44
	5	40	110	18,3	160	44	16	37
	6	40	70	11,6	120	37	13	49
Dąb	kontr.	650	650	100,0	700	54	19	8
	1	480	570	87,6	660	72	26	13
	2	490	650	100,0	700	67	24	10
	3	530	610	93,8	690	67	24	11
	4	320	540	83,0	660	85	30	16
	5	330	510	78,4	660	122	44	24
	6	330	490	75,3	660	150	53	31

Twardość drewna pod wpływem działania grzybów *M. lacrymans* i *C. cerebella* uległa obniżeniu. Spadek twardości przebiegał niejednolicie przez wszystkie okresy. W pierwszym miesiącu zagrzybienia następuje szybki spadek twardości w drewnie sosny-bielu i świerka. W drewnie buka i sosny-twardzieli spadek twardości przebiegał na ogół równomiernie przez wszystkie okresy. Twardość drewna dębu maleje w spo-

sób wyraźniejszy dopiero po 2 miesiącach działania grzyba *C. cerebella* i po 3 miesiącach działania grzyba *M. lacrymans*. Twardość drewna świerka obniża się pod działaniem *M. lacrymans* po 6 miesiącach do 11,1%, drewna sosny-bielu do 15,1%, drewna buka do 18,3%; drewno sosny-twardzieli po 6 miesiącach zagrzybienia wykazuje spadek do 33,3%, a drewno dębu do 64,6%.



Rys. 27. Zmiany twardości drewna pod wpływem działania grzyba *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb



Rys. 28. Zmiany twardości drewna pod wpływem działania grzyba *Coniophora cerebella* Pers.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb

Pod wpływem działania grzyba *C. cerebella* twardość drewna świerka obniża się w tym okresie do 7,4%, drewna sosny-bielu do 11,4%, drewna buka do 11,6%. Spadek twardości drewna sosny-twardzieli dochodzi do 30,7%, a dębu tylko do 75,3% wartości drewna zdrowego.

Współczynnik zmienności niezależnie od gatunku grzyba wykazuje wyraźny wzrost rozproszenia wyników w miarę upływu czasu zagrzybienia. Od wartości 3—6 przy drewnie zdrowym osiąga on poziom średnio 40 po 6 miesiącach zagrzybienia. Tylko w jednym wypadku tj. dla drewna świerka zagrzybionego przez *M. lacrymans*, po 6 miesiącach współczynnik znacznie się obniżył osiągając poziom taki jak dla drewna zdrowego.

Wiarogodność różnic pomiędzy twardością drewna zagrzybionego a twardością drewna zdrowego zbadano za pomocą jednokierunkowej analizy zmienności dla gatunków drewna i gatunków grzybów. Przedziały ufności podano w tab. 45. Istotne różnice stwierdzono prawie we wszystkich wypadkach. Dla *M. lacrymans* zanotowano następujące wyjątki: po okresie 1 miesiąca sosny-twardzieli przy prawdopodobieństwie 0,99 i po okresie 1, 2, 3 miesięcy dla dębu przy prawdopodobieństwie 0,99

i 0,95; a dla *C. cerebella*: po okresie 1 miesiąca dla sosny-twardzieli przy prawdopodobieństwie 0,99 i po okresie 1, 2, 3 miesięcy dla dębu przy prawdopodobieństwie 0,99 i 0,95.

Tabela 45

Porównanie twardości drewna zagrzybionego i drewna zdrowego
(Przedziały ufności)

Gatunek drewna	<i>M. lacrymans</i>		<i>C. cerebella</i>	
	$t_{\mu_r} 0,99$	$t_{\mu_r} 0,95$	$t_{\mu_r} 0,99$	$t_{\mu_r} 0,95$
Sosna-biel	31,1	23,4	39,6	28,9
Sosna-twardziel	52,6	39,6	54,5	41,0
Świerk	39,3	29,6	42,8	32,2
Buk	85,6	64,4	80,3	60,4
Dąb	127,0	95,8	133,0	100,0

Twardość drewna sosny-bielu, świerka i buka porażonego przez *M. lacrymans* i *C. cerebella* różni się więc istotnie od twardości drewna zdrowego już po pierwszym miesiącu działania tych grzybów. W twardości drewna sosny-twardzieli istotne różnice wystąpiły dopiero po dwóch miesiącach zagrzybienia, a dębu — po trzech miesiącach.

W celu rozpatrzenia wpływu różnych czynników na wyniki badań twardości drewna, przeprowadzono wielokierunkową analizę zmienności (tab. 46). Stwierdzono, że istotny wpływ wywierają następujące czynniki: okres zagrzybienia, gatunek grzyba, gatunek drewna, współdziałanie

Tabela 46

Zbiorecza analiza zmienności twardości drewna

Lp.	Czynnik zmienności	Suma kwadratów	Liczba stopnia swobody	Zmienność przeciętna	F empiryczne	F teoretyczne		Istotność różnic	
						0,99	0,95	0,99	0,95
1	Czas zagrzybienia	613697977	6	102282996	260,6	2,84	2,11	+	+
2	Gatunek grzyba	2917458	1	2917458	7,4	6,69	3,86	+	+
3	Gatunek drewna	1353646025	4	338411506	862,3	3,36	2,39	+	+
4	Współdziałanie gatunku drewna i gatunku grzyba	4445067	4	1111266	2,83	3,36	2,39	—	+
5	Współdziałanie czasu zagrzybienia i gatunku drewna	141553789	24	5898074	15,0	1,83	1,54	+	+
6	Współdziałanie czasu zagrzybienia i gatunku grzyba	2982589	6	497098	1,26	2,84	2,11	—	—
7	Współdziałanie gatunku drewna, gatunku grzyba i czasu zagrzybienia	16084900	24	670204	1,70	1,83	1,54	—	+
8	Błąd	192281875	490	392412					
	Zmienność całkowita	2327609680							

okresu zagrzybienia i gatunki drewna, a także okresu zagrzybienia, gatunku drewna i gatunku grzyba przy prawdopodobieństwie 0,95. Przy współdziałaniu okresu zagrzybienia i gatunku grzyba analiza zmienności istotnego wpływu nie wykazała. Wynika z tego, że grzyby *M. lacrymans* i *C. cerebella* obniżały twardość drewna wszystkich gatunków jednakowo przez wszystkie okresy badawcze.

Podobnie przedstawia się sprawa przy rozpatrywaniu zależności wyników badania twardości poszczególnych gatunków drewna od gatunku grzyba (tab. 47). W tym wypadku występowały niewielkie istotne róż-

Tabela 47

Zmiany twardości różnych gatunków drewna w zależności od gatunku grzyba

Gatunek drewna	Twardość w kg/cm²			Przedział ufności	Istotność różnic	
	M. lacrymans	C. cerebella	różnice	0,99	0,99	0,95
				0,95		
Sosna-biel	196,37	159,55	36,82	30,32 23,12	+	+
Sosna-twardziel	243,62	225,23	18,39		—	—
Świerk	123,69	105,98	17,71		—	—
Buk	281,05	263,80	17,25		—	—
Dąb	556,11	574,11	18,00		—	—

nice w działaniu grzybów *M. lacrymans* i *C. cerebella* tylko w drewnie sosny-bielu. Biorąc jednak pod uwagę, że u pozostałych gatunków różnice są nieistotne, można przyjąć, że grzyby *C. cerebella* i *M. lacrymans* działały na drewno wszystkich gatunków w jednakowy sposób.

Zależność twardości (w procentach wartości drewna zdrowego) od gatunku drewna w różnych okresach działania grzybów przedstawiono w tab. 48. Przedział ufności dla różnic między średnimi wynosi 12,5 przy

Tabela 48

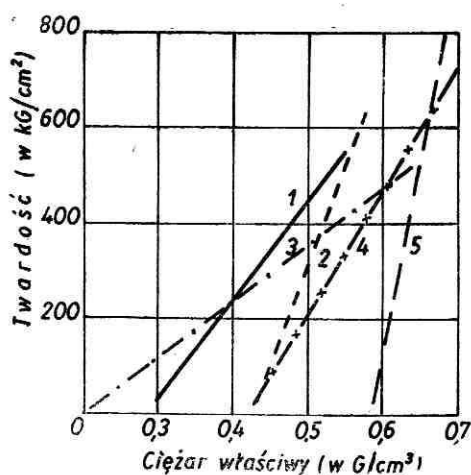
Zmiany twardości różnych gatunków drewna w różnych okresach działania grzybów

Gatunek drewna	Twardość w %						
	kontr.	okres działania grzybów w miesiącach					
		1	2	3	4	5	6
Sosna-biel	100	84,6	59,7	39,6	37,7	23,0	12,6
Sosna-twardziel	100	89,0	66,6	54,2	45,1	40,5	32,4
Świerk	100	55,3	47,3	33,5	27,3	22,1	9,3
Buk	100	81,0	60,6	27,1	17,4	17,6	15,7
Dąb	100	98,3	94,0	94,7	75,9	74,3	69,2

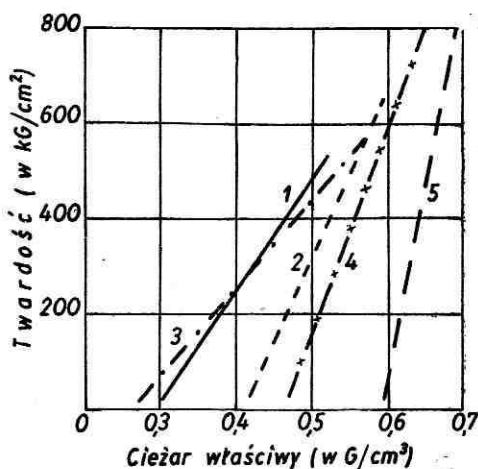
prawdopodobieństwie 0,99 i 9,6 przy prawdopodobieństwie 0,95. Na podstawie przeprowadzonych porównań można stwierdzić, że twardość obniżała się niejednakowo w poszczególnych gatunkach drewna. Różnice w różnych okresach badawczych są dość nierównomierne i na ogół nie-

istotne. We wszystkich okresach badawczych istotnie różni się tylko twardość dębu od twardości pozostałych gatunków drewna oraz twardość drewna sosny-twardzieli od twardości drewna sosny-bielu, buka i świerka — w końcowych okresach. Na uwagę zasługuje fakt, że twardość drewna buka w pierwszym miesiącu zagrzybienia obniżyła się znacznie i różni się istotnie od twardości drewna innych gatunków. Po 6 miesiącach zagrzybienia zmiany w twardości drewna różnych gatunków przedstawiają się następująco: najbardziej obniżyła się twardość w drewnie świerka, buka i sosny-bielu (w jednakowym stopniu), nieco mniej w drewnie sosny-twardzieli, a najmniej — dębu.

Zbadano zależność pomiędzy spadkiem twardości a ciężarem właściwym drewna. Między tymi cechami zachodziła zależność prostoliniowa (rys. 29 i 30) wyrażająca się przy zagrzybieniu drewna przez *M. lacry-*



Rys. 29. Proste regresje twardości i ciężaru właściwego drewna zagrzybionego przez *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb



Rys. 30. Proste regresje twardości i ciężaru właściwego drewna zagrzybionego przez *Coniophora cerebella* Pers.: 1 — sosna-biel, 2 — sosna-twardziel, 3 — świerk, 4 — buk, 5 — dąb

mans następującymi równaniami (w nawiasach podane są współczynniki korelacji):

dla drewna sosny-bielu ($r = 0,98$)

$$T_{J_{15}} = 1880 \gamma_0 - 515,$$

dla drewna świerka ($r = 0,92$)

$$T_{J_{15}} = 1020 \gamma_0 - 200,$$

dla drewna sosny-twardzieli ($r = 0,82$)

$$T_{J_{15}} = 2480 \gamma_0 - 943,$$

dla drewna buka ($r = 0,88$)

$$T_{J_{15}} = 1990 \gamma_0 - 760,$$

dla drewna dębu ($r = 0,92$)

$$T_{J_{15}} = 7240 \gamma_0 - 4137,$$

Przy zagrzybieniu drewna przez *C. cerebella* równania miały postać:

dla drewna sosny-bielu ($r = 0,94$)

$$T_{J_{15}} = 2380 \gamma_0 - 765,$$

dla drewna sosny-twardzieli ($r = 0,96$)

$$T_{J_{15}} = 3690 \gamma_0 - 1522,$$

dla drewna świerka ($r = 0,93$)

$$T_{J_{15}} = 1570 \gamma_0 - 396,$$

dla drewna buka ($r = 0,87$)

$$T_{J_{15}} = 3050 \gamma_0 - 1839,$$

dla drewna dębu ($r = 1$)

$$T_{J_{15}} = 3070 \gamma_0 - 1396.$$

Porównanie obliczonych współczynników korelacji z tablicami Fishera potwierdziło istotność rozpatrywanych zależności.

WYNIKI I WNIOSKI

Ostateczne wyniki (po 6 miesiącach) podano w zbiorczej tabeli (tab. 49). Zawiera ona średnie wyniki wyrażone w % własności drewna zdrowego. Wyniki dla poszczególnych okresów można znaleźć w tabelach szczegółowych.

Uzyskane wyniki dają podstawę do wyciągnięcia następujących wniosków.

1. Ciężar drewna obniżał się na ogół proporcjonalnie do czasu działania grzybów, przy czym *M. lacrymans* działał nieznacznie słabiej niż *C. cerebella*. Największe straty ciężaru powstały w drewnie świerka, nieco mniejsze kolejno w drewnie sosny-bielu, buka, sosny-twardzieli, bardzo małe w drewnie dębu.

2. Zmniejszenie się objętości drewna ujawniało się w miarę jego przesychania. Na mniejszych próbkach obserwowano ogólne zmniejszenie objętości. Na większych próbkach zmniejszanie objętości rozkładało się na liczne, większe lub mniejsze spękania i szczeliny. *C. cerebella* wywołał nieco większy spadek objętości próbek niż *M. lacrymans*. Zjawisko to stwierdzono nawet wówczas, kiedy straty ciężaru przy działaniu obu grzybów były prawie jednakowe. Kolejność gatunków pod względem wielkości zmian objętości była podobna jak przy zmianach ciężaru rzeczywistego.

3. Ciężar właściwy drewna ulegał obniżeniu na ogół proporcjonalnie do okresu działania grzybów. Nie stwierdzono istotnych różnic w działaniu obu grzybów. Wielkość różnic była na ogół niezależna od długości okresu zagrzybienia.

Tabela 49

Własności drewna po 6 miesiącach działania grzybów
(w % wartości drewna zdrowego)

Lp.	Oznaczenie	<i>M. lacrymans</i>					<i>C. cerebella</i>				
		sosna-biel	sosna-twardziel	świerk	buk	dąb	sosna-biel	sosna-twardziel	świerk	buk	dąb
1	Ciężar	46,6	74,3	42,4	50,3	93,0	38,3	73,3	35,5	46,4	91,0
2	Objętość	68,5	88,4	84,2	84,4	97,6	56,4	85,3	50,6	68,1	97,1
3	Ciężar właściwy	67,8	85,7	49,2	59,4	94,5	67,8	86,5	68,9	63,6	93,8
4	Nasiąkliwość	3303	1360	3332	2665	1063	3810	175,2	3397	2652	1020
5	Higroskopijność	74,2	79,7	79,5	84,5	90,9	65,3	82,6	67,1	61,9	93,1
6	Wytrzymałość na ściskanie	8,5	29,7	6,1	18,5	78,4	7,0	17,1	4,7	15,1	79,3
7	Wytrzymałość na zginanie statyczne	0,6	15,1	0,9	0	68,7	0	10,0	0	0	53,1
8	Wytrzymałość na zginanie dynamiczne	7,2	48,9	0	0	56,1	0	20,2	0	0	60,9
9	Udarność	1,1	15,8	0	0	59,3	0	2,6	0	0	44,4
10	Twardość	15,1	33,3	11,1	18,3	64,6	11,4	30,7	7,4	11,6	78,3

Uwagi: 1. Zginanie statyczne — drewno świerka i buka przy zagrzybieniu przez *C. cerebella* osiąga 0% po 5 miesiącach.

2. Zginanie dynamiczne — drewno sosny-bielu osiąga 0% po 5 miesiącach, świerka po 3 miesiącach, buka po 2 miesiącach.

3. Udarność — drewno sosny-bielu osiąga 0% po 5 miesiącach, świerka po 4 miesiącach, buka po 2 miesiącach.

4. W początkowym okresie działania grzybów nasiąkliwość drewna ulegała pewnemu obniżeniu. W późniejszym okresie, prawdopodobnie z chwilą rozpoczęcia rozkładu ścianek komórkowych, nasiąkliwość zaczęła wzrastać osiągając najwyższy poziom w drewnie świerka, a następnie kolejno w drewnie sosny-bielu, buka, sosny-twardzieli i dębu. Drewno porażone przez grzyb *C. cerebella* miało nieznacznie większą nasiąkliwość niż drewno zagrzybione przez *M. lacrymans*. Nasiąkliwość drewna porażonego przez grzyby była więc uzależniona od stopnia jego rozkładu.

5. Higroskopijność zagrzybionego drewna ulegała obniżaniu w miarę jego rozkładu. Przypuszcza się, że o zmniejszaniu higroskopijności decyduje ilość rozłożonej w drewnie celulozy wykazującej większą higroskopijność niż lignina, której ilość przy działaniu badanych grzybów prawie nie ulega zmniejszeniu. Największy spadek higroskopijności zaobserwowano w drewnie buka, sosny-bielu, świerka i sosny-twardzieli, znacznie mniejszy w drewnie dębu. Działanie *C. cerebella* wywołało nie-
∞ większy spadek higroskopijności niż działanie *M. lacrymans*.

6. Spośród badanych własności mechanicznych największemu obniżeniu uległa w drewnie wszystkich gatunków udarność, a następnie w kolejności: wytrzymałość na zginanie dynamiczne, zginanie statyczne, ściskanie i twardość. Spadek wytrzymałości na ściskanie następował na ogół równomiernie przez wszystkie okresy badawcze i miał przebieg zbliżony do prostoliniowego. Mniej regularnie przebiegał spadek twardości wszystkich gatunków drewna oraz w mniejszym stopniu spadek wytrzymałości na zginanie statyczne, zginanie dynamiczne i udarność drewna sosny-twardzieli i dębu. Wykresy miały tu niekiedy załamania, w ogólnym zarysie były jednak zbliżone do linii prostej. Zmiany wytrzymałości na zginanie statyczne i dynamiczne oraz udarność drewna sosny-bielu, świerka i buka odznaczały się linią zbliżoną do paraboli. Spadek tych własności zachodził więc nierównomiernie przez wszystkie okresy. W początkowych miesiącach był on bardzo duży i dochodził niekiedy do 90% (np. udarność) już po pierwszym miesiącu. W następnych okresach spadek stopniowo malał, osiągając niekiedy 100% po drugim lub trzecim miesiącu porażenia przez grzyby.

7. Spośród badanych gatunków drewna największą odporność na zmianę wytrzymałości wykazał dąb, a następnie sosna-twardziel. Zmiany własności mechanicznych drewna pozostałych gatunków były mniej więcej jednakowe.

8. Działanie *C. cerebella* miało nieco większy wpływ na wszystkie badane własności mechaniczne drewna niż działanie *M. lacrymans* z wyjątkiem twardości, na którą działanie obu gatunków grzybów było jednakowe. Układ ten utrzymywał się na ogół przez cały okres badań.

9. Stwierdzono ścisłą zależność pomiędzy spadkiem wszystkich badanych własności drewna porażonego przez grzyby a jego ciężarem właściwym. Zależność ta ma charakter prostoliniowy dla wytrzymałości na ściskanie i twardość drewna wszystkich gatunków oraz dla pozostałych własności drewna sosny-twardzieli i dębu i wyraża się równaniem regresji pierwszego stopnia. Jeśli chodzi o wytrzymałość na zginanie statyczne, zginanie dynamiczne i udarność drewna wszystkich badanych gatunków z wyjątkiem sosny-twardzieli i dębu, ta zależność jest paraboliczna i wyraża się równaniem regresji drugiego stopnia. Podane w niniejszej pracy równania regresji i wykresy zależności pozwalają dla poszczególnych gatunków grzyba i gatunku drewna obliczyć lub wyznaczyć graficznie na podstawie ciężaru właściwego odpowiadającą wytrzymałość na ściskanie, zginanie statyczne, dynamiczne, udarność lub twardość.

Praca doktorska wykonana w Zakładzie Patologii i Konserwacji Drewna Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 9 września 1957 r.

Wyciąg z tej pracy drukowany był w „Holz als Roh- und Werkstoff” 1958; nr 8 i 1959; nr 11.

LITERATURA

1. Andriejew I. E.: Sierdcewin-naja gnil pichty w siewierowostocznoj czasti Južnoho Urala. „Trudy L. T. A.” 1935; 6.
2. Armstrong F. H.: Further tests on the effect of progressive decay by *Trametes serialis* Fr. on the mechanical strength of the wood of Sitka Spruce. „Forestry” 1935; IX, 1 („R. A. M.” 1935; 14).
3. Bavendamm W.: Erkennen, Nachweis und Kultur der holzverfärbenden und holzersetzenden Pilze. Urban Schwarzenberg, Berlin—Wien 1936.
4. Baxter D. V.: The biology and pathology of some of the hard wood heart-rotting fungi. „Amer. Journ. of Botany” 1925; XII, 8 („R. A. M.” 1926; 5).
5. Cartwright K. St. G., Campbell W. G., Armstrong F. H.: Influence of fungal decay on the properties of timber „Proc. Roy. Soc. Bot.” 1936; 120.
6. Cartwright K. St. G., Findlay W. P. K.: Rozkład i konserwacja drewna. PWRiL, Warszawa 1951.
7. Cartwright K. St. G., Findlay W. P. K., Chaplin C. T., Campbell W. G.: The effect of progressive decay by *Trametes serialis* Fr. on the mechanical strength of the wood of Sitka Spruce. „Forest Products Res. Bull.” 1931; 11 („R. A. M.” 1932; 11).
8. Colley R. H.: The effect of incipient decay on the mechanical properties of airplane timber. „Phytopath.” 1921; 11.
9. Göhre K.: Holzschutzmittelkurzprüfung mit Hilfe der statischen Biegefestigkeit. „Archiv für Forstwesen” 1955; 4.
10. Liese J., Stamer J.: Vergleichende Versuche über die Zerstörungintensität einige wichtigen holzerstörenden Pilze und die hierdurch verursachte Festigkeitsverminderung des Holzes. „Angew. Bot.” 1934; 16.
11. Miller W. W., Mejer E. I.: Birżewyje griby i wlijanije ich na kaczestwo drierwiesiny chwojnych porod. „Mech. Obr. Dr.”, 1936; 8.
12. Narayanamurti D., Jain N. C., Gujjar Mal Verma: Quantitative Studien über den Festigkeitsverlust von Holz bei Fäulnis und Entwicklung eines Prüfverfahrens auf natürliche Dauerhaftigkeit und Giftwirkung. „Holz a. Roh- u. Werk.” 1951; 9.
13. Nikitin N. I.: Chimija drierwiesiny. Ak. Nauk SSSR, Moskwa 1951.
14. Pechman H., Schaile O.: Über die Änderung der dynamischen Festigkeit und der chemischen Zusammensetzung des Holzes durch den Angriff holzerstörender Pilze. „Forstw. Zbl.” 1950; 69, 8 („R. A. M.” 1951; 30).
15. Pieriełygin L.: Wplyw wad na techniczne własności drewna. PWRiL, Warszawa 1953.
16. Romanowski W.: Zastosowanie statystyki matematycznej w doświadczałnictwie. PWG, Warszawa 1951.
17. Scheffer T. C.: Progressive effect of *Polyporus versicolor* Fr., on the physical and chemical properties of Red Gum sapwood. „Tech. Bull. U. S. Dep. Agric.” 1936; 527 („R. A. M.” 1937; 16).
18. Scheffer T. C., Wilson T. R. C., Luxford R. F., Hartley C.: The effect of certain heart rot fungi on the specific gravity and strength of Sitka Spruce and Douglas-Fir. „Tech. Bull. U. S. Dep. Agric.” 1941; 779 („R. A. M.” 1941; 20).
19. Trendelenburg R.: Über die Abkürzung der Zeitdauer von Pilzversuchen an Holz mit Hilfe der Schlagbiegeprüfung. „Holz a. Roh- u. Werk.” 1940; 3.
20. Vorreiter L.: Holztechnologisches Handbuch. Verlag Georg Fromme, Wien 1949.
21. Wanin S. I.: Gnii drieriewa, jejo przyczyny i miery borby s niemu. Sielchozgiz, Moskwa-Leningrad 1930.
22. Wanin S. I., Andriejew I. E.: Fizyceskije i mechaniczeskije swojstwa drierwiesiny jeli s naczalnoj stadzej gnili od griba *Fomes annosus* Fr. „Trudy L. T. A.” 1935; 6.
23. Ważny J.: Zmiany własności technicznych drewna sosny i świerka pod wpływem grzyba *Leptoporus fodi-narum* (Vel.) Pilát. PWT, Warszawa 1953.

ВЛИЯНИЕ ДЕЙСТВИЯ ГРИБОВ *MERULIUS LACRYMANS* (WULF.) FR. И *CONIOPHORA CEREBELLA* PERS. НА ФИЗИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ

Краткое содержание

Целью работы было исследование влияния действия грибов *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. и *Coniophora cerebella* Pers. на некоторые физические и механические свойства древесины сосны, ели, бука и дуба, причем исследования сосны велись отдельно для заболони и ядра.

Для исследований применялись чистые культуры упомянутых грибов, наиболее активных из нескольких отечественных форм.

В виде питательной среды применялось агаризованное пивное сусло.

Древесина подвергалась действию грибов в течение 6 месяцев в условиях, приближенных к оптимальным, причем измерения производились в одномесечных отрезках времени. Произведены следующие определения: вес древесины, объем, удельный вес, влагоемкость, гигроскопичность, сопротивление сжатию, статическому изгибу, динамическому изгибу, ударному изгибу, определялась твердость древесины. Результаты подверглись статистической обработке при помощи статистического анализа. Проведенные исследования дают основание сделать следующие выводы.

1. Вес древесины в общем понижался пропорционально времени действия грибов, причем *M. lacrymans* действовал незначительно слабее, чем *C. cerebella*. Самые большие потери веса произошли в древесине ели, немного меньше — соответственно: в древесине сосны-заболони, бука, сосны-ядра; очень малые потери в древесине дуба.

2. Уменьшение объема древесины наступало по мере ее просыхания. На меньших образцах наблюдалось общее уменьшение объема. На больших — уменьшение объема распределялось на меньшие либо большие трещины и щели. *C. cerebella* вызывал немного большее снижение объема образцов, чем *M. lacrymans*. Это явление наблюдалось даже в то время, когда потери веса под действием обоих грибов были почти одинаковыми. Порядок расположения пород в отношении потерь объема был подобный, как при изменениях действительного веса.

3. Удельный вес древесины понижался в общем пропорционально периоду действия грибов. В действии обоих грибов не установлепа существенная разница. Величина этой разницы была в общем независима от продолжительности периода действия грибов.

4. В начальном периоде действия грибов влагоемкость древесины подвергалась некоторому снижению. В следующий период, вероятно соответственно к началу разложения клеточных стенок, влагоемкость

начала увеличиваться, достигая самого высокого уровня в древесине ели, а затем поочередно: в древесине сосны-заболони, бука, сосны-ядра и дуба. Древесина, зараженная грибом *C. cerebella* имела незначительно большую влагоемкость, чем древесина поврежденная грибом *M. lacrymans*. Повидимому влагоемкость древесины пораженной грибами не зависит от степени разложения древесины.

5. Гигроскопичность древесины зараженной грибами понижалась по мере ее разложения. Предполагается, что об уменьшении гигроскопичности решает количество разлагающейся в древесине целлюлозы, имеющей более высокую гигроскопичность, чем лигнин, которого количество под действием исследуемых грибов почти не уменьшалось. Самое большое увеличение гигроскопичности наблюдалось в древесине бука, сосны-заболони, ели и сосны-ядра; значительно меньшее в древесине дуба. Действие *C. cerebella* вызвало немного большее снижение гигроскопичности, чем действие *M. lacrymans*.

6. Из исследуемых механических свойств самому большому снижению подверглось в древесине всех пород сопротивление ударному изгибу, затем по очереди: сопротивление динамическому изгибу, статическому изгибу, сжатию и, наконец, твердость. Снижение сопротивления сжатию наступало в общем равномерно в течение всех исследуемых периодов и имело ход приближенный к прямолинейному. Менее равномерно проходило снижение твердости всех пород древесины, а также в меньшей степени снижение сопротивления статическому изгибу, динамическому изгибу и ударному изгибу древесины сосны-ядра и дуба. График иногда имел изломы, однако в общем приближался к прямой линии. Изменения же сопротивления статическому и динамическому изгибу а также ударному изгибу древесины сосны-заболони, ели и бука определялись линией приближенной к параболе. Очевидно, снижение этих свойств происходило неравномерно в течение всех периодов. В начальных месяцах оно было очень большое и иногда достигало 90% (например, сопротивление ударному изгибу) уже после первого месяца. В следующих периодах снижение постепенно уменьшалось, достигая иногда 100% спустя два-три месяца после поражения грибами.

7. Из исследуемых пород древесины наибольшую стойкость в изменении механических свойств проявил дуб, затем сосна-ядро. Изменения механических свойств древесины остальных пород были более-менее одинаковы.

8. Действие *C. cerebella* сказывалось на всех исследуемых механических свойствах древесины несколько сильнее, чем действие *M. lacrymans*, за исключением твердости, на которую действие обоих грибов было одинаково. Эти отношения сохранялись в общем в течение всего периода исследований.

9. Установлена тесная зависимость между снижением всех иссле-

дуремых свойств древесины пораженной грибами и ее удельным весом. Эта зависимость имеет прямолинейный характер в отношении сопротивления сжатию и относительно твердости древесины всех пород, а в отношении остальных свойств древесины сосны-ярода и дуба выражается уравнением регрессии первой степени. Относительно сопротивления статическому изгибу, динамическому изгибу и ударному изгибу древесины всех исследуемых пород, за исключением сосны-ярода и дуба, — зависимость является параболической и выражается уравнением прогрессии второй степени. Приведенные в настоящей работе уравнения прогрессии и графики зависимости дают возможность в рамках отдельных видов грибов и пород древесины вычислить либо определить графически на основании удельного веса соответствующее сопротивление сжатию, статическому изгибу, динамическому изгибу, ударному изгибу, либо твердость.

THE EFFECT OF FUNGI *MERULIUS LACRYMANS* (WULF.) FR. AND *CONIOPHORA CEREBELLA* PERS. ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CERTAIN WOOD SPECIES

Summary

The study was aimed at investigating the influence of the fungi *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. and *Coniophora cerebella* Pers. upon certain physical and mechanical properties of the following wood species, viz., pine, spruce beech and oak; for pine the effects were separately investigated for sap-and-heartwood.

Pure cultures of these fungi were selected for investigation purposes as being most active among several indigenous grafts. The agar-mash culture medium was used as foundation for their development.

The wood under investigation was subject to fungi action during six months under conditions very near to optimal; measurements were performed at one month intervals. The ascertained properties of wood were, viz., weight, volume, specific gravity, hygroscopicity, compressive strength, static bending, dynamic (impact) bending, shock resistance and hardness. Investigation results were presented statistically with the variations analysis method, and have led to the following conclusions.

1. Decrease in weight was in proportion to the length of time of the action of fungi. *M. lacrymans* acted slightly less strongly than *C. cerebella*. Most substantial weight losses occurred in spruce wood, lesser were observed in diminishing order for: pine sapwood, beech, pine heartwood and very slight ones for oak.

2. Decrease in volume of wood was found to keep in step with its drying. For small samples a general reduction of volume was observed. For larger ones volume reductions were disclosed by numerous

larger or smaller splits and shakes. *C. cerebella* caused a greater reduction of sample volume than *M. lacrymans*. The phenomenon was observed even then when losses on weight occasioned by action of either fungi were almost equal. In respect to the magnitude of losses on volume wood species ranged in alike order to that stated for reduction of weight.

3. Specific weight generally decreased in proportion with the length of time the fungi action. The magnitude of variations was in general independent of the duration of infection.

4. At the initial period of fungi action hygroscopicity of wood was somewhat reduced. At later period when lamellae decomposition had begun wood hygroscopicity became increased attained the peak level for spruce wood and in diminishing order for the following species, viz., pine sapwood, beech, pine hardwood and oak. Wood infected with *C. cerebella* was found slightly more hygroscopic than that attacked by *M. lacrymans*. Thus hygroscopicity of fungi infected wood was conditioned by its decomposition rate.

5. Hygroscopicity of fungi infected wood fell with the progress of its decomposition. Presumably the fall in hygroscopicity of wood is conditioned by the extent of cellulose decomposition its hygroscopicity exceeding that of lignin, the quantity of which was not subject to any reduction throughout the period of action of fungi under investigation. The most marked decrease in hygroscopicity was observed for beech, pine sapwood, spruce, then for pine heartwood, least for oak. Under the action of *C. cerebella* the fall of hygroscopicity was somewhat more pronounced than that under *M. lacrymans*.

6. Out of all mechanical properties under investigation in respect to all the wood species, shock resistance was subject to the greatest falls, the other properties following in diminishing order, viz., dynamic (impact) bending, static bending, compressive strength and hardness. The fall in compressive strength was uniform throughout all investigated periods and its course could be represented by a more or less straight line. Much less regular was the decrease in hardness for all wood species and in a lesser degree the fall in strength to static bending, dynamic (impact) bending and shock resistance of pine heartwood and oak. Respective graphical representation showed some deviations but the general outline was more or less near to the straight line. Variations in strength to static bending, dynamic (impact) bending and also shock resistance of pine sapwood had a parabolic graphical expression. The decrease of these properties occurred irregularly throughout all the periods of performed investigations. In the opening month the decrease was very marked and could attain sometimes as much as 90% (e. g. shock resistance). In consequent periods the rate of fall diminished gradually, reaching sometimes 100% only after the second and third month of fungi action.

7. Out of all investigated wood species most resistant to variations of strength were — oak, next to it pine heartwood. Variations of mechanical properties disclosed by the rest of species of wood were more or less similar to one another.

8. The action of *C. cerebella* affected slightly more the investigated properties of wood than that of *M. lacrymans* with the exception of hardness affected in the same degree by action of either fungi. This situation persisted throughout the investigation period.

9. A close relationship was disclosed between the fall of all properties of infected wood under investigation and its specific gravity. This relationship was straightforward for compressive strength and hardness with respect to all species, for the rest of properties it was expressed by a regression equation of the first degree. In so far as strength to dynamic (impact) bending, static bending, shock resistance of all investigated species is concerned, with the exception of pine heartwood and oak, the parabolic relationship is expressed by regression equation of the second degree. Equations of regression and graphical representations of relationships included in the paper provide means for calculations and plotting with respect to particular fungi and wood species — the corresponding strength values to compression, statical and dynamic (impact) bending, shock resistance of hardness on the basis of specific gravity values.

TREŚĆ

Wstęp	9
I. Materiał i metodyka badań	11
1. Cel i zakres badań	11
2. Materiał badawczy	12
3. Metodyka badań	13
4. Opracowanie wyników	14
II. Badania zmian własności fizycznych drewna zagrzybionego	18
1. Zmiany ciężaru drewna	18
2. Zmiany objętości drewna	21
3. Zmiany ciężaru właściwego drewna	22
4. Zmiany nasiąkliwości drewna	29
5. Zmiany higroskopijności drewna	32
III. Badania zmian własności mechanicznych drewna zagrzybionego	35
1. Zmiany wytrzymałości drewna na ściskanie wzdłuż włókien	35
2. Zmiany wytrzymałości drewna na zginanie statyczne	43
3. Zmiany wytrzymałości drewna na zginanie dynamiczne	51
4. Zmiany udarności drewna	59
5. Zmiany twardości drewna	66
Wyniki i wnioski	73
Literatura	76
Краткое содержание	77
Summary	79