

# Jerzy Ważny

---

## Współczesne poglądy na rozkład drewna w obiektach zabytkowych

---

Ochrona Zabytków 21/1 (80), 17-20

---

1968

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

## WSPÓLCZESNE POGLĄDY NA ROZKŁAD DREWNA W OBIEKTACH ZABYTKOWYCH

Rozkład drewna od przeszło stu lat stanowi przedmiot wnikliwych badań naukowych. Za-  
interesowanie tym problemem wynika nie  
tylko z jego znaczenia czysto naukowego, ale  
przede wszystkim stąd, że rozkład drewna jest  
przyczyną poważnych szkód materialnych w  
różnych dziedzinach gospodarki i kultury.  
Proces rozkładu drewna szczególnie w odnie-  
sieniu do zachowanych zabytkowych budowli  
i drewnianych obiektów ruchomych powoduje  
straty nie dające się ocenić, często zresztą  
nieodwracalne. Aby stratom w tej dziedzinie  
w miarę możliwości zapobiec, a przynajmniej  
wydatnie ograniczyć destrukcyjne skutki tego  
procesu, konieczne jest dokładne poznanie  
czynników niszczących drewno oraz mecha-  
nizmu ich działania.

W 1878 r., a więc bez mała sto lat temu, nie-  
miecki mykolog R. Hartig udowodnił po raz  
pierwszy, że niszczenie drewna może zachodzić  
tylko pod wpływem rozwijających się w nim  
grzybów. Od tego czasu liczni naukowcy ba-  
dali zjawiska rozkładu drewna i doszli do  
wniosku, że jest on procesem enzymatycznym,  
wywoływanym przez enzymy, które działają  
jako biokatalizatory, a wydzielane są przez  
różne mikroorganizmy. W zależności od zespołu  
enzymów, jakimi dysponują mikroorganizmy,  
w drewnie rozkładowi ulegać mogą celuloza  
lub lignina. To stwierdzenie pozwoliło Falcko-  
wi (1926 r.) na ustalenie dwóch typów rozkła-  
du: destrukcyjnego, przy którym zniszczeniu  
ulega celuloza, i korozyjnego, powodującego  
zniszczenie ligniny. Późniejsi badacze, jak Wa-  
nin, Bavendamm, Kochman, zaproponowali  
uwzględnienie — obok rozkładu destrukcyjne-  
go, nazwanego przez nich brunatnym, i koro-  
zyjnego czyli pstrego — trzeciego typu, zwa-  
nego jednolitym lub białym, działającego de-  
strukcyjnie zarówno na celulozę, jak i na lig-  
ninę. Dalsze badania i obserwacje prowadzone  
w różnych dziedzinach zastosowania drewna  
wykazały, że może ono ulegać zniszczeniu  
również w przypadkach, w których działanie  
mikroorganizmów — w szczególności grzy-

bów — było prawie wykluczone lub też nie  
udało się stwierdzić w ogóle ich obecności.  
Były to sytuacje, w których drewno znajdo-  
wało się pod wpływem działania chemikaliów  
(kwasów i zasad), czynników atmosferycznych  
(powietrze, woda, światło, temperatura) lub  
radiacji izotopowej.

Rozpatrzmy po kolei możliwości wywoływania  
rozkładu drewna przez te czynniki.

Działanie rozkładowe substancji o charakterze  
kwasów lub zasad nie wymaga bliższych objaś-  
nień. Pod wpływem tych związków następuje  
hydroliza drewna, wykorzystywana od wielu  
lat w produkcji papieru.

Działanie czynników atmosferycznych na dREW-  
no jest zagadnieniem dyskusyjnym. Wiadomo  
powszechnie, że drewno użytkowe, znajdujące  
się przez dłuższy czas w zmiennych warun-  
kach atmosferycznych, początkowo zmienia  
swoją barwę, staje się szare, następnie na jego  
powierzchni tworzą się spękania, tkanka zaczy-  
na się wykruszać. Mamy tu do czynienia  
z kompleksowym działaniem różnych czynni-  
ków, z których część może prawdopodobnie  
wywoływać zmiany chemiczne, a działanie  
innych jest raczej problematyczne. Nie ma ra-  
czej wątpliwości co do działania rozkładowego  
światła, a ściślej mówiąc promieniowania  
ultrafioletowego, i powietrza (tlenu). Ultrafio-  
let, działając katalitycznie, aktywizuje procesy  
utleniania celulozy i ligniny; zjawiska te są  
jednak bardzo powolne i z reguły ograniczają  
się do powierzchniowej warstwy drewna. Izo-  
topy promieniotwórcze dysponują dostateczną  
energiją, aby spowodować zmiany chemiczne  
w drewnie. W wyniku działania promieni  $\beta$  i  $\gamma$   
następuje depolimeryzacja celulozy i ligniny,  
czyli tzw. radioliza. Nie budzi wreszcie żad-  
nych wątpliwości ujemny wpływ wysokiej  
temperatury (powyżej 140°C) na drewno. Dzia-  
ła ona bezspornie jako czynnik utleniający,  
w wyniku czego drewno ulega pirolizie.

Duże znaczenie przy rozkładzie drewna przypisują niektórzy badacze działaniu wody. Istotnie, tkanka drzewna charakteryzuje się dużą higroskopijnością i nasiąkliwością, a tym samym ulega pęcznieniu przy zwiększaniu wilgotności i kurczeniu przy przesuszaniu. Na skutek częstego, wielokrotnego występowania tego zjawiska i jego nierównomierności w stosunku do całej masy drzewnej, na powierzchni drewna powstają liczne, większe lub mniejsze spękania. Jednakże pomiędzy spęczeniami tkanka drzewna jest nienaruszona i nie wykazuje zmian chemicznych. Mamy zatem do czynienia z działaniem sił fizycznych, a nie z rozkładem chemicznym. I byłoby dziwne, gdyby sama woda była zdolna do wywoływania reakcji chemicznych, czyli hydrolizy, bez udziału jakichkolwiek katalizatorów. Jeżeli nie następuje hydroliza lub utlenianie cukru, czyli sacharozy, w cukiernicze, to dlaczego mogłoby to być możliwe w odniesieniu do znacznie bardziej skomplikowanych w budowie węglowodanów drewna. A zatem trudno jest mówić o wodzie jako przyczynie „wietrzenia” drewna.

Przeprowadzone w ostatnich latach szczegółowe i żmudne badania drewna zniszczonego w różnych okolicznościach, a przypominającego swoim wyglądem drewno zniszczone przez czynniki atmosferyczne, pozwoliły na wyjaśnienie zjawiska tzw. „wietrzenia” drewna. W 1954 r. angielski mykolog Savory stwierdził, że rozkład drewna może być wywoływany również przez grzyby z klasy Ascomycetes i Deuteromycetes, a nie tylko przez podstawczaki (Basidiomycetes), jak dotychczas sądzono. Mogą się one rozwijać w warunkach i sytuacjach, w których — szczególnie ze względu na dużą wilgotność — rozwój podstawczaków jest niemożliwy. W drewnie chłodni kominowych, w strefie przyziemnej i wierzchołkowej słupów, na podkładach kolejowych, na palach mostowych i portowych stwierdzono później występowanie licznych gatunków tych grzybów. Wywoływany przez nie rozkład różni się od typowego rozkładu grzybowego i nazwany został przez badaczy niemieckich „Moderfäule”, przez angielskich zaś — „Softrot”. W warunkach polskich rozkład tego typu, nazwany przez autora niniejszego opracowania „rozkładem pleśniowym”, notowany był w chłodniach kominowych, na słupach oraz w budynkach — w miejscach silnego zawilgocenia, np. pod zlewami, w podwalinach itp. Rozkład pleśniowy stwierdzono również w licznych budowlach zabytkowych, np. w Wilanowie i w zamku w Lublinie.

Badania nad rozkładem pleśniowym prowadzone są szeroko przez laboratoria zagraniczne. Ich wyniki pozwalają obecnie na wyjaśnienie przyczyny rozkładu drewna w tych przypadkach, w których nie można było ich dotychczas ustalić. Na międzynarodowym sympozjum w Berlinie w 1965 r. stwierdzono w wyniku

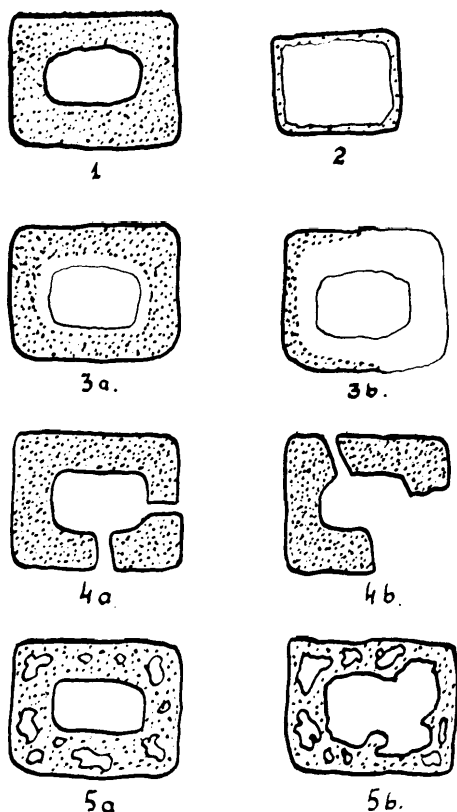
przedstawionych rezultatów badań, że rozkład pleśniowy jest niewątpliwą przyczyną zjawiska „wietrzenia” drewna, które obserwować można wszędzie — na otwartej przestrzeni i pod dachem. Rozkład pleśniowy odnosić się może do każdego drewna, które ma tylko dostateczną wilgotność i dostęp tlenu. Rozkład pleśniowy rozprzestrzenia się nie tylko w naszym klimacie, ale występuje na całej kuli ziemskiej. Przypisać mu należy duże znaczenie gospodarcze ze względu na jego powszechność, mimo stosunkowo wolniejszego tempa procesów rozkładowych w porównaniu z rozkładem wywoływanym przez grzyby podstawczaki.

Opierając się na dotychczasowych wynikach badań i poglądach naukowców, można stwierdzić, że drewno nie psuje się ani nie traci swoich własności wyłącznie na skutek starzenia się. Jego niszczenie może następować w wyniku działania różnych czynników chemicznych, fizycznych lub biologicznych. Należy wyróżnić dwa rodzaje procesów zachodzących w drewnie: uszkodzenie drewna i rozkład drewna.

Uszkodzenia drewna następować mogą pod wpływem sił mechanicznych, np. tarcia, ściskania, rozciągania, nierównomiernego pęcznienia i kurczenia się oraz na skutek żeru owadów. W tych przypadkach w drewnie powstają różnego rodzaju otwory (spękania, chodniki larwalne), zgniczenia lub zniekształcenia komórek.

Rozkład drewna może nastąpić pod wpływem czynników zdolnych do aktywizacji procesów hydrolizy lub oksydacji. Bez działania katalizatorów lub biokatalizatorów drewno nie zmienia swojej struktury chemicznej i może ją zachowywać przez czas nieograniczony. Współczesny podział czynników niszczących drewno będzie zatem przedstawiał się następująco:

CZYNNIKI NISZCZĄCE DREWNO	
Uszkodzenie drewna	Rozkład drewna
Czynniki fizyczno-mechaniczne	
Działanie sił mechanicznych (pękanie na skutek różnicy wilgotności, tarcie i in.)	
Czynniki fizykochemiczne	
	Światło (ultrafiolet) Wysokie temperatury Radiacja izotopowa
Czynniki chemiczne	
	Kwasy Zasady
Czynniki biologiczne	
Owady	Bakterie Grzyby



Zmiany mikrostruktury drewna pod wpływem działania grzybów: 1. Drewno zdrowe; 2. Drewno zniszczone przez rozkład brunatny; 3 a, b. Różne fazy zniszczenia przez rozkład jasny jednolity; 4 a, b. Różne fazy zniszczenia przez rozkład jasny jamkowaty; 5 a, b. Różne fazy zniszczenia przez rozkład pleśniowy.

*Transformations survenues dans la microstructure du bois sous l'action nocive des champignons lignivores: 1. Bois sain 2. Bois détérioré par la pourriture brunâtre 3. a, b. différentes phases de la détérioration par la pourriture claire homogène 4. a, b. différentes phases de la détérioration par la pourriture claire caviteuse 5. a, b. différentes phases de la détérioration par la moisissure*

W rozkładzie drewna powodowanym przez grzyby wyróżniamy obecnie następujące typy:

**Rozkład brunatny** — zwany także destrukcyjnym, zachodzi w wyniku procesu hydrolizy celulozy i hemiceluloz. Grzyby wywołujące rozkład brunatny produkują i wydzielają enzymy typu hydrolaz, w szczególności enzym aktywizujący rozkład celulozy — celulazę. W wyniku powstawania szeregu związków pośrednich — ostatecznym produktem rozkładu jest glikoza, przyswajana przez grzyby. Jednocześnie z rozkładem celulozy i hemiceluloz następują pewne zmiany jakościowe ligniny, niewyczuwalne ilościowo przy stosowanych metodach analitycznych. Przypuszcza się, że lignina traci część grup metoksyłowych i ulega częściowej przemianie na kwasy humusowe, co nadaje drewnu brunatną barwę. Ostatecznie drewno przy rozkładzie brunatnym, poza zmia-

ną zabarwienia, rozpada się na pryzmatyczne klocki, staje się miękkie, kruche, w palcach daje się z łatwością rozcierać na proszek. Jednocześnie ze zmianami chemicznymi następują w drewnie zmiany anatomiczne. Charakteryzują się one przede wszystkim znacznym zmniejszeniem się grubości błon komórkowych dochodzącym niekiedy do 75%, mniej więcej równomiernym na całym obwodzie i długości komórek (il. 2).

**Rozkład jasny jednolity** — wywołany jest przez grzyby zdolne do produkowania i wydzielania enzymów aktywizujących rozkład wszystkich składników drewna, tj. węglowodanów i ligniny. Obok procesów hydrolizy zachodzić tutaj będą procesy utleniające, a zatem grzyby dysponować powinny całym kompleksem enzymów hydrolitycznych i oksydacyjnych. W wyniku rozkładu typu jasnego jednolitego drewno przybiera kolor jasny, tj. jaśniejszy od koloru drewna zdrowego, często nawet zupełnie biały, staje się miękkie, jednak nie kruche, lecz elastyczne; przy zaawansowanym rozkładzie drewno rozpada się wzdłuż słoików rocznych na płatki przypominające tzw. ligninę sanitarną. W mikrostrukturze drewna zachodzą charakterystyczne zmiany. W błonach komórkowych tworzą się liczne strefy rozkładu wszystkich składników (il. 3 a, b). Rozpuszczanie ogranicza się do określonego obszaru wzdłuż strzępeków. Dalszy rozkład ścian komórkowych odbywa się przez nowo utworzone strzępki grzybni.

**Rozkład jasny jamkowaty** — charakteryzuje się w zasadzie tymi samymi zmianami chemicznymi w drewnie, jakie zachodzą przy rozkładzie jednolitym, różnica polega głównie na koncentrowaniu się aktywności enzymów początkowo w niektórych punktach błony, w wyniku czego — obok nie naruszonych fragmentów — tworzą się w niej romboidalnej formy otworki, szybko się rozszerzające (il. 4 a, b). Drewno zniszczone przez rozkład jamkowaty można łatwo rozpoznać po tworzących się na tle ciemniej zabarwionego drewna soczewkowato-jamkowatych wgłębieniach w tkance drzewnej, wypełnionych białymi resztkami włókien.

**Rozkład pleśniowy** — nie wykazuje łatwo zauważalnych symptomów, jakie zwykle występują przy rozkładzie brunatnym lub jasnym. W mokrym środowisku, w którym grzyby wywołujące rozkład pleśniowy występują najczęściej, drewno pokrywa się brązowoczną lub brązowoszarą, miękką, cienką warstwą, dopiero przy wysychaniu pękającą wzdłuż i w poprzek. Głębokość rozkładu jest na ogół niewielka, chociaż bywają wypadki działania tych grzybów na kilka centymetrów w głąb drewna. Zwykle warstwa zniszczona, po przeschnięciu i spękaniu, odpada niewielkimi płatkami,

co utrudnia ustalenie rzeczywistej głębokości porażenia. Ważną cechą diagnostyczną jest tutaj dość wyraźna granica pomiędzy strefą zaatakowaną a zdrową, nie występująca nigdy przy innych typach rozkładu. Mikrostruktura drewna zniszczonego przez rozkład pleśniowy, dająca się prześledzić dokładnie za pomocą mikroskopu elektronowego, jest bardzo charakterystyczna. Strzępki grzybni tych grzybów nie rosną wewnątrz komórek drewna, ale przenikają bezpośrednio do błony komórkowej, rozprzestrzeniają się tam równoległe do przebiegu fibryl i, rozpuszczając substancje ścian komórkowych, tworzą romboidalne wgłębienia o ostrych końcach, tzw. kawerny. Zmiany w ściankach można obserwować najlepiej na przekroju poprzecznym drewna. Widoczne są tam drobne otworki, które z czasem stają się coraz liczniejsze, łączą się i w końcu zajmują całe wtórne zgrubienie błony (il. 5 a, b).

Pod względem chemicznym rozkład pleśniowy odgrywa szczególną rolę. Grzyby te powodują

przede wszystkim hydrolizę węglowodanów, ale jednocześnie stwierdzono zmniejszanie się zawartości ligniny. Należy przypuszczać, że wobec dużej liczby grzybów wywołujących rozkład pleśniowy, zmiany chemiczne mogą mieć różnorodny charakter. Dalsze badania pozwolą niewątpliwie to zagadnienie bliżej wyjaśnić.

Wykrycie i bliższe zbadanie rozkładu pleśniowego — który obok innych czynników stanowi przyczynę niszczenia drewna w budowlach i ruchomych obiektach zabytkowych — ma istotne znaczenie dla prac konserwatorskich. Jednocześnie stawia przed nauką nowe zadanie — opracowania metod i środków chemicznych, które by uwzględniały odmienne właściwości mikroorganizmów wywołujących rozkład pleśniowy.

doc. dr inż. Jerzy Ważny  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego  
Warszawa

## LES OPINIONS ACTUELLES SUR LA DESTRUCTION DU BOIS DANS LES MONUMENTS HISTORIQUES

La destruction du bois résulte de l'action de divers facteurs que l'on divise généralement en 4 groupes suivants:

1. Les facteurs physico-chimiques tels que: action des forces mécaniques (frottement, compression, traction) provoquent la destruction du bois,
2. Les facteurs physico-chimiques — lumière (ultraviolet), hautes températures, radiation des isotopes — entraînent la décomposition du bois.
3. Les facteurs chimiques — acides, alcalins — provoquent la décomposition du bois.
4. Les facteurs biologiques — insectes, détruisent le bois, les bactéries et les champignons lignivores provoquent la décomposition du bois.

Dans la décomposition du bois causée par les champignons lignivores, on distingue les types suivants:

1. La pourriture brunâtre apparaît à l'issue d'un processus de l'hydrolyse de la cellulose et des hémicelluloses provoqué par les enzymes du type hydrolaz. Le produit final de ce processus est la glucose assimilée par les champignons lignivores. Le bois se détériore en cales prismatiques, il devient mou et fragile. En même temps des changements anatomiques surviennent dans la structure du bois.
2. La pourriture claire homogène consiste en une hydrolyse et une oxydation de tous les éléments du bois notamment des hydrates de carbone, de la lignine provoquée par les enzymes dégagés par les champignons lignivores. En résultat de ce processus le bois

devient de plus en plus clair, parfois même blanc et se détériore en morceaux le long des couches annuelles.

3. La pourriture caviteuse claire. Dans le bois se produisent les mêmes changements chimiques que dans celles de la pourriture claire homogène avec cette différence qu'elles se concentrent seulement en certains points formant une cavité creuse dans le tissu du bois.
4. Moisissure. Des filaments de champignons lignivores pénètrent directement dans la membrane cellulaire, dissolvant la substance des parois cellulaires par l'hydrolyse des hydrates de carbone. Les cavernes qui se forment ainsi deviennent de plus en plus nombreuses et s'unissent les unes aux autres. Dans un milieu humide où ces champignons lignivores apparaissent le plus fréquemment le bois se couvre d'une couche tenue et molle, brune et noirâtre soit grisâtre, qui ne se fend qu'en séchant. La profondeur de la décomposition n'est pas très grande en général, mais parfois il arrive que l'infection des champignons lignivores atteigne jusqu'à quelques centimètres de profondeur. Entre la zone attaquée et la zone saine apparaît une limite assez visible, ce qui n'a jamais été observé lorsqu'il s'agit d'autres genres de décomposition.

La moisissure est provoquée par les champignons lignivores de la classe des Ascomycètes, par contre les autres types de décomposition sont provoqués par les champignons lignivores basides — Basidiomycètes.