

# Franciszek Krzysik

---

## Drewno jako materiał w zabytkach

---

Ochrona Zabytków 21/1 (80), 11-16

---

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.

## DREWNO JAKO MATERIAŁ W ZABYTKACH

Drewno stanowi materiał stosowany od niepamiętnych czasów w budownictwie, w życiu codziennym i w sztuce. Na naszych ziemiach w dobie przedhistorycznej drewno stanowiło jedyny i wyłączny budulec, w dobie wczesnohistorycznej budowle wykonane z materiałów innych niż drewno były rzadkością. Dopiero Kazimierz Wielki zostawił dzieło swego życia — Polskę murowaną. Sformułowanie to dotyczyło jednak głównie miast i grodów, w mniejszym stopniu klasztorów i kościołów. Wieś była nadal drewniana i w znacznej części jest drewniana jeszcze dzisiaj. W 1965 r. budynki drewniane stanowiły 55% ogólnej liczby budynków wiejskich i w dalszym ciągu stanowią 10% liczby nowo wznoszonych budynków na wsi.

W tych warunkach archeolog, historyk sztuki i konserwator zabytków stają często przed zadaniem badania i otoczenia opieką drewna w zabytkach pochodzących niejednokrotnie z odległych czasów. Drewniane obiekty zabytkowe podzielić można na cztery wyraźnie zróżnicowane grupy:

1. budowle i drewno archeologiczne,
2. drewniane budowle zabytkowe, wśród których najliczniejsze są stare kościoły drewniane,
3. rzeźby i wyroby drewniane,
4. drewno w obrazach.

O ile mi wiadomo, znaleziska budowli i drewna archeologicznego rozmieszczone są głównie na niżowych terenach naszego kraju, natomiast zachowane dotychczas drewniane budowle zabytkowe rozmieszczone są licznie na terenach górskich i podgórskich województw krakowskiego i rzeszowskiego, gdzie budownictwo drewniane odgrywało do niedawna dominującą rolę. Nie będąc specjalistą w dziedzinie muzealnictwa, nie umiem podać wieku najstarszych, do dziś zachowanych zabytków budownictwa drewnianego na tych terenach. Starsze wiekiem kościoły zabytkowe sięgają tam XV w., zabytki budownictwa ludowego są znacznie młodsze. Jedne i drugie są u kresu swojej trwałości, bez troskliwej opieki konserwatora uległyby w niedługim czasie destrukcji, a bez akcji zakładania skansenów zniknęłyby z terenów wiejskich.

Dla porównania podaję, że — wg A. T. Waki-  
na — zachowane na Syberii budynki drewniane liczą do 500 lat.

Utrzymanie i ochrona zabytków drewnianych jest zadaniem trudnym. Punkt wyjściowy związanej z tym działalności specjalistów stanowi znajomość drewna jako materiału oraz jego zachowania się w zróżnicowanych warunkach otoczenia.

### MAKROSKOPOWA I MIKROSKOPOWA BUDOWA DREWNA

Drewno różni się od innych materiałów swoją budową. Stanowi ono zespół komórek, które były częścią składową żyjącego organizmu drzewnego. Własności techniczne drewna zależą od cech, rozmieszczenia oraz morfologicznej i chemicznej budowy komórek, z których się ono składa, a także od submikroskopijnej struktury błon komórkowych. Dzięki porowatej budowie i sieci submikroskopowych kapilar w błonach komórkowych, drewno ma dużą wytrzymałość przy małym ciężarze właściwym. Dlatego też zapewnia ono lekkość konstrukcji, a w wartościach względnych (wytrzymałość podzielona przez ciężar właściwy) dorównuje wytrzymałości stali. Dalszą cechą drewna stanowi łatwość obróbki.

Do cech ujemnych drewna należy zaliczyć higroskopijność i związane z nią zjawiska zmiany wymiarów (kurczenie się i pęcznienie), pękanie i paczenie się oraz liczne wady związane z jego morfologiczną budową. Przez umiejętną obróbkę wady te można ograniczyć lub wyeliminować.

Drewno jest materiałem o niejednolitej budowie. Wygląd, cechy fizyczne i wytrzymałość drewna zmieniają się w zależności od głównych kierunków anatomicznych. W związku z tym wyróżnia się w drewnie kierunki: wzdłuż włókien (osiowy), promieniowy i styczny oraz trzy zasadnicze przekroje: poprzeczny, styczny i promieniowy. Niejednorodna budowa drewna uwi-

docznia się zarówno w ujęciu makroskopowym — w postaci słoistości, zróżnicowania na drewno wczesne i późne oraz na biel i twardziel, jak i w ujęciu mikroskopowym, wykazującym zróżnicowanie w budowie komórek i tkanek.

Na przekroju poprzecznym drewna uwydatniają się współśrodkowo ułożone dookoła rdzenia słoje roczne, których szerokość zmniejsza się w miarę posuwania się od rdzenia ku obwodowi, gdzie zgrupowane są słoje najwęższe.

W słoju rocznym wyróżnia się zwróconą ku rdzeniowi strefę drewna wczesnego, złożonego z cienkościennych komórek, o dużym świetle i małej wytrzymałości i trwałości, oraz zwróconą ku obwodowi pnia strefę drewna późnego, złożonego z komórek wybitnie grubościennych. Grubościenne drewno późne ma wysoki ciężar właściwy i dużą wytrzymałość. Im szersza jest strefa późna w drewnie, tym wyższe są jego ciężar właściwy, wytrzymałość i trwałość. W dawnych czasach, a nawet jeszcze w XIX wieku, do budowy używano przede wszystkim drewna z drzew starych, o dużej średnicy. Pozwalało to na wyrabianie belek o znacznych wymiarach przekroju, a przewaga strefy drewna wąskosłoistego w takich belkach zapewniała dużą wytrzymałość konstrukcji i odporność w stosunku do biologicznych procesów rozkładowych. Köppen wspomina w swej pracy budynki drewniane wybudowane z belek o szerokości 20 do 30 cali, czyli 49 do 73 cm. Pozyskanie tak szerokich belek czy bali podłogowych byłoby w obecnych warunkach bardzo trudne lub wręcz niemożliwe. W wielu gatunkach drzew słoje roczne otaczające rdzeń zbudowane są z komórek obumarłych, których ściany przesycone są naturalnymi związkami antyseptycznymi, co wydatnie zwiększa ich trwałość. Strefę tę określa się mianem twardzieli. Twardziel modrzewia, sosny i dębu jest ciemno zabarwiona, jodły i świerka — nie wykazuje odmiennego zabarwienia. Od zewnątrz otacza twardziel strefa bielu, który zawiera elementy żywe i odznacza się znacznie mniejszą trwałością. Im większa zawartość twardzieli, tym wyższa trwałość wyciosanych z drewna elementów budowlanych. Dlatego dąb i modrzew wykazują wysoką trwałość, a wały Gniezna i Poznania oraz umocnienia Biskupina zostały zbudowane z drewna dębowego.

Gatunki drzew nie wytwarzające twardzieli — jak lipa, brzoza lub buk — łatwo i prędko ulegają rozkładowi. Dlatego nie znalazły one zastosowania w naszym budownictwie drewnianym, stosowano je natomiast — głównie lipę — jako materiał snycerski lub na podobrazia, gdzie rozkład drewna nie był tak ważny i groźny.

Różnice w anatomicznej budowie drewna stanowią podstawę do określenia poszczególnych jego gatunków, gdy — zwłaszcza w przypadku

starego drewna — zawodzą makroskopowe cechy rozpoznawcze. Badania tego typu wykazały, że wiele budynków, uchodzących za modrzewiowe, było wybudowanych z innych, mniej cennych pod względem trwałości gatunków iglastych.

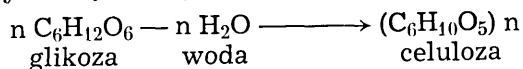
#### CHEMICZNA BUDOWA DREWNA

W drewnie występuje około 50% węgla, 43% tlenu, 6,1% wodoru, 0,04 do 0,26% azotu i 0,3 do 1,2% składników mineralnych, dających po spaleniu drewna popiół.

Drewno jest konglomeratem kilku wielkocząsteczkowych związków organicznych. Pod względem funkcjonalnym można w drewnie wyróżnić:

1. substancję szkieletową, zbudowaną z celulozy i hemicelulozy; celuloza nadaje szkieletowi drewna dużą wytrzymałość, zwłaszcza na rozciąganie;
2. lepiszcze, łączące błony komórkowe oraz stanowiące wypełniacz inkrustujący i otulający szkielet celulozowy; obydwie te funkcje spełnia lignina, od której zależy twardość i wytrzymałość drewna na ściskanie;
3. substancje towarzyszące, jak żywice, woski, tłuszcze, barwniki, garbniki, alkaloidy i inne.

Udział celulozy w drewnie wynosi mniej więcej 50%, udział hemiceluloz 20%, udział ligniny 26%, pozostałe 4% przypada na inne substancje. Podane tu wartości ulegają przesunięciom w zależności od gatunku drewna. Celuloza jest związkiem wielkocząsteczkowym o sumarycznym wzorze  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Częsteczka celulozy zbudowana jest z powtarzających się ogniw elementarnych (monomerów) połączonych mostkami tlenowymi w długie łańcuchy polimeru, stanowiące cząsteczki celulozy. Celuloza jest polimerem kondensacyjnym, który powstaje przez pomniejszenie cząsteczek glikozy o cząsteczkę wody:



Stopień polimeryzacji (wartość n) określa zmienną liczbę włączonych w łańcuch członów elementarnych. Błonnik w drewnie drzew żywych wykazuje stopień polimeryzacji dochodzący do 10000. Wytrzymałość celulozy wzrasta w miarę wzrostu stopnia polimeryzacji do 700, natomiast spada do niskich poziomów przy stopniu polimeryzacji mniejszym od 200.

Hemicelulozy są to związki niejednolite, składające się z różnych węglowodanów. Są to głównie heksozany  $(C_6H_{10}O_5)_n$  i pentozany  $(C_5H_8O_4)_n$ . Węglowodany te wchodzić częściowo w skład substancji szkieletowej, częściowo stanowią lepiszcze, częściowo zaś spełniają rolę substancji odżywczej. Sumaryczny wzór heksozanów jest identyczny z sumarycznym wzorem celulozy, różnica polega na niższym stop-

niu polimeryzacji, zamykającym się w granicach 150—200. Hemicelulozy wykazują mniejszą wytrzymałość i odporność niż celuloza i łatwiej od niej ulegają hydrolizie.

Lignina jest izotropowym ciałem bezpostaciowym o skomplikowanej i niedostatecznie wyjaśnionej budowie chemicznej. Jest ona bardziej odporna w stosunku do bakterii i niektórych grzybów niż celuloza. Otulając szkielet celulozowy utrudnia ich penetrację i zwiększa trwałość drewna. Pod wpływem światła lignina żółknie. Dlatego zarówno drewno, jak i papiery zawierające ścier (a tym samym ligninę) w miarę upływu czasu zmieniają barwę.

#### SUBMIKROSKOPOWA BUDOWA DREWNA

Zbliżone do siebie łańcuchy celulozy znajdują się w ruchu cząsteczkowym, wskutek czego mogą się zbliżyć do siebie na odległość działania sił van der Waalsa. Wówczas ulegają powiązaniu siłami międzycząsteczkowymi i układają się na pewnej długości równoległe do siebie, tworząc submikroskopowy, uporządkowany układ przestrzenny, określane mianem miceli frędzlowej. Końce łańcuchów są częściowo zamknięte w ramach micel, częściowo wystają poza micelle. Uporządkowane przestrzenie micelle przetrkane są pozbawionymi prawidłowego układu przestrzeniami amorficznymi, w których łańcuchy celulozy nie są ze sobą związane. Micelle łączą się w wiązki micel, a w dalszej kolejności w fibryle, które z kolei tworzą włókno celulozowe. Zbudowana w ten sposób celuloza zdrewnowana jest systemem submikroskopowym kapilar o średnicy  $10^{-7}$  do  $10^{-5}$  cm. Na skutek ich obecności wewnętrzna powierzchnia celulozy wynosi ok.  $600 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ , a wewnętrzna powierzchnia drewna od 240 do  $430 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ . Submikroskopowe kapilary błony komórkowej i ich duża wewnętrzna powierzchnia stanowią podłoże zachodzących w drewnie zjawisk higroskopijnych, związanych z wymianą pary wodnej z otaczającym powietrzem, a w ślad za tym z kurczeniem i pęcznieniem drewna. Pęcznienie drewna stanowi następstwo oddalania się micel od siebie pod naporem wody wnikażącej między micelle. Powstają przy tym ciśnienia wewnętrzne rzędu tysięcy atmosfer. Następstwem tego rodzaju zmian jest stopniowa depolimeryzacja łańcuchów celulozy, co odgrywa dużą rolę w procesach starzenia się drewna. W przeciwieństwie do celulozy i hemiceluloz lignina jest ciałem bezpostaciowym, wykazującym brak uporządkowanej budowy przestrzennej.

#### WPLYW CHEMICZNEJ I SUBMIKROSKOPOWEJ BUDOWY NA WŁASNOŚCI DREWNA

Chemiczna i submikroskopowa budowa drewna wywierają istotny wpływ na jego fizyczne i mechaniczne własności oraz na przebieg roz-

kładu i starzenia się drewna. Łańcuchy celulozy i zbudowane z nich micelle ułożone są spiralnie w stosunku do podłużnej osi włókna. Następstwem rozmieszczenia silnych wiązań tlenowych w kierunku podłużnym i luźnych wiązań wodorowych w kierunkach poprzecznych — jest anizotropia własności drewna. Jej wyrazem są wysokie wytrzymałości drewna wzdłuż włókien, a niskie wytrzymałości w kierunkach poprzecznych, ograniczenie zjawisk kurczenia się i pęcznienia do przedziału wilgotności drewna od 0 do 30% oraz różnice w wielkości kurczenia się i pęcznienia drewna w kierunku podłużnym, promieniowym i stycznym. Całkowity skurcz drewna (sosna i dąb) w kierunku wzdłuż włókien wynosi ok. 0,4%, w kierunku promieniowym — ok. 4%, w kierunku stycznym — ok. 8%. Wielkość skurczu stycznego ograniczona jest dwiema wartościami granicznymi: wartością maksymalną w obwodowej strefie drewna (8%) i wartością minimalną — równą wielkości skurczu promieniowego (4%) — w przekroju średnicowym. Między obwodem a średnicą pnia skurcz przybiera wartości stopniowo malejące. Wskutek tego odrzdzeniowe płaszczyzny desek i bali kurczą się więcej niż płaszczyzny dordzeniowe, co powoduje nieckowate paczenie się desek. Wielkość spaczenia jest tym większa, im większa jest grubość deski i im bardziej jest ona zbliżona do obwodu kłody.

Wytrzymałość drewna dębowego na rozciąganie wzdłuż włókien wynosi ok.  $900 \text{ kG}/\text{cm}^2$ , w kierunku poprzecznym — ok.  $40 \text{ kG}/\text{cm}^2$ . Nasycone wodą i odsłonięte drewno archeologiczne wysycha. Mała wytrzymałość na rozciąganie w poprzek włókien stanowi przyczynę pęknięcia zsuchających się zewnętrznych warstw drewna pod naporem wolniej kurczących się warstw wewnętrznych, co stanowi pierwsze ogniwo w łańcuchu procesów rozkładu drewna.

#### TRWAŁOŚĆ DREWNA I PROCESY ZWIĄZANE Z JEGO ROZKŁADEM

Mianem trwałości określa się odporność drewna na działanie czynników powodujących zmiany rozkładowe. Trwałość drewna określa okres czasu, przez jaki drewno zachowuje fizyczne i mechaniczne własności na poziomie odpowiadającym wymaganiom i opiera się działaniu biologicznych procesów rozkładowych lub procesów naturalnego starzenia się drewna.

Trwałość drewna zależy w dużym stopniu od czynników wrodzonych, związanych z jego gatunkiem. O stopniu trwałości decydują ilościowy udział twardzieli (modrzew 85%, sosna 50% twardzieli) oraz występujące w drewnie — głównie w twardzieli — substancje dodatkowe, jak garbniki, gumy, związki żywiczne, olejki eteryczne i inne. Niektóre z tych

substancji wykazują dużą toksyczność w stosunku do grzybów, co uniemożliwia lub hamuje ich rozwój. Ogólnie biorąc, odporność drewna na działalność grzybów zależy od rodzaju i ilości występujących w drewnie substancji ekstraktywnych. I tak np. zawartość substancji garbnikowych w twardzieli dębowej decyduje o dużej odporności drewna dębowego na procesy rozkładowe.

Wpływ substancji ekstraktywnych na trwałość drewna uwydatnia się wyraźnie na przykładzie drewna modrzewiowego. Analiza drewna, wykonana w Katedrze Mechanicznej Technologii Drewna SGGW przez doc. dr Herminę Krach, wykazała w biele 2<sup>0</sup>%, w twardzieli 4<sup>0</sup>% związków żywicznych. Przy ekstrakcji wrzącą wodą wyekstrahowano z biele 2,7<sup>0</sup>%, z twardzieli 22 do 28<sup>0</sup>% substancji rozpuszczalnych, obejmujących związki żywiczne i tłuszczowe, woski, cukry proste i prawdopodobnie część hemice-luloz. Obecność tych związków w twardzieli rzutuje na trwałość drewna i potwierdza słuszność jego wysokiej oceny w dawnym budownictwie. Wykonane przez mgr Waltherową badania odporności drewna modrzewiowego na zagrzybienie wykazały, że po trzymiesięcznym działaniu standardowego szczepu grzyba *Merulius lacrymans* próbki bielaste straciły 30<sup>0</sup>% swego pierwotnego ciężaru, próbki twardzielowe — 10,5<sup>0</sup>%. Przy zastosowaniu grzyba *Coniophora cerebella* ubytek ciężaru próbek bielastych wynosił 9,5<sup>0</sup>%, próbek twardzielowych — 4<sup>0</sup>%. Z przytoczonych liczb wynika, że w parze z dużym udziałem substancji ekstraktywnych idzie duża odporność twardzielowego drewna modrzewiowego w stosunku do grzybów.

Wysoką trwałość drewna modrzewiowego oraz jego odporność w stosunku do grzybów i owadów potwierdza Tschermak w swojej obszernej monografii o modrzewiu. Jako jeden z licznych przykładów niezwyklej trwałości drewna modrzewiowego przytacza on więźbę dachową kościoła św. Stefana w Wiedniu. Konstrukcja ta, zbudowana w XV w. z 2889 belek modrzewiowych, przetrwała w stanie niemal nie naruszonym przez grzyby i owady do drugiej wojny światowej. Zniszczona w 1945 r. przez pocisk artyleryjski, została zastąpiona konstrukcją stalową. Nie impregnowane gonty modrzewiowe spełniają swe zadanie w budowlach zabytkowych przez 90 do 150 lat.

Zmiany zachodzące w drewnie pod działaniem czynników zewnętrznych stanowią zjawisko kompleksowe, na które składają się:

1. procesy rozkładu drewna, występujące w wyniku działania czynników biologicznych (grzyby, owady, bakterie),
2. procesy starzenia się obejmujące zmiany zachodzące w drewnie pod działaniem czynników abiotycznych, prowadzące w długich okresach czasu do zniszczenia drewna.

Biologiczny rozkład jest uzależniony nie tylko od gatunku drewna i od rodzaju atakujących organizmów, lecz również od układu warunków zewnętrznych. Główną rolę odgrywają tu wilgotność drewna oraz temperatura i względna wilgotność otaczającego powietrza. I tak np. grzyby nie atakują drewna o wilgotności poniżej 18<sup>0</sup>%, która odpowiada suchemu stanowi ochronnemu, z drugiej strony nie atakują drewna nasyconego wodą, co odpowiada wilgotnemu stanowi ochronnemu. Dlatego obiekty drewniane umieszczone pod dachem i nie stykające się z ziemią lub wilgotnymi murami, jak również drewno archeologiczne przebywające w wodzie lub w pewnych kategoriach wilgotnego gruntu — nie są narażone na inwazję grzybów. W warunkach niesprzyjających procesy rozkładu drewna albo nie mogą powstawać, albo ulegają wyraźnemu zahamowaniu.

Główną przyczynę zniszczenia naziemnych budowli drewnianych stanowi nawilżenie drewna na skutek braku izolacji, przez podsiąki wody gruntowej lub na skutek przecieków wody przez uszkodzone dachy, w ślad za tym bowiem następuje inwazja grzybów. Zawilgocenie budynku to pierwszy krok na drodze do jego zniszczenia. Za przykład może służyć zabytkowy kościół drewniany w Cerekwi pod Krakowem. W czasie działań wojennych w 1945 r. dach kościoła uległ uszkodzeniom, których nie naprawiono, gdyż wieś, mając nowy kościół murowany, nie interesowała się starym obiektem. W 1960 r. w wyniku zacie-ków proces rozkładu był tak zaawansowany, że zniszczenie kościoła stanowi fakt prawdopodobnie nieodwracalny.

Podobne przykłady można znaleźć w starej literaturze. I tak np. uczonej jezuita Gabriel Rzęczyński w swej książce *Auctuarium historiae naturalis curiosae Regni Poloniae, Magni Ducatus Lituaniae annexarumquae provinciarum*, wydanej w 1736 r., wymienia dwa kościoły modrzewiowe w miejscowościach Błoń i Tuszyn, przy czym pisze: „Ad oppidum Tuszyn Palatinatus Sieradiensis templum post annos quingentos octoginta septem a fundatione durenis visitaveram, sed adverti cariem ibi sensisse, ubi pluviiis, nivibus crebris perfunditur”. W tłumaczeniu polskim brzmi to: „W mieście Tuszyn w Województwie Sieradzkim zwiedziłem kościół istniejący od 587 lat. Zauważyłem tam zgniliznę w miejscach zawilgacanych przez deszcze i śniegi”. Był to zatem kościół wzniesiony w XII wieku — dziś liczyłby ponad 800 lat. W myśl informacji Wydziału Kultury WRN w Łodzi, na terenie Tuszyna istnieje jedynie kościół murowany, pochodzący z 1862 r. Nasuwa się myśl, że zagłada modrzewiowego kościoła w Tuszynie przebiegała w podobny sposób jak w Cerekwi.

Inny przebieg mają zjawiska starzenia się, prowadzące do zniszczenia drewna bez udziału czynników biologicznych. Przebieg zjawisk zależy od układu warunków zewnętrznych, w jakich się drewno znajduje. Pierwszym przejawem jest zmiana barwy drewna.

Pod wpływem długotrwałego działania zmiennych warunków atmosferycznych zachodzą istotne, lecz dotychczas mało zbadane zmiany w budowie i we własnościach drewna. Zmianom ulega głównie chemiczny skład drewna, zwłaszcza wchodzi w grę ilościowe przesunięcia zawartości celulozy, hemiceluloz i ligniny.

W zjawiskach związanych ze starzeniem się drewna można wyróżnić — zależnie od warunków zewnętrznych — dwa kierunki zmian: 1. procesy powolnego utleniania się składników substancji drzewnej; procesy te przeważają, gdy drewno znajduje się w warunkach suchych (gleby suche); 2. procesy rozkładu hydrolitycznego, gdy drewno znajduje się w warunkach mokrych (środowisko wodne lub gleby błotniste).

W procesach utleniania się drewna rozkładowi ulega zarówno celuloza, jak lignina. W przypadku procesów hydrolitycznych rozkładowi ulegają hemicelulozy i celuloza. Przeprowadzone przez A. M. Rosenquist z Oslo analizy chemiczne drewna dębu, brzozy i platanu pochodzącego z łodzi wikingów, zatopionej przed mniej więcej 1000 lat, wykazały, że w środowisku mokrym pentozany uległy rozkładowi w 91%, celuloza w 95%, natomiast lignina nie uległa zmianom.

Zarówno utlenianie, jak procesy hydrolityczne powodują obniżenie ciężaru właściwego i wytrzymałości drewna. Przemienne działanie warunków suchych i mokrych przyspiesza przebieg procesów rozkładowych. Świadczy o tym drewno z Biskupina, które na powierzchni odsłoniętej oraz na powierzchni zasypanej piaskiem uległo w krótkim czasie zupełnemu rozkładowi, natomiast próbka przechowywana w laboratorium znajduje się w stanie doskonałym.

Drewno archeologiczne jest w dużym stopniu wrażliwe na układ stosunków w otaczających warstwach gruntu. Świadczą o tym dane z pracy Kołczyńska: „Dendrochronologia Nowgoroda”. W badanych poziomach obejmujących okres od X do XV wieku włącznie drewno zachowało się najlepiej w warstwach obejmujących okres od początku XIII do początku XV wieku, w warstwach położonych powyżej i poniżej tego przedziału czasu drewno uległo daleko posuniętej destrukcji, co pozwala przypuszczać, że warunki panujące w tych warstwach mniej sprzyjały zachowaniu drewna w niezmiennym stanie.

Na tle znajomości drewna jako materiału oraz znajomości warunków zewnętrznych można sformułować orientacyjne wnioski co do przebiegu procesów rozkładowych w różnych kategoriach drewna zabytkowego. Wydobyte z ziemi drewno archeologiczne zawiera 200 do 400% wody. W przypadku ostrożnego wysuszenia da się ono nieraz bez zabiegów konserwacyjnych przechować w środowisku klimatycznym pomieszczeń, bez dalszego rozwoju procesów rozkładowych. To samo drewno pozostawione na wolnym powietrzu ulega w krótkim okresie rozkładowi. Do utrwalenia takiego drewna można by prawdopodobnie zastosować metodę opracowaną przez prof. Wichrowa, polegającą na nasycaniu monomerami, których polimeryzacja i utwardzenie przebiega w drewnie. W ten sposób można jednak utrwalać poszczególne, dostarczone do laboratorium elementy, trudno natomiast przeprowadzić zabiegi potrzebne w odniesieniu do drewna archeologicznego in situ lub w odniesieniu do zabytków architektury drewnianej. Z tego względu wiek najstarszych znanych w Polsce zabytków budownictwa drewnianego nie sięga poza XIV stulecie.

Duży postęp dokonany ostatnio w konserwacji drewna i kontynuowanie badań mających na celu udoskonalenie stosowanych dotychczas metod i środków — pozwalają przypuszczać, że znajdujące się pod opieką konserwatorów obiekty drewniane zostaną zabezpieczone przed rozkładem na długi okres czasu. Trudno natomiast spodziewać się, by zabiegi konserwacyjne mogły nadać drewnu cechę nieograniczonej trwałości. Nawet w przypadku wyeliminowania rozkładowej działalności czynników biologicznych drewno będzie ulegało powolnej destrukcji pod działaniem czynników abiotycznych, powodujących naturalne starzenie się drewna. Przemawia za tym fakt, że drewniane obiekty muzealne, otoczone troskliwą opieką i przechowywane w specjalnie stworzonych warunkach, bardzo rzadko wykazują wiek przekraczający 3000 lat.

Zjawisko starzenia się drewna jest dotychczas mało zbadane. W nauce i w literaturze fachowej panują na ten temat nie ustalone, często nawet przeciwstawne poglądy. W badaniach i rozważaniach naukowych pomijano je prawdopodobnie dlatego, że w życiu praktycznym destrukcja drewna jest najczęściej wynikiem współdziałania czynników biologicznych i abiotycznych, przy czym procesy rozkładu biologicznego dominują nad procesami starzenia się. Problem ten czeka na dalsze, trudne badania kompleksowe.

prof. dr Franciszek Krzysik  
Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego  
Warszawa

Les constructions archéologiques les plus anciennes en Pologne (Biskupin) comptent actuellement 2500 ans. Le bois le plus ancien, dans les monuments historiques encore en fonction actuellement, est la charpente du toit recouvrant l'église Saint-Jacques à Toruń, relevant du XIV-e siècle, et les églises en bois du XV-e siècle notamment l'église de Dębno à Podhale. Les monuments de l'architecture populaire sont moins anciens: leur âge atteint rarement 200 ans.

Le bois n'est pas durable et subit facilement l'action destructive des champignons lignivores soit des insectes. Sans la protection du conservateur les monuments historiques en bois tomberaient rapidement en ruine.

La structure anatomique, chimique et submicroscopique du bois influe considérablement sur le processus de la détérioration et du vieillissement du bois. La cellulose comprise dans le bois a la forme de molécules de longueurs variables reliées dans certains points en micelles de structure spatiale. Les capillaires submicroscopiques au diamètre  $10^{-7}$  ...  $10^{-5}$  cm qui apparaissent entre les micelles forment en somme la surface intérieure du bois  $240 \dots 430 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$  ce qui constitue la base de l'hygroscopicité, de la rétractibilité et du gonflement du bois. Sous l'influence des changements périodiques de l'humidité, le bois se rétracte et se gonfle alternativement. Il en résulte une pression entre les micelles atteignant un niveau de 11000 atm qui provoque la dépolimérisation de la cellulose et l'affaiblissement de la résistance du bois.

Le bois est un matériel anisotrope. Le retrait du bois de pin et de chêne en sens axial s'élève à 0,4%, en sens radial à 4,0% en sens tangentiel à 8,0%. La résistance du bois de chêne à la traction axiale s'élève à  $900 \text{ kgf/cm}^2$ , à la traction transversale à  $40 \text{ kgf/cm}^2$ . L'anisotropie du bois constitue au cours du séchage la cause de fissures qui facilitent la pénétration des microorganismes dans le bois provoquant sa pourriture.

Pour la conservation des monuments historiques la durabilité du bois joue un rôle décisif. Elle dépend de la qualité du bois, du pourcentage du bois de coeur dans sa structure et des substances de caractère antiseptique intervenant dans le bois telles que le tannin, la résine, la gomme. Dans grumes du bois de chêne, au grand diamètre, le pourcentage du coeur va jusqu'à 90%, dans le bois de mélèze — environ 85%, dans le bois de pin — environ 50%. Au cours des études du bois de mélèze en laboratoire l'on réussit à extraire, à l'aide de l'eau bouillante, 2,7% des substances solvables de l'aubier et 22—28% du bois de

coeur. Après trois mois d'action du champignon lignivore *Merulius lacrymans* le bois d'aubier a perdu 30% de son poids initial, le bois de coeur — 10,5%. Au XIX-e siècle encore les éléments de construction étaient fait de grumes à grand diamètre, grâce à quoi la largeur des poutres s'élevait à 50—75 cm. Ces poutres contenaient presque exclusivement du bois de coeur ce qui leur assurait une grande durabilité. Les champignons lignivores n'attaquent pas le bois sec, dont l'humidité est inférieure à 18% ni le bois se trouvant dans l'eau soit dans un sol humide. Le début de la destruction biologique du bois est dû à l'humidification, en raison de manque d'isolation ou d'infiltration de l'eau par les toitures endommagées. Les monuments historiques en bois notamment l'architecture en bois endommagés pendant la seconde guerre mondiale et non réparés aussitôt furent détruits par l'action des champignons lignivores pendant les quinze années qui suivirent. Gabriel Rzączyński dans son livre „Actuarium historiae naturalis curiosae Regni Poloniae”, publié en 1736 mentionne l'église en bois de Tuszyn provenant du XII-e siècle et il écrit: „J'ai aperçu la pourriture dans les emplacements atteints par l'humidité provenant des pluies et de la neige”. Cette église a cessé d'exister avant 1860. Aujourd'hui elle constituerait le plus ancien bâtiment en bois en Pologne.

Un autre processus se fait voir dans les phénomènes de vieillissement qui entraînent la destruction du bois sans l'intervention des facteurs biologiques. Sous l'influence des agents extérieurs (air, genre de sol) une lente décomposition du bois survient. Les transformations peuvent prendre deux directions:

1. Dans les conditions sèches (locaux secs, terre sèche) se produit une lente oxydation de la cellulose et de la lignine ainsi que la dépolimérisation des molécules de la cellulose.
2. Dans les conditions humides (eau, terre boueuse) a lieu la décomposition hydrolytique de la cellulose. La part de la cellulose diminue en résultat de quoi le contenu de lignine peut augmenter jusqu'à 90%.

On ne peut conserver le bois en état interchangeable pendant une période de temps illimitée. Dans les locaux des musées on peut conserver le bois comptant quelques milliers d'années. Les bâtiments en bois opposés à l'action des agents atmosphériques n'atteindront pas l'âge de mille ans sans une reconstruction très avancée. Les plus grandes difficultés représentent les bâtiments archéologiques, lesquels, étant découverts et opposés à l'action des agents atmosphériques, succombent à la destruction au bout de plus d'une dizaine d'années.