

Wacław Bieda, Bogusław Mielec

Przemarzanie ścian drewnianych budowli zabytkowych a trwałość konstrukcji drewnianych na przykładzie kościoła w Dębnie Podhalańskim

Ochrona Zabytków 53/3 (210), 315-319

2000

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, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

PRZEMARZANIE ŚCIAN DREWNIANYCH BUDOWLI ZABYTKOWYCH A TRWAŁOŚĆ KONSTRUKCJI DREWNIANYCH NA PRZYKŁADZIE KOŚCIOŁA W DĘBNIE PODHALAŃSKIM*

Wśród budowli zabytkowych, w warunkach klimatycznych Polski, najmniejszą trwałość wykazują budowle drewniane¹. Utrzymanie i ochrona zabytków drewnianych jest zadaniem bardzo trudnym, ponieważ drewno powoli, ale nieodwracalnie starzeje się, co objawia się zmianami wyglądu zewnętrznego i właściwości technicznych. Zdaniem Krzysika² niezbędną kwalifikacją specjalistów zajmujących się utrzymaniem i ochroną zabytków drewnianych jest dobra znajomość właściwości drewna i jego zachowania w różnym otoczeniu. Trwałość konstrukcji drewnianych w obiektach zabytkowych zależy przede wszystkim od warunków otoczenia, w jakich się znajdują. Porównanie trwałości drewnianych konstrukcji w kościele w Dębnie Podhalańskim, którego ściany do dziś zachowały się prawie w całości, z trwałością znajdujących się w pobliżu drewnianych obiektów budownictwa zagrodowego, których wiek Krzysik³ określił zaledwie na 100 lat, wskazuje wyraźnie, że sposób użytkowania i warunki mikroklimatu panujące w budynkach mieszkalnych, a zwłaszcza inwentarskich, przyczyniają się do znacznie szybszego zużycia drewna. Niewątpliwie istotny wpływ na podniesienie trwałości drewnianych elementów konstrukcyjnych kościoła mają środki chemiczne użyte do ich zabezpieczenia przed korozją biologiczną, których najprawdopodobniej nie użyto w budynkach zagrodowych. Duży wpływ może mieć także większa możliwość dbania o należyty stan techniczny obiektu kiedyś reprezentacyjnego dla okolicy, a dziś dla całego kraju, niż poszczególnych obiektów w zagrodach chłopskich.

Jako jedną z przyczyn destrukcji drewna wymienia się czynniki klimatyczne, a wśród nich cykliczne zmiany temperatury, wilgotności powietrza oraz opady atmosferyczne, które powodują zmiany wilgotności drewna i związane z tym zjawiska pęcznienia i kurczenia. Wpływ temperatur na termiczny rozkład drewna jest różny i zależy od czasu oraz warunków towarzy-

szących, np. wilgotności drewna⁴. Silne (do -55°C) oziębnienie drewna o wilgotności równoważnej w stanie powietrzno-suchym powoduje, zdaniem Küblera⁵, znaczny skurcz drewna wskutek zamarzania w świetle komórek wody odparowanej ze ścian komórkowych. Zamarzanie drewna powoduje również zamarzanie wody higroskopijnej zawartej w tkankach celulozy. Tworzą się tam kryształki lodu, które powodują mikropęknięcia w strukturze celulozy⁶. Z wyników badań nad zagadnieniem zamarzania drewna wynika, że wolna woda w drewnie zamarza lub topnieje przy temperaturze 0°C , natomiast cała woda higroskopijna według jednych zamarza dopiero w temperaturze -40°C , a według innych dopiero przy -80°C ⁷.

Jeżeli drewno jest nasycone wodą, to pod wpływem zamarzania pęcznieje wskutek powiększania się objętości wody⁸, a woda zamarzająca w szczelinach drewna powoduje jego pękanie⁹. Przemarzanie drewnianych ścian uważa się za jedną z technicznych przyczyn zagrzybienia budynków¹⁰.

Symulacja naturalnych czynników klimatycznych powodująca cykliczne zamrażanie i odmrażanie drewna nasyconego wodą, będąca przyczyną naruszenia jego struktury, jest stosowana w badaniach przyspieszonego starzenia drewna¹¹.

Celem pracy jest przedstawienie częstotliwości i czasu trwania przemarznięcia ścian cennego zabytku budownictwa drewnianego, którego przetrwanie w Polsce przez 500 lat i zachowanie w dobrym stanie uznano za wyjątkowy przypadek¹², chociaż Kollmann¹³ ocenił trwałość drewna modrzewiowego, znajdującego się w pomieszczeniu stale suchym, na 1800 lat.

Materiał i metoda

W latach 1996–1999 prowadzono badania w pochodzącym z XV w. drewnianym kościele pod wezwaniem

* Badania zostały wykonane w ramach grantu *Zmiany klimatu lokalnego wywołane powstaniem zbiornika czorsztyńskiego i ich wpływ na zagrożenie obiektów zabytkowych*, finansowanego przez KBN.

1. F. Krzysik, M. Waltherowa, *Grzyby atakujące drewno budowli zabytkowych oraz środki zaradcze na przykładzie kościoła w Dębnie*, „Ochrona Zabytków” 1961, nr 3–4, s. 5–18.

2. F. Krzysik, *Drewno jako materiał w obiektach zabytkowych*, „Sylwan” 1968, nr 8, s. 13–28.

3. Tamże.

4. M. Matejak, E. Popowska, R. Rabiej, *Starzenie drewna i konstrukcji drewnianych*, „Przemysł Drzewny” 1983, nr 2, s. 17–19.

5. Tamże.

6. M. Matejak, D. Starecka, *Einfluss des Gefrierens von Holz auf seine Druckfestigkeit*, „Holztechnologie” 1971, nr 3.

7. M. Matejak, E. Popowska, R. Rabiej, op. cit.

8. Tamże.

9. F. Krzepik, M. Waltherowa, op. cit.

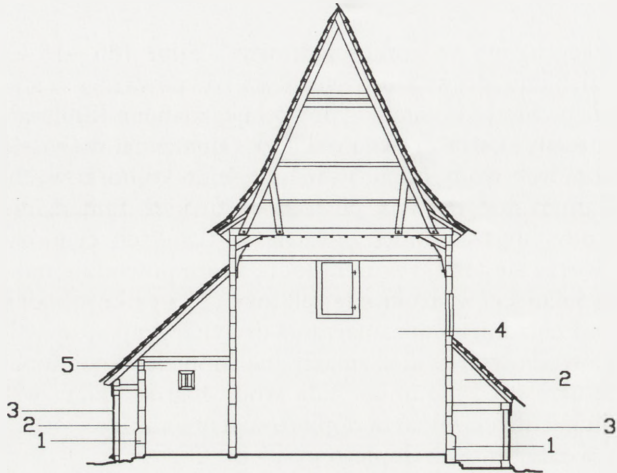
10. B. Zyska, *Zagrożenia biologiczne w budynku*, Warszawa 1999.

11. L. Helińska-Raczkowska, J. Raczkowski, *Niektóre zagadnienia przyspieszonego starzenia się drewna*, „Roczniki WSR w Poznaniu” 1970, s. 71–97 oraz M. Matejak, *Starzenie drewna*, „Przemysł Drzewny” 1983, nr 10, s. 28–30.

12. F. Krzysik, op. cit.

13. M. Matejak, op. cit.

św. Michała Archaniola w Dębnie Podhalańskim, jednym z najstarszych i najcenniejszych zabytków budownictwa drewnianego. Prace badawcze, dotyczące m.in. stanu zawilgocenia drewnianej konstrukcji kościoła, były prowadzone pod kątem ujawnienia ewentualnego zagrożenia spowodowanego zmianami klimatu lokalnego, jakie niesie powstanie zbiornika czorszyńskiego¹⁴.



1. Przekrój poprzeczny kościoła w Dębnie Podhalańskim: 1 — przyciesia; 2 — soboty; 3 — otwory wentylacyjne; 4 — nawa; 5 — zakrystia
1. Cross section of the church in Dębno Podhalańskie: 1 — ground beam; 2 — "soboty"; 3 — ventilating hole; 4 — nave; 5 — vestry

Kościół (il. 1) został zbudowany z drewna modrzewiowego. Ma on konstrukcję zrębową z wieżą zbudowaną na słup. Ściany kościoła, o grubości 20 cm, w niektórych partiach są oszalowane deskami lub obite gontem. Dookoła kościoła, z wyjątkiem fragmentu ściany południowej oraz wieży, biegnie drewniana obudówka (tzw. soboty), chroniąca przyciesie przed zawilgoceniem wodą opadową oraz wnętrza przed zimnym wiatrem. W obudówce tej wycięto otwory umożliwiające wentylację przestrzeni sobót. Obiekt jest nie ogrzewany, ma nieregulowany dopływ ciepła od promieniowania słonecznego docierającego do wnętrza przez niewielkie otwory okienne oraz ciepła emitowanego przez ludzi — uczestników nabożeństw oraz zwiedzających.

Na podstawie rejestrowanych automatycznie co godzinę pomiarów temperatury i wilgotności względnej powietrza na zewnątrz oraz wewnątrz kościoła obliczono godzinowe przebiegi temperatury w niżej wymienionych fragmentach ścian zewnętrznych w czterech kolejnych okresach jesień–wiosna w latach 1995–1999. Tak szczegółowa analiza wymaga wykonania obliczeń symetrycznie na 100 odcinkach o długości najmniejszej przy powierzchni ściany i zwiększającej się w kie-

runku jej środka. Wyniki obliczeń pozwoliły na wydzielenie warstw ścian, które znalazły się w strefie przemarzania. Ustalono również czas trwania temperatury ujemnej w ścianie. Ze względu na brak danych dotyczących wartości promieniowania słonecznego, autorzy musieli pominąć jego wpływ na temperaturę zewnętrznej powierzchni ściany, a zatem przedstawione wyniki odnoszą się wyłącznie do fragmentów ścian osłoniętych obudówką (z wyjątkiem leżących bezpośrednio na gruncie przyciesi) lub stale zacienionych. Warunki wewnętrzne, wynikające ze sposobu użytkowania tego typu obiektów, można określić jako powietrzno–suche z możliwością wystąpienia w okresach jesienno–zimowo–wiosennych krótkotrwałych gwałtownych wzrostów temperatury powietrza oraz kondensacji pary wodnej na powierzchni ścian, związanych z obecnością w kościele większych grup ludzi. Pozostałe dane przyjęte do obliczeń zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie parametrów przyjętych do obliczeń

Wyszczególnienie	Wartość parametru
Gęstość objętościowa	550 (kg/m ³)
Porowatość	73 (%)
Pojemność cieplna	1,5 (kJ/kg · K)
Współczynnik przewodności cieplnej	0,16 (W/m · K)
Opór przejmowania ciepła	17,0 (m ² · K/W)
Opór napływu ciepła	8,0 (m ² · K/W)
Współczynnik przenikania ciepła	0,70 (W/m ² · K)
Początkowa zawartość wody	77,0 (kg/m ³)
Ilość elementów obliczeniowych	100

Obliczenia wykonano za pomocą programu WUFI powstałego w Instytucie Fizyki Budowli w Holzkirchen (Niemcy), który pozwala na pełną analizę niestacjonarnego przepływu ciepła oraz transportu wilgoci w przegrodzie na podstawie rzeczywistych danych klimatycznych. Działanie programu zostało wielokrotnie zweryfikowane przez porównanie wyników obliczeń teoretycznych z wynikami pomiarów eksperymentalnych¹⁵.

Wyniki badań i analiza

Wyniki obliczeń przemarzania ścian kościoła w Dębnie Podhalańskim zestawiono w tabeli 2, a rozkłady temperatur w ścianach ilustrują wykresy na il. 2.

14. W. Bieda, J. Szumski, *Analiza wyników pomiarów i obliczeń teoretycznych zawilgocenia ścian kościoła w Dębnie Podhalańskim w latach 1997–1998. Raport z II etapu*, AR Kraków 1999, mpis; J. Miczyński, *Zmiany klimatu lokalnego wywołane powstaniem zbiornika czorszyńskiego i ich wpływ na zagrożenie obiektów zabytkowych*, AR Kraków 1999, mpis.

15. J. Radoń, H. Leonhardt, *Passive und aktive Wärmenutzung mit TWD-Außenwänden von Ställen zur Tierhaltung in der Landwirtschaft*. EB-45/1995, Bericht aus dem Fraunhofer Institut für Bauphysik 1995.

Tabela 2. Strefy przemarzania, częstotliwość i czas trwania zamrożenia drewnianych ścian kościoła w Dębnie Podhalańskim w okresach jesienno–zimowo–wiosennych w latach 1995–1999

Data wystąpienia pierwszego i ostatniego przemarznięcia	Strefa przemarzania	Częstotliwość (szt.)	Czas trwania (h)	
			min.	max
23 X 1995; 18 II 1996	zewnątrzna	52	1	31
	środkowa	19	1	6
	wewnętrzna	6	1	5
	zewnątrzna i środkowa	43	1	30
	środkowa i wewnętrzna	37	1	14
	zewnątrzna i wewnętrzna	8	1	2
	całość	63	1	449
22 X 1996; 25 IV 1997	zewnątrzna	64	1	20
	środkowa	27	1	6
	wewnętrzna	0	—	—
	zewnątrzna i środkowa	54	1	24
	środkowa i wewnętrzna	37	1	8
	zewnątrzna i wewnętrzna	5	1	2
	całość	64	1	355
18 X 1997; 24 V 1998	zewnątrzna	66	1	39
	środkowa	22	1	8
	wewnętrzna	0	—	—
	zewnątrzna i środkowa	53	1	30
	środkowa i wewnętrzna	18	1	18
	zewnątrzna i wewnętrzna	0	—	—
	całość	43	1	370
14 XI 1998; 7 V 1999	zewnątrzna	45	1	20
	środkowa	22	1	7
	wewnętrzna	3	2	28
	zewnątrzna i środkowa	51	1	50
	środkowa i wewnętrzna	17	1	19
	zewnątrzna i wewnętrzna	7	1	3
	całość	48	1	163

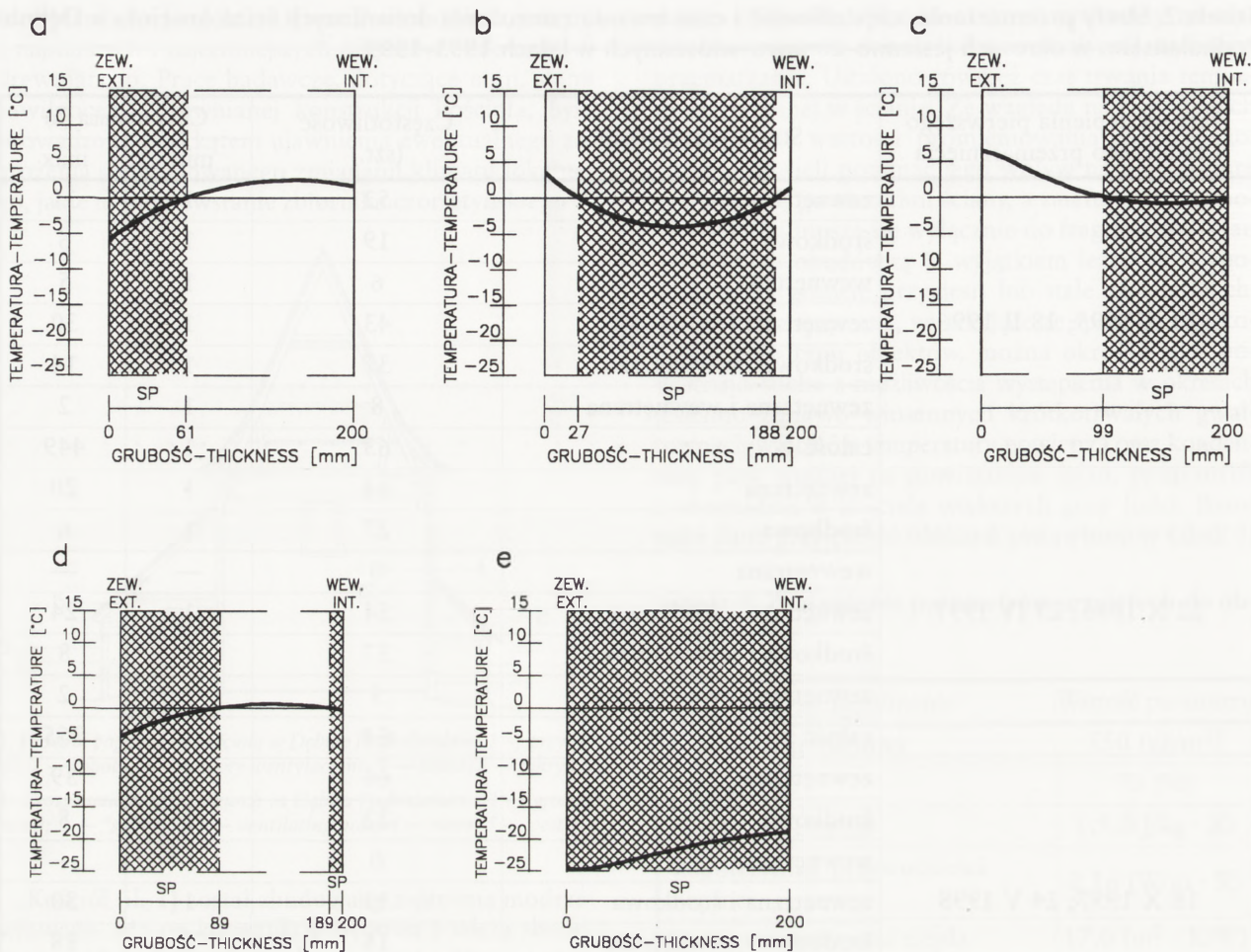
Z danych zamieszczonych w tabeli 2 wynika, że w ciągu roku najczęściej przemarzała zewnętrzna warstwa (45–66 razy) i cała grubość ściany (43–64 razy), a najrzadziej warstwa wewnętrzna 0–6 razy) oraz przypadek, w którym zamrożnięta była jednocześnie warstwa zewnętrzna i wewnętrzna (0–8 razy).

Po rozpoczęciu eksploatacji zespołu zbiorników wodnych wyraźnemu zmniejszeniu uległa częstotliwość przemarzania całej ściany (o ok. 30%) oraz czas trwania tego stanu, który w ciągu 2 lat poprzedzających oddanie zbiornika czorsztyńskiego wyniósł łącznie 804 h, a podczas 2 pierwszych lat eksploatacji zbiornika tylko

533 h. Poza wyżej wymienionymi nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy porównywanymi latami, zarówno pod względem częstotliwości, jak i czasu trwania przemarznięcia.

Podsumowanie

Zakładając, że w ciągu ostatnich pięciu wieków warunki mikroklimatyczne były zbliżone do tych, jakie wystąpiły w dwu ostatnich latach przed oddaniem do eksploatacji zespołu zbiorników wodnych, czyli powodujące coroczne przemarzanie ścian na całej grubości



2. Charakterystyczne przebiegi temperatury i grubości sfer przemarzania w ścianach kościoła w Dębnie Podhalańskim: a — 28 marca 1996 r., godz. 6.00; b — 25 lutego 1996 r., godz. 17.00; c — 20 marca 1996 r., godz. 18.00; d — 15 marca 1999 r., godz. 4.00; e — 29 grudnia 1996 r., godz. 9.00

2. Characteristic courses of temperature and thickness of frost penetration spheres affecting the walls of the church in Dębno Podhalańskie: a — 28 Mar. 1996, 6 a.m.; b — 25 Feb. 1996, 5 p.m.; c — 20 Mar. 1996, 6 p.m.; d — 15 Mar. 1999, 4 a.m.; e — 29 Dec. 1996 r., 9 a.m.

63 razy, a jej zewnętrznej warstwy 110 razy, to od początku istnienia obiektu jego ściany przemarzły na całej grubości około 30 000 razy, a znacznie częściej, bo ok. 55 000 razy zamarażała ich zewnętrzna warstwa. Z powyższych danych można wysnuć jedno zasadnicze twierdzenie: wpływ cyklicznego zamrażania na trwałość drewnianych ścian znajdujących się na wolnym powietrzu, a więc w stanie powietrzno-suchym, wydaje się być znikomy.

Można się zatem zgodzić z tezą Matejaka¹⁶, że we właściwych dla drewna warunkach jego trwałość może być nieograniczona, a wpływ cyklicznego zamrażania i odmrażania drewna na jego właściwości techniczne ma mniejsze znaczenie niż gwałtowne zmiany wilgotności drewna powodowane opadami deszczu. W przypadku kościoła w Dębnie Podhalańskim, którego ścia-

ny są skutecznie chronione nie tylko przez duży okap dachu, ale również przez obicie gontem i deskami, można stwierdzić, że nie zachodziło tam ani gwałtowne zawilgocenie, ani szybkie suszenie materiału ścian, a więc w znacznie mniejszym stopniu występowały w nich naprężenia powodowane nawilżaniem i wysychaniem, charakterystyczne dla konstrukcji drewnianych wystawionych na bezpośrednie działanie opadów oraz promieniowania słonecznego.

Kunszt ciesielski ludzi Podhala, zastosowanie odpowiedniego gatunku i dobrej jakości drewna oraz rozwiązanie architektoniczne — właściwe dla miejscowego klimatu i przeznaczenia obiektu — okazały się sprzyjające dla zachowania go przez pięć stuleci w dobrym stanie technicznym.

16. M. Matejak, op. cit.

Frost Penetration of the Wooden Walls of Historical Buildings and the Durability of Wooden Constructions upon the Example of the Church in Dębno Podhalańskie

A comparative analysis of the frost penetration of the wooden walls of the historical church in Dębno Podhalańskie in 1995–1999. Most of the time, the larch timber used for building the 500 years–old church remained in dry conditions. The results of the measurement of the course, duration and range of the affected spheres were based on hourly measurements of the temperature and relative humidity of the air

outside and inside the church. The obtained data demonstrated that from the autumn to the spring the outer layer of the wall (45–66 times) and the entire thickness of the wall (43–64 times) froze most frequently. The impact of cyclical freezing and defreezing upon the durability of the walls of a wooden construction proved slight.