

# Popowska, Ewa / Matejak, Mieczysław

---

## Wpływ klimatu na wilgotność drewna w zbiorach muzealnych

---

Muzealnictwo 26 27, 128-133

---

1983

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.

## Wpływ klimatu na wilgotność drewna w zbiorach muzealnych

Jednym z problemów z jakim borykają się muzea jest zapewnienie odpowiednich warunków klimatycznych w salach ekspozycyjnych, jak i pomieszczeniach magazynowych dla umieszczonych tam przedmiotów. Dotyczy to przede wszystkim eksponatów wykonanych z materiałów higroskopijnych, do których zaliczamy drewno. Zmiany parametrów klimatu tj. wilgotności względnej powietrza i jego temperatury powodują odkształcenia sorpcyjne drewna, mogące doprowadzić nawet do trwałych uszkodzeń mechanicznych eksponatów, a co za tym idzie do zniszczenia dzieła sztuki. Wilgotność drewna zależy od klimatu, w którym się ono znajduje. Na klimat w pomieszczeniach zamkniętych wpływa: 1) klimat zewnętrzny, 2) czynniki klimatyczne we wnętrzu budynku, 3) elementy budynku, 4) ogrzewanie i wentylacja. Powiązanie temperatury i wilgotności względnej powietrza zewnętrznego z temperaturą i wilgotnością względną powietrza wewnątrz budynku daje pewne informacje na temat oczekiwanego klimatu budynku, szczególnie przy intensywnej wentylacji, która zmniejsza wpływ klimatu zewnętrznego na klimat wnętrza. Powodowane jest to tym, że powietrze zewnętrzne po ogrzaniu w budynku opuszcza go szybko nie zmieniając swojej zawartości wilgoci lub zmieniając w niewielkim stopniu. W rzeczywistości jednak wilgotność względna w pomieszczeniach jest większa niż to wynika z przeliczenia parametrów klimatu zewnętrznego na klimat wnętrza. W pomieszczeniach ogrzewanych piecowo ciśnienie cząstkowe pary wodnej jest wg Leistnera (1949) o 2,27 hPa., a w pomieszczeniach ogrzewanych stale o 0,93 hPa. większe niż ciśnienie cząstkowe pary w powietrzu atmosferycznym (zewnętrznym). W tab. 1 przedstawiono średnie miesięczne parametry powietrza atmosferycznego w Polsce w roku 1977 i powietrza w pomieszczeniach ogrzewanych stale i piecowo do temp. 22°C i odpowiadające im wartości wilgotności drewna. Z tabeli wynika, że wilgotność drewna, która się ustala w określonym klimacie wynikająca z przeliczenia parametrów powietrza atmosferycznego na klimat wnętrza (bez uwzględnienia czynników klimatycznych we wnętrzu budynku i jego

elementów budowlanych) waha się od 4% w styczniu do 13% w sierpniu, natomiast w pomieszczeniach ogrzewanych centralnie i piecowo po uwzględnieniu poprawki i wynikającej z przyrostu ciśnienia cząstkowego odpowiednio 4,5% w sierpniu i 5,8% w styczniu. Na rys. 1 przedstawiono przykładowo przebieg zmian wilgotności względnej powietrza i temperatury w pomieszczeniach muzealnych ogrzewanych centralnie o niewielkiej wentylacji. Jak wynika z rysunku istnieją duże wahania obu parametrów, przy czym wahania wilgotności względnej powietrza między latem a zimą dochodzą do 50%. Z wykresu wynika ponadto, że w okresie lata wilgotność względna powietrza dochodzi do 80%, czemu przy temperaturze 20°C odpowiada wilgotność drewna wynosząca 16,3%, natomiast w okresie, w którym pomieszczenia te są ogrzewane centralnie wilgotność względna spada do 30%, co odpowiada wilgotności drewna wynoszącej 5,9%. W ciągu roku zatem przedmioty drewniane w muzeum poddawane są dwukrotnym dużym zmianom wilgotności, a różnica wilgotności drewna wynosi 10,4%. Wahania wilgotności względnej powietrza i temperatury powodują zmiany wilgotności drewna eksponatów, które stale dąży do stanu równowagi higroskopijnej z otoczeniem. Szybkość z jaką drewno dąży do uzyskania wilgotności równoważnej zależy od wymiarów elementów, sposobu w jaki powietrze opływa te elementy, wielkości przedziału wilgotności względnej powietrza jaki wywołuje zmianę wilgotności równoważnej oraz absolutna wielkość wilgotności względnej powietrza.

Czas osiągnięcia wilgotności równoważnej wydłuża się tym bardziej im większe są wymiary przedmiotów, wielkość przedziału wilgotności względnej powietrza, mniejsza prędkość powietrza oraz im większa jest jego wilgotność względna.

Proces nawilżania czy wysychania, który zaczyna się z dużą prędkością, w miarę trwania i zmniejszającej się różnicy między wilgotnością równoważną drewna a wilgotnością powietrza przebiega przy zmniejszającej się prędkości. Wg Kollmanna, Schneidera i Serranta (1966) czas niezbędny do uzyskania

przez drewno wilgotności równoważnej może zostać obliczony za pomocą równania:

$$t = t_{0,5} (1/k \ln [(W_r - W_p)/(W_r - W)]_n^1$$

we wzorze tym  $t_{0,5}$  jest to czas niezbędny do przebycia w założonym przedziale wilgotności drewna pierwszej połowy całkowitej zmiany wilgotności,  $W_r$  – jest to wilgotność równoważna drewna w nowym klimacie (%),  $W_p$  – jest to wilgotność początkowa drewna (%),  $W$  – jest to wilgotność, do której dąży wilgotność drewna. Stała  $k = \ln 2 = 0,693$ .

Wykładnik potęgowy  $n$  przy konwekcyjnym ruchu powietrza osiąga dla drewna świerkowego wg Kollmanna, Schneidera i Serranta (1966) wartość 0,6 do 1,2 i spada w miarę wzrostu długości elementów, wg Matejaka i Wojtkowskiego (1979) przy tych samych wymiarach drewna w zależności od gatunku wynosi: dla lipy i sosny 0,5–0,7, dla buka i dębu 0,7–1,0. W zależności od wielkości wykładnika  $n$  czas osiągnięcia wilgotności równoważnej w porównaniu do czasu osiągnięcia pierwszej połowy całkowitej zmiany wilgotności ma różną wielkość. Przy niewielkich przedmiotach czas osiągnięcia wilgotności równoważnej wynosi 10-krotny czas osiągnięcia pierwszej połowy zmiany wilgotności ( $n = 1,0$ ), przy elementach dłuższych ( $n = 5$ ) może wynosić 60 czy 80 czasów połowkowych.

Wynika z tego, że po czasie wynoszącym 1/10 czy 1/80 całkowitego czasu niezbędnego do osiągnięcia wilgotności równoważnej w nowym klimacie drewno może uzyskać połowę całkowitej zmiany wilgotności i może ona przekroczyć znacznie dopuszczalną dla danego przedmiotu wilgotność.

Każda zmiana parametrów klimatu powoduje powstawanie odkształceń w drewnie. Na rys. 2 pokazano przykładowo dzienne zmiany odkształceń obrazu „Madonna z dzieciątkiem” w okresie 23 dni w jednym z muzeów a na rys. 3 średnie tygodniowe odkształcenia 4 obrazów znajdujących się w jednym z muzeów w ciągu 25 tygodni 1977 r. oraz średnią tygodniową wilgotność względną powietrza. Odkształcenia były mierzone w kierunku prostopadłym do przebiegu włókien podobrazy. Z rysunków widać, że znaczenie mają praktycznie tylko odkształcenia w poprzek włókien, w poprzek obrazu i chociaż odkształcenia wzdłuż włókien są zauważalne to jednak ich wartości są nieznaczne. Odkształcenia wzdłuż włókien i powstające wskutek nich naprężenie są jedną z przyczyn deformacji i pęknięć eksponatów.

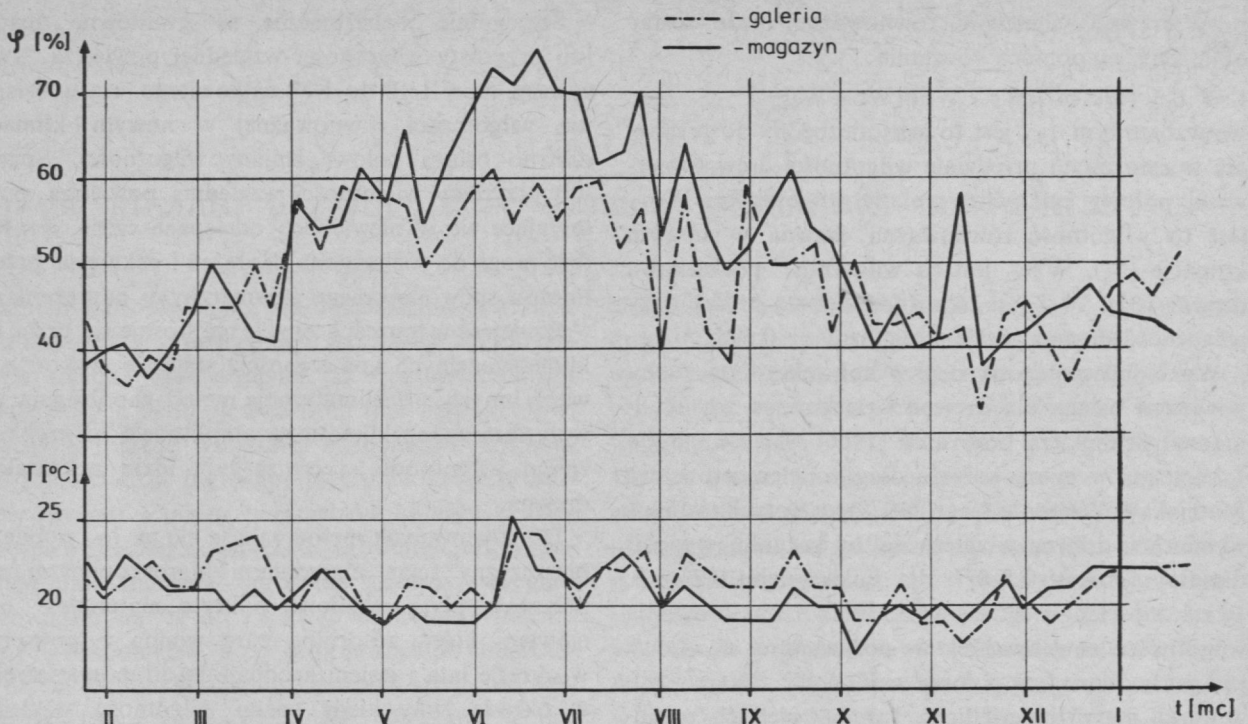
Sz szczególnie niebezpieczne są gwałtowne spadki lub przyrosty wilgotności względnej powietrza zważywszy, że w 1/10 do 1/80 całkowitego czasu osiągnięcia wilgotności równoważnej w nowym klimacie drewno osiąga połowę zmiany wilgotności. Spadki lub przyrosty wilgotności względnej powietrza powtarzające się w niewielkich odstępach czasu, prowadzić mogą do rozhuśtania naprężeń i pęknięcia przedmiotów spowodowanego wewnętrznymi naprężeniami.

Ponieważ w muzeach zwykle nie stosuje się urządzeń klimatyzacyjnych koniecznością staje się wykorzystywanie innych, niż klimatyzacja metod zapobiegających wpływom zmian klimatu na amplitudę i na szybkość zmian wilgotności, a co za tym idzie odkształceń drewna.

Do stosowanych metod zalicza się m. in. wybijanie płaszczyzny ścian materiałami higroskopijnymi np. porowatą płytą pilśniową pokrytą materiałem obiciowym, która adsorbuje parę wodną z powietrza w okresie lata i jesieni a oddaje ją do pomieszczenia w okresie zimy, kiedy spada wilgotność względna w pomieszczeniu łagodząc amplitudę zmian wilgotności drewna i szybkość spadku lub przyrostu wilgotności względnej powietrza. W przypadku zawieszenia na takich ścianach obrazów w nieoszlonych ramach, stykają się one płaszczyzną pokrytą polichromią z powietrzem pomieszczenia, natomiast od odwrocia, które łatwiej adsorbuje parę wodną (bo nie ma polichromii), powstaje strefa ochronna hamująca wpływ zmian klimatu na odkształcenia obrazu. Umieszczenie z kolei obrazu w oszklonej ramie izoluje go od bezpośredniego styku z powietrzem zewnętrznym. Szybkość z jaką taki obraz będzie zmieniał wilgotność w danym klimacie będzie zależała od materiału z jakiego zrobiona jest ściana, jej właściwości higroskopijnych i odległości obrazu od ściany.

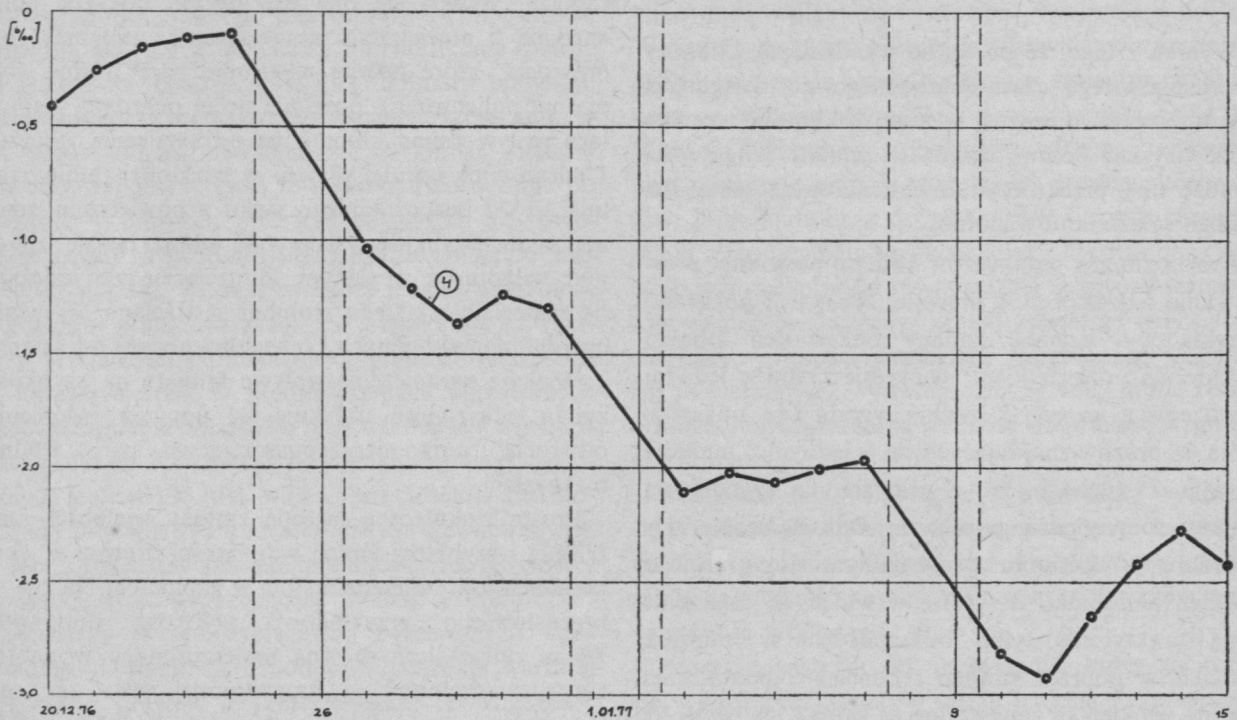
Większe ograniczenie wpływu klimatu na szybkość zmian odkształceń uzyskuje się poprzez osłonięcie odwrocia ramy nieprzepuszczającym parę wodną materiałem.

Prostą i skuteczną metodą zmiany wielkości amplitudy i szybkości zmian wilgotności drewna w eksponatach jest umieszczenie ich w gablotach. Na rys. 4 przedstawiono przykładowo szybkość dobowych zmian odkształceń drewna umieszczonego w gablocie nieuszczelnionej i uszczelnionej oraz na sali ekspozycyjnej w jednym z muzeów. Badania wykazały, że różnica między maksymalną a minimalną wielkością odkształcenia drewna w badanym okresie wynosiła: w pomieszczeniu 7,70%, w nieuszczelnio-



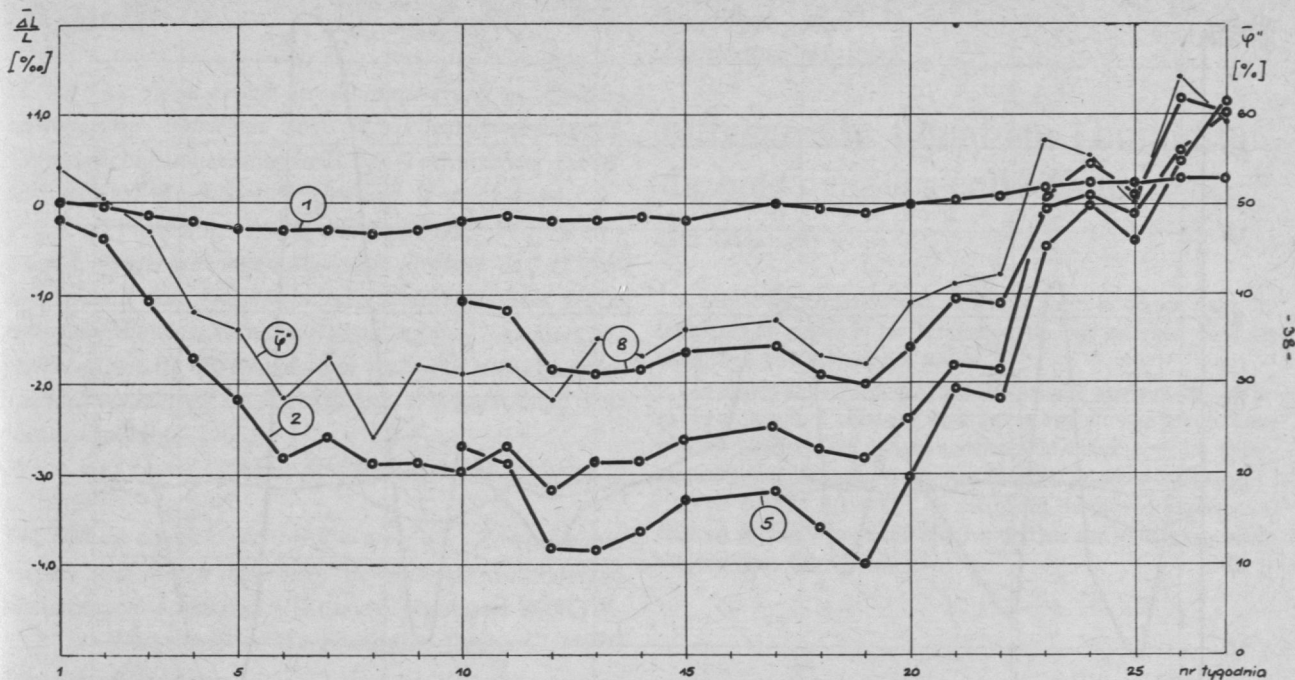
1. Zmiany wilgotności względnej i temperatury powietrza w galerii i magazynie jednego z muzeów w okresie 20.II.1973 – 12.II.1974

1. Changements d'humidité relative et de température de l'air dans la galerie et le magasin d'un musée dans la période du 20 février 1973 au 12 février 1974



2. Dienne zmiany odkształceń obrazu „Madonna z Dzieciątkiem” w okresie 23 dni od 20.XII.1976 do 12.I.1977 w jednym z muzeów wg Matejaka i Skwarka, 1980

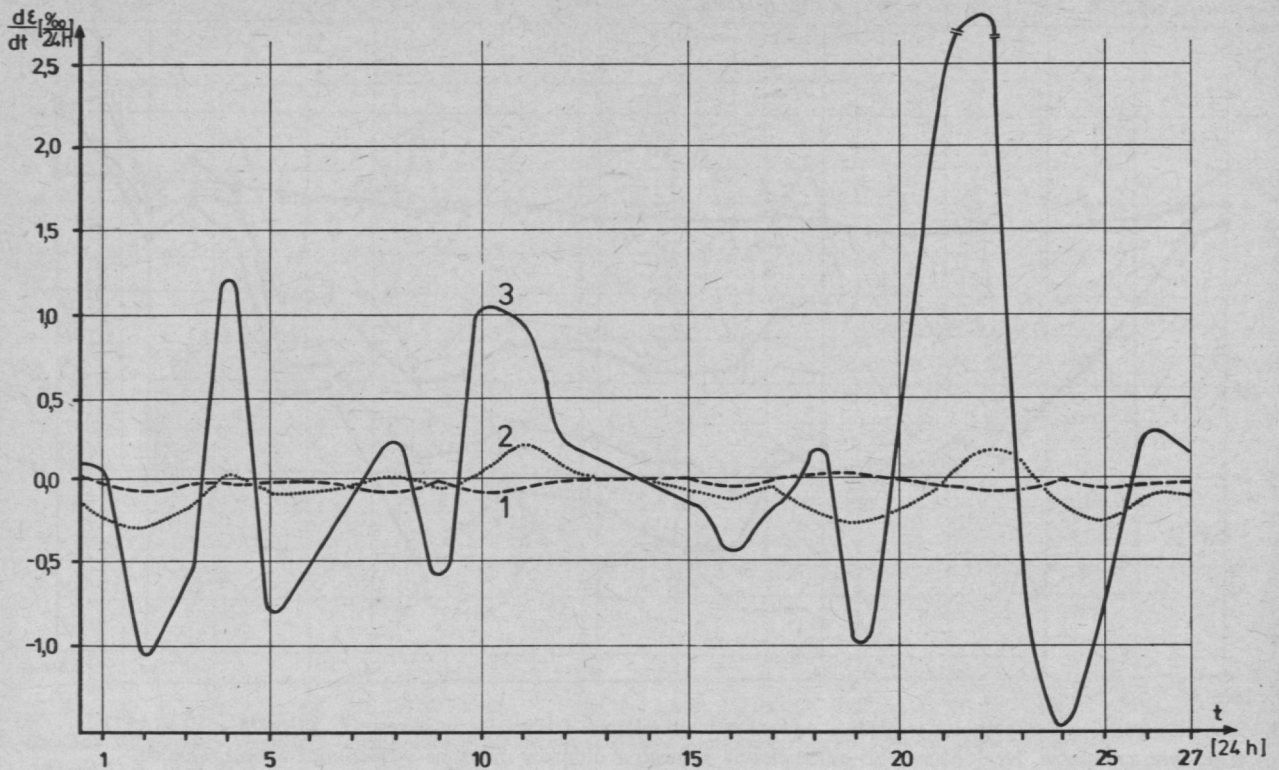
2. Changements de déformation journaliers du tableau "La Madone avec l'Enfant" au cours de 23 jours, du 20 décembre 1976 au 12 janvier 1977 dans un musée, d'après Matejak et Skwarek, 1980



3. Średnie tygodniowe wilgotności względnej powietrza i odkształceń 4 obrazów w okresie 17.XII.1976 – 19.VI.1977 w jednym z muzeów. Nr 1 oznaczono odkształcenia jednego z obrazów mierzone w kierunku wzdłuż włókien, wg Matejaka i Skwarka, 1980
3. Moyennes hebdomadaires d'humidité relative de l'air et de déformations de 4 tableaux dans un musée, du 17 décembre 1976 au 19 juin 1977. Le numéro 1 marque la déformation d'un des tableaux mesurée le long des fibres, d'après Matejak et Skwarek, 1980

### Średnie miesięczne parametry powietrza atmosferycznego dla Warszawy i odpowiadające im wartości wilgotności równoważnej drewna

Miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Średnia temperatura miesiąca °C	-1,9	0,5	5,8	6,8	13,4	18,2	16,8	16,3	11,4	9,6	5,6	-0,4
Średnia wilgotność względna powietrza atmosferycznego (w %)	86	80	86	81	77	77	80	89	85	89	86	80
Wilgotność względna powietrza w pomieszczeniach (w %)												
1. z przeliczenia klimatu zewnętrznego	18	22	32	33	40					45	32	22
2. w pomieszczeniach ogrzewanych stale	22	29	38	38	48					40	38	14
3. w pomieszczeniach ogrzewanych piecami	29	32	44	44	62					59	43	29
Wilgotność równoważna drewna (w %)												
1. z przeliczenia klimatu zewn.	4,0	4,5	6,0	6,1	9,0	10,5	11,6	13,0	9,0	8,3	6,0	4,5
2. w pomieszczeniach ogrzewanych stale	4,6	6,2	7,2	7,2	10,2	10,5	11,6	13,0	9,0	9,0	7,2	4,8
3. w pomieszczeniach ogrzewanych piecami	5,8	8,0	8,1	10,7	10,7	10,5	11,6	13,0	9,0	10,4	8,0	5,8
W powietrzu atmosferycznym	20,0	21,5	19,0	17,0	15,0	14,8	16,5	20,3	18,4	17,0	18,8	21,1



4. Szybkość dobowych zmian odkształceń drewna umieszczonego w nieuszczelnionej (3) i uszczelnionej (2) gablocie oraz na sali ekspozycyjnej (1) jednego z muzeów
4. Rapidité de changements de déformation par jour du bois placé dans les vitrines: non étanchée (3), étanchée (2), et dans la salle d'exposition (1) de l'un des musées

nej gablocie 3,07%, w uszczelnionej gablocie 1,60% i była o 60% niższa niż dla próbki w gablocie nieuszczelnionej i o 79% niższa niż dla próbki kontrolnej. Zakres dobowych zmian odkształceń zawierał się w granicach odpowiednio - 0,50 - 2,78%, 0,020 - 0,550%, 0,005 - 0,200%. Okazuje się, że reakcja drewna umieszczonego w gablocie na zmianę wilgotności względnej powietrza jest opóźniona od kilku do kilkudziesięciu godzin w porównaniu z reakcją drewna umieszczonego bezpośrednio w klimacie galerii. Wszystkie te, poza sprawną klimatyzacją, sposoby nie zabezpieczają jednak eksponatów drewnianych przed odkształceniami powodowanymi długotrwałymi zmianami wilgotności względnej powietrza (w cyklu rocznym czy miesięcznym) zmieniają jednak amplitudę wahań wilgotności drewna i wielkość odkształceń oraz, co jest równie ważne, zmniejszają prędkość zmian wilgotności i odkształceń. Zmniejszona zostaje dzięki temu skłonność przedmiotów do pęknięć i odwracalnych zmian kształtu.

## Wnioski

Gwałtowne zmiany wilgotności względnej powietrza powoduje powstawanie naprężeń a co za tym idzie odkształceń w drewnie mogących doprowadzić do pęknięć czy odkształceń przedmiotów drewnianych. Ponieważ w 1/10 do 1/80 czasu niezbędnego do osiągnięcia nowej wilgotności równoważnej w danym klimacie zachodzi największe niebezpieczeństwo powstania uszkodzeń drewna, konieczne jest stosowanie metod, które będą przedłużały czas jego reakcji na nowy klimat. Metodami takimi może być np. umieszczanie przedmiotów w gablotach, wybijanie płaszczyn ścian pomieszczeń materiałami higroskopijnymi i umieszczanie obrazów w oszklonych ramach.

## Literatura

D. Holz, *Zur Frage der Klimatisierung in Holzverarbeitenden Betrieben des Musikinstrumentenbaues*. "Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt" 1963 nr 4 s. 189-194.

F. Kollmann, A. Schneider, W. Serand, *Untersuchungen über den Einfluss der Abmessungen und von Feuchtigkeitsbehandlungen von Holzteilen auf die Geschwindigkeit und auf die Feuchtigkeitssänderungen im Konstantklima und auf die Feuchtigkeitsschwankungen im natürlichen Wechselklima*, Kolonia, Opladen, 1966.

W. Leistner, "Ann. d. Meteorologie" 1949 nr 1 s. 53-56.

M. Matejak, A. Skwarek, *Zastosowanie metod tensometrii oporowej do badania odkształceń drewnianych podobrazii*. "Zeszyty Naukowe SGGW-AR w Warszawie". "Technologia Drewna" 1980 nr 11 s. 207-220.

M. Matejak, L. Wojtkowski, *Badania szybkości zmian wilgotności niektórych gatunków drewna*. "Zeszyty Naukowe SGGW-AR w Warszawie". "Technologia Drewna" 1979 nr 11 s. 7-18.

Ewa Popowska  
Mieczysław Matejak

## Influence du climat sur l'humidité du bois dans les collections de musée

L'article est consacré aux relations entre le climat dans les intérieurs de musée et les paramètres de l'air extérieur dans les conditions climatiques polonaises.

Les auteurs se sont penché sur les facteurs exerçant une influence sur le taux d'humidité équivalente atteinte par le bois ainsi que sur l'importance des changements de climat pour les déformations du bois ayant pour conséquence sa détérioration.

On a évoqué également les méthodes de prévention des variations subites d'humidité relative de l'air sur les objets collectionnés dans les musées.