

# Analiza warunków przechowywania zbiorów w archiwach

Analysis of storage conditions for collections in archives

ANNA CHARKOWSKA

DOI 10.36119/15.2020.2.4

W artykule omówiono zagadnienia związane z kształtowaniem odpowiednich warunków środowiskowych w archiwach i magazynach zbiorów archiwalnych. Zwrócono uwagę na dwie metody ich określania: normy konserwatorskie i analizę klimatu historycznego. Omówiono fizyko-chemiczne i biologiczne zagrożenia dla zbiorów i występujące rodzaje uszkodzeń. Przedstawiono zalecane normatywne wartości parametrów powietrza (temperatura, wilgotność względna), dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń powietrza w pomieszczeniach bibliotek i w archiwach oraz wymagania dotyczące natężenia światła.

*Słowa kluczowe: zbiory archiwalne, warunki przechowywania, temperatura, wilgotność względna powietrza, zanieczyszczenia, oświetlenie*

The article discusses issues related to the formation of appropriate environmental conditions in archives and storage room of archival collections. Attention was drawn to two methods of determining them: conservation standards and analysis of the historical climate. Physico-chemical and biological threats to the archival collections and the types of damage were discussed. Recommended normative values of air parameters (temperature, relative humidity), allowable concentrations of air pollutants in library rooms and archives, as well as requirements for light intensity, were presented.

*Keywords: archival collections, storage conditions, temperature, air relative humidity, pollution, lighting*

## Wstęp

Podstawowym zabiegiem mającym zapewnić bezpieczeństwo i chronić zbiory przed niszczącym oddziaływaniem otaczającego środowiska jest stworzenie im takich warunków klimatycznych, w których ich stan będzie niezagrożony i stabilny w czasie.

Zbiory gromadzone w archiwach i w muzeach, eksponowane w salach wystawowych i przechowywane w magazynach, bez specjalnego zabezpieczenia oraz korzystnych warunków środowiskowych, mogłyby ulegać niszczącemu oddziaływaniu wielu czynników. Zalicza się do nich takie parametry i właściwości środowiska wewnętrznego, jak: wilgotność względna i temperatura powietrza, zanieczyszczenia gazowe (takie, jak np. dwutlenek siarki i tlenki azotu) oraz pyłowe, a także światło. Na przykład nieodpowiednie wartości wilgotności względnej powietrza, ich skokowa oraz nagła, a także często występująca zmiana, prowadzą do nieodwracalnych fizyko-chemicznych uszkodzeń (rozkładu) zgromadzonych przedmiotów [11]. Oprócz

wymienionych czynników środowiskowych, poważnym zagrożeniem dla stanu zbiorów, przede wszystkim archiwalnych, są drobnoustroje, szczególnie grzyby strzępkowe, których wystąpienie jest konsekwencją zawilgocenia obiektu oraz zbyt wysokiej wilgotności względnej powietrza. Chemiczny, mechaniczny i biologiczny charakter reakcji prowadzących do rozkładu jest różny dla różnych surowców, z których wykonano cenne eksponaty. Szczególnie widoczne jest to w przypadku przedmiotów wykonanych z użyciem wielu różnorodnych materiałów. Każdy z nich inaczej może reagować na warunki środowiskowe. Skoro tak, to nie można jednoznacznie sprecyzować jednego, uniwersalnego (i idealnego dla wszystkich zabytków) zalecenia dotyczącego utrzymania określonych wartości parametrów cieplno-wilgotnościowych powietrza, bowiem wartość temperatury i wilgotności względnej powietrza, odpowiednia dla jednego rodzaju materiału, może mieć niszczący wpływ na inny [3].

Pomimo takiego stanowiska, w dokumentach prawnych i publikacjach przedstawiane są zalecenia dotyczące optymal-

nych wartości parametrów powietrza odniesionych do konkretnych materiałów, jak i zbiorów mieszanych. Jednocześnie jednak, wprowadzono do praktyki konserwatorskiej inny sposób poszukiwania wiedzy na temat najkorzystniejszych warunków: ocenia się historię przechowywania i przystosowanie obiektów do środowiska oraz analizuje indywidualną podatność na oddziaływanie otoczenia, i, jeśli jest to potrzebne, możliwość adaptacji do nowych warunków, np. w przypadku zmiany miejsca (środowiska) ekspozycji lub przechowywania.

A zatem, obecnie stosowane są dwie metody określania warunków klimatycznych:

- normy konserwatorskie – zalecane zakresy wartości oraz dopuszczalne tolerancje wilgotności względnej i temperatury powietrza, maksymalne stężenia zanieczyszczeń, rodzaj i natężenie oświetlenia (dla archiwaliów zamieszczone w normie PN-ISO 11799:2006P [16], natomiast dla innych przedmiotów zabytkowych brakuje obecnie takiego jednolitego normatywu),

Dr inż. Anna Charkowska ([https://orcid.org/ORCID iD 0000-0001-6060-9895](https://orcid.org/ORCID%20iD%200000-0001-6060-9895)) – Zakład Klimatyzacji i Ogrzewnictwa, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska. Adres do korespondencji / Corresponding author: [anna.charkowska@pw.edu.pl](mailto:anna.charkowska@pw.edu.pl)

- analiza klimatu historycznego – metoda oparta na analizie warunków przechowywania w przeszłości danego przedmiotu związana z jego aklimatyzacją, przedstawiona w normie PN-EN 15757:2012P [15].

Norma PN-ISO 11799:2006P [16] dotyczy wszystkich materiałów archiwalnych i bibliotecznych przechowywanych w magazynach ogólnego zastosowania, w których mogą być razem przechowywane różne nośniki informacji. Jako ogólne zalecenie podano, że w magazynach powinna być utrzymywana niska temperatura powietrza, a wilgotność względna nie może przekroczyć granicy, powyżej której uaktywniają się drobnoustroje. Jednocześnie zalecono unikania gwałtownych wahań temperatury i wilgotności względnej. W załączniku do tej normy zamieszczono informacje dotyczące warunków klimatycznych dla długotrwałego przechowywania materiałów archiwalnych i bibliotecznych. Podano wartości minimalne i maksymalne temperatury i wilgotności względnej powietrza oraz ich dopuszczalne wahania dzienne. Nie zamieszczono natomiast danych dotyczących dopuszczalnych powolnych zmian warunków klimatycznych w dłuższym czasie, ponieważ na ten temat brak pewnych i zweryfikowanych informacji, poza wiedzą o konieczności unikania takich sytuacji.

W normie PN-EN 15757:2012P [15] przedstawiono wskazówki dotyczące wymaganych wartości i zakresów temperatury oraz wilgotności względnej powietrza, sprzyjających ograniczeniu mechanicznych zniszczeń organicznych materiałów higroskopijnych, powodowanych oddziaływaniem otaczającego środowiska. Dotyczą one drewnianych przedmiotów oraz elementów konstrukcyjnych, a także m.in. obrazów, książek, tkanin, przedmiotów wykonanych z pergaminu, piór, rogów, kości, kości stonionej lub skóry zwierzęcej. Odnoszą się do zbiorów przechowywanych lub eksponowanych długookresowo (dłużej niż rok) w nowoczesnych oraz zabytkowych budynkach przeznaczonych na muzea, galerie, magazyny, archiwa, biblioteki oraz kościoły.

W [15] klimat (mikroklimat) historyczny opisany został przez wartości średnie długookresowe, cykle zmiany rocznej oraz fluktuacje krótkookresowe temperatury i wilgotności względnej powietrza. Odniesiono się do warunków, w których obiekty aklimatyzowały się przez dłuższy czas, podczas którego zaobserwowano ich stabilność. W tej metodyce dopuszcza się bardziej elastyczne docelowe zakresy temperatury i wilgotności względnej w porów-

naniu ze ściśle określonymi poziomami powszechnie uznawanymi jako idealne warunki dla zachowania dóbr kultury.

Zgodnie z normą [15] dopuszcza się dowolną średnią roczną wilgotność względną (historyczna średnia roczna) i dowolny cykl powolnych zmian rocznych, o ile w ocenie konserwatorskiej obiekt zaaklimatyzował się do tych warunków, tj. nie obserwuje się narastania uszkodzeń [17].

Zmiana stanowiska dotyczącego warunków klimatycznych przechowywania zbiorów: od rygorystycznego utrzymania zadanych wartości parametrów środowiska (szczególnie wilgotności względnej) z niewielką dozwoloną tolerancją do dopuszczenia cyklicznych zmian rocznych tych parametrów oraz szerszego pasma fluktuacji krótkookresowych, jest efektem dokładniejszego poznania mechanizmów powstawania uszkodzeń fizycznych obiektów [15]. I tak np. w nowym muzeach, zalecanym zakresem temperatury powietrza jest przedział 16±25°C, a wilgotności względnej 40±60%, chociaż nierzadko analiza klimatu historycznego pozwala na jego poszerzenie nawet do 35–65% [8].

W [18] zamieszczono następującą opinię dotyczącą obu metod: „dotychczas zalecane normy o „wąskich” zakresach stabilizacji i odchylen parametrów pozostają bardzo bezpieczne, ale jednocześnie dostarczają dowodów, że „szersze” i bardziej ogólne zakresy często nie stanowią zagrożenia dla większości rodzajów obiektów”.

W niniejszym artykule zostaną omówione wymagania środowiskowe w archiwach: wartości parametrów powietrza, jak również wymagania dotyczące dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń. W następnej publikacji zostaną przedstawione warunki przechowywania w muzeach. W kolejnych artykułach autorstwa dr. inż. Macieja Mijakowskiego, dr. inż. Jacka Hendigera oraz dr. inż. Anny Charkowskiej zostaną przybliżone te niezwykle ciekawe zagadnienia na tle pojawiających się w praktyce problemów przechowywania cennych zbiorów, na przykładzie wybranych, objętych pomiarami terenowymi warunków środowiskowych in situ, obiektów.

### Różnorodność zbiorów archiwalnych

Zasoby archiwów są niezwykle różnorodne pod względem: wartości historycznej, naukowej i materialnej, wieku gromadzonych archiwaliów oraz stanu prac nad ich inwentaryzacją oraz różnorodności nośników i materiałów, z których są wykonane. Są to często bardzo liczne kolekcje o różnorodnej strukturze, zawierające niejednokrotnie obiekty bardzo wrażliwe

i niestabilne chemicznie, które najczęściej są udostępniane w oryginale bezpośrednio (i dosłownie) do rąk użytkowników [7].

Przechowywane w archiwach zbiory charakteryzują także znaczne zróżnicowanie technologiczne, wynikające z różnorodności form (arkusze, broszury, książki oprawne), materiałów (pergamin, skóra używana do opraw introligatorskich, elementy metalowe, tektura, papiery introligatorskie, papier czerpany, papier maszynowy od II połowy XIX w., kalki techniczne, papiery powlekanie, farby drukowe, materiały fotograficzne, taśmy filmowe, nagrania dźwiękowe na nośnikach mechanicznych, magnetycznych lub optycznych, kleje introligatorskie, lak [22], [17], [12], formatów (np. miniatury o wymiarach 5 x 3 mm oraz mapy o wymiarach 3 x 4 m), jak również różny stan ich zachowania [10]. Wiąże się z tym ich różna podatność na szkodliwe oddziaływanie czynników zewnętrznych, pod wpływem których mogą ulec przemianom, stopniowo niszczyć i tracąc w nieodwracalny sposób swoje pierwotne właściwości fizyczne i chemiczne.

### Zagrożenia dla zbiorów archiwalnych

Rozróżnić można dwa zjawiska wpływające na zmianę stanu zabytków: nieunikniony proces naturalnego starzenia się materiałów, który jest efektem ich wieku, indywidualnej odporności lub wrażliwości oraz niszczenie będące konsekwencją działalności ludzi, którzy często stwarzają niewłaściwe warunki ich przechowywania i użytkowania oraz udostępniania, nieprawidłowo przeprowadzają prace renowacyjne i konserwatorskie [21], [26], [4].

Analizując te zjawiska, poza procesem naturalnego starzenia, rozróżnia się następujące zagrożenia wynikające z nieodpowiednich warunków środowiskowych [14], [24]:

- fizykochemiczne:
  - ciepło-wilgotnościowe warunki środowiskowe (wilgotność względna i temperatura powietrza: ich niewłaściwe wartości oraz zmienność, szczególnie występująca w stosunkowo krótkim czasie),
  - zanieczyszczenia powietrza: gazowe (szczególnie dwutlenek siarki, tlenki azotu, formaldehyd, ozon) i pyłowe,
  - niewłaściwe oświetlenie naturalne i sztuczne,
- biologiczne:
  - grzyby pleśniowe, których występowanie jest związane z nadmierną wilgotnością powietrza oraz

zawartością wilgoci w zabytkowym przedmiocie,

- owady, żerujące w grzbietach i w okładkach książek, gdzie zwykle jest najwięcej kleju (w archiwach i bibliotekach spotkać można: wszy, mole, korniki, karaluchy, chrząszcze [22]).

## Powody i rodzaje uszkodzeń archiwaliów

Zgodnie z klasyfikacją zamieszczoną w [1], rozróżnia się następujące kategorie zniszczeń dokumentów archiwalnych:

- Blok książki / oprawa (oznaczenie: B),
- Zniszczenia chemiczne (oznaczenie: C),
- Zniszczenia mechaniczne (oznaczenie: M),
- Zniszczenia spowodowane przez szkodniki (owady i grzybnie) (oznaczenie: B),
- Zniszczenia przez wilgoć (oznaczenie: W).

Wśród wymienionych kategorii znajdują się zniszczenia będące konsekwencją szkodliwych warunków środowiskowych. Są one uwzględnione w kategorii C oraz W, jak również, jako skutek pośredni, w kategorii B (szkodniki).

### Zniszczenia chemiczne

Zniszczenia chemiczne archiwaliów spowodowane są oddziaływaniem czynników zewnętrznych oraz wewnętrznych. Do czynników wewnętrznych zalicza się surowce użyte podczas produkcji papieru oraz tusze i atramenty wykorzystane do zapisania informacji. Czynnikiem zewnętrznym są warunki klimatyczne, zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego oraz materiały użyte w tym celu, jak taśma samoprzylepna, naklejki itp. (substancja klejąca taśmy wchodzi w reakcję z papierem) [1].

Jednym z rodzajów zniszczeń chemicznych, które wiąże się m.in. z warunkami środowiskowymi, jest foxing. Ten rodzaj uszkodzenia jest widoczny w postaci cętkowatych, rdzawych (kolor od jasno-żółtego do brązowego) plamek o różnym kształcie rozsianych na całej powierzchni papieru lub tylko na jego fragmentach. Jak zauważono w [1], bezpośrednia przyczyna powstawania foxingu nie jest jeszcze dostatecznie wyjaśniona i rozpoznana. Od początku (lata 30-te XX wieku), badania nad zjawiskiem foxingu prowadzone były (i są nadal) w dwóch kierunkach, wynikających z odniesienia do teorii dotyczących jego powstawania: żelazowej

i mikrobiologicznej. Według autorów teorii żelazowej rdzawy kolor plam jest skutkiem utleniania związków żelaza pochodzących z wody lub elementów żelaznych w urządzeniach papierniczych. Wedle teorii mikrobiologicznej – foxing jest wywołany przez drobnoustroje – grzyby lub/i bakterie [16]. Zjawiskiem przyspieszającym foxing może być gromadzenie się w materiale wilgoci, co przyspiesza reakcję pomiędzy włóknami papieru a solami metali, albo procesy chemiczne katalizowane przez mikroorganizmy (zniszczenia biochemiczne).

Innym rodzajem zniszczenia chemicznego, także związanego z warunkami przechowywania, jest zakwaszenie papieru – zjawisko intensyfikujące się w przypadku zbyt wysokiej temperatury i wilgotności względnej powietrza oraz w obecności zanieczyszczeń powietrza. Badania wykazały, że największe zakwaszenie występuje w papierach wyprodukowanych między 1870 a 1950 rokiem [1].

Szybkość reakcji na to zjawisko jest charakterystyczna dla określonego rodzaju papieru. Zależy ona od zakwaszenia papieru oraz temperatury i wilgotności względnej otoczenia w następujący sposób [17]:

- wzrost zakwaszenia papieru powoduje zwiększenie szybkości degradacji (kwasy są katalizatorami reakcji),
- wzrost temperatury otaczającego powietrza prowadzi do przyspieszenia wszystkich procesów degradacji (zatem także rozkładu hydrolytycznego),
- w reakcji rozkładu hydrolytycznego bierze udział woda – wzrost wilgotności względnej powietrza powoduje wzrost zawartości wody w papierze i przyspiesza rozkład hydrolytyczny (w warunkach suchych rozkład hydrolytyczny ustaje).

Ponadto obecność wody ułatwia działanie kwasów znajdujących się w papierze, powodując w zakwaszonych papierach spotęgowane przyspieszenie rozkładu hydrolytycznego [17].

### Zniszczenia biologiczne – owady

Często w połączeniu ze zniszczeniami spowodowanymi przez wilgoć występują uszkodzenia spowodowane przez owady, gdyż wysoka temperatura i wysoka wilgotność względna powietrza przy jednoczesnym braku higieny otoczenia (brud, kurz, nieporządek) to warunki korzystne do ich rozwoju [1]. Drobnoustroje i inne organizmy żywe znajdujące na zabytkach wiele substancji służących im za pożywienie, gdyż większość drobnoustrojów to heterotrofy

żywiące się martwą substancją organiczną [6]. W kurzu zawierającym organiczne substancje, przy wysokiej wilgotności powietrza, mogą rozwijać się grzyby pleśniowe, stanowiące pożywienie dla wszy, pluskiew itp., którymi z kolei żywią się inne owady. Po wyczerpaniu tego źródła pożywienia, kolejnym może stać się papier [1].

Z materiałów służących do wykonania przedmiotów zabytkowych, pożywieniem dla drobnoustrojów mogą stać się [20]:

- podłoża: drewno, płótno, papier, pergamin, skóra, itp.,
- spoiwa: klej glutowy, oleje, kazeina, tempera jajowa i klejowa,
- plastyfikatory: cukier, miód i inne.

Utrzymanie poziomu wilgoci w materiale na odpowiednio niskim poziomie (nie wysuszającym jednak obiektu) w dużym stopniu zapewnia mu odporność na atak ze strony drobnoustrojów i owadów. I tak drewno nie jest atakowane przez grzyby, jeśli zawiera mniej niż 20% wilgoci, płótno – mniej niż 17%, papier – poniżej 9% [20].

### Zniszczenia spowodowane przez wilgoć

Papier jako materiał higroskopijny gwałtownie chłonie i oddaje wilgoć. W zmiennych dziennych i sezonowych warunkach włókna celulozowe kurczą się i rozszerzają (zjawiska te są efektem sorpcji i desorpcji pary wodnej przez papier), co przyspiesza procesy degradacji. Efektem przechowywania w złych warunkach są takie zmiany, jak: marszczenie papieru, spulchnienie, deformacja, foxing, sklejenie, utrata wytrzymałości na zniszczenia mechaniczne [11] oraz skamienienie ksiąg. Deformacji ulegają także oprawy.

Pod wpływem wilgoci składniki papieru, a zwłaszcza kleje zawarte w papierze, rozpuszczają się, a papier staje się podobny do miękkiej bibuły. Gdy zawilgocony papier jest przeklejonny klejem skórnym lub skrobiowym, pojawiają się korzystne warunki do rozwoju grzybów pleśniowych. Namnażają się najpierw na powierzchni papieru (szczególnie lekko zakwaszonego), a następnie grzybnia rozrasta się w głąb karty. Wydzielane przez nie enzymy rozkładają papier, a produkty jego rozkładu stanowią pożywienie dla grzybów pleśniowych. Widoczne są przebarwienia – czarne, różowe, żółte zaplamienia lub zielone, czarne i białe naloty.

Zniszczeniem spowodowanym w wilgotnym środowisku jest skamienienie ksiąg. Zjawisko to dotyczy dużych fragmentów książek, zawierających ręcznie czerpany papier (celuloza) i pergamin (białko włókniste), zalanych lub zawilgoconych, które

przez długi czas leżały wilgotne pod obciążeniem. W wyniku zawilgocenia rozpuszczone zostały składniki papieru, które wysychając spowodowały zlepianie się części obiektu. W takich warunkach pojawia się intensywniejsza, niszcząca działalność drobnoustrojów. W efekcie powstał zwarty blok, którego nie można rozdzielić na poszczególne karty. Skamieniałe fragmenty przypominają wyglądem nadpalone książki (w przeciwieństwie do nich są zlepione), tworząc czarny, twardy, skurczony blok [1].

A zatem istotne jest ograniczenie wilgotności względnej powietrza. Z drugiej strony, jednak – zbyt suche środowisko powodujące przesuszenie włókien celulozowych prowadzi do ich łamliwości [11].

### Zniszczenia biologiczne – grzyby pleśniowe

Większość grzybów strzępkowych (potocznie nazywanych pleśniami lub grzybami nitkowatymi) to organizmy mezofilne rozwijające się w temperaturze 20÷35°C. Wartością graniczną, poniżej której wzrost pleśni jest zahamowany jest 11÷14% wilgotności masowej podłoża. Pleśnie preferują środowiska kwaśne – optymalne pH dla ich wzrostu kształtuje się na poziomie pH 5÷6, ale wykazują możliwości rozwoju w szerokim zakresie pH: od 1,5 do 10. Głównym źródłem grzybów strzępkowych w budynkach jest powietrze atmosferyczne (szczególnie w okresie od maja do września). Grzyby w budynku mogą również pochodzić z porażonych materiałów budowlanych i wykończeniowych. Ponadto ważnym ich źródłem może być kurz, w którym liczba zarodników pleśni może dochodzić do  $3,2 \times 10^6$  jtk/g. Szacuje się, że zarodniki pleśni stanowią od 5% do 20% kurzu domowego [9].

Zgodnie z informacją podaną w [1], w archiwach destrukcyjne zjawiska niszczące zbiory występują, gdy jest odpowiednio podłoże (papier, skóra, pergamin), korzystna temperatura (powyżej 24°C) i wilgotność względna powietrza (powyżej 65%) oraz odczyn papieru pH 5÷6 (choć niektóre gatunki tolerują pH 2 ÷9).

### Wymagane warunki przechowywania zbiorów w archiwach

Dla zapewnienia optymalnych warunków ochrony zbiorów najistotniejsze są: temperatura, wilgotność względna, natężenie światła widzialnego oraz promieniowania ultrafioletowego [2] oraz rodzaj i stężenie zanieczyszczeń powietrza.

### Normy konserwatorskie – ciepło-wilgotnościowe parametry środowiskowe

Podstawowym działaniem prewencyjnym zapewniającym ochronę konserwatorską zbiorom jest stabilizacja wilgotności względnej oraz, dla niektórych materiałów, również temperatura powietrza. Gwałtowne wahania temperatury oraz wilgotności względnej powietrza prowadzą bowiem do wystąpienia naprężeń w materiałach archiwalnych i bibliotecznych [5]. Zaleca się, aby w magazynach archiwalnych i bibliotecznych zapewnić niską temperaturę powietrza, a wilgotność względną utrzymywać poniżej wartości, przy której uaktywniają się mikroorganizmy (60%), ale powyżej wartości, przy której wzrasta kruchość materiałów [16], [12].

Należy jednak zauważyć, że konserwatorzy (nie tylko w Polsce) coraz częściej zwracają uwagę na problemy finansowe wynikające z utrzymania stabilnych wartości parametrów powietrza w budynkach wyposażonych w systemy wentylacyjno-klimatyzacyjne, zarówno na etapie inwestycyjnym, jak i eksploatacyjnym [23].

W Załączniku do normy PN-ISO 11799: 2006P [16] zamieszczono zalece-

nia dotyczące warunków przechowywania materiałów archiwalnych i bibliotecznych (tabela 1). W tabeli 1 wyodrębniono wymagania dla dokumentów często i intensywnie używanych. W [13] zauważono, że nie jest możliwe spełnienie jednocześnie wszystkich oczekiwań: bowiem maksymalna trwałość dokumentu i maksymalna jego dostępność wzajemnie wykluczają się. Dokumenty często używane muszą charakteryzować się odpowiednią elastycznością papieru, czyli większą zawartością wody wchłanianej przez włókna papieru. Taki stan papieru sprawi jednak, że szybciej będzie postępować chemiczna destrukcja papieru.

Naczelna Dyrekcja Archiwów Państwowych zaleca przechowywanie papieru w archiwach, bibliotekach i muzeach w stabilnej temperaturze około 16-18°C i wilgotności względnej pomiędzy 45 a 55% [13].

### Zanieczyszczenia powietrza – stałe i gazowe

Dwutlenek siarki oraz związki azotu są dla papieru najbardziej szkodliwymi zanieczyszczeniami powietrza. Są absorbowane na powierzchni papieru i rozpuszczane w wilgoci, która jest w strukturze papieru. W procesie utleniania powstaje

**Tabela 1. Warunki ciepło-wilgotnościowe przechowywania wybranych materiałów archiwalnych i bibliotecznych na podstawie PN-ISO 11799: 2006P [16]**

**Table 1. Temperature and humidity conditions for storage of selected archival and library materials based on PN-ISO 11799: 2006P [16]**

Rodzaj materiału	Temperatura powietrza			Wilgotność względna powietrza		
	Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Dopuszczalne wahania dobowe	Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Dopuszczalne wahania dobowe
	°C	°C	K	%	%	%
Papier, zabezpieczenie optymalne	2	18	±1	30	45	±3
Papier – obiekty często udostępniane; magazyny będące miejscem pracy	14	18	±1	35	50	±3
Pergamin, skóra	2	18	±1	50	60	±3
Filmy fotograficzne: czarno-białe srebrowo-zelatywne na podłożu acetylocelulozy:						
ALBO	2		±2	20	50	±5
LUB	5		±2	20	40	±5
LUB	7		±2	20	30	±5

Uwaga 1 – dla papieru dopuszczalne wahania wartości parametrów w ciągu miesiąca wynoszą 1,5K i 3%, jeżeli przez cały okres wartości parametrów nie przekroczyły zalecanych wartości minimalnych i maksymalnych;  
Uwaga 2 – dla kolekcji składającej się z przechowywanych razem dokumentów na różnych nośnikach (np. papier i pergamin przechowywane razem), należy przyjąć wartości kompromisowe temperatury i wilgotności względnej powietrza

**Tabela 2. Dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń powietrza w pomieszczeniach bibliotek i w archiwach zgodnie z PN-ISO 11799: 2006P [16]**

**Table 2. Acceptable concentrations of air pollution in library rooms and archives in accordance with PN-ISO 11799: 2006P [16]**

Rodzaj zanieczyszczeń	Maksymalne stężenie dopuszczalne	
	ppb	µg/m <sup>3</sup>
Dwutlenek siarki (SO <sub>2</sub> )	5 do 10	-
Tlenki azotu (NO <sub>x</sub> )	5 do 10	-
Ozon (O <sub>3</sub> )	5 do 10	-
Kwas octowy (CH <sub>3</sub> COOH)	<4	-
Formaldehid (HCHO)	<4	-
Cząsteczki kurzu włącznie z zarodnikami grzybów pleśniowych *	-	50

\* dopuszczalne stężenie kurzu – uwzględniono zatrzymanie przez system filtracji 60÷80% cząstek pyłu o wymiarach >0,5 µm

kwasy siarkowe. Podobnie dzieje się w przypadku dwutlenku azotu przekształcającego się w kwas azotowy [22].

Nośniki fotograficzne, audiowizualne i magnetyczne są szczególnie wrażliwe na działanie zanieczyszczeń powietrza o właściwościach utleniających oraz kurzu [16].

W tabeli 2, cytując za normą PN-ISO 11799:2006P [16], przedstawiono dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń powietrza w pomieszczeniach bibliotek i w archiwach.

Analizując stopień zanieczyszczenia powietrza, należy także zwrócić uwagę na możliwość dostawania się do powietrza związków chemicznych będących konsekwencją odgazowania materiałów archiwalnych (wśród nich kwas mrówkowy).

## Światło

Proces degradacji materiałów archiwalnych powoduje zarówno światło dzienne (naturalne) przenikające do wnętrza budynku przez okna, jak również światło sztuczne, którym oświetlane są pomieszczenia. Oddziaływanie światła na charakter kumulatywny, a usunięcie źródła światła nie przerywa reakcji chemicznych zachodzących w materiałach archiwalnych [3].

Fale świetlne, zarówno widzialne, jak i podczerwone oraz nadfioletowe mają właściwości utleniające, co sprzyja chemicznemu rozkładowi materii organicznej i szybko prowadzi do degradacji archiwaliów. Najbardziej niebezpieczne jest wysokoenergetyczne promieniowanie nadfioletowe powodujące uaktywnienie i fotouczulenie związków chemicznych znajdujących się przy powierzchni papieru, przez co stają się bardziej reaktywne. Promieniowanie podczerwone o wysokiej temperaturze przyspiesza reakcje chemiczne w papierze i obniża wilgotność względną powietrza. Jednak każde promieniowanie optyczne, zwłaszcza w przypadku równoczesnego występowania zanieczyszczeń atmosferycznych, przyczynia się do osłabienia i rozpadu włókien celulozy, kleju, tkanin introligatorskich, atramentu i skóry. Pod wpływem światła papier i skóra zmieniają swoją barwę, a akta spisane na kwaśnym papierze (z XIX i XX w.) kruszeją i pękają [22], [3]. W [22] zauważono, że najbardziej szkodliwe jest krótkie i intensywne naświetlanie – takie, jakie występuje w czasie kserowania, wykonywania zdjęć oraz skanowania.

Za obiekty najbardziej wrażliwe uważa się rękopisy iluminowane, rękopisy, dokumenty, rysunki, pastele, akwarele (i obiekty zawierające tę technikę), fotografie barwne, wszystkie fotografie z XIX wieku, druki kolorowe, malowaną skórę, obiekty na papierze XIX – i XX-wiecznym ze względu na ryzyko zawartości ścieru drzewnego [25].

W [25] przedstawiono postulaty konserwatorskie dotyczące czasu ekspozycji obiektów bibliotecznych i archiwalnych, m.in. następujące:

- Nie należy przekraczać podczas ekspozycji natężenia oświetlenia 50 luksów przy udziale UV poniżej 75  $\mu\text{W}/\text{lm}$ ,
- Nie należy przekraczać dopuszczalnych rocznych czasów ekspozycji obiektów na światło – dla obiektów najbardziej wrażliwych wynosi 12 000 luksogodzin rocznie.

W [3] zamieszczono następujące zalecenia dotyczące oświetlenia, w zależności od przeznaczenia pomieszczenia:

- magazyny archiwalne – jak najniższy poziom: natężenie światła 50-200 luksów, uzyskane w przypadku całkowitego wyeliminowania światła naturalnego,
- pracownia naukowa: 300 luksów,
- sale/pomieszczenia wystawowe: nie więcej niż 50-70 luksów dziennie podczas ośmiogodzinnego czasu ekspozycji, przez okres nie dłuższy niż 90 dni w przypadku materiałów wrażliwych na światło.

## Podsumowanie

Zbiory archiwalne, niezwykle cenne pamiątki przeszłości, wykonane z różnych materiałów o różnej podatności i odporności na otaczające warunki środowiskowe, wymagają szczególnej troski podczas określania wymagań dotyczących ich przechowywania. Właściwa wartość wilgotności względnej i temperatury powietrza, zapewnienie ich stabilności w czasie (dużo więcej szkody uczyni zmieniająca się skokowo wartość wilgotności względnej powietrza niż stała wartość trochę odbiegająca od normatywnych zaleceń), powinny być rozpatrywane podczas definiowania warunków przechowywania zbiorów, jak również ochrona przed wpływem zawartych w powietrzu zanieczyszczeń oraz przed szkodliwym oświetleniem.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Atlas zniszczeń dokumentów archiwalnych, wersja polska przygotowana we współpracy z Nationaal Archief w Hadze i Ambasadą Holandii, Czajka A., Machaj H. – Centralne Laboratorium Konserwacji Archiwaliów (AGAD), <https://www.archiwa.gov.pl/images/docs/Atlas.pdf>
- [2] Bakalarz A., Normalizacja w zakresie warunków przechowywania zbiorów w archiwach i bibliotekach: komunikat „Bibliotheca Nostra. Śląski Kwartalnik Naukowy” 2013, nr 4, s. 110-114
- [3] Borowski M., Czajka A., Michaś A., Zasady postępowania z materiałami archiwalnymi. Ochrona zasobu archiwalnego, Naczelna Dyrekcja Archiwów Państwowych, Warszawa, 2011
- [4] Charkowska A., Kształtowanie warunków przechowywania zbiorów muzealnych i bibliotecznych, Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna, 5/2007, s.192-201
- [5] Charkowska A., Mikroklimat w obiektach muzealnych (cz.1), Chłodnictwo i klimatyzacja, 3/2007, s. 36-43

- [6] Charkowska A., Optymalne warunki wystawiennicze i magazynowe w muzeach, galeriach, bibliotekach i archiwach, Chłodnictwo & Klimatyzacja, 5/2007, s. 46-52
- [7] Czajka A. Przepisy, zasady i normy ochrony zbiorów archiwalnych. Co zawierają, czego w nich nie ma i jak z nich korzystać, Materiały z konferencji naukowej Między teorią a praktyką. Ochrona zbiorów w małych bibliotekach i archiwach, Cieszyń 3-5 marca 2010, wyd. Książnica Cieszyńska, Cieszyń, 2010 s. 83-106
- [8] Czop J., Warunki mikroklimatyczne w muzeach – nowe rekomendacje, Ochrona Zbiorów, 2013, nr 3, s. 39-41
- [9] Gutarowska B., Grzyby strzępkowe zasiedlające materiały budowlane – wzrost oraz produkcja mikotoksyn i alergenów, Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej Nr 1074, Politechnika Łódzka 2010
- [10] Konserwacja i ochrona zbiorów, <http://www.bn.org.pl/index.php?id=4&oiikz#pierwszy>
- [11] Kuberka A., Daszewski W., Chryczakowska M., Jaraczewski S., Wskazówki do projektu klimatyzacji dla bibliotek i archiwów w świetle praktyki konserwatorskiej, Instal 7-8/2012, s.11-16
- [12] Mendys A., Doncer I., Lewicki P. i in., Kontrola klimatu i energooszczędności w zabytkowych budynkach muzeów, bibliotek i archiwów – na przykładzie Galerii Sztuki Polskiej XIX wieku Muzeum Narodowego w Krakowie, w Sukiennicach, Instal, 5/2018, s. 22-28
- [13] Monitoring temperatury i wilgotności w muzeach, galeriach, salach wystawowych – korzyści, <https://www.achem.pl/monitoring-temperatury/muzea-i-galerie/>
- [14] Pannenko I., Draniak M., Ekologiczna metoda dezynfekcji zbiorów muzealnych i archiwalnych oraz pomieszczeń do ekspozycji i magazynowania zbiorów dziedzictwa narodowego, Instal 3/2012 s.6-9
- [15] PN-EN 15757:2012P, Konserwacja dóbr kultury – Wymagania dotyczące temperatury i wilgotności względnej w ograniczaniu mechanicznych uszkodzeń organicznych materiałów higroskopijnych powodowanych oddziaływaniem klimatu
- [16] PN-ISO 11799: 2006P, Informacja i dokumentacja – Wymagania dotyczące warunków przechowywania materiałów archiwalnych i bibliotecznych
- [17] Podejmowanie decyzji w zakresie kontroli klimatu i energooszczędności w budynkach muzeów, bibliotek i archiwów, Podręcznik wersja 1 – październik 2017, opracowany w oparciu w wyniku projektu badawczego HERIVERDE „Efektywność energetyczna instytucji muzealnych i bibliotecznych” sfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, nr umowy PBS2/A9/24/2013
- [18] Pronobis-Gajdzis M., Czuczko J., Jutrzenka-Supryn D., Nowe kierunki w obszarze konserwacji – restauracji zabytkowych kodeksów, Toruńskie Studia Bibliologiczne, 2015, nr 2 (15), s. 157-188, DOI: <http://dx.doi.org/10.12775/TSB.2015.023>
- [19] Strzelczyk A.B., Karbowska J., Specyficzne zniszczenia papieru – foxing i puszysta destrukcja, Ochrona Zabytków 48/2 (189), 197-205, 1995
- [20] Strzelczyk A.B., Karbowska-Berent J., Drobnoustroje i owady niszczące zabytki i ich zwalczanie, Wyd. Uniwersytetu M. Kopernika, Toruń 2004
- [21] Wasilewska J., Chora książki: starzenie się papierów, 2004, [http://www.bu.kul.pl/chora-ksiazka-starzenie-sie-papierow,art\\_10735.html](http://www.bu.kul.pl/chora-ksiazka-starzenie-sie-papierow,art_10735.html) (dostęp: lipiec 2019)
- [22] Wójcickowski P., Ochrona i konserwacja zasobu w archiwach państwowych w polsce, Praca Doktorska napisana pod kierunkiem prof. UAM dr hab. Ireny Mamczak-Gadkowskiej w Instytucie Historii Uniwersytetu im. A. Mickiewicza, Poznań, 2014
- [23] Zarządzanie klimatem w muzeach: ochrona zbiorów i energooszczędność, Wstęp, Ochrona zbiorów, Seria wydawnicza Narodowego Instytutu Muzealnictwa i Ochrony Zbiorów oraz Muzeum Narodowego w Krakowie, Zeszyt nr 2, str. 3
- [24] Zduniak K., Skóra J., Gutarowska B., Rembisz D., Zastosowanie jonizacji fotokatalitycznej do dezynfekcji pomieszczeń muzealnych i bibliotecznych, Instal nr 6/2012 s.9-14
- [25] Zerek B. F., Profilaktyka konserwatorska wobec problemu oświetlenia podczas wystaw, Notes konserwatorski, 19 2017, s. 39-58
- [26] Żmigrodzki Z. (red.), Bibliotekarstwo, SPB, Warszawa 1998, s. 81