

Orzeczenie dot. ochrony przed wilgocią i korozją biologiczną w bud. Galerii Miejskiej bwa w Bydgoszczy


**TEMAT: ORZECZENIE TECHNICZNE DOTYCZĄCE OCHRONY PRZED WILGOCIĄ I KOROZJĄ
BIOLOGICZNA**

OBIEKT: BUDYNEK GALERII MIEJSKIEJ BWA W BYDGOSZCZY

ADRES: ul. Gdańska 20, 85-006 Bydgoszcz

ZLECAJĄCY: Biuro Projektowe Modern Projekt



Autor	Podpis i pieczęćka
OPRACOWAŁ: mgr inż. Sławomir Dyhid	DIAGNOSTYKA OBIEKTÓW BUDOWLANÝCH <i>mgr inż. Sławomir Dyhid</i> Upř. bud. do kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń w spec. konstrukcyjno-budowlanej, nr ewid. ABIT-II-7342-35199 Członek Kujawsko-Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budowlanych, nr ewid.: KUPIBO0446101 Specjalista mykologii budowlanej, nr ewid.: 126196-1/S004104 

BYDGOSZCZ 27 maj 2016r.

Wykonawca : S.D. INVEST Sławomir Dyhid, ul. Podnóże 26 , 85-363 Bydgoszcz , www.sd-invest.pl , e-mail: sdinvest@vp.pl



DIAGNOSTYKA BUDYNKÓW

BWA/4

Spis treści

1. Dane ogólne	3
1.1. Przedmiot opracowania	3
1.2. Podstawa opracowania	3
1.3. Zakres opracowania	3
1.4. Cel opracowania	4
1.5. Materiały wykorzystane przy opracowaniu.....	4
1.6. Wykonanie prac	4
2. Skrócony opis techniczny budynku	5
3. Opis przeprowadzonych badań i wykonanych pomiarów	6
3.1. Badania termowizyjne (nie przeprowadzone)	6
3.2. Badania prędkości przepływu powietrza w instalacji wentylacji grawitacyjnej	8
3.3. Badanie wilgotności ścian w piwnicy	13
3.4. Sprawdzenie punktu rosy i punkti pleśniowego	14
3.5. Sprawdzenie kryterium uniknięcia ryzyka powierzchniowej kondensacji pary wodnej	18
4. Ocena stanu technicznego wybranych elementów budynku	27
5. Wnioski końcowe	57
6. Zalecenia	58
7. Klauzule	60
8. Załączniki	61
9. Bibliografia	63



1. DANE OGÓLNE

1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem orzeczenia technicznego jest budynek użyteczności publicznej Galerii Miejskiej bwa w Bydgoszczy, dawnego Pomorskiego Domu Sztuki.

1.2. Podstawa opracowania

Podstawą opracowania jest zlecenie udzielone przez właściciela biura projektowego Modern Projekt mgr inż. Krzysztofa Kurzyńskiego z siedzibą w Bydgoszczy przy ul. Bydgoskich Olimpijczyków 6/47, firmie o nazwie S.D. INVEST Sławomir Dyhid z siedzibą w Bydgoszczy przy ul. Podnóże 26.

1.3. Zakres opracowania

Zakresem opracowania obejmuje:

- ⇒ identyfikację wad i uszkodzeń, w tym identyfikację czynników biologicznych,
- ⇒ określenie ewentualnych przyczyn występowania korozji biologicznej,
- ⇒ ocenę izolacyjności termicznej i przeciwwilgociowej obiektu,
- ⇒ zalecania w zakresie zabezpieczenia obiektu przed korozją biologiczną

Na opracowanie opinii złożony się:



- ⇒ oględziny budynku na zewnątrz (elewacja, stolarka okienna-drzwiowa, rury spustowe, pokrycie dachowe, cokoly)
- ⇒ oględziny wewnątrz budynku w miejscach wskazanych przez pracowników obiektu
- ⇒ dokumentacja fotograficzna
- ⇒ sprawdzenie liczbowe warunku występowania kondensacji pary wodnej na powierzchni przegrody
- ⇒ analiza danych pomiarowych temperatury i wilgotności
- ⇒ prace studialne

1.4. Cel opracowania

Opinię opracowano dla zrealizowania następujących celów:

- ⇒ ustalenie stopnia i rodzaju uszkodzeń elementów budynku mających wpływ na korozję biologiczną
- ⇒ ustalenia prawdopodobnych przyczyn powstania uszkodzeń
- ⇒ określenie warunków osiągnięcia stanu właściwego, a więc zmierzających do wyeliminowania występujących zagrożeń i zabezpieczenia przed postępowaniem uszkodzeń

1.5. Materiały wykorzystane przy opracowaniu

Przy opracowaniu wykorzystano:

- Projekt techniczny roboczy Architektura (zawartość cząstkowa – tylko 2 rysunki) BPBO z 1965r.
- Projekt budowlany zabudowy części parterowej budynku Galerii Miejskiej BWA w Bydgoszczy Zespołu projektowego Tadeusza Czerniawskiego z 15 maja 2007r.
- Ekspertyza konstrukcji i wad budynku BWA sporządzona przez Jerzego Szamockiego z 31.08.2012r.

Wykonawca : S.D. INVEST Sławomir Dyhid, ul. Podnóże 26 , 85-363 Bydgoszcz , www.sd-invest.pl , e-mail: sdinvest@vp.pl



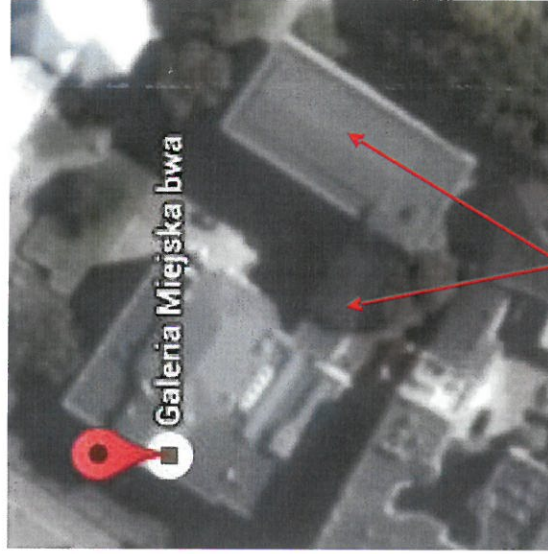
- wywiad z użytkownikiem obiektu (p.Ewą Szubarga)

1.6. Wykonanie prac

Pomiary i oględziny budynku wykonał autor opracowania w m-cu maju 2016r.

2. Skrócony opis techniczny obiektu

Lokalizacja z uwzględnieniem stron świata



**Budynek Galerii
Miejskiej bwa w
Bydgoszczy**



Wykonawca : S.D. INVEST Sławomir Dyhid, ul. Podnóże 26 , 85-363 Bydgoszcz , www.sd-invest.pl , e-mail: sdinvest@vp.pl



DIAGNOSTYKA BUDYNKÓW

Rodzaj obiektu (przeznaczenie użytkowe): budynek wystawienniczo-biurowy składający się z budynku wystawienniczego oraz budynku biurowego

Rodzaj zabudowy: zabudowa usługowa

Funkcja zabudowy i zagospodarowania terenu: budynek i teren położony wokół niego jest użytkowany na potrzeby kultury

Liczba kondygnacji:

- a) budynek wystawienniczy – 3 kondygnacyjny , częściowo podpiwniczony
- b) budynek biurowy – 3 część niska i 4 kondygnacyjny (część wyższa) na całości podpiwniczony

Rodzaj konstrukcji:

- a) budynek wystawienniczy: konstrukcja szkieletowa żelbetowo- stalowa. Ramy żelbetowe o rozpiętości 6m , a pomiędzy nimi kratownice stalowe o rozpiętości 3 m. Stropy: żelbetowe prefabrykowane o wymiarach 300x60x10cm (górna część) , prefabrykaty gazobetonowe o wymiarach 300x60x12 cm (dolna część) wsparte na pasach dolnym i górnym kratownic.
- b) budynek biurowy – konstrukcja murowana tradycyjna . Stropy ceramiczne typu Ackermana

Rok wzniesienia : 1967

Szacowany wiek budynku: około 50 lat

3. OPIS PRZEPROWADZONYCH BADAŃ I WYKONANYCH POMIARÓW

3.1. Badania termowizyjne – nie przeprowadzono

Nie przeprowadzono badań termowizyjnych w środku i na zewnątrz budynku z uwagi na zakończony sezon grzewczy. Wymagana minimalna różnica temperatury powietrza po obu stronach przegrody to 10K, a w praktyce to co najmniej 15K, a optymalnie 20K.

Poza tym przy pomiarach prowadzonych na zewnątrz występują inne ograniczenia, tj.:

- Dogodne warunki pogodowe (brak opadów atmosferycznych, małą prędkość wiatru, stabilna temperatura powietrza na 2-3 dni przed pomiarami i w trakcie pomiarów,
- Pomiary należałoby prowadzić kilka godzin po zachodzie słońca, a w ciągu dnia tylko i wyłącznie przy całodziennym zachmurzeniu gęstymi chmurami kłębiastymi
- Wymagany dobry dostęp do badanych ścian budynków, tj. odpowiedni kąt patrzenia kamery na badaną przegrodę (kąt między normalną do badanej powierzchni i osią obiektywu kamery – optymalny do 30°, dopuszczalny kat do 45°, a w wyjątkowych przypadkach nie większy niż 54°). W przypadku budynku biurowego od strony południowej jest zdecydowanie utrudniony.

W wyniku prowadzonych oględzin stwierdzono na ścianie zewnętrznej elewacji południowej miejsca złej izolacyjności termicznej ścian.

Widoczne zarysowania spoin pustaków gazobetonowych



Komentarz

Wykonawca : S.D. INVEST Sławomir Dyhid, ul. Podnóże 26 , 85-363 Bydgoszcz , www.sd-invest.pl , e-mail: sdinvest@vp.pl



DIAGNOSTYKA BUDYNKÓW

Badanie termowizyjne mogło potwierdzić rozkład obszarów o niższej temperaturze. Poza tym można byłoby wyznaczyć temperatury minimalne na wybranych ścianach w danych warunkach temperatury panujących podczas pomiarów.

3.2. Badanie prędkości przepływu powietrza w instalacji wentylacji grawitacyjnej

W oceniowanym budynku występuje: system wentylacji grawitacyjnej (część *biurowa*) i wentylacji mechanicznej (część *wystawiennicza*).

Kontrola sprawności systemu wentylacji grawitacyjnej została przeprowadzona w 5 pomieszczeniach i na korytarzu na kondygnacji częściowo zagłębionej (w piwnicy)

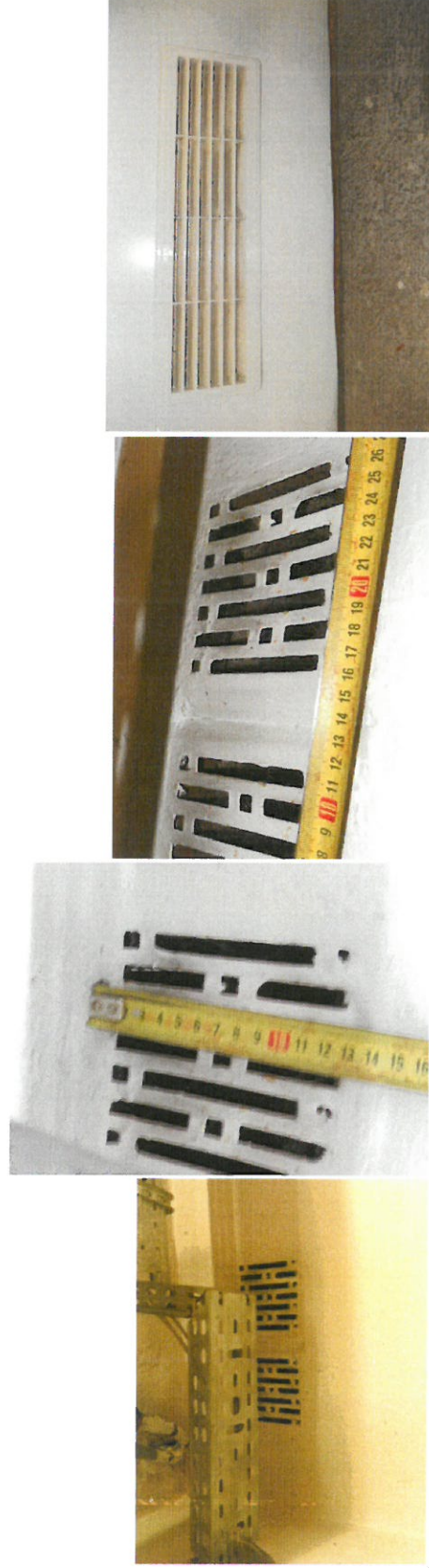
Wyniki pomiarów prędkości przepływu powietrza w kratce wentylacyjnej

	Kotłownia		Kuchnia	
	Drzwi otwarte	Drzwi zamknięte	Drzwi otwarte	Drzwi zamknięte
Prędkości przepływu	m/s	m/s		
Min	0,00	0,00	0,00	0,00
Max	0,20	0,18	0,00	0,00
Średnia	0,16	0,15	0,00	0,00
Przekrój kratki	2x12x12=288 cm ²		Π x r ² =3,14x5 ² =78,5 cm ²	
Strumienie powietrza wentylacyjnego	m ³ /h	m ³ /h		
Qmin	0,00	0,00	0,00	0,00
Qmax	10,37	9,33	0,00	0,00
Q śred.	8,29	7,78	0,00	0,00
Temperatura powietrza zmierzona	20,4°C		20,6°C	
Wilgotność zmierzona	67,7 %		66,3 %	
Ciśnienie cząsteczkowe pary wodnej wewnątrz pomieszczenia obliczone	16,24 hPa		16,10 hPa	



Orzeczenie dot. ochrony przed wilgocią i korozją biologiczną w bud. Galerii Miejskiej bwa w Bydgoszczy

Kubatura pomieszczenia orientacyjna	36,34 m ³		9,44 m ³
Krotność wymian w ciągu godziny dla średniej prędkości przepływu	0,23	0,21	0,00
Uwagi	Wartości dodatnie wskazywał tylko przewód z prawej strony Ciąg wsteczny-odwrotny przepływ w kanałach. Temperatura na zewnątrz 29,0°C		



Wykonawca : S.D. INVEST Sławomir Dyhid, ul. Podnóże 26 , 85-363 Bydgoszcz , www.sd-invest.pl , e-mail: sdinvest@vp.pl



DIAGNOSTYKA BUDYNKÓW

Orzeczenie dot. ochrony przed wilgocią i korozją biologiczną w bud. Galerii Miejskiej bwa w Bydgoszczy



	Wc męski		Wc damski	
	Drzwi otwarte	Drzwi zamknięte	Drzwi otwarte	Drzwi zamknięte
Prędkości przepływu	m/s	m/s		
Min	0,00	0,00	0,00	0,00
Max	0,00	0,00	0,00	0,00
Średnia	0,00	0,00	0,00	0,00
Przekrój kratki	$\Pi \times r^2 = 3,14 \times 5^2 = 78,5 \text{ cm}^2$			
Strumienie powietrza wentylacyjnego	m^3/h	m^3/h	$14 \times 14 = 196 \text{ cm}^2$	
Qmin	0,00	0,00	0,00	0,00
Qmax	0,00	0,00	0,00	0,00
Q śred.	0,00	0,00	0,00	0,00
Temperatura powietrza zmierzona	20,6°C		20,7°C	
Wilgotność zmierzona	69,0%		68,6%	
Ciśnienie cząsteczkowe pary wodnej wewnątrz pomieszczenia obliczone	16,75 hPa		16,76 hPa	
Kubatura pomieszczenia orientacyjna	12,64 m ³		11,51 m ³	
Krotność wymian w ciągu godziny dla średniej prędkości przepływu	0,00	0,00	0,00	0,00

Uwagi !

Wykonawca : S.D. INVEST Sławomir Dyhid, ul. Podnóże 26 , 85-363 Bydgoszcz , www.sd-invest.pl, e-mail: sdinvest@vp.pl



DIAGNOSTYKA BUDYNKÓW

1. Otwory wywiewne zaopatrzone w kratki o średnicy $d=100\text{ mm}$
2. Brak przyłączenia otworów wywiewnych do pionowych przewodów wentylacyjnych.
3. Kratki wentylacyjne zamontowane w drzwiach wejściowych i do pomieszczeń ustępów o wymiarach $9\text{ x }42\text{ cm}$

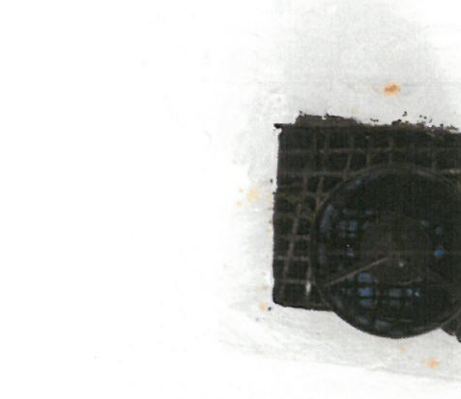
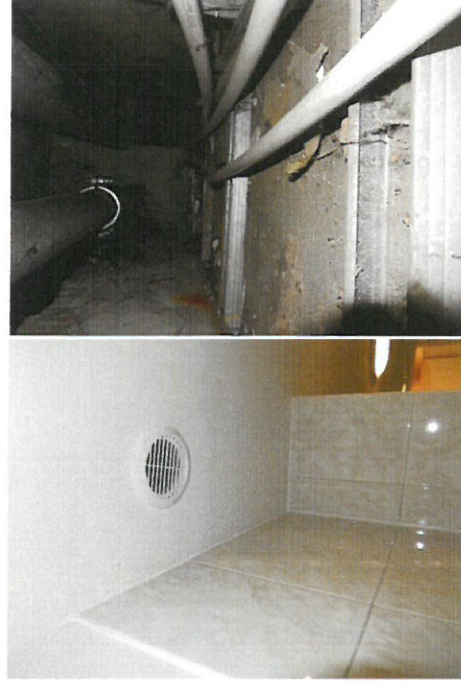


Strop podwieszany z płyt gipsowo-kartonowych z umocowanymi kratkami wentylacyjnymi o średnicy $\square = 100\text{ mm}$ nie podłączonymi do żadnego przewodu wentylacyjnego



Orzeczenie dot. ochrony przed wilgocią i korozją biologiczną w bud. Galerii Miejskiej bwa w Bydgoszczy

	Korytarz		Pom. Nr 30	
	Drzwi otwarte	Drzwi zamknięte	Drzwi otwarte	Drzwi zamknięte
Prędkości przepływu	m/s	m/s		
Min	0,00	0,00	0,54	0,45
Max	0,00	0,00	1,10	0,59
Średnia	0,00	0,00	0,75	0,58
Przekrój kratki	$\Pi \times l^2 = 3,14 \times 5^2 = 78,5 \text{ cm}^2$			
Strumienie powietrza wentylacyjnego	m³/h	m³/h	14x14= 196 cm ²	
Qmin	0,00	0,00	38,10	31,75
Qmax	0,00	0,00	77,62	48,69
Q śred.	0,00	0,00	52,92	40,92
Temperatura powietrza zmierzona	20,4°C			
Wilgotność zmierzona	68,7 %			
Ciśnienie cząsteczkowe pary wodnej wewnątrz pomieszczenia obliczone	16,48 hPa			
Kubatura pomieszczenia orientacyjna	22,14 m ³			
Krotność wymian w ciągu godziny dla średniej prędkości przepływu	0,00	0,00	4,5	3,52
Uwagi	Ciąg wsteczny-odwrotny przepływ w kanałach. Temperatura na zewnątrz 29,0°C			



Wentylacja w chwili badania była sprawna, a jej wydajność pokrywa zapotrzebowanie w.w. pomieszczeń. W pomieszczeniu Sali ćwiczeń istnieją dwa przewody wentylacyjne, dlatego wynik można w przybliżeniu pomnożyć razy dwa.







Komentarz

1. W pomieszczeniach: wc damski, wc męski, kuchnia, na korytarzu brak podłączenia kratki wentylacyjnych do przewodów wentylacyjnych. Brak wentylacji grawitacyjnej
2. Wentylacja grawitacyjna była sprawna w chwili badania tylko w pomieszczeniach kotłowni i pom. nr 30. Należy mieć na uwadze, że obliczenia przeprowadzono dla przekrojów kratki brutto, a nie netto (gdzie uwzględnia się tylko pustki powietrzne)

3.3. Badanie wilgotności ścian piwnicznych

Wykonano pomiary kontrolne na ścianach wybranych pomieszczeniach piwnicznych w części biurowej.

Wyniki pomiarów przedstawiono niżej

Lp.	Pomieszczenie	Ściana	Fotografie	Poziom wilgotności
1.	Z wodomierzem głównym	Zewnętrzna	 	< 2,0% materiał suchy
2	Pomieszczenie socjalne	Zewnętrzna	 	< 2,1 % materiał suchy
3	Kotłownia	Zewnętrzna i posadzka	 	< 5,0 % materiał nosi ślady wilgoci

4	Korytarz	Wewnętrzne		<p>< 2,0% materiał suchy</p>
5	Kuchnia	Wewnętrzna		<p>< 3,0% materiał suchy</p>

Wykonawca : S.D. INVEST Sławomir Dyhid, ul. Podnóże 26 , 85-363 Bydgoszcz , www.sd-invest.pl, e-mail: sdinvest@vp.pl

3.4. Sprawdzenie punktu rosy i punktu pleśniowego

Jeżeli temperatura t_s wyznaczona dla danej temperatury powietrza i wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniu okaże się niższa od temperatury ϑ_i na powierzchni przegrody, to kondensacja pary wodnej nie wystąpi. Jeżeli natomiast będzie wyższa lub równa wartości ϑ_i to kondensacja pary wodnej na powierzchni przegrody od strony pomieszczenia (cieplejszej) wystąpi. Zatem warunkiem skraplania się pary wodnej na powierzchni przegrody jest nierówność:

$$\vartheta_i \leq t_s \text{ [}^\circ\text{C]}$$

gdzie „punkt rosy” t_s wyznacza się, jako temperaturę odpowiadającą ciśnieniu pary wodnej nasyconej $p_{vi} = \varphi_i p_{si}/100$ [Pa], gdzie:

φ_i – wilgotność względna powietrza w pomieszczeniu [%]

p_{si} – ciśnienie cząsteczkowe pary wodnej nasyconej odpowiadające temperaturze powietrza w pomieszczeniu [Pa]

$$\vartheta_i = t_i - U^*(t_i - t_e) * R_i$$

t_i – temperatura obliczeniowa powietrza w pomieszczeniu lub wynikająca z pomiarów

t_e – temperatura obliczeniowa powietrza na zewnątrz budynku wg normy PN-B-02403:1982

U – współczynnik przenikania ciepła dla przegrody jednostrodnej $W/(m^2K)$

$R_i = 1/\alpha_i$ – opór przyjmowania ciepła przez powierzchnię przegrody od strony pomieszczenia (m^2K/W) wg PN-EN ISO 13788:2003 oraz PN-EN ISO 6946:2008

a) dla ściany na 2 piętrze magazyn wewnętrzny łącznika gazobeton odm. 07 gr. 24 cm

$$R_i = 1/\alpha_i = 1/6 = 0,166$$

$$\vartheta_i = 20 - 1,168 * [12 - (-18)] * 0,166 = 14,18 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

- b) dla ściany na parterze łącznika gazobeton odm. 07 gr. 24 cm

$$R_i = 1/\alpha_i = 1/6 = 0,166$$

$$\vartheta_i = 20 - 1,168 * [20 - (-18)] * 0,166 = 12,63 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

- c) dla ściany zewnętrznej części wystawienniczej gazobeton odm. 07 gr. 24 cm, cegła kratówka gr. 12 cm

$$R_i = 1/\alpha_i = 1/6 = 0,166$$

$$\vartheta_i = 20 - 0,934 * [16 - (-18)] * 0,166 = 14,72 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Zestawienie danych pomiarowych i obliczeniowych do określenia możliwości wystąpienia kondensacji.

Tab. 3 Pomiary temperatury i wilgotności powietrza

Lp.	Nr pom.	Zmierzone wartości maksymalne wilgotności						
		temp. °C	φ_i %	p_{si} Pa	p_{vi} Pa	t_s °C	ϑ_i °C	$\vartheta_i \leq t_s$ °C
-	-							
1	2 piętro łącznik – magazyn	12,00	60,0	1403	841	4,5	14,18	NIE
2	parter – pokoje biurowe	20,00	50,0	2340	1170	9,3	12,63	NIE
3	ściana zewnętrzna sali wystawowej	16,00	60,0	1818	1091	8,2	14,72	NIE

Źródło: Opracowanie własne

Uwagi

1. Dane pomiarowe pochodzą z norm i wiedzy technicznej
2. Dane temperatury powierzchni ściany z wyliczeń

Komentarz

1. Dla przyjętych parametrów temperatury i wilgotności powietrza wewnętrznego nie zachodzi zjawisko kondensacji pary wodnej na powierzchni przegrody.

Punkt pleśniowy

$$t_p = t_s + 3^{\circ}\text{C}$$

Tab. 4 Wyznaczenie punktu pleśniowego

Lp.	Nr pom.	Określenie punktu pleśniowego				
		temp.	t_s	t_p	ϑ_i	ϑ_i, St_s
-	-	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
1	2 piętro łącznik – magazyn	12,00	4,5	7,5	14,18	NIE
2	parter – pokoje biurowe	20,00	9,3	12,3	12,63	NIE
3	ściana zewnętrzna sali wystawowej	16,00	8,2	11,2	14,72	NIE

Komentarz

1. Dla przyjętych parametrów temperatury i wilgotności powietrza wewnętrznego nie będzie występować zjawisko zasiedlenia przegrody przez grzyby pleśniowe.

3.4. Sprawdzenie kryterium uniknięcia ryzyka powierzchniowej kondensacji pary wodnej

17.1. W celu zachowania warunku, o którym mowa w § 321 ust. 1 rozporządzenia, w odniesieniu do przegród zewnętrznych budynków mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej i produkcyjnych, rozwiązania przegród zewnętrznych i ich węzłów konstrukcyjnych powinny charakteryzować się współczynnikiem temperaturowym f_{Rsi} o wartości nie mniejszej niż



wymagana wartość krytyczna, obliczona zgodnie z Polską Normą dotyczącą metody obliczania temperatury powierzchni wewnętrznej koniecznej do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacji międzywarstwowej.

17.2. Wymaganą wartość krytyczną współczynnika temperaturowego f_{Rsi} w pomieszczeniach ogrzewanych do temperatury co najmniej 20 °C w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy określać według rozdziału 5 Polskiej Normy, o której mowa w pkt 2.2.1., przy założeniu, że średnia miesięczna wartość wilgotności względnej powietrza wewnętrznego jest równa $\phi = 50\%$, przy czym dopuszcza się przyjmowanie wymaganej wartości tego współczynnika równej 0,72.

$$f_{Rsi}^1 > f_{Rsi \text{ min}}$$

Tabela 1. Dane klimatyczne dla miejscowości Bydgoszcz

miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\theta_e, ^\circ\text{C}$	-0.7	0.0	0.0	+6.6	+14.2	+14.5	+17.3	+16.4	+11.0	+8.1	+5.2	+1.9
ϕ_e	0.88	0.87	0.77	0.69	0.68	0.71	0.76	0.78	0.79	0.84	0.87	0.89

θ_e – średniomiesięczna wartość temperatury powietrza zewnętrznego

ϕ_e – średniomiesięczna wartość wilgotności względnej powietrza zewnętrznego

określenie ciśnienia pary wodnej nasyconej $psat$

¹ Czynniki temperaturowy na wewnętrznej powierzchni (f_{Rsi}) – różnica temperatury wewnętrznej przegrody i powietrza zewnętrznego, podzielona przez różnicę temperatury powietrza wewnętrznego i zewnętrznego przy założeniu, że opór przejmowania ciepła na powierzchni wewnętrznej wynosi R_{si} . Czynniki temperaturowy jest miernikiem wychłodzenia wewnętrznej powierzchni przegrody; gdy jej temperatura jest niewiele niższa od temperatury powietrza wewnętrznego, czynnik temperaturowy jest niewiele mniejszy od 1.



dla $\theta \geq 0^\circ\text{C}$

$$p_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,26 \cdot \theta}{237,5 + \theta}}$$

dla $\theta < 0^\circ\text{C}$

$$p_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{21,875 \cdot \theta}{265,5 + \theta}}$$

określenie ciśnienia rzeczywistego pary wodnej p_e

określenie nadwyżki ciśnienia wewnętrzznego

Obliczenia przeprowadzono dla 3 klasy wilgotności pomieszczenia

określenie średniej miesięcznej wartości ciśnienia pary wodnej na powierzchni wewnętrznej p_i

$$p_i = p_e + 1,1 \cdot \Delta p$$

określenie ciśnienia kondensacji

$$p_{sat}(\theta_{si,min}) = \frac{p_i}{0,8}$$

$$\theta_{si,min}$$

określenie minimalnej temperatury

