

Nazwa kwalifikacji: **Eksploatacja i organizacja robót związanych z montażem instalacji i urządzeń chłodniczych, klimatyzacyjnych oraz pomp ciepła**

Oznaczenie kwalifikacji: **ELE.04**

Numer zadania: **01**

Wersja arkusza: **SG**

Wypełnia zdający

Numer PESEL zdającego\*

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Miejsce na naklejkę z numerem  
PESEL i z kodem ośrodka

Czas trwania egzaminu: **180** minut.

ELE.04-01-23.01-SG

## **EGZAMIN ZAWODOWY**

**Rok 2023**

**CZĘŚĆ PRAKTYCZNA**

**PODSTAWA PROGRAMOWA  
2019**

### **Instrukcja dla zdającego**

1. Na pierwszej stronie arkusza egzaminacyjnego wpisz w oznaczonym miejscu swój numer PESEL i naklej naklejkę z numerem PESEL i z kodem ośrodka.
2. Na KARCIE OCENY w oznaczonym miejscu przyklej naklejkę z numerem PESEL oraz wpisz:
  - swój numer PESEL\*,
  - oznaczenie kwalifikacji,
  - numer zadania,
  - numer stanowiska.
3. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 16 stron i nie zawiera błędów. Ewentualny brak stron lub inne usterki zgłoś przez podniesienie ręki przewodniczącemu zespołu nadzorującego.
4. Zapoznaj się z treścią zadania oraz stanowiskiem egzaminacyjnym. Masz na to 10 minut. Czas ten nie jest wliczany do czasu trwania egzaminu.
5. Czas rozpoczęcia i zakończenia pracy zapisze w widocznym miejscu przewodniczący zespołu nadzorującego.
6. Wykonaj samodzielnie zadanie egzaminacyjne. Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa i organizacji pracy.
7. Po zakończeniu wykonania zadania pozostaw arkusz egzaminacyjny z rezultatami oraz KARTĘ OCENY na swoim stanowisku lub w miejscu wskazanym przez przewodniczącego zespołu nadzorującego.
8. Po uzyskaniu zgody zespołu nadzorującego możesz opuścić salę/miejsce przeprowadzania egzaminu.

***Powodzenia!***

\* w przypadku braku numeru PESEL – seria i numer paszportu lub innego dokumentu potwierdzającego tożsamość

## Zadanie egzaminacyjne

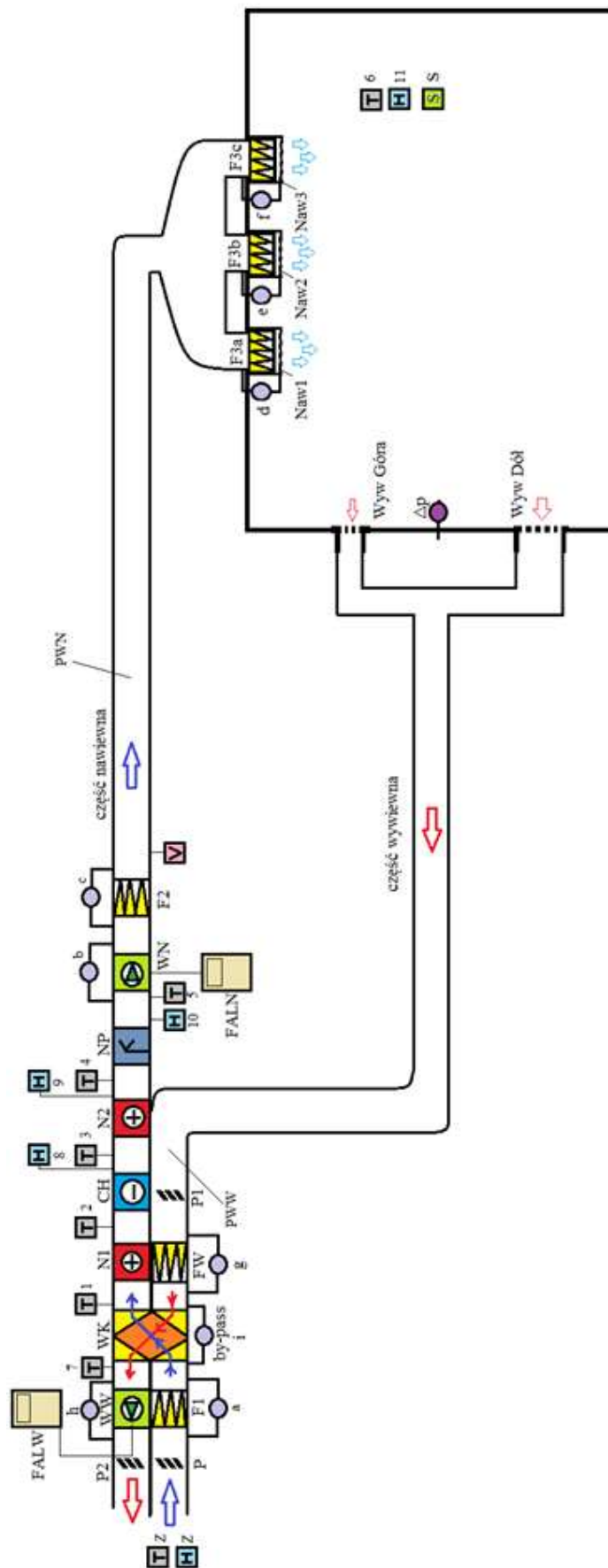
Podczas rocznej eksploatacji instalacji klimatyzacyjnej obsługującej pomieszczenie „clean room – pomieszczenie czyste” wykonano przeglądy techniczne, badania oraz pomiary parametrów technicznych i użytkowych. Instalacja klimatyzacji zgodnie z rysunkiem 1 składa się z następujących elementów (tabela 1):

**Tabela 1. Zestawienie elementów instalacji klimatyzacji pomieszczenia „clean room – pomieszczenie czyste”**

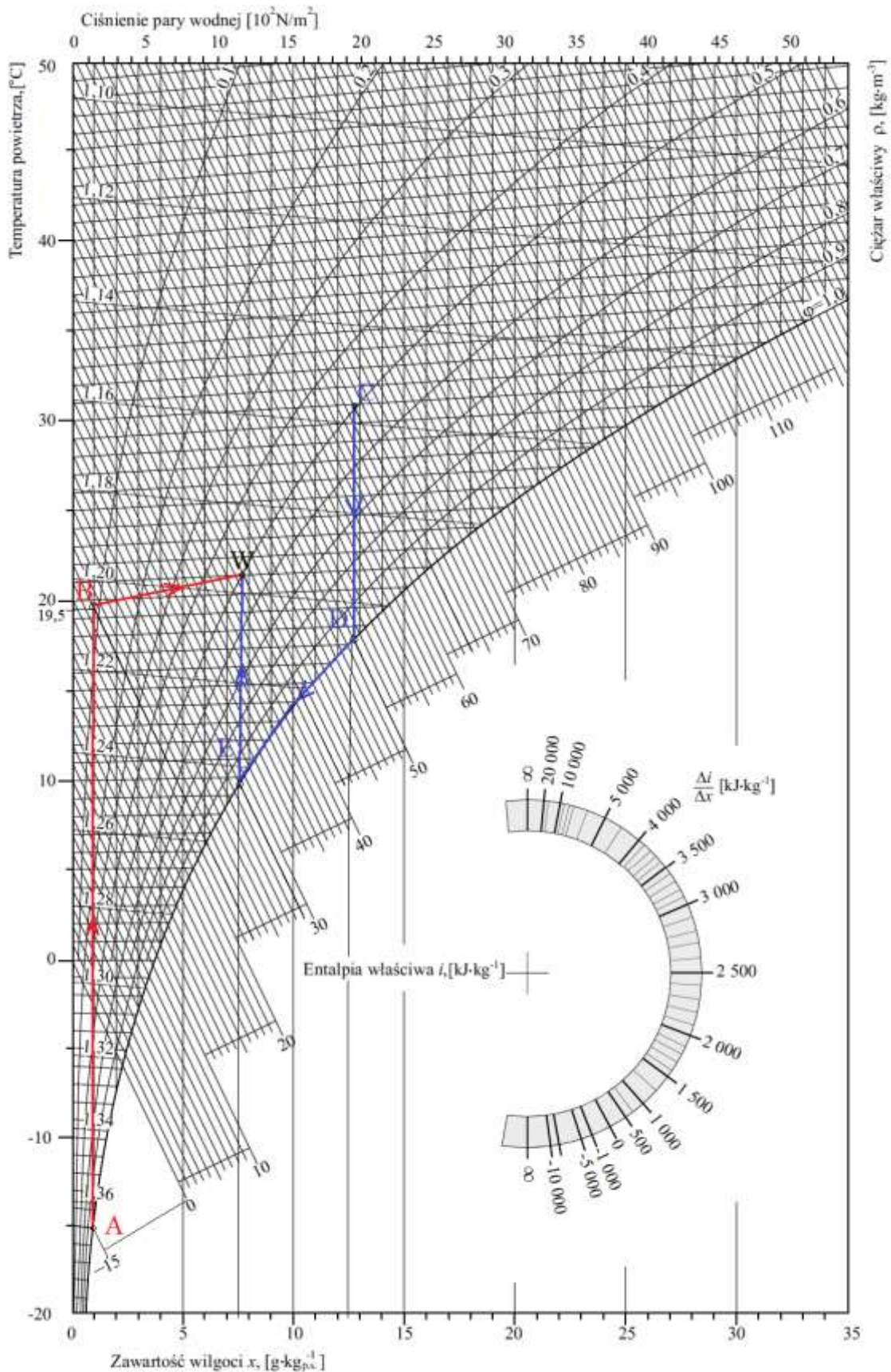
Nazwa elementu	Oznaczenie na Rys.1
<b>Część nawiewna instalacji</b>	
Przepustnica	P
Filtr wstępny (I <sup>o</sup> filtracji) klasy G4	F1
Krzyżowy wymiennik ciepła	WK
Presostat by-passu (obejścia) wymiennika krzyżowego WK	i
Nagrzewnica wodna wstępna	N1
Chłodnica wodna	CH
Nagrzewnica wodna wtórna	N2
Nawilżacz parowy	NP
Wentylator nawiewny	WN
Falownik wentylatora nawiewnego	FALN
Filtr dokładny (II <sup>o</sup> filtracji) klasy F7	F2
Filtr absolutny HEPA (III <sup>o</sup> filtracji) klasy H14	F3a
Filtr absolutny HEPA (III <sup>o</sup> filtracji) klasy H14	F3b
Filtr absolutny HEPA (III <sup>o</sup> filtracji) klasy H14	F3c
Nawiewnik z filtrem HEPA o wymiarach 0,73 m x 0,73 m	Naw1
Nawiewnik z filtrem HEPA o wymiarach 0,73 m x 0,73 m	Naw2
Nawiewnik z filtrem HEPA o wymiarach 0,73 m x 0,73 m	Naw3
Czujnik temperatury powietrza zewnętrznego	T Z
Czujnik wilgotności powietrza zewnętrznego	H Z
Czujnik temperatury powietrza za wymiennikiem krzyżowym	T 1
Czujnik temperatury powietrza za nagrzewnicą wodną wstępną	T 2
Czujnik temperatury powietrza za chłodnicą wodną	T 3
Czujnik wilgotności powietrza za chłodnicą wodną	H 8
Czujnik temperatury powietrza za nagrzewnicą wodną wtórną	T 4
Czujnik wilgotności powietrza za nagrzewnicą wodną wtórną	H 9
Czujnik temperatury powietrza za nawilżaczem	T 5
Czujnik wilgotności powietrza za nawilżaczem	H 10
Czujnik prędkości przepływu powietrza w przewodzie wentylacyjnym	V
Przewód wentylacyjny nawiewny za filtrem F2, doprowadzający powietrze do nawiewnika, o przekroju kwadratowym, wymiary 0,40 m x 0,40 m	PWN
Presostat na filtrze wstępnym	a
Presostat na wentylatorze nawiewnym	b
Presostat na filtrze dokładnym	c
Presostat na filtrze absolutnym HEPA F3a	d
Presostat na filtrze absolutnym HEPA F3b	e
Presostat na filtrze absolutnym HEPA F3c	f
<b>Pomieszczenie</b>	
Czujnik temperatury powietrza wewnętrznego	T 6
Czujnik wilgotności powietrza wewnętrznego	H 11
Czujnik różnicy ciśnienia pomiędzy pomieszczeniami	$\Delta p$
Czujnik stężenia dwutlenku węgla CO <sub>2</sub>	S

<b>Część wywiewna instalacji</b>	
Kratka wywiewna górna o wymiarach 40 cm x 30 cm	Wyw Góra
Kratka wywiewna dolna o wymiarach 40 cm x 70 cm	Wyw Dół
Przepustnica 1	P1
Przepustnica 2	P2
Przewód wentylacyjny wywiewny za przepustnicą a przed filtrem wywiewnym, odprowadzający powietrze z pomieszczenia, o przekroju kwadratowym, wymiary 0,40 m x 0,40 m	PWW
Filtr wywiewny klasy G4	FW
Krzyżowy wymiennik ciepła	WK
Wentylator wywiewny	WW
Falownik wentylatora wywiewnego	FALW
Czujnik temperatury powietrza za krzyżowym wymiennikiem ciepła	T 7
Presostat na filtrze wywiewnym	g
Presostat na wentylatorze wywiewnym	h

Na podstawie pomiarów parametrów obróbki ciepłno – wilgotnościowej powietrza sporządzono na wykresie Molliera przebieg tych procesów dla okresu letniego i zimowego – Rysunek 2.



Rysunek 1. Schemat instalacji klimatyzacji pomieszczenia „clean room – pomieszczenie czyste”



**Rysunek 2.** Obróbka cieplno – wilgotnościowa powietrza realizowana przez instalację klimatyzacyjną w okresie zimowym (kolor czerwony) i letnim (kolor niebieski)

Pomieszczenie „clean room – pomieszczenie czyste” ma następujące wymiary liniowe: długość 10,00 m, szerokość 8,00 m, wysokość 3,00 m.

Instalacja klimatyzacji ma za zadanie zapewnić odpowiednią jakość powietrza wewnętrznego w pomieszczeniu zarówno pod względem czystości powietrza, jak również w zakresie utrzymania odpowiednich parametrów ciepło – wilgotnościowych powietrza wewnętrznego.

Nagrzewnice wodne instalacji klimatyzacyjnej zasilane są ciepłą wodą technologiczną, która po stronie zasilania ma temperaturę 90 °C, natomiast na powrocie temperatura wody wynosi 60 °C.

Chłodnica wodna instalacji klimatyzacyjnej zasilana jest wodą lodową, która po stronie zasilania ma temperaturę 6 °C, natomiast na powrocie temperatura wody wynosi 12 °C.

Nawilżanie powietrza odbywa się za pomocą nawilżacza parowego.

Instalacja klimatyzacji jest w pełni zautomatyzowana. Prędkość obrotową wentylatorów nawiewnego i wywiewnego regulują falowniki (przebiegienniki częstotliwości). Oczyszczanie powietrza odbywa się poprzez trzystopniowy układ filtracji. W pomieszczeniu utrzymywane jest nadciśnienie, stanowiące barierę ochronną przed wnikaniem zanieczyszczeń z otoczenia pomieszczenia. W celu obniżania stężenia zanieczyszczeń wewnętrznych instalacja klimatyzacji pracuje z określoną wydajnością, zapewniającą znaczną krotność wymian powietrza w pomieszczeniu.

W Tabeli 2 przedstawiono wymagane parametry, które powinny być zachowane dla pomieszczenia „clean room – pomieszczenie czyste”.

**Tabela 2. Parametry wymagane**

Lp.	Parametry wymagane	Wartość i jednostka
1.	Temperatura powietrza wewnętrznego w pomieszczeniu	21 °C (+/- 0,5 °C)
2.	Wilgotność względna powietrza wewnętrznego w pomieszczeniu	50 % (+/- 5%)
3.	Czystość powietrza w pomieszczeniu - maksymalna liczba cząstek o wymiarach większych od: 0,5 µm 1,0 µm 5,0 µm	Nie więcej niż: 35200 cząstki/m <sup>3</sup> 8320 cząstki/m <sup>3</sup> 293 cząstki/m <sup>3</sup>
4.	Maksymalne stężenie dwutlenku węgla CO <sub>2</sub> w pomieszczeniu	950 ppm
5.	Prędkość wypływu powietrza z nawiewnika	0,4 m/s < w < 0,6 m/s
6.	Krotność wymian powietrza	W zakresie: od 10 wymian h <sup>-1</sup> do 15 wymian h <sup>-1</sup>
7.	Różnica ciśnienia pomiędzy pomieszczeniami (pomieszczenie „clean room – pomieszczenie czyste” w nadciśnieniu)	+15 Pa (+/- 5 Pa)
8.	Rozdział strumienia wywiewnego: wywiew górą wywiew dołem	20% (+/- 5%) 80% (+/- 5%)
9.	Temperatura powietrza nawiewanego do pomieszczenia	W zakresie: od 20,0 °C do 21,0 °C
10.	Natężenie prądu elektrycznego I na każdej fazie silnika trójfazowego nawiewnego oraz wywiewnego	I < 8 A

Zgodnie z obowiązującymi przepisami instalacja powinna być czyszczona i dezynfekowana 1 raz w roku. Ostatnie czyszczenie i dezynfekcja instalacji odbyły się pół roku przed obecnym (dzisiejszym) przeglądem. Podczas obecnego przeglądu aktualnie istniejące sygnały sterowania i sygnalizacji przedstawiono w Tabeli 3.

W Tabeli 4. przedstawiono wyniki wybranych pomiarów.

**Tabela 3. Aktualne sygnały układu sterowania i sygnalizacji**

Lp.	Sygnał	Wartość sygnału
1.	Presostat na filtrze wstępnym F1	1
2.	Presostat na wentylatorze nawiewnym	0
3.	Presostat na filtrze dokładnym F2	0
4.	Presostat na filtrze absolutnym HEPA F3a	0
5.	Presostat na filtrze absolutnym HEPA F3b	0
6.	Presostat na filtrze absolutnym HEPA F3c	0
7.	Falownik wentylatora nawiewnego FALN (wysterowanie obrotów)	90%
8.	Presostat na filtrze wywiewnym FW	1
9.	Presostat na wentylatorze wywiewnym	0
10.	Falownik wentylatora wywiewnego FALW (wysterowanie obrotów)	90%
11.	Presostat by-passu wymiennika krzyżowego	0
Stan normalny = 0 Stan awaryjny = 1		

**Tabela 4. Wyniki pomiarów**

Lp.	Pomiar	Wynik pomiaru		Jednostka
		Lato	Zima	
1.	Temperatura powietrza za wymiennikiem krzyżowym T 1	----	-5	°C
2.	Temperatura powietrza za wymiennikiem krzyżowym na wywiewie T7	----	15	°C
3.	Prędkość przepływu powietrza w przewodzie wentylacyjnym V	5,0	5,0	m/s
4.	Stężenie dwutlenku węgla CO <sub>2</sub> w pomieszczeniu	790	720	ppm
5.	Różnica ciśnienia pomiędzy pomieszczeniami (pomieszczenie „clean room – pomieszczenie czyste” w nadciśnieniu)	15,2	15,3	Pa
6.	Czystość powietrza w pomieszczeniu: cząstki 0,5 µm	34103	33303	cząstki/m <sup>3</sup>
7.	Czystość powietrza w pomieszczeniu: cząstki 1,0 µm	8302	8222	cząstki/m <sup>3</sup>
8.	Czystość powietrza w pomieszczeniu: cząstki 5,0 µm	282	274	cząstki/m <sup>3</sup>
9.	Prędkość wypływu powietrza z nawiewnika Naw1	0,49	0,49	m/s
10.	Prędkość wypływu powietrza z nawiewnika Naw2	0,50	0,50	m/s
11.	Prędkość wypływu powietrza z nawiewnika Naw3	0,51	0,51	m/s
12.	Prędkość przepływu strumienia powietrza wywiewnego: wywiew górą	1,33	1,33	m/s
13.	Prędkość przepływu strumienia powietrza wywiewnego: wywiew dołem	2,28	2,28	m/s
14.	Natężenie prądu elektrycznego I na każdej fazie silnika trójfazowego nawiewnego	faza L1: 7,0 faza L2: 7,1 faza L3: 7,0	faza L1: 7,1 faza L2: 7,2 faza L3: 7,1	A
15.	Natężenie prądu elektrycznego I na każdej fazie silnika trójfazowego wywiewnego	faza L1: 6,9 faza L2: 7,0 faza L3: 7,0	faza L1: 6,9 faza L2: 7,0 faza L3: 6,9	A

Na podstawie informacji zawartych w treści zadania, w tabelach 1, 2, 3 i 4 a także zamieszczonych na rysunkach 1 i 2 sporządź DOKUMENTACJĘ PRZEGLĄDU rocznego instalacji wentylacyjnej „pomieszczenia czystego – clean room” wykonując poniższe polecenia: 1-7. Konieczne obliczenia można wykonać wykorzystując zestaw wzorów zawartych w Załączniku 1 znajdujący się na końcu arkusza.

**Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.**

**Ocenie podlegać będzie 7 rezultatów:**

- zestawienie urządzeń pomiarowych w Tabeli 5 oraz zestawienie nazw obróbki ciepło – wilgotnościowej powietrza w Tabeli 6.
- zestawienie odczytanych z wykresu (Rysunek 2) parametrów powietrza w Tabeli 7.
- wyniki obliczonych wartości parametrów wskazanych w Tabeli 8.
- zalecenia eksploatacyjne w Tabeli 9 i odpowiedzi na zapytania użytkownika instalacji w Tabeli 9a.
- obliczone wartości sprawności, wydajności i mocy chwilowych w Tabeli 10.
- obliczone wartości natężenia przepływu i zapotrzebowania na energię ciepłą pomieszczenia w Tabeli 11.
- porównanie parametrów wymaganych i rzeczywistych (obliczeniowych i pomiarowych) w Tabeli 12 oraz podsumowanie protokołu przeglądu.

### DOKUMENTACJA PRZEGLĄDU

1. Wpisz do Tabeli 5 nazwy urządzeń pomiarowych (mierników) koniecznych do wykonania wskazanych pomiarów oraz wpisz do Tabeli 6 odpowiednie nazwy procesów obróbki ciepło - wilgotnościowej powietrza nawiewanego do pomieszczenia na podstawie wykresu Molliera z Rysunku 2.

**Tabela 5. Zestawienie urządzeń pomiarowych**

Lp.	Mierzona wartość, parametr	Rodzaj urządzenia pomiarowego, miernika
1.	Temperatura powietrza	
2.	Wilgotność względna powietrza	
3.	Prędkość przepływu powietrza	
4.	Napięcie elektryczne	
5.	Natężenie prądu elektrycznego	

**Tabela 6. Zestawienie nazw procesów obróbki powietrza na podstawie wykresu Molliera z Rysunku 2**

Lp.	Odcinek na wykresie Molliera	Nazwa obróbki ciepło – wilgotnościowej powietrza
1.	A - B	
2.	B - W	
3.	C - D	
4.	E - W	



2. Odczytaj z wykresu Molliera (Rysunek 2) i wpisz do Tabeli 7 wartości wskazanych parametrów powietrza wraz z ich jednostkami miary.

**Uwaga:** wartości temperatury oraz zawartości wilgoci wpisz z dokładnością do 0,1, natomiast pozostałe parametry wpisz w wartościach całkowitych

**Tabela 7. Zestawienie odczytanych wartości wskazanych parametrów**

Lp.	Parametr odczytany	Wartość odczytana
1.	Temperatura powietrza zewnętrznego w okresie letnim	°C
2.	Wilgotność względna powietrza zewnętrznego w okresie letnim	%
3.	Zawartość wilgoci w powietrzu zewnętrznym w okresie letnim	g/kg
4.	Wilgotność względna powietrza za chłodnicą wodną w okresie letnim	%
5.	Temperatura punktu rosy w okresie letnim	°C
6.	Entalpia powietrza zewnętrznego w okresie letnim	kJ/kg
7.	Entalpia powietrza na końcu procesu chłodzenia mokrego	kJ/kg
8.	Temperatura powietrza w pomieszczeniu	°C
9.	Wilgotność względna powietrza w pomieszczeniu	%
10.	Zawartość wilgoci w powietrzu pomieszczenia	g/kg
11.	Entalpia powietrza w pomieszczeniu	kJ/kg
12.	Temperatura powietrza zewnętrznego w okresie zimowym	°C
13.	Wilgotność względna powietrza zewnętrznego w okresie zimowym	%
14.	Zawartość wilgoci w powietrzu zewnętrznym w okresie zimowym	g/kg
15.	Entalpia powietrza zewnętrznego w okresie zimowym	kJ/kg
16.	Entalpia końca procesu ogrzewania powietrza w okresie zimowym	kJ/kg
17.	Zawartość wilgoci za nagrzewnicą wstępną w okresie zimowym	g/kg
18.	Zawartość wilgoci za nawilżaczem powietrza w okresie zimowym	g/kg
19.	Temperatura powietrza na końcu procesu ogrzewania w okresie zimowym	°C

3. Oblicz i wpisz do Tabeli 8 wartości wskazanych parametrów.

**Uwaga:** obliczone wartości wpisz z dokładnością 0,01.

**Tabela 8. Wyniki obliczeń**

Lp.	Nazwa obliczanej wartości	Wartości obliczone
1.	Kubatura pomieszczenia	m <sup>3</sup>
2.	Powierzchnia przekroju przewodu wentylacyjnego nawiewnego pomiędzy filtrem dokładnym a nawiewnikiem (w miejscu PWN)	m <sup>2</sup>
3.	Powierzchnia przekroju jednego nawiewnika z filtrem HEPA	m <sup>2</sup>
4.	Powierzchnia przekroju trzech jednakowych nawiewników z filtrem HEPA	m <sup>2</sup>
5.	Powierzchnia przekroju kratki wywiewnej górnej	m <sup>2</sup>
6.	Powierzchnia przekroju kratki wywiewnej dolnej	m <sup>2</sup>
7.	Powierzchnia przewodu wentylacyjnego wywiewnego (w miejscu PWW)	m <sup>2</sup>
8.	Natężenie przepływu powietrza przez przewód wentylacyjny nawiewny pomiędzy filtrem dokładnym a nawiewnikiem (w miejscu PWN)	m <sup>3</sup> /h
9.	Krotność wymian powietrza w pomieszczeniu	h <sup>-1</sup>
10.	Natężenie przepływu powietrza przez kratkę wentylacyjną wywiewną górną	m <sup>3</sup> /h
11.	Natężenie przepływu powietrza przez kratkę wentylacyjną wywiewną dolną	m <sup>3</sup> /h
12.	Natężenie przepływu powietrza przez przewód wentylacyjny wywiewny pomiędzy przepustnicą wywiewną a filtrem wywiewnym (w miejscu PWW)	m <sup>3</sup> /h
13.	Udział procentowy strumienia powietrza wywiewanego z pomieszczenia „górną” do całkowitego strumienia powietrza wywiewanego z pomieszczenia	%
14.	Udział procentowy strumienia powietrza wywiewanego z pomieszczenia „dołem” do całkowitego strumienia powietrza wywiewanego z pomieszczenia	%

4. Wpisz do Tabeli 9 zalecenia eksploatacyjne, a do Tabeli 9a odpowiedzi na zapytania użytkownika instalacji

**Tabela 9. Zalecenia eksploatacyjne**

Lp.	Element instalacji	Wpisz tak albo nie
1.	Wymiana filtra wstępnego G4	
2.	Wymiana presostatu na wentylatorze nawiewnym	
3.	Wymiana filtra dokładnego F7	
4.	Wymiana filtra absolutnego HEPA F3a H14	
5.	Wymiana filtra absolutnego HEPA F3b H14	
6.	Wymiana filtra absolutnego HEPA F3c H14	
7.	Wymiana filtra wywiewnego G4	
8.	Zwiększenie obrotów wentylatora nawiewnego	
9.	Zwiększenie obrotów wentylatora wywiewnego	
10.	Natychmiastowe czyszczenie i dezynfekcja instalacji	

**Tabela 9a. Pytania użytkownika instalacji**

Lp.	Pytania użytkownika instalacji:	Odpowiedź: wpisz tak albo nie
1.	Czy syfon odpływu skroplin z tacy ociekowej chłodnicy wodnej powinien być zawsze zalany czystą wodą?	
2.	Czy ta instalacja zapewnia recyrkulację powietrza?	
3.	Czy zastosowany w tej instalacji klimatyzacji wymiennik ciepła do odzysku ciepła jest wymiennikiem regeneracyjnym?	
4.	Czy stosując metodę zmniejszenia wydajności instalacji klimatyzacyjnej i krotności wymian, przy jednoczesnym zachowaniu nadciśnienia w pomieszczeniu zostanie utrzymana hermetyczność pomieszczenia?	
5.	Czy zmniejszenie wydajności instalacji klimatyzacyjnej przy zachowaniu stałej emisji zanieczyszczeń w pomieszczeniu przyczyni się do wzrostu stężenia tych zanieczyszczeń w pomieszczeniu?	

5. Oblicz i wpisz do Tabeli 10 otrzymane wartości sprawności, wydajności i mocy chwilowych urządzeń/elementów instalacji na podstawie otrzymanych wyników pomiarów.

**Uwaga:** W obliczeniach przyjmij gęstość powietrza  $\rho_p = 1,20 \text{ kg/m}^3$

**Tabela 10. Obliczone wartości sprawności, wydajności i mocy chwilowych**

Lp.	Nazwa parametru technicznego urządzenia/elementu instalacji	Wartość obliczona
1.	Sprawność temperaturowa glikolowego wymiennika ciepła	%
2.	Moc chłodnicy wodnej	kW
3.	Moc nagrzewnicy wodnej wtórnej	kW
4.	Wydajność nawilżacza	kg wody/h
5.	Maksymalny wydatek wentylatora nawiewnego przy 100% obrotów (aktualne PWN tab.8 / wysterowanie obrotów tab.3)	m <sup>3</sup> /h
6.	Maksymalny wydatek wentylatora wywiewnego przy 100% obrotów (aktualne PWW tab.8 / wysterowanie obrotów tab.3)	m <sup>3</sup> /h

6. Oblicz i wpisz do Tabeli 11 wartości natężenia przepływu oraz zapotrzebowania cieplnego

**Tabela 11. Obliczone wartości natężenia przepływu i zapotrzebowania na energię cieplną pomieszczenia**

Lp.	Energia cieplna	Wartość obliczona
1.	Objęściowe natężenie przepływu powietrza przez pomieszczenie $\dot{V}_p = \text{kubatura pomieszczenia} \times \text{krotność wymian powietrza}$	m <sup>3</sup> /h m <sup>3</sup> /s
2.	Masowe natężenie przepływu powietrza przez pomieszczenie $\dot{m}_p = \rho_p \cdot \dot{V}_p = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \dot{V}_p$	kg/h kg/s
3.	Godzinowy strumień energii cieplnej wprowadzanej z ogrzonym powietrzem do pomieszczenia w okresie zimowym (uwzględnić wartości entalpii powietrza zewnętrznego i powietrza w pomieszczeniu)	kJ/h
4.	Strumień energii cieplnej powietrza wprowadzanego do pomieszczenia w okresie zimowym (oblicz z Lp.3)	kJ/s; kW
5.	Przewidywany koszt energii cieplnej za okres jednego miesiąca: tj. Lp.3 w [GJ] x 30 dni x 24 h x cena za GJ energii cieplnej. Przyjąć cenę energii cieplnej = 90 zł/GJ	zł
6.	Masowe natężenie przepływu wody lodowej przez chłodnicę powietrza CH z dokładnością do 0,001 $\dot{Q}_{CH} = \dot{m}_w \cdot c \cdot \Delta T$ [kW]	kg/s
7.	Masowe natężenie przepływu ciepłej wody technologicznej przez nagrzewnicę wodną wtórną N2 z dokładnością do 0,001 $\dot{Q}_N = \dot{m}_w \cdot c \cdot \Delta T$ [kW]	kg/s
8.	Strumień odprowadzanej wody wykroplonej podczas obróbki powietrza w okresie letnim	kg/h

7. Porównaj wymagania zawarte w Tabeli 2 z otrzymanymi wynikami pomiarów i wykonanymi obliczeniami w Zadaniu, a następnie uzupełnij Tabelę 12 oraz podsumowanie protokołu przeglądu.

**Tabela 12. Porównanie parametrów wymaganych i rzeczywistych (obliczeniowych i pomiarowych)**

Lp.	Parametry wymagane	Wartość i jednostka	Spełnia / nie spełnia (wpisz tak lub nie)
1.	Temperatura powietrza wewnętrznego w pomieszczeniu	21 °C (+/- 0,5 °C)	
2.	Wilgotność względna powietrza wewnętrznego w pomieszczeniu	50 % (+/- 5%)	
3.	Czystość powietrza w pomieszczeniu - maksymalna liczba cząstek o wymiarach większych od: 0,5 µm 1,0 µm 5,0 µm	Nie więcej niż: 35200 cząstki/m <sup>3</sup> 8320 cząstki/m <sup>3</sup> 293 cząstki/m <sup>3</sup>	
4.	Maksymalne stężenie dwutlenku węgla CO <sub>2</sub> w pomieszczeniu	950 ppm	
5.	Prędkość wypływu powietrza z nawiewnika	0,4 m/s < w < 0,6 m/s	
6.	Krotność wymian powietrza	W zakresie: od 10 wymian h <sup>-1</sup> do 15 wymian h <sup>-1</sup>	
7.	Różnica ciśnienia pomiędzy pomieszczeniami (pomieszczenie „clean room – pomieszczenie czyste” w nadciśnieniu)	+15 Pa (+/- 5 Pa)	
8.	Rozdział strumienia wywiewnego: wywiew górą wywiew dołem	20% (+/- 5%) 80% (+/- 5%)	
9.	Temperatura powietrza nawiewanego do pomieszczenia	W zakresie: od 20,0 °C do 21,0 °C	
10.	Natężenie prądu elektrycznego I na każdej fazie silnika trójfazowego nawiewnego oraz wywiewnego	I < 8 A	

### Podsumowanie protokołu przeglądu

Instalacja klimatyzacji pomieszczenia „clean room – pomieszczenie czyste” **spełnia / nie spełnia** \* wymagania wskazane z Tabeli 2 i **jest / nie jest**\* dopuszczona do dalszej eksploatacji.

\* *niepotrzebne skreślić*

## Załącznik 1.

### WZORY

#### 1. Krotność wymian powietrza $k$

$$k = \frac{\dot{V}}{V_p} \quad \left[\frac{1}{h}\right]$$

gdzie:

$\dot{V}$  – wielkość strumienia powietrza [ $m^3/h$ ]

$V_p$  – kubatura pomieszczenia [ $m^3$ ]

#### 2. Objętościowe natężenie przepływu powietrza w przewodzie wentylacyjnym $\dot{V}$

$$\dot{V} = w \cdot A \quad \left[\frac{m^3}{s}\right]$$

gdzie:

$A$  – powierzchnia przekroju przewodu [ $m^2$ ]

$w$  – prędkość przepływu powietrza w przewodzie [ $m/s$ ]

#### 3. Objętościowe natężenie przepływu powietrza przez pomieszczenie $\dot{V}_p$

$$\dot{V}_p = V_p \cdot k \quad \left[\frac{m^3}{h}\right]$$

gdzie:

$k$  – krotność wymiany powietrza [ $1/h$ ]

$V_p$  – kubatura pomieszczenia [ $m^3$ ]

#### 4. Masowe natężenie przepływu powietrza przez pomieszczenie $\dot{m}_p$

$$\dot{m}_p = \rho \cdot \dot{V}_p = 1,2 \cdot \dot{V}_p \quad \left[\frac{kg}{h}\right]$$

gdzie:

$\rho_p$  – gęstość powietrza [ $kg/m^3$ ], do obliczeń przyjąć 1,2

$\dot{V}_p$  – objętościowe natężenie przepływu powietrza przez pomieszczenie [ $m^3/h$ ]

## 5. Moc wymiennika przeponowego $\dot{Q}_N$ : nagrzewnicy, chłodnicy

### a) po stronie powietrza

$$\dot{Q}_{N,CH} = \dot{m} \cdot (i_2 - i_1) = \dot{V} \cdot \rho \cdot (i_2 - i_1) \text{ [kW]}$$

gdzie:

$i_2$  – entalpia powietrza za wymiennikiem [kJ/kg]

$i_1$  – entalpia powietrza przed wymiennikiem [kJ/kg]

$\dot{V}$  – wielkość strumienia powietrza [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$\rho$  – gęstość powietrza [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ], do obliczeń przyjąć 1,2  $\text{kg}/\text{m}^3$

$\dot{m}$  – masowe natężenie przepływu powietrza przez wymiennik [kg/s]

### b) po stronie wody

$$\dot{Q}_{N,CH} = \dot{m}_w \cdot c \cdot \Delta T \text{ [kW]}$$

gdzie:

$\dot{m}_w$  – masowe natężenie przepływu wody przez wymiennik [kg/s]

$c$  – ciepło właściwe wody [kJ/(kg K)], do obliczeń należy przyjąć 4,2 kJ/(kg K)

$\Delta T$  – różnica temperatury wody zasilającej i powrotnej [K]

## 6. Wydajność nawilzacza $\dot{m}_N$

$$\dot{m}_N = \dot{V} \cdot \rho_p \cdot (x_1 - x_2) \text{ [kg/h]}$$

gdzie:

$\dot{V}$  – wielkość strumienia powietrza [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$\rho_p$  – gęstość powietrza [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ], do obliczeń przyjąć 1,2  $\text{kg}/\text{m}^3$

$x_1$  – zawartość pary wodnej w powietrzu za nawilżaczem [kg/kg<sub>p</sub>]

$x_2$  – zawartość pary wodnej w powietrzu przed nawilżaczem [kg/kg<sub>p</sub>]

## 7. Sprawność temperaturowa krzyżowego wymiennika ciepła $\eta_t$

$$\eta_t = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1} \cdot 100 \text{ [%]}$$

gdzie:

$t_1$  – temperatura powietrza zewnętrznego [°C]

$t_2$  – temperatura powietrza nawiewanego do pomieszczenia (bezpośrednio za wymiennikiem) [°C]

$t_3$  – temperatura powietrza wywiewanego z pomieszczenia (temperatura za wymiennikiem) [°C]

**Miejsce na obliczenia niepodlegające ocenie**



