

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

Symbol 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.04-01-24.06-SG

EGZAMIN ZAWODOWY

Rok 2024

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 12 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!

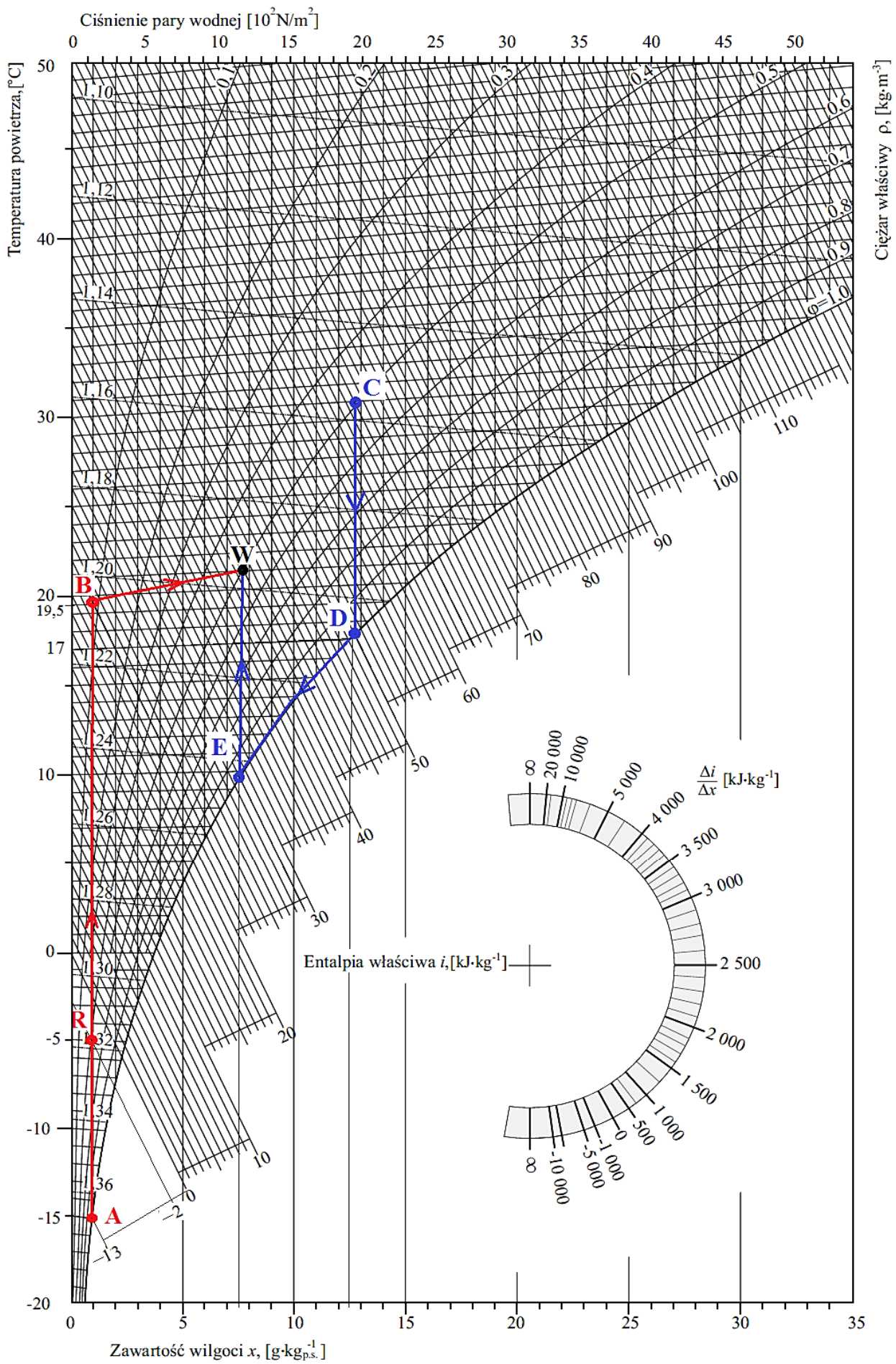
* w przypadku braku numeru PESEL – seria i numer paszportu lub innego dokumentu potwierdzającego tożsamość

Tabela 1. Zestawienie elementów instalacji klimatyzacji obsługującej pomieszczenie

Nazwa elementu	Oznaczenie na Rysunku 1
Część nawiewna instalacji	
Przepustnica	P
Filtr wstępny (I° filtracji) klasy G4	F1
Obrotowy (rotacyjny) wymiennik ciepła bez złoża pochłaniającego wilgoć	WR
Nagrzewnica wodna wstępna	N1
Chłodnica wodna	CH
Nagrzewnica wodna wtórna	N2
Nawilżacz parowy	NP
Wentylator nawiewny	WN
Falownik wentylatora nawiewnego	FALN
Filtr dokładny (II° filtracji) klasy F7	F2
Kratka nawiewna o wymiarach 0,8 m x 0,4 m	K1
Kratka nawiewna o wymiarach 0,8 m x 0,4 m	K2
Kratka nawiewna o wymiarach 0,8 m x 0,4 m	K3
Czujnik temperatury powietrza zewnętrznego	T Z
Czujnik wilgotności powietrza zewnętrznego	H Z
Czujnik temperatury powietrza za wymiennikiem obrotowym	T 1
Czujnik temperatury powietrza za nagrzewnicą wodną wstępną	T 2
Czujnik temperatury powietrza za chłodnicą wodną	T 3
Czujnik temperatury powietrza za nagrzewnicą wodną wtórną	T 4
Czujnik temperatury powietrza za nawilżaczem	T 5
Czujnik wilgotności powietrza za chłodnicą wodną	H 6
Czujnik wilgotności powietrza za nagrzewnicą wodną wtórną	H 7
Czujnik wilgotności powietrza za nawilżaczem	H 8
Czujnik prędkości przepływu powietrza w przewodzie wentylacyjnym	V
Przewód wentylacyjny nawiewny za filtrem F2	PWN
Presostat na filtrze wstępnym	a
Presostat na wentylatorze nawiewnym	b
Presostat na filtrze dokładnym	c
Pomieszczenie	
Czujnik temperatury powietrza wewnętrznego	T 6
Czujnik wilgotności powietrza wewnętrznego	H 9
Czujnik różnicy ciśnienia pomiędzy pomieszczeniami	Δp
Czujnik stężenia zanieczyszczeń	S
Część wywiewna instalacji	
Kratka wywiewna o wymiarach 0,6 m x 0,4 m	W1
Kratka wywiewna o wymiarach 0,6 m x 0,4 m	W2
Kratka wywiewna o wymiarach 0,6 m x 0,4 m	W3
Przepustnica 1	P1
Przepustnica 2	P2
Przewód wentylacyjny wywiewny za przepustnicą a przed filtrem wywiewnym	PWW
Filtr wywiewny klasy G4	FW
Obrotowy (rotacyjny) wymiennik ciepła bez złoża pochłaniającego wilgoć	WR
Wentylator wywiewny	WW
Falownik wentylatora wywiewnego	FALW
Czujnik temperatury powietrza za wymiennikiem ciepła	T 10
Presostat na filtrze wywiewnym	d
Presostat na wentylatorze wywiewnym	e

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

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



Rysunek 2. Wykres Moliera: obróbka ciepno – wilgotnościowa powietrza realizowana przez instalację klimatyzacyjną w okresie letnim i zimowym

Obsługiwane przez instalację klimatyzacyjną pomieszczenie ma następujące wymiary liniowe: długość 20,00 m, szerokość 10,00 m, wysokość 3,00 m.

Nagrzewnice wodne instalacji klimatyzacyjnej zasilane są ciepłą wodą technologiczną, która po stronie zasilania ma temperaturę 80 °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 przemienniki częstotliwości (falowniki). Oczyszczanie powietrza odbywa się poprzez dwustopniowy układ filtracji. W pomieszczeniu utrzymywane jest nadciśnienie, stanowiące barierę ochronną przed wnikaniem zanieczyszczeń do pomieszczenia. W celu obniżania stężenia zanieczyszczeń wewnętrznych instalacja klimatyzacji pracuje z określoną wydajnością.

W Tabeli 2 przedstawiono wymagane parametry, które powinny być zachowane w pomieszczeniu obsługiwany przez instalację klimatyzacji.

Tabela 2. Parametry wymagane

Lp.	Parametry powietrza wymagane w pomieszczeniu	Wartość i jednostka
1.	Temperatura	21 °C (+/- 1 °C)
2.	Wilgotność względna	50 % (+/- 5%)
3.	Maksymalne stężenie zanieczyszczeń	1,0 mg/m ³
4.	Minimalna krotność wymian	8 h ⁻¹
5.	Nadciśnienie względem otoczenia	+10 Pa (+/- 5 Pa)

Zgodnie z obowiązującymi przepisami instalacja powinna być czyszczona 1 raz w roku. Ostatnie czyszczenie i dezynfekcja instalacji odbyło się 6 miesięcy przed obecnym (dzisiejszym) przeglądem. Podczas obecnego przeglądu aktualnie istniejące sygnały sterowania i sygnalizacji przedstawiono w Tabeli 3.

W Tabeli 4 przedstawiono wybrane wyniki pomiarów.

Tabela 3. Aktualne sygnały układu sterowania i sygnalizacji

Lp.	Sygnal	Wartość sygnału
1.	Presostat na filtrze wstępnym nawiewu	1
2.	Presostat na wentylatorze nawiewnym	0
3.	Presostat na filtrze dokładnym nawiewu	0
4.	Wysterowanie obrotów na falowniku wentylatora nawiewnego	90%
5.	Presostat na filtrze wywiewnym	1
6.	Presostat na wentylatorze wywiewnym	0
7.	Wysterowanie obrotów na falowniku wentylatora wywiewnego	90%
Stan normalny = 0 Stan awaryjny = 1		

Tabela 4. Wyniki pomiarów

Lp.	Pomiar	Wynik pomiaru		Jednostka
		Lato	Zima	
1.	Temperatura powietrza za wymiennikiem obrotowym T 1	----	-5	°C
2.	Temperatura powietrza za wymiennikiem obrotowym T10	----	15	°C
3.	Prędkość przepływu powietrza w przewodzie wentylacyjnym V	6,0	6,0	m/s
4.	Stężenie zanieczyszczeń w pomieszczeniu	0,2	0,3	mg/m ³
5.	Różnica ciśnienia pomiędzy pomieszczeniami	+12	+12	Pa
6.	Prędkość wypływu powietrza z kratki K1	1,0	1,0	m/s
7.	Prędkość wypływu powietrza z kratki K2	1,5	1,5	m/s
8.	Prędkość wypływu powietrza z kratki K3	2,0	2,0	m/s
9.	Prędkość wypływu powietrza z kratki wywiewnej W1	1,8	1,8	m/s
10.	Prędkość wypływu powietrza z kratki wywiewnej W2	2,0	2,0	m/s
11.	Prędkość wypływu powietrza z kratki wywiewnej W3	2,1	2,1	m/s

Zlecenie naprawy agregatu wody lodowej polegało na wymianie termostatycznego zaworu rozprężnego z uszkodzoną kapilarą zaworu. Ponadto konieczna była regulacja zaworu w celu uzyskania właściwego przegrzania par czynnika chłodniczego.

Na Rysunku 3 przedstawiono wskazanie manometru niskiego ciśnienia podczas pracy agregatu wody lodowej po jego naprawie i regulacji termostatycznego zaworu rozprężnego w celu uzyskania odpowiedniego przegrzania par czynnika chłodniczego R134a. Temperatura rzeczywista w punkcie pomiaru ciśnienia dla czynnika opuszczającego parownik wynosi 4,5 °C.



Rysunek 3. Wskazanie manometru niskiego ciśnienia

Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.

Ocenie podlegać będzie 5 rezultatów:

- procesy obróbki ciepłno – wilgotnościowej powietrza i punktów charakterystycznych – Tabela 5,
- odczytane i obliczone wartości parametrów powietrza – Tabela 6,
- zalecenia eksploatacyjne – Tabela 7,
- porównane parametry wymagane i rzeczywiste (obliczeniowe i pomiarowe) oraz podsumowany protokół przeglądu instalacji klimatyzacji – Tabela 8,
- kolejność wykonania naprawy agregatu wody lodowej i obliczona wartość przegrzania par czynnika chłodniczego – Tabela 9.

Wpisz do Tabeli 5 odpowiednie nazwy procesów obróbki ciepłno - wilgotnościowej powietrza nawiewanego do pomieszczenia na podstawie wykresu Molliera Rysunek 2.

Uwaga: należy wpisać w odpowiedniej kolejności nazwy procesów i punktów charakterystycznych podanych u dołu tabeli

Tabela 5. Procesy obróbki powietrza

Lp.	Odcinek lub punkt charakterystyczny na wykresie Molliera	Nazwa obróbki ciepłno – wilgotnościowej powietrza lub punktu charakterystycznego na wykresie
1.	Odcinek A – R	
2.	Odcinek R – B	
3.	Odcinek B – W	
4.	Odcinek C – D	
5.	Odcinek D – E	
6.	Odcinek E – W	
7.	Punkt A	
8.	Punkt W	
9.	Punkt C	
10.	Punkt D	
<p>Nazwy do wpisania w tabeli w odpowiedniej kolejności: punkt rosy, ogrzewanie na wymienniku obrotowym, nawilżanie parowe, ogrzewanie nagrzewnicą wstępną, ogrzewanie nagrzewnicą wtórną, chłodzenie, wykraplanie wilgoci, parametry powietrza zewnętrznego latem, parametry powietrza zewnętrznego zimą, parametry powietrza w pomieszczeniu</p>		

Odczytaj, oblicz i wpisz do Tabeli 6 wskazane parametry

Uwaga: wartości odczytane wpisz z dokładnością do 0,1; wartości obliczone wpisz z dokładnością do 0,01. Do obliczeń wykorzystaj Załącznik 1 z wzorami dołączony do zadania.

Tabela 6. Odczytane i obliczone wartości parametrów powietrza

Lp.	Parametr odczytany	Wartość odczytana	
		wpisz z dokładnością do 0,1	
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 początku procesu ogrzewania powietrza w okresie zimowym (końca odzysku ciepła)		kJ/kg
17.	Entalpia końca procesu ogrzewania powietrza w okresie zimowym		kJ/kg
18.	Zawartość wilgoci za nagrzewnicą wstępną w okresie zimowym		g/kg
19.	Zawartość wilgoci za nawilżaczem powietrza w okresie zimowym		g/kg
20.	Temperatura powietrza na końcu procesu ogrzewania w okresie zimowym		°C
	Nazwa obliczanej wartości	Wartości obliczone	
		wpisz z dokładnością do 0,01	
21.	Kubatura pomieszczenia		m ³
22.	Powierzchnia kratki wentylacyjnej nawiewnej K1		m ²
23.	Powierzchnia kratki wentylacyjnej nawiewnej K2		m ²
24.	Powierzchnia kratki wentylacyjnej nawiewnej K3		m ²
25.	Powierzchnia kratki wywiewnej W1		m ²
26.	Powierzchnia kratki wywiewnej W2		m ²
27.	Powierzchnia kratki wywiewnej W3		m ²
28.	Objętościowe natężenie przepływu powietrza przez kratkę K1		m ³ /h
29.	Objętościowe natężenie przepływu powietrza przez kratkę K2		m ³ /h
30.	Objętościowe natężenie przepływu powietrza przez kratkę K3		m ³ /h
31.	Objętościowe natężenie przepływu powietrza przez kratkę W1		m ³ /h
32.	Objętościowe natężenie przepływu powietrza przez kratkę W2		m ³ /h
33.	Objętościowe natężenie przepływu powietrza przez kratkę W3		m ³ /h
34.	Objętościowe natężenie przepływu powietrza nawiewanego (K1+K2+K3)		m ³ /h

35.	Objętościowe natężenie przepływu powietrza wywiewanego (W1+W2+W3)		m ³ /h
36.	Masowe natężenie przepływu powietrza nawiewanego (w obliczeniach przyjmij gęstość powietrza $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$)		kg/h
37.	Masowe natężenie przepływu powietrza nawiewanego		kg/s
38.	Krotność wymian powietrza w pomieszczeniu		h ⁻¹
39.	Sprawność temperaturowa obrotowego wymiennika ciepła		%
40.	Moc chłodnicy wodnej		kW
41.	Moc nagrzewnicy wodnej pierwotnej		kW
42.	Moc nagrzewnicy wodnej wtórnej		kW
43.	Wydajność nawilżacza parowego		kg wody/h
44.	Ilość wykroplonej wody z powietrza podczas osuszania		kg wody/h

Wpisz do Tabeli 7 zalecenia eksploatacyjne

Tabela 7. Zalecenia eksploatacyjne

Lp.	Element instalacji	TAK/NIE*
1.	Wymiana filtra wstępnego F1 (klasy G4)	
2.	Wymiana presostatu na wentylatorze nawiewnym	
3.	Wymiana filtra dokładnego F2 (klasy F7)	
4.	Wymiana filtra wywiewnego FW (klasy G4)	
5.	Wymiana presostatu na wentylatorze wywiewnym	
6.	Zwiększenie obrotów wentylatora nawiewnego	
7.	Zwiększenie obrotów wentylatora wywiewnego	
8.	Natychmiastowe czyszczenie i dezynfekcja instalacji	

*Wpisz TAK lub NIE

Porównaj wymagania zawarte w Tabeli 2 z otrzymanymi rzeczywistymi wynikami pomiarów i obliczeń, a następnie uzupełnij Tabelę 8 oraz podsumowanie protokołu przeglądu instalacji klimatyzacji

Tabela 8. Porównanie parametrów wymaganych i rzeczywistych (obliczeniowych i pomiarowych)

Lp.	Parametry powietrza wymagane w pomieszczeniu	Wartość i jednostka wymagana	Wartość i jednostka rzeczywista	Spełnienie wymagań TAK/NIE**
1.	Temperatura powietrza wewnętrznego w pomieszczeniu	21 °C (+/- 1 °C)		
2.	Wilgotność względna powietrza wewnętrznego w pomieszczeniu	50 % (+/- 5%)		
3.	Maksymalne stężenie zanieczyszczeń	1,0 mg/m ³		
4.	Minimalna krotność wymian	8 h ⁻¹		
5.	Nadciśnienie względem otoczenia	+10 Pa (+/- 5 Pa)		

Podsumowanie protokołu przeglądu instalacji klimatyzacji

Instalacja klimatyzacji pomieszczenia **spełnia / nie spełnia*** wymagania wskazane z Tabeli 2.
Instalacja klimatyzacji **jest / nie jest*** dopuszczona do dalszej eksploatacji.

* *niepotrzebne skreślić*

**wpisz TAK lub NIE

Wpisz w Tabeli 9 prawidłową kolejność wykonania naprawy agregatu wody lodowej polegającej na wymianie termostatycznego zaworu rozprężnego oraz wartość obliczonego przegrzania

Uwaga: należy wpisać w odpowiedniej kolejności nazwy czynności podanych pod tabelą oraz nazwy odpowiedniego sprzętu dla danej czynności

Tabela 9. Kolejność wykonania naprawy agregatu wody lodowej

Lp.	Nazwy czynności (wpisz prawidłową kolejność)	Nazwy niezbędnego sprzętu (wpisz prawidłowy sprzęt dla czynności)
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		

Nazwy czynności do wpisania w komórki tabeli (kolumna „Nazwy czynności”) w odpowiedniej kolejności:

- Napełnienie układu czynnikiem chłodniczym
- Wykonanie próby szczelności
- Montaż nowego zaworu
- Wyłączenie zasilania, zamknięcie zaworów serwisowych w agregacie skraplającym
- Demontaż uszkodzonego zaworu
- Uruchomienie i regulacja
- Odzyskanie czynnika chłodniczego
- Wykonanie próżni

Nazwy zestawów sprzętu do wpisania w tabeli w odpowiednie komórki (kolumna „Nazwy niezbędnego sprzętu”):

- Zestaw kluczy
- Klucze do zaworów serwisowych
- Wkrętak do regulacji zaworu
- Oprawa manometrów z węzami, butla, waga
- Pompa próżniowa, oprawa manometrów z węzami
- Nóż obcinak, gratownik, kielicharka, zestaw kluczy
- Stacja odzysku, oprawa manometrów z węzami, butla, waga
- Butla z azotem i reduktorem ciśnienia, oprawa manometrów z węzami

Oblicz wartość przegrzania par czynnika chłodniczego po naprawie agregatu wody lodowej

..... [K]
tu wpisz obliczoną wartość przegrzania

Miejsce na obliczenia niepodlegające ocenie

WZORY

Parametr	Wzór	Objaśnienia	Uwagi
Krotność wymian powietrza k	$k = \frac{V}{V_p} \left[\frac{1}{h} \right]$	V – objętościowy strumień powietrza nawiewanego [m^3/h] V_p – kubatura pomieszczenia [m^3]	
Objętościowe natężenie przepływu powietrza V przez kratkę wentylacyjną	$V = w \cdot A \left[\frac{m^3}{s} \right]$	A – powierzchnia przekroju kratki wentylacyjnej [m^2] w – prędkość przepływu powietrza przez kratkę wentylacyjną [m/s]	
Masowe natężenie przepływu powietrza \dot{m}	$\dot{m} = V \cdot \rho \left[\frac{kg}{s} \right]$	V – objętościowe natężenie przepływu [m^3/s] ρ – gęstość powietrza [kg/m^3]	
Moc wymiennika przeponowego $\dot{Q}_{N,CH}$: nagrzewnicy, chłodnicy	$\dot{Q}_{N,CH} = \dot{m} \cdot (i_2 - i_1) = V \cdot \rho \cdot (i_2 - i_1) \text{ [kW]}$	i_2 – entalpia powietrza za wymiennikiem [kJ/kg] i_1 – entalpia powietrza przed wymiennikiem [kJ/kg] \dot{V} – wielkość strumienia powietrza [m^3/s] ρ – gęstość powietrza [kg/m^3] \dot{m} – masowe natężenie przepływu powietrza przez wymiennik [kg/s]	do obliczeń przyjmując $\rho = 1,2 \frac{kg}{m^3}$
Wydajność nawilżacza \dot{W}	$\dot{W} = V \cdot \rho \cdot (x_1 - x_2) = \dot{m} \cdot (x_1 - x_2) \text{ [kg/h]}$	V – objętościowy strumień powietrza [m^3/h] \dot{m} – masowy strumień powietrza [kg/h] ρ – gęstość powietrza [kg/ m^3], x_1 – zawartość pary wodnej w powietrzu za nawilżaczem [kg/kg _p] x_2 – zawartość pary wodnej w powietrzu przed nawilżaczem [kg/kg _p]	
Ilość wykraplanej wilgoci z powietrza \dot{m}_w	$\dot{m}_w = V \cdot \rho \cdot (x_2 - x_1) = \dot{m} \cdot (x_2 - x_1) \text{ [kg/h]}$	V – objętościowy strumień powietrza [m^3/h] \dot{m} – masowy strumień powietrza [kg/h] ρ – gęstość powietrza [kg/ m^3] x_1 – zawartość pary wodnej w powietrzu za chłodnicą [kg/kg _p] x_2 – zawartość pary wodnej w powietrzu przed chłodnicą [kg/kg _p]	
Sprawność temperaturowa wymiennika odzysku ciepła η_t	$\eta_t = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1} \cdot 100 \text{ [%]}$	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 w pomieszczeniu) [°C]	

