



AUDYT EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ

4 Wojskowy Szpital Kliniczny z Polikliniką SP ZOZ
we Wrocławiu – system wentylacji i klimatyzacji
oddziałów Hemodynamiki i Elektrofizjologii

Adres budynku:

ul. R. Weigla 5
50-981 Wrocław

Wykonawcy audytu:

mgr inż. Igor Kwiatkowski
mgr inż. Joanna Szczepaniak

Wrocław, grudzień 2017

1. Strona tytułowa audytu

TABELA NR 1. STRONA TYTUŁOWA AUDYTU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ			
DANE IDENTYFIKACYJNE BUDYNKU			
Rodzaj budynku	Obiekt użyteczności publicznej	Rok budowy	lata 30-te XX w.
Inwestor	4 Wojskowy Szpital Kliniczny z Polikliniką SP ZOZ kompleks 2857	Adres budynku	ul. R. Weigla 5 50-981 Wrocław
NAZWA, NR REGON I ADRES PODMIOTU WYKONUJĄCEGO AUDYT			
ASIG Igor Kwiatkowski Ul. Kosynierów Gdyńskich 67/2 51-686 Wrocław Regon: 361807384			
IMIĘ I NAZWISKO, NR PESEL ORAZ ADRES ZAMIESZKANIA AUDYTORA KOORDYNUJĄCEGO WYKONANIE AUDYTU, POSIADANE KWALIFIKACJE, PODPIS			
mgr inż. Joanna Szczepaniak, PESEL: 88041309100, ul. Hirszfelda 43/5, 55-220 Jelcz-Laskowice, uprawnienia do wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej oraz audytów energetycznych – ukończone studia podyplomowe			
WSPÓŁAUTORZY AUDYTU: IMIONA, NAZWISKA, ZAKRES PRAC, POSIADANE KWALIFIKACJE, PODPIS			
mgr inż. Igor Kwiatkowski –wykonanie obliczeń w programie AUDYTOR OZC, uprawnienia do wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej oraz audytów energetycznych – ukończone studia podyplomowe			
MIEJSCOWOŚĆ: Wrocław		DATA WYKONANIA OPRACOWANIA: 21.12.2017 r.	
SPIS TREŚCI:			

Spis treści

1. Strona tytułowa audytu	2
2. Karta audytu	4
3. Dokumenty i dane źródłowe wykorzystane przy opracowaniu audytu oraz wytyczne i uwagi inwestora	6
Dokumentacja projektowa	6
Inne dokumenty	6
Wizja lokalna	6
Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi inwestora	7
Wielkość środków własnych inwestora przeznaczonych na pokrycie kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	7
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku, ocena aktualnego stanu technicznego	8
Analiza jakościowa przebiegów prądowych	20
5. Obliczenia zapotrzebowania na energię	24
Stan istniejący	24
Stan po termomodernizacji	25

2. Karta audytu

TABELA NR 2. KARTA AUDYTU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ				
KARTA AUDYTU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ		Data wykonania	15.12.2017	
PODSTAWOWE INFORMACJE DOTYCZĄCE PRZEDSIĘWZIĘCIA SŁUŻĄCEGO POPRAWIE EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ				
Przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej		Modernizacja systemu wentylacji i klimatyzacji ze szczególnym uwzględnieniem kwestii agregatu wody lodowej		
Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej		Planowana jest modernizacja układów KN1/KW1, KN2/KW2 (wraz z nawilżaczami) zasilających Oddziały Hemodynamiki i Elektrofizjologii oraz wymiana instalacji doprowadzania i odprowadzania chłodu do central, agregatu wody lodowej i AKPiA		
Dane podmiotu lub podmiotu upoważnionego, u którego zostanie zrealizowane przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej		4 Wojskowy Szpital Kliniczny z Polikliniką SP ZOZ kompleks 2857		
Data rozpoczęcia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej albo planowana data rozpoczęcia przedsięwzięcia	Planowana data zakończenia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej	Data zakończenia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej	Wyrażony w latach kalendarzowych okres uzyskiwania oszczędności	
-	-	-	-	
Parametry służące poprawie efektywności energetycznej (na podstawie audytu efektywności energetycznej)				
Średnioroczna oszczędność energii finalnej:	13 389,47 [kWh/rok]	1,15 [toe/rok]		
Średnioroczna oszczędność nieodnawialnej energii pierwotnej:	40 168,41 [kWh/rok]	3,45 [toe/rok]		
Szacowana wielkość redukcji emisji CO ₂		36,71 [Mg/rok]		
Dane sporządzającego audyt efektywności energetycznej				
Imię i nazwisko	mgr inż. Igor Kwiatkowski mgr inż. Joanna Szczepaniak			
Nr uprawnień	Nie dotyczy			
Nr telefonu	697 960 663, 665 297 275			
podpis				

Charakterystyka technologiczna		
Wyszczególnienie	Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
Zapotrzebowanie na ciepło [kW]	93,01	73,43
Zapotrzebowanie na chłód [kW]	18,55	15,90
Zapotrzebowanie na energię elektryczną [kW]	12,58	10,97
Charakterystyka energetyczna		
Przepływ powietrza – nawiew [m ³ /h]	6 875,04	7 400
Przepływ powietrza – wywiew [m ³ /h]	6 493,26	7 100
Zapotrzebowanie na energię końcową [kWh/rok]	67 200	53 810,53
Sprawność eksploatacyjna [%]	82	94
Zużycie energii pierwotnej [Gj/rok]	725,76	581,15

3. Dokumenty i dane źródłowe wykorzystane przy opracowaniu audytu oraz wytyczne i uwagi inwestora

Dokumentacja projektowa

- Dokumentacja techniczna instalacji

Inne dokumenty

- Ustawa z dnia 21 listopada o wspieraniu termomodernizacji i remontów – Dz.U. nr 223, poz. 1459
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17.03.2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego – Dz.U. nr 43, poz. 346
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie – Dz.U. nr 75, poz. 690 z późn. zm.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27.02.2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej, Dz. U. poz. 376
- Normy obowiązujące w dniu sporządzania audytu
- Opinia konserwatora zabytków, dotycząca możliwości wykonania usprawnień termomodernizacyjnych
- Aktualne ceny nośnika energii cieplnej
- Program komputerowy Audytor OZC wersja 6.9

Wizja lokalna

- 25.11.2017

Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi inwestora

Przedmiot zamówienia dotyczy określenia wytycznych inwestycji modernizacyjno – odtworzeniowych a Wykonawca w ramach zadania zobowiązany jest do analizy kwestii agregatów wody lodowej – zapewnienie stabilność energooszczędności pracy przez zastosowanie agregatu wody lodowej z:

- dwoma niezależnymi obiegami zasilanymi sprężarkami inwerterowymi i sprężarkami ON/OFF;
- funkcją odwróconego obiegu – agregat działa na zasadzie pompy ciepła;
- funkcją free cooling;
- analiza kwestii wymiany instalacji doprowadzenia i odprowadzenia chłodu do central, agregatu wody lodowej i AKPiA

Wielkość środków własnych inwestora przeznaczonych na pokrycie kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

- Wkład własny w wysokości maksymalnie 160 000 zł

4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku, ocena aktualnego stanu technicznego

Opracowanie dotyczy dwóch układów systemu wentylacji i klimatyzacji Oddziałów Hemodynamiki i Elektrofizjologii w 4 Wojskowym Szpitalu Klinicznym we Wrocławiu przy ul. Weigla 5.

Układ Hemodynamiki: KN1/KW1 obsługuje pomieszczenia: dwie sale zabiegowe pom. nr 14 i 16, wraz z pomieszczeniami towarzyszącymi (pom. nr 12, 13, 15 i 18).

Przybliżona długość i przekrój kanałów:

Nawiew: 600x400, długość: 45 m

Wywiew: 600x600, długość: 40 m

Filtry absolutne:

wymiary: 305x610x150	typ: FA-13/50	klasa filtru H13	liczba 8 szt.
wymiary: 305x610x78	typ: FA-13/50	klasa filtru H13	liczba 1 szt.
wymiary: 305x305x80	typ: FA-80/K	klasa filtru H13	liczba 1 szt.
wymiary: 457x457x80	typ: FA-80/K	klasa filtru H13	liczba 2 szt.

Układ Elektrofizjologii: KN2/KW2 obsługuje pomieszczenia: dwie sale zabiegowe pom. nr 19 i 227, wraz z pomieszczeniami towarzyszącymi (pom. nr 26, 20, 21 i 23).

Przybliżona długość i przekrój kanałów:

Nawiew: 600x400, długość: 40 m

Wywiew: 400x450, długość: 35 m

Filtry absolutne

wymiary: 305x610x150	typ: FA-13/50	klasa filtru H13	liczba 4 szt.
wymiary: 305x610x78	typ: FA-13/50	klasa filtru H13	liczba 4 szt.

III. pomieszczenia - NW1 Korytarz

Nawiew: kanały o średnicy 200 mm o długości 20,0 m

W obu układach zastosowano pełną klimatyzację z nawilżaniem, odzyskiem ciepła i trzema stopniami filtracji.

Układ ciśnień w poszczególnych pomieszczeniach ma za zadanie utrzymanie nadciśnienia w salach zabiegowych oraz odpowiednio ukierunkować przepływ powietrza. Przepływa ono od sal zabiegowych do korytarzy poprzez kratki nadciśnieniowe montowane w ścianach pomieszczeń.

W pomieszczeniu technicznym nr 17, ze względu na duże zyski ciepła oraz wytyczne producenta urządzeń medycznych, zastosowano klimatyzator typu Split, którego zadaniem jest odprowadzenie nadmiaru ciepła i utrzymanie w pomieszczeniu wymaganej temperatury.

W celu zasymilowania zysków ciepła i wilgoci oraz utrzymania założonych parametrów powietrze nawiewane do pomieszczeń jest oczyszczane, nawilżane, chłodzone/ podgrzewane. Uzdatnianie powietrza odbywa się w centralach klimatyzacyjnych w wykonaniu higienicznym. Do utrzymania stałej wydajności powietrza zastosowano w centralach nawiewnych i wywiewnych silniki z falownikami. Powietrze zewnętrzne oczyszczane jest na trzech stopniach filtracji: pierwszy – wstępny (w centrali wentylacyjnej), drugi – dokładny (w centrali wentylacyjnej), trzeci tzw. filtr absolutny H13 (nawiewniki ściennie).

W okresie letnim i przejściowym powietrze w miarę potrzeby schładzane jest w chłodnicy glikolowej i ewentualnie dogrzewane w nagrzewnicach elektrycznych kanałowych do temperatury nawiewu. Zastosowano centrale z pośrednim odzyskiem ciepła, w którym czynnikiem odbierającym i przekazującym ciepło jest 30% roztwór glikolu (antifrogen N) o parametrach 6/12°C.

Czynnik chłodniczy zasila chłodnice w centralach klimatyzacyjnych poprzez węzły regulacyjne z zaworem trójdrogowym z napędem elektrycznym. Między centralami nawiewnymi i wywiewnymi należy wykonać instalację odzysku ciepła z czynnikiem pośrednim.

Regulacja temperatury powietrza klimatyzującego poszczególnych układów odbywa się przy pomocy regulatorów, z czujnikami kanałowymi, wbudowanymi w kanały wywiewne i nawiewne. Utrzymanie temperatury zadanej w pomieszczeniu odbywa się poprzez grzanie lub chłodzenie powietrza nawiewanego. Za grzanie odpowiadają nagrzewnice wodne i elektryczne,

sterowane zaworem trójdrogowym lub regulatorem wydajności cieplnej, natomiast za chłodzenie odpowiadają chłodnice, regulowane zaworami trójdrogowymi mieszającymi montowanymi na czynnikuziębiczym (roztwórglikolu). Zawory te wyposażone są w serwomotory zamykające lub otwierające przepływ czynnika.

Maszynownia klimatyzacyjna usytuowana jest na strychu – III piętro. Agregat wody lodowej umieszczony na dworze na poziomie gruntu. W budynku zainstalowano pompę obiegową, wtłaczającą wodę lodową na górę do maszynowni.

Zastosowane urządzenia:

- Centrale klimatyzacyjne nawiewne i wywiewne typu KWH firmy AW-KLIMA, w wykonaniu higienicznym.
- Elementy nawiewne – nawiewniki ściennie z filtrem absolutnym, typ F670, firmy TROX, anemostaty okrągłe typ CKT firmy Venture Industries
- Elementy wywiewne – kratki wywiewne typ AT-AG firmy TROX, anemostaty okrągłe typ CKK firmy Venture Industries
- Tłumiki akustyczne kulisowe prostokątne typ MSA 200 oraz okrągłe typ CA firmy TROX na kanałach nawiewnych i wywiewnych.
- Nawilżacze elektryczne i wodne, zasilane ciepłem z instalacji centralnego ogrzewania. W okresie przejściowym i letnim nagrzewnice elektryczne z ciągłą regulacją wydajności cieplnej, zamontowane na kanałach nawiewnych
- Agregat chłodniczy JWA 072 S/Z/P + SPU w wykonaniu cichym SL firmy KTK Klimatechnik. Urządzenie wyposażone w zbiornik buforowy o pojemności 400 litrów, naczynie wzbiórcze typu Reflex, podwójną pompę, czujnik przepływu, odpowietrznik, manometry oraz zawory odcinające. Agregat ustawiony na zewnątrz budynku na terenie zielonym. Dobrano agregat chłodniczy firmy KTK Klimatechnik typ JWA 072 o mocy 60 kW (zapotrzebowanie na chłodzenie wynosi 55,64 kW, sprawność instalacji na poziomie 0,92).

Instalację kanałową wykonano z blachy ocynkowanej łączonej na kołnierze w systemie niemieckim z uszczelkami samoprzylepnymi w klasie szczelności B. Całość instalacji

zaizolowana za pomocą wełny mineralnej o grubości 30 mm w pomieszczeniach i 50 mm w maszynowni z płaszczem z folii aluminiowej.

Poniżej przedstawiono zapotrzebowanie na ciepło, chłód i parę przedstawionych wyżej układów:

Nr układu	Zapotrzebowanie			
	Ciepła [kW]	Chłodu [kW]	Powietrza [m³/h]	Pary [kg/h]
KN1	40,82	32,15	4 330	41,6
KW1	-	-	3 830	-
KN2	28,94	23,49	3 070	29,5
KW2	-	-	3 270	-
SUMA	69,76	55,64	14 500	44,1

W tabeli na kolejnej stronie przedstawiono projektowe ilości powietrza dla klimatyzacji



Nr pom.	Nazwa pomieszczenia	Kubatura	Temp.	Nawiew			Wywiew		
				V _N [m³/h]	K _N [wym./h]	Nr zładu	V _W [m³/h]	K _W [wym./h]	Nr zładu
14	Sala zabiegowa	95	22-25	1420	15	KN1	1210	12,75	KW1
15	Sterownia	30	22-25	300	10	KN1	280	9,5	KW1
16	Sala zabiegowa	85	22-25	1280	15	KN1	1090	12,75	KW1
18	Boks przygotowania pacjenta	67	22-25	800	12	KN1	760	11,4	KW1
12	Pom. przygotowania lekarzy	23	22-25	230	10	KN1	210	9	KW1
13	Korytarz	70	22-25	300	4,3	KN1	280	-	KW1
19	Sala zabiegowa kardiowertery	87	22-25	1040	12	KN2	880	10,2	KW2
20	Pom. przygotowania lekarzy	30	22-25	300	10	KN2	270	9	KW2
21	Wstępne mycie narzędzi	24	22-25	170	7	KN2	170	7	KW2
22	Sala zabiegowa stymulatory	90	22-25	1080	12	KN2	920	10,2	KW2
26+1	Korytarz + Hol	180	22-25	300+600	5	KN2	850	4,75	KW2
23	Pokój obserwacyjno-biurowy	36	22-25	180	5	KN2	180	5	KW2
SUMA				7 400	-	-	7 100	-	-

Zgodnie z informacjami uzyskanymi od Inwestora, system wentylacji i klimatyzacji nie działa poprawnie, występuje problem z ustabilizowaniem ilości nawiewanego i wywiewanego powietrza z pomieszczeń oraz z uzyskaniem stałej wilgotności w pomieszczeniach. Za pomocą urządzenia pomiarowego TESTO 435 (Wielofunkcyjny przyrząd pomiarowy) dokonano sprawdzenia przepływów powietrza w wymienionych wyżej pomieszczeniach.

Z przeprowadzonych pomiarów uzyskano wyniki, przedstawione w tabeli na następnej stronie. Zgodnie z nimi, w pomieszczeniach panuje niższa niż założona temperatura, jednakże może to być spowodowane brakiem przeprowadzanych zabiegów w czasie pomiarów. Zarówno zmierzony nawiew, jak i wywiew powietrza z pomieszczeń jest mniejszy niż projektowany.

Również wilgotność panująca w pomieszczeniach różni się, w zależności od układu obsługującego dane pomieszczenia.





Nazwa oddziału	Temp.	Nawiew			Wywiew		
		V_N [m ³ /h]	wilgotność [%]	Nr zładu	V_W [m ³ /h]	wilgotność [%]	Nr zładu
Oddział Hemodynamiki (I piętro)	22,5	6 875,04	41,6	KN1	6 493,26	36,5	KW1

Do czynników, mających wpływ na uzyskane wyniki można zaliczyć:

- nieprawidłową regulację (nastawę) pracy urządzeń, jednakże parametry pracy zostały ustawione wstępnie na etapie uruchamiania systemu i ewentualne zmiany wprowadzają tylko pracownicy firmy serwisującej system
- zużycie części mechanicznych – nagrzewnic, wentylatorów, nawilżaczy parowych, znajdujących się w kanałach wentylacyjnych
- nieszczelności w kanałach wentylacyjnych (stąd brak możliwości uzyskania żądanego przepływu powietrza)

Istniejący system wentylacji i klimatyzacji został zaprojektowany i wykonany w 2005 roku. Podczas wizji lokalnej zaobserwowano ubytki w otulinie przewodów, którymi przepływa woda lodowa, będąca czynnikiem chłodniczym w systemie. Braki otuliny powodują podwyższenie temperatury wody lodowej, co prowadzi do niedotrzymania parametrów chłodzenia.

Na zdjęciach poniżej przedstawiono pompę wody lodowej włączającą czynnik chłodniczy z agregatu do maszynowni, znajdujących się na strychu (III piętro). Łatwo zauważyć, że urządzenie jest przestarzałe, jego sprawność działania od momentu zakupu znacząco zmalała, a rury są w złym stanie technicznym.

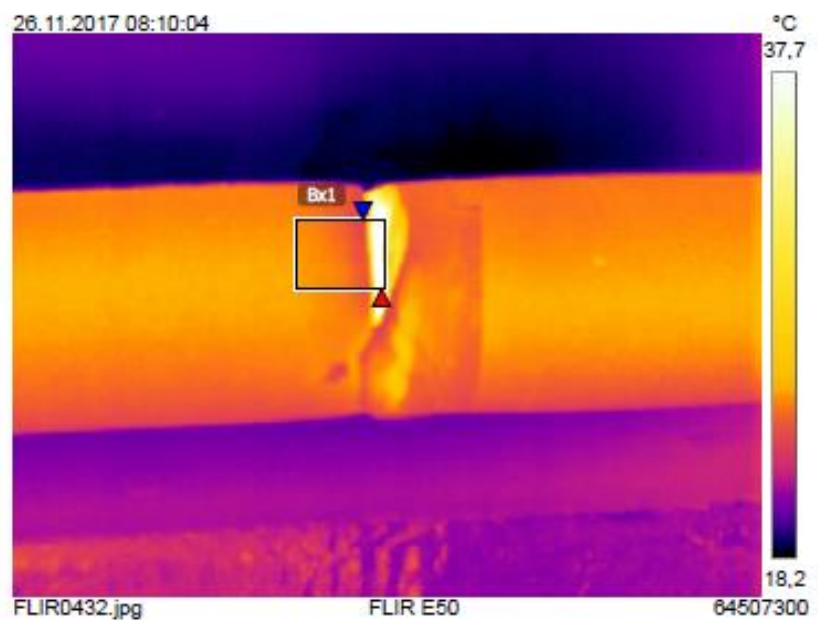


Sprawdzono również stan centrali wentylacyjnych oraz kanałów, znajdujących się na poddaszu.





Pomiary		
Bx1	Max	47,2 °C
	Min	23,1 °C
	Average	26,9 °C
Parametry		
Emisyjność	0.95	
Temp. odbita	20 °C	



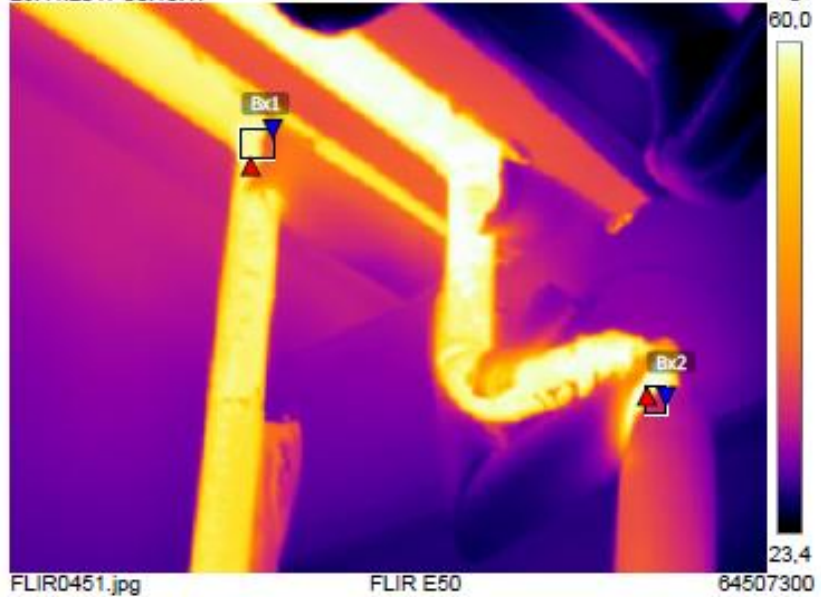
Pomiary

Bx1	Max	59,0 °C
	Min	37,4 °C
	Average	52,6 °C
Bx2	Max	59,5 °C
	Min	32,3 °C
	Average	43,4 °C

Parametry

Emisyjność	0.95
Temp. odbita	20 °C

26.11.2017 08:18:17



Pomiary

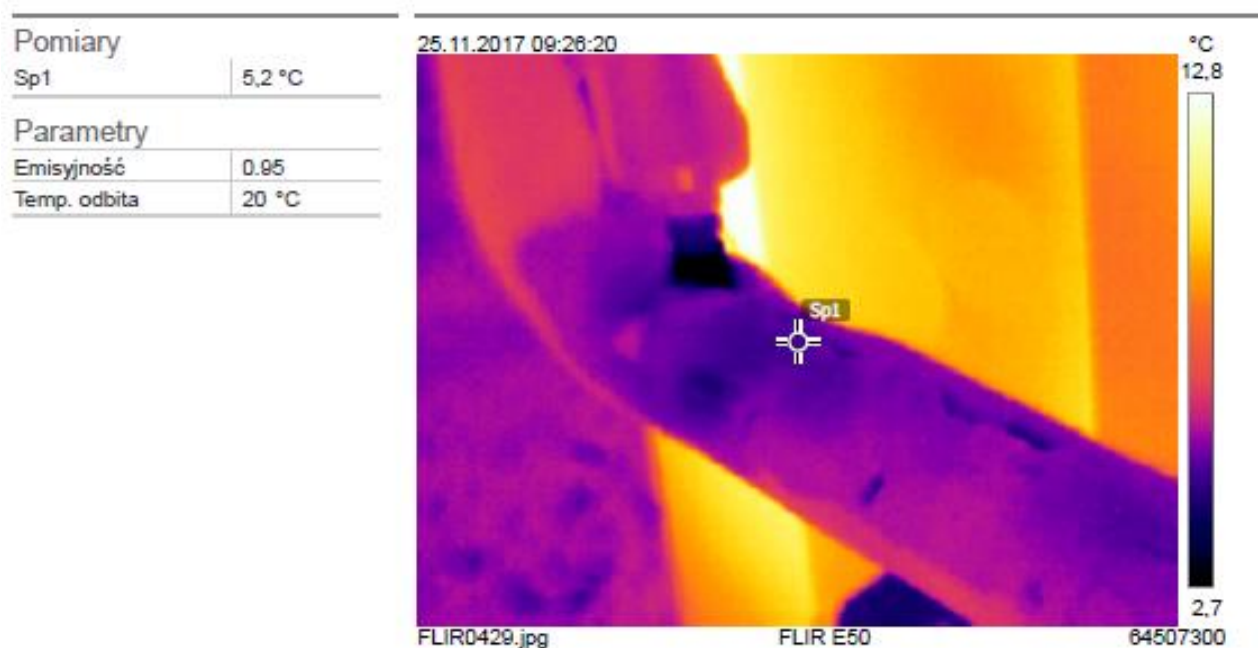
Bx1	Max	58,9 °C
	Min	29,2 °C
	Average	38,5 °C

Parametry

Emisyjność	0.95
Temp. odbita	20 °C

26.11.2017 08:18:32





Występują znaczne ubytki w otulinach rur, miejscami również w otulinach kanałów wentylacyjnych. Instalacja jest przestarzała i nieszczelna. Wydaje się to być oczywistym powodem nie utrzymania żądanych parametrów pracy instalacji.

Koszt modernizacji istniejącego systemu, z uwagi na jego postępującą degradację, może okazać się wyższy niż wykonanie nowej, w pełni sprawnej instalacji klimatyzacji oraz wentylacji. Obecnie stosuje się nowoczesne rozwiązania technologiczne, które na etapie projektowania i wykonania istniejącej centrali nie były jeszcze dostępne. Koszty związane z eksploatacją istniejącego systemu są zwiększone. Znacznym problemem jest nie dotrzymanie parametrów systemu chłodniczego latem (woda lodowa), co z uwagi na fakt, że omawiane układy obejmują sale operacyjne, stanowi duży problem i stwarza duże ryzyko wstrzymania pracy na oddziale Hemodynamiki w upalne dni latem – w tym konieczność przekładania operacji. Podwyższona lub obniżona temperatura w pomieszczeniach bez możliwości jej sprawnej i odpowiedniej regulacji dezorganizuje pracę pracownikom oddziału.

Analiza jakościowa przebiegów prądowych

W dniach od 01.11.2017r. godzina 13:58 do 08.12.2017r. godzina 13:32, przeprowadzono analizę jakościową przebiegów prądowych na linii zasilającej agregat wody lodowej obsługujący Oddział Hemodynamiki i Elektrofizjologii.

Pomiar obejmował cały zakres parametrów na trzech liniach fazowych (L1, L2, L3) oraz linii zerowej (N) oraz był prowadzący w sposób ciągły w cyklu 24h z pobieraniem danych co 10 sekund. Zamontowane urządzenie pomiarowe to analizator jakości sieci Sonel PQM-700 o numerze seryjnym BE0574 wyposażonym w zestaw 4 cęgów elastycznych Sonel F1.

Zestawienie danych pomiarowych zostało przedstawione w postaci raportów (w wersji elektronicznej) oraz wykresów graficznych (Wykres 1 oraz Wykres 2) osobno dla natężenia prądu I oraz mocy pobieranej P.

1. Analiza natężenia prądu I [A].

Natężenie prądu – przepływ prądu elektrycznego, zdefiniowany jako stosunek wartości ładunku elektrycznego przepływającego przez wyznaczoną powierzchnię do czasu przepływu ładunku.

W analizowanym okresie czasowym wartości natężenia I zawierają się w zakresie:

- Dla L1 od 0,19 [A] do 3,82 [A]
- Dla L2 od 0,11 [A] do 12,95 [A]
- Dla L3 od 0,07 [A] do 0,97 [A]

Zmierzone natężenie I skokowo zmieniał się w czasie. Można także zauważyć znaczące rozbieżności pomiędzy zmierzonym natężeniem na poszczególnych fazach. Okresowo zmierzono także znaczny skokowy wzrost natężenia na jednej z faz.

2. Analiza mocy P [kW].

W analizowanym okresie czasowym średnie wartości mocy pobranej P zawierają się w zakresie:

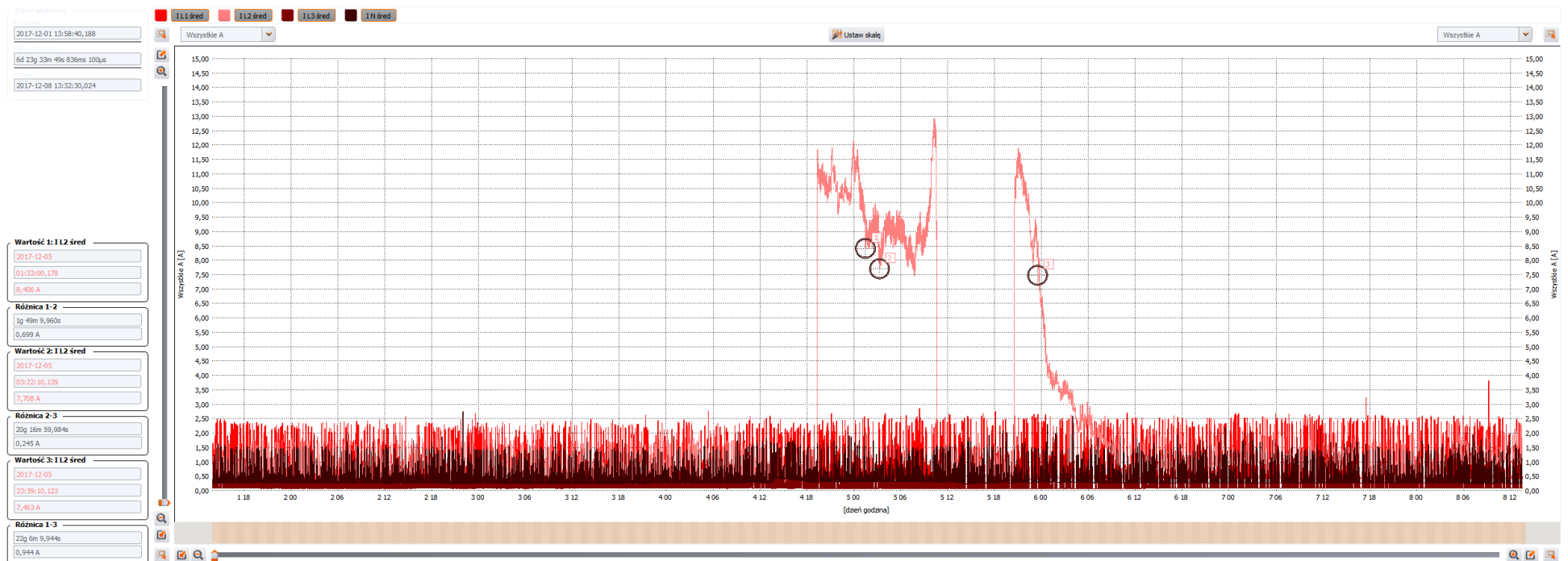
- od 0,33 [kW] do 9,67 [kW]

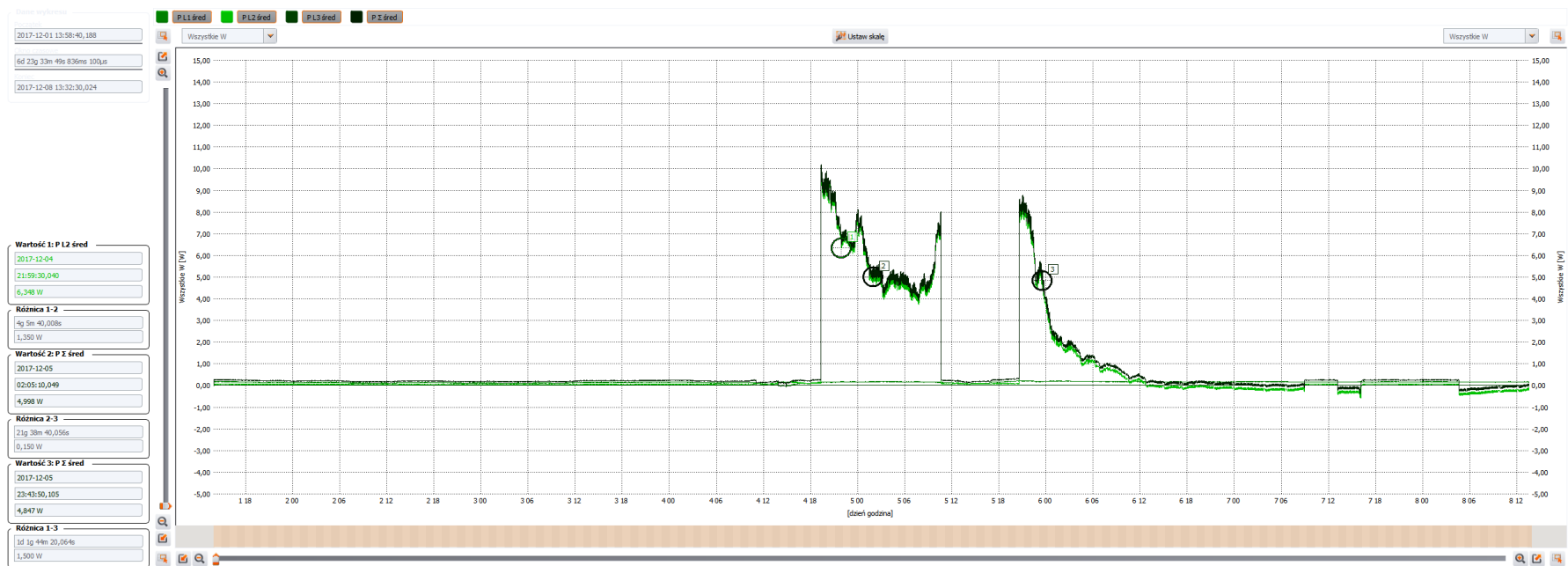
Zmierzony pobór mocy przez większość okresu pomiarowego znajdował się w dolnych granicach wartości. W dwóch kilkugodzinnych okresach skokowo się zwiększył do maksymalnych wartości.

Wnioski

Biorąc pod uwagę zmierzone parametry pracy zamontowany agregat wody lodowej jest wykorzystywany w niewielkiej części swoich rzeczywistych możliwości w analizowanym okresie. Należy jednakże wziąć pod uwagę zimową porę roku w której zostały wykonane pomiary, co w sposób oczywisty koreluje z wynikami. Należy zwrócić uwagę na brak konieczności chłodzenia pomieszczeń w takim stopniu, jak to następuje latem. Podczas analiz nie doszło do żadnych istotnych skoków poboru mocy lub napięcia. Kiepski stan techniczny układu wentylacyjnego jako całości również wpływa na spadek parametrów pracy, a co za tym niską wydajność agregatu.

Silnie zmienny oraz skokowy przebieg linii wykresu wskazuje także na brak płynnej pracy układu zasilającego centrale wentylacyjne.





Wykres 2 – Moc [W] dla agregatu wody lodowej oddziałów Hemodynamiki i Elektrofizjologii w okresie od 01.12.2017 do 08.12.2017.

5. Obliczenia zapotrzebowania na energię

Stan istniejący

Wyznaczenie rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną dla systemu ogrzewania

$$Q_{k,H} = Q_{H,nd} / \eta_{H,tot}$$

$$\eta_{H,tot} = 0,75$$

$$Q_{k,C} = 42\,000 / 0,75 = 56\,000 \text{ kWh/rok} = 201,6 \text{ GJ/rok}$$

$$Q_{p,C} = 168\,000 \text{ kWh/rok} = 604,8 \text{ GJ/rok}$$

Wyznaczenie rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną dla systemu chłodzenia

$$Q_{k,C} = Q_{C,nd} / \eta_{C,tot}$$

$$\eta_{C,tot} = SEER \cdot \eta_{C,s} \cdot \eta_{C,d} \cdot \eta_{C,e}$$

$$\eta_{C,tot} = 3,0$$

$$Q_{k,C} = 33\,600 / 3,0 = 11\,200 \text{ kWh/rok} = 40,32 \text{ GJ/rok}$$

$$Q_{p,C} = 33\,600 \text{ kWh/rok} = 120,96 \text{ GJ/rok}$$

SUMA:

$$\text{Łącznie } Q_p = 168\,000 + 33\,600,00 = 201\,600 \text{ kWh/rok} = 725,76 \text{ GJ/rok.}$$

W ramach termomodernizacji proponuje się wykonanie nowego systemu wentylacji i klimatyzacji oraz rozdzielenie zasilania na każdą z sal operacyjnych wraz z pomieszczeniami przygotowania pacjenta i personelu osobno.

Stan po termomodernizacji

Wyznaczenie rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną dla systemu ogrzewania

$$Q_{k,H} = Q_{H,nd} / \eta_{H,tot}$$

$$\eta_{H,tot} = 0,95$$

$$Q_{k,C} = 42\,000 / 0,95 = 44\,210,53 \text{ kWh/rok} = 159,16 \text{ GJ/rok}$$

$$Q_{p,C} = 132\,631,59 \text{ kWh/rok} = 477,47 \text{ GJ/rok}$$

Wyznaczenie rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną dla systemu chłodzenia

$$Q_{k,C} = Q_{C,nd} / \eta_{C,tot}$$

$$\eta_{C,tot} = SEER \cdot \eta_{C,s} \cdot \eta_{C,d} \cdot \eta_{C,e}$$

$$\eta_{C,tot} = 3,5$$

$$Q_{k,C} = 33\,600 / 3,5 = 9\,600,0 \text{ kWh/rok} = 34,56 \text{ GJ/rok}$$

$$Q_{p,C} = 28\,800,0 \text{ kWh/rok} = 103,68 \text{ GJ/rok}$$

SUMA:

$$\text{Łącznie } Q_p = 132\,631,59 + 28\,800,0 = 161\,431,59 \text{ kWh/rok} = 581,15 \text{ GJ/rok.}$$



Układy	Zapotrzebowanie na energię końcową do ogrzewania [GJ/rok]		Zapotrzebowanie na energię końcową do chłodzenia [GJ/rok]		Suma [GJ/rok]	
	Przed termomodernizacją	Po termomodernizacji	Przed termomodernizacją	Po termomodernizacji	Przed termomodernizacją	Po termomodernizacji
KN1/KW1, KN2/KW2	1 008	795,79	216	185,14	1 224	980,93

Uzyskana w ramach przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oszczędność energii wynosi $725,76 - 581,15 = 144,61 \text{ GJ/rok}$, czyli **19,92%**

Koszt wykonania przedsięwzięcia wynosi około 400 000 zł, oszczędność kosztów wynosi 13 368,85 zł, współczynnik SPBT (prosty czas zwrotu inwestycji) wynosi 30 lat.

Redukcja emisji CO₂

$$\Delta WE_{CO_2} = \frac{(201\,600,0 - 161\,431,59) \cdot 0,914}{1000} = 36,71 \text{ Mg CO}_2/\text{rok}$$

Wnioski:

W związku z znaczącym zużyciem elementów instalacji wentylacyjnej należy rozważyć w przyszłości kompleksową modernizację układu wentylacyjnego. W stanie istniejącym największe straty energii zaobserwowano w agregacie wody lodowej. Przestarzałe urządzenia (sprężarki), niezaizolowane rury, a także brak sprawnej automatyki systemu powodują niedotrzymanie żądanych parametrów latem oraz nadmierny pobór energii elektrycznej w celu schłodzenia powietrza.