

Rysunek 3.12 Wykres Sankey'a dla instalacji STUO dla nowej osłony bilansowej.

### 3.4 Badanie jednorodności rozkładów temperatur w poszczególnych elementach instalacji

W analizie rozkładów temperatur na powierzchniach rurociągów wykorzystano możliwości zastosowania pomiarów termowizyjnych. W oparciu o wyniki pomiarów oraz audyt dokumentacji dokonano obliczeń spadków temperatur na głównych rurociągach w analizowanych instalacjach. Wyniki obliczeń spadków temperatur znajdują się w rozdziale 3.5, zaś zestawienie wyników pomiarów termowizyjnych są prezentowane w rozdziale 3.4.4.

#### 3.4.1 Pomiary termowizyjne

Ze względu na zakres analizowanych parametrów jakie są przedmiotem prowadzonych prac, a także ze względu na specyfikę procesów cieplnych prowadzonych w instalacjach przeprowadzono pomiary termowizyjne głównych rurociągów jak i urządzeń instalacji. Wyniki przeprowadzonych pomiarów znajdują się w rozdziale 3.4.4 niniejszego opracowania.

Pomiary termowizyjne polegają na rejestrowaniu przez specjalną kamerę podczerwonej części widma promieniowania emitowanego przez obiekt a następnie przetworzeniu go na kolorową mapę temperatur.

Kamera termowizyjna jest jednym z najbardziej uniwersalnych urządzeń pomiarowych swe zastosowanie znalazła w wielu gałęziach przemysłu jak i medycynie.

Dla poprawnego przeprowadzenia pomiarów termowizyjnych konieczne jest spełnienie następujących warunków:

- Należyty dobór urządzenia pomiarowego (zakres pomiarowy) do analizowanego obiektu
- Ustalenie cech charakterystycznych badanego obiektu, umiejscowienie warstw izolacyjnych, systemów grzewczych,
- Sprecyzowanie emisyjności badanych obiektów
- Ustalenie właściwości klimatycznych (temperatura oraz wilgotność otoczenia)

#### 3.4.2 Charakterystyka urządzenia pomiarowego

Pomiary termowizyjne przeprowadzono kamera firmy Flir E50. Specyfikacja linii EXX prezentowana jest w tabeli 3.13.

**Tabela 3.13** Parametry kamery termowizyjnej.

Lp.	Parametr	E40	E50	E60
1	Rozdzielczość detektora	160x120	240x180	320x240
2	Ilość czujników temperatury	19 200	43 200	76 800
3	Czułość termiczna (mK)	<70mK	<50mK	<50mK
4	Częstotliwość odświeżania (Hz)	60	60	60

#### Analiza energetyczna

5	Rozdzielczość przestrzenna IFOV (mrad)	2,72	1,82	2,72
6	Obiektyw w standardzie (o)	25x19	25x19	25x19
7	Minimalna odległość ostrzenia (m)	0,4	0,4	0,4
8	Regulacja ostrości	manual	manual	manual
9	Wielkość wyświetlacza (")	3,5'	3,5'	3,5'
10	Format termogramów i zdjęć	.jpg	.jpg	.jpg
11	Auto orientacja obrazu	+	+	+
12	Funkcje pomiarowe kamery	3	3	3
13	Ilość punktów pomiarowych	3	3	3
14	Ilość obszarów pomiarowych	+	+	+
15	Znacznik min. i max temperatury	+	+	+
16	Izoterma	+	+	+
17	Wyznaczenie delta T	+	+	+
18	Możliwość nadania lokalnych parametrów pomiaru dla każdego punktu, obszaru	+	+	+

Pełna specyfikacja kamery termowizyjnej znajduje się w załączniku 2 do niniejszego raportu.

### 3.4.3 Opis kampanii pomiarowej

Pomiary termowizyjna dla obiektów kogeneratorów oraz STUO przeprowadzono według następującej procedury pomiarowej:

1. uruchomienie urządzenia pomiarowego,
2. dwukrotny pomiar widma promieniowania podczerwonego danego elementu dla dwóch założonych emisyjności powierzchni. Emisyjność została przyjęta na podstawie wartości literaturowych.

W ramach realizacji pomiarów termowizyjnych wykonano zdjęcia wszystkich elementów wskazanych w SIWZ oraz głównych rurociągów. Dane dotyczące emisyjności zostały przyjęte na podstawie zaleceń prezentowanych w instrukcji obsługi kamery termowizyjnej dla materiałów o wysokim połysku.

### 3.4.4 Wyniki pomiarów termowizyjnych

W ramach analizy pomiarów termowizyjnych rozpatrywano dwie instalacje:

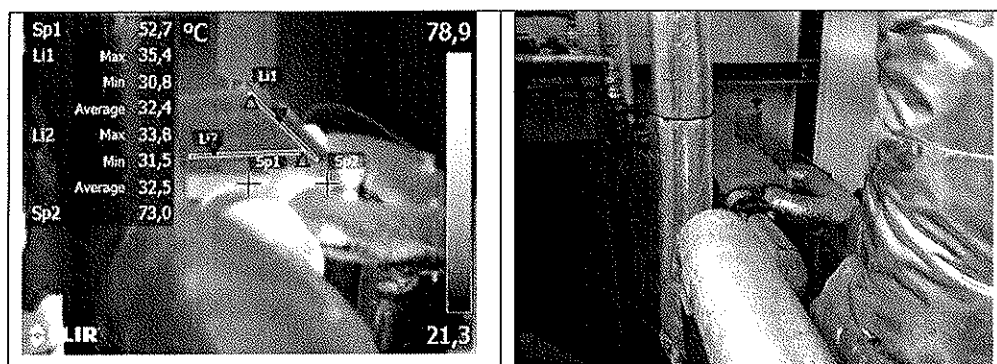
- Układ Kogeneracyjny
- STUO

W ramach pomiarów wykonano zdjęcia termowizyjne badanych obiektów oraz zdjęcie poglądowe w celu lepszego umiejscowienia badanego elementu.

## Kogeneracja

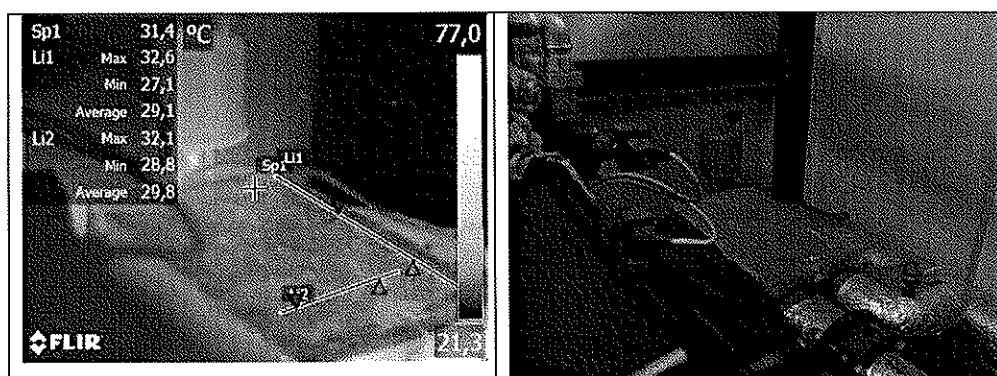
W ramach analizy układu kogeneratorów przeanalizowano następujące elementy:

- wymiennik W1 odpowiednio dla każdego z silników gazowych
- wymiennik W2 odpowiednio dla każdego z silników gazowych
- rurociągi doprowadzające oraz wyprowadzające wodę ciepłowniczą.



**Rysunek 3.13** Wymiennik W 1 silnika JK1

Na podstawie analizy zdjęć termowizyjnych można wywnioskować iż rozkład temperatur na powierzchni wymiennika W1 silnika JK 1 jest równomierny. Występują mostki cieplne w miejscu połączenia wymiennika z rurociągami wyprowadzającymi oraz doprowadzającymi czynniki. Z oględzin wynika jednak, iż izolacja jest w dobrym stanie.



**Rysunek 3.14** Wymiennik W 1 silnika JK2

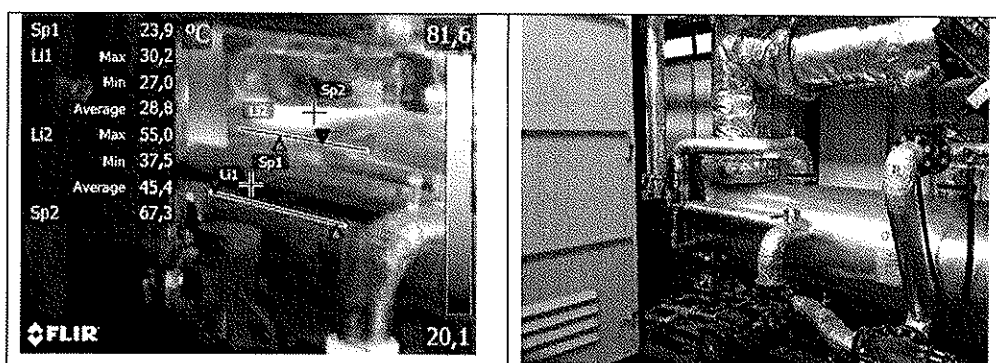
Na podstawie analizy zdjęć termowizyjnych można wywnioskować iż rozkład temperatur na powierzchni wymiennika W1 silnika JK 2 jest równomierny. Zmierzone temperatury są niższe niż dla silnika 1 wynika to z pracy silnika 2 z mniejszą mocą niż silnika 1 w czasie wykonywania pomiarów termowizyjnych.

### Analiza energetyczna



Rysunek 3.15 Wymiennik W 2 silnika JK1.

Na podstawie analizy zdjęć termowizyjnych można wywnioskować iż rozkład temperatur na powierzchni wymiennika W2 silnika JK 1 jest równomierny. Występują mostki cieplne w miejscu połączenia wymiennika z rurociągami wyprowadzającymi oraz doprowadzającymi czynniki. Z oględzin wynika jednak, iż izolacja jest w dobrym stanie. Analiza rozkładu temperatur dla tego wymiennika jest utrudniona ze względu na błyszczącą powierzchnię wymiennika utrudniającą prawidłowy pomiar. Powierzchnia taka wpływa znacząco na wartości mierzone przez kamerę termowizyjną. W takim przypadku za temperaturę powierzchni mierzonej przyjmuje się temperaturę zmierzoną na elementach pomalowanych ciemną farbą lub wykonanych z matowego materiału. Dokładność pomiaru temperatury kamerą termowizyjną to 2 °C dla temperatur bliskich otoczeniu. Dla rozpatrywanego przypadku maksymalny błąd pomiaru temperatury to 3 °C

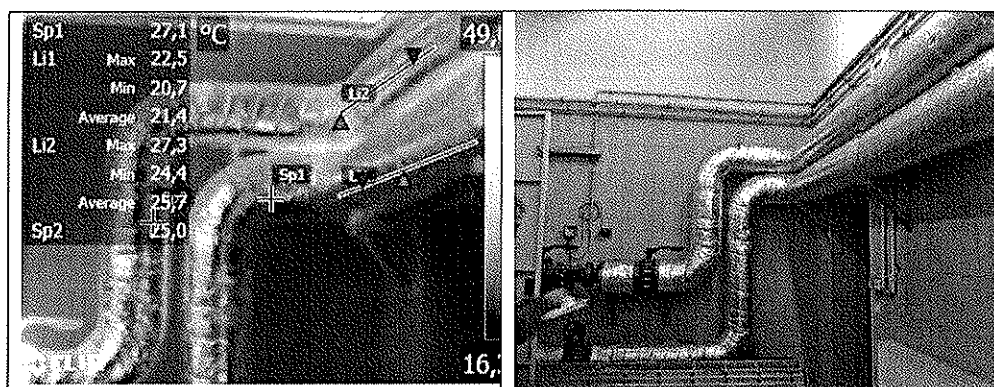


Rysunek 3.16 Wymiennik W 2 silnika JK2

Na podstawie analizy zdjęć termowizyjnych można wywnioskować iż rozkład temperatur na powierzchni wymiennika W2 silnika JK 1 jest równomierny. Występują mostki cieplne w miejscu połączenia wymiennika z rurociągami wyprowadzającymi oraz doprowadzającymi czynniki. Z oględzin wynika jednak, iż izolacja jest w dobrym stanie. Analiza rozkładu temperatur dla tego wymiennika jest utrudniona ze względu na błyszczącą powierzchnię wymiennika utrudniającą prawidłowy pomiar. Powierzchnia taka wpływa znacząco na wartości mierzone przez kamerę termowizyjną. W takim przypadku za temperaturę

### Analiza energetyczna

powierzchni mierzonej przyjmuje się temperaturę zmierzoną na elementach pomalowanych ciemną farbą lub wykonanych z matowego materiału. Dokładność pomiaru temperatury kamerą termowizyjną to 2 °C dla temperatur bliskich otoczeniu lub 2% wartości mierzonej. Dla rozpatrywanego przypadku maksymalny błąd pomiaru temperatury to 2 °C. Zmierzone temperatury są niższe niż dla silnika 1 wynika to z pracy silnika 2 z mniejszą mocą niż silnika 1.



*Rysunek 3.17 Wymiennik rurociągi wody ciepłowniczej*

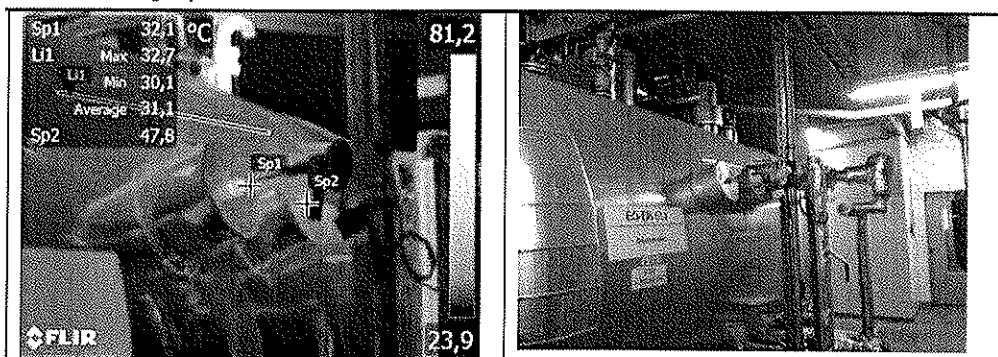
Na podstawie zdjęcia termowizyjnego można wywnioskować, iż rozkład temperatur na powierzchni rurociągów gorącej wody jest równomierny. Mostki cieplne występują w miejscach występowania zaworów. Na powierzchni rurociągów nie zidentyfikowano mostków cieplnych mogących wskazywać na występowanie przecieków lub przerw w izolacji. Dokładność pomiaru temperatury kamerą termowizyjną to 2 °C dla temperatur bliskich otoczeniu lub 2% wartości mierzonej. Dla rozpatrywanego przypadku maksymalny błąd pomiaru temperatury to 2 °C

### Stacja Termicznej Utylizacji Odpadów

W ramach analizy układu STUO przeanalizowano następujące elementy:

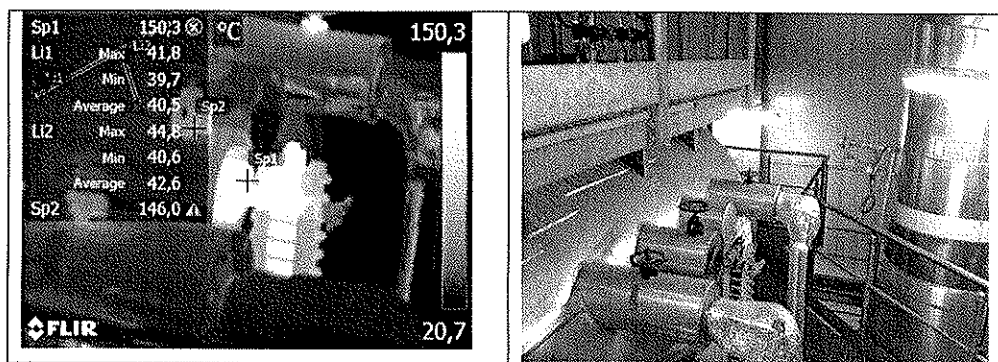
- Odgazowywacz,
- Walczak parowy,
- Piec fluidalny.

### Analiza energetyczna



Rysunek 3.18 Odgazowywacz.

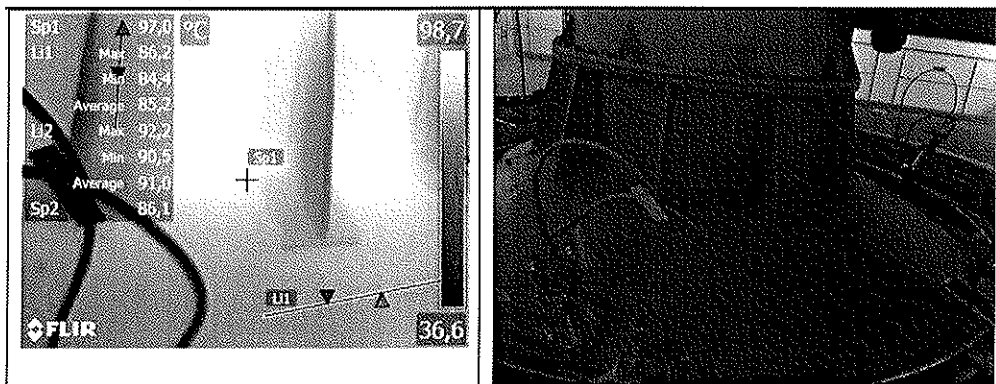
Na podstawie zdjęcia termowizyjnego można wywnioskować, iż rozkład temperatury na powierzchni odgazowywacza jest wyrównany. Mostki ciepłe wstępują w miejscu zainstalowania urządzeń pomiarowych jak i w miejscach połączenia z rurociągami doprowadzającymi oraz odprowadzającymi czynniki. Dokładność pomiaru temperatury kamerą termowizyjną to 2 °C dla temperatur bliskich otoczeniu lub 2% wartości mierzonej. Dla rozpatrywanego przypadku maksymalny błąd pomiaru temperatury to 2 °C.



Rysunek 3.19 Walczak

Na podstawie zdjęcia termowizyjnego można wywnioskować, iż rozkład temperatury na powierzchni walczaka jest wyrównany. Mostki ciepłe wstępują w miejscu zainstalowania urządzeń pomiarowych, zaworów bezpieczeństwa jak i w miejscach połączenia z rurociągami doprowadzającymi oraz odprowadzającymi czynniki. Dokładność pomiaru temperatury kamerą termowizyjną to 2 °C dla temperatur bliskich otoczeniu lub 2% wartości mierzonej. Dla rozpatrywanego przypadku maksymalny błąd pomiaru temperatury to 3 °C

## Analiza energetyczna



Rysunek 3.20 Piec

Na podstawie zdjęcia termowizyjnego można wywnioskować iż rozkład temperatur na powierzchni pieca jest wyrównany. Podwyższona temperatura na obudowie świadczy o wysokiej temperaturze panującej wewnątrz urządzenia. Dokładność pomiaru temperatury kamerą termowizyjną to 2 °C dla temperatur bliskich otoczeniu lub 2% wartości mierzonej. Dla rozpatrywanego przypadku maksymalny błąd pomiaru temperatury to 2 °C

## 3.5 Oszacowanie współczynników przenikania ciepła oraz ilości traconego ciepła

### 3.5.1 Kogeneracja

Kolejnym etapem analizy energetycznej były obliczenia związane z oceną ilości ciepła traconego przez zaizolowane elementy instalacji. W tym celu oszacowano współczynniki przenikania ciepła dla zastosowanych izolacji cieplnych oraz wyznaczono spadki temperatur czynników w rurociągu. Algorytm przeprowadzanych obliczeń przedstawiono poniżej:

- Współczynnik przenikania ciepła - dla rurociągu jest odwrotnością oporu przenikania ciepła. Opór przenikania ciepła jest z kolei sumą oporu wnikania ciepła po stronie wewnętrznej rurociągu, sumy oporów przewodzenia ciepła (przez ścianki rurociągu i warstwę izolacji) oraz oporu wnikania ciepła po stronie zewnętrznej rurociągu – wzór (1).

$$R_L = \frac{1}{k_L} = R_{aw} + \sum R_{\lambda} + R_{az} \quad (3.1)$$

- Opór wnikania ciepła po wewnętrznej stronie rurociągu:

$$R_{aw} = \frac{1}{\pi \cdot d \cdot \alpha_w} \quad (3.2)$$

$d$  – średnica wewnętrzna rurociągu

$\alpha_w$  - współczynnik wnikania ciepła po stronie wewnętrznej rurociągu



## Analiza energetyczna

Ze względu na duże wartości  $\alpha_w$  dla analizowanych przepływów płynów można pominąć wartość tego oporu w obliczeniach.

- Suma oporów przewodzenia ciepła:

$$\sum R_{\lambda i} = R_{rury} + R_{iz} \quad (3.3)$$

gdzie:

- Opór przewodzenia ciepła przez ścianki rury:

$$R_{rury} = \frac{\ln \frac{D}{d}}{2\pi \cdot \lambda_{rury}} \quad (3.4)$$

D – średnica zewnętrzna rurociągu (bez izolacji)

$\lambda_{rury}$  - współczynnik przewodzenia ciepła dla materiału, z którego wykonany jest rurociąg

Opór ten w obliczeniach został pominięty, gdyż współczynnik przewodzenia ciepła dla materiału, z którego wykonana jest rura jest o ok. 3 rzędy większy od współczynnika przewodzenia ciepła dla materiału izolacyjnego. Wynika stąd iż wartość oporu cieplnego rury jest zatem 3 rzędy niższy niż opór cieplny warstwy izolacyjnej. Zatem opór ten w obliczeniach pominięto.

- Opór przewodzenia ciepła w warstwie izolacji :

$$R_{iz} = \frac{\ln \frac{D+2 \cdot e_1}{D}}{2\pi \cdot \lambda_{iz}} \quad (3.5)$$

$e_1$  – grubość warstwy izolacji

$\lambda_{iz}$  - współczynnik przewodzenia ciepła dla materiału, z którego wykonana jest izolacja

- Opór wnikania ciepła po zewnętrznej stronie rurociągu:

$$R_{\alpha} = \frac{1}{\pi \cdot D \cdot \alpha_z} \quad (3.6)$$

$\alpha_z$  - współczynnik wnikania ciepła po stronie zewnętrznej rurociągu

Współczynnik wnikania po stronie zewnętrznej jest sumą współczynników konwekcyjnego i radiacyjnego:

$$\alpha_z = \alpha_k + \alpha_r \quad (3.7)$$

Przy przekazywaniu ciepła do otaczającego powietrza jeżeli powietrze jest spokojne stosuje się wzór uproszczony:

$$\alpha_{ko} = 2,6 \cdot \sqrt[4]{\Delta T} \left( \frac{W}{m^2 K} \right) \quad (3.8)$$

$\Delta T$  - różnica temperatur  $T_z$  (powierzchni zewnętrznej) i  $T_{ot}$

Wpływ wiatru można uwzględnić przez dodanie do wartości  $\alpha_{ko}$  dodatkowego składnika:

$$\alpha_k = \alpha_{ko} + 4,6 \cdot w \quad (3.9)$$

### Analiza energetyczna

$w$  - prędkość wiatru ( $\frac{m}{s}$ )

Wartość współczynnika radiacyjnego  $\alpha_r$  obliczamy ze wzoru:

$$\alpha_r = 5,67 \cdot \varepsilon_z \cdot \left[ \left( \frac{T_z}{100} \right)^2 + \left( \frac{T_{ot}}{100} \right)^2 \right] \cdot (T_z + T_{ot}) \cdot 10^{-4} \quad (3.10)$$

$\varepsilon_z$  - emisyjność zewnętrznej powierzchni izolacji

$T_z$  - temperatura zewnętrznej powierzchni izolacji, którą należy wyznaczyć iteracyjnie. Na początku zgodnie z normą PN-85 B-02421 można przyjąć, że  $T_z = T_{ot} + 4K$

- Gęstość strumienia ciepła jest stała i wynosi:

$$q_l = \frac{T_w - T_{ot}}{R_l} \quad (3.11)$$

- Spadek temperatury wody w rurociągu można obliczyć wg wzoru:

$$T_k = T_{ot} + (T_p - T_{ot}) \cdot \exp\left(-\frac{L \cdot k_l}{G \cdot c_p}\right) \quad (3.12)$$

$G$  - strumień masowy płynu

$c_p$  - ciepło właściwe płynu

Analizę przeprowadzono dla kilku istotnych fragmentów rurociągów. Obliczenia prowadzono dla parametrów projektowych instalacji. Dodatkowe założenia przedstawiono w tabeli 3.14. Wyniki obliczeń zaprezentowano w tabeli 3.15.

**Tabela 3.14** Założenia przyjęte w obliczeniach

Parametr	Oznaczenie	Jednostka	Wartość
Temperatura otoczenia	$T_{ot}$	°C	8
Współczynnik przewodzenia ciepła izolacji	$\lambda_{iz}$	w/mK	0,0343
Emisyjność zewnętrznej powierzchni izolacji	$\varepsilon_z$	-	0,228
Prędkość wiatru	$w$	m/s	2

Analiza energetyczna

Tabela 3.15 Wyniki obliczeń - Kogeneracja

Lp		1	2	3	4	
Opis	-	Rurociąg wody ciepłowniczej – zasilanie sieci – odcinek JK1-JK2	Rurociąg wody ciepłowniczej – powrót z sieci – odcinek JK1-JK2	Zasilanie sieci z obu jednostek (część zaizolowana)	Zasilanie z sieci obu jednostek (część niezainstalowana - zawory, armatura)	Rurociąg spalin od silnika do wymiennika
Długość ciągu	ruro- m	5	4,7	8,6	1,5	9,1
Średnica ciągu	ruro- m	0,08	0,08	0,2	0,2	0,35
Natężenie przepływu	prze- kg/s	9,944	9,944		19,888	1,192
Temperatura płynu	°C	90	70		90	451
Grubość izolacji	m	80	80	100	0	150
Opór wnikania ciepła po stronie zewnętrznej	mK /W	0,099	0,101	0,060	0,085	0,034
Opór przewodzenia ciepła w izolacji	kW /W	4,663	4,663	2,942	0	2,627
Współczynnik przenikania ciepła	W/ mK	0,209	0,209	0,333	11,799	0,375
Gęstość strumienia ciepła	W/ m	17,2	13,0	27,3	967,5	166,08
Tracony strumień ciepła	W	86,1	61,2	234,9	1451,3	1511,3
Temperatura na końcu przewodu	°C	89,99	89,99	89,99	89,98	449,03
Spadek temperatury	°C	0,01	0,01	0,01	0,02	0,97

Obliczone straty ciepła podczas przepływu przez rurociągi są niewielkie i nie mają znaczącego wpływu na sprawność cieplną instalacji. Straty ciepła na innych fragmentach rurociągów (znacznie krótszych) będą odpowiednio mniejsze niż we wskazanych i pomijalnie małe w perspektywie analizy energetycznej.

### 3.5.2 Stacja Termicznej Utylizacji Odpadów

Kolejnym etapem analizy energetycznej były obliczenia związane z oceną ilości ciepła traconego przez zaizolowane elementy instalacji. W tym celu oszacowano współczynniki przenikania ciepła dla zastosowanych izolacji cieplnych oraz wyznaczono spadki temperatur czynników w rurociągu. Algorytm przeprowadzanych obliczeń oraz podstawowe założenia zostały przedstawione w podrozdziale 3.5.

Analizę przeprowadzono dla kilku istotnych fragmentów rurociągów. Obliczenia prowadzono dla parametrów projektowych instalacji. Wyniki obliczeń zaprezentowano w tabeli 3.16.

Ze względu na brak precyzyjnych informacji na temat izolacji rury łączącej piec i rekuperator do obliczenia straty ciepła posłużono się zależnością nieco inną niż stosowa w algorytmie dla pozostałych rur. Wykorzystano zależność (3.13) dla temperatury ścianki  $t_{sg} = 80^{\circ}\text{C}$  (pomiar termowizyjny). Opór wnikania ciepła po stronie zewnętrznej obliczono analogicznie jak w pozostałych przypadkach (zależność 3.6).

$$q_L = \frac{T_{sc1} - T_{ot}}{R_{\alpha z}} \quad (3.13)$$

Tabela 3.16 Wyniki obliczeń - STUO

Lp		1	2	3	4	5
Opis	-	Rurociąg parowy: walczak-kolektor	Rurociąg kondensatu: deaerator-economizer	Rurociąg spalin: rekuperator-economizer	Rurociąg powietrza: rekuperator-piec	Rurociąg spalin: piec-rekuperator
Długość rurociągu	m	30	30	9,1	5,6	4,6
Średnica rurociągu	m	0,125	0,15	0,5	0,3	1,85
Natężenie przepływu	kg/s	1,44	1,58	6,18	3,41	6,18
Temperatura płynu	°C	180	180	570	650	880
Grubość izolacji	mm	150	150	200	200	bd
Opór wnikania ciepła po stronie zewnętrznej	mK/W	0,056	0,053	0,025	0,031	0,0172

#### Analiza energetyczna

Opór przewodzenia ciepła w izolacji	kW/W	5,194	4,663	2,495	2,375	-
Współczynnik przenikania ciepła	W/m K	0,190	0,212	0,370	0,416	-
Gęstość strumienia ciepła	W/m	32,8	36,5	223,1	266,9	4182
Tracony strumień ciepła	W	984,2	1095,3	2030,2	1494,6	19239
Temperatura na końcu przewodu	°C	179,73	179,83	569,76	649,61	877,8
Spadek temperatury	°C	0,27	0,17	0,23	0,39	2,2

Obliczone straty ciepła podczas przepływu przez rurociągi są niewielkie i nie mają znaczącego wpływu na sprawność cieplną instalacji. Straty ciepła na innych fragmentach rurociągów (znacznie krótszych, bądź takich w których przepływający płyn będzie miał niższą temperaturę) będą odpowiednio mniejsze niż we wskazanych i pomijalnie małe w perspektywie analizy energetycznej.

### 3.6 Wyznaczenie sprawności elementów instalacji

Efektywność wymienników ciepła zostanie obliczona na podstawie zależności 3.14. Zależność ta jest zobrazowana na rysunku 3.16

$$\varepsilon_w = \frac{T_{in,2} - T_{in,1}}{T_{out,2} - T_{in,1}} \quad 3.14$$

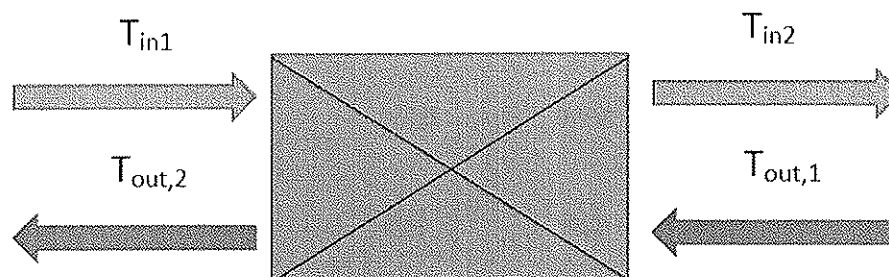
Gdzie,:

$\varepsilon_w$  - efektywność wymiennika,

$T_{in,1}$  - entalpia czynnika odbierającego ciepło na wlocie do wymiennika,

$T_{in,2}$  - entalpia czynnika odbierającego ciepło na wylocie z wymiennika,

$T_{out,2}$  - entalpia czynnika z którego jest pobierane ciepło.



Rys. 3.21 Ilustracja strumieni opisu wymiennika ciepła.

### 3.6.1 Kogeneracja

Dla układu kogeneracji sprawność/efektywność została obliczona dla następujących urządzeń:

- Silnika zasilanego biogazem
- Intercoolera
- Wodnych wymienników ciepła W1 oraz W2
- Prądnicy silnika gazowego.

Sprawność silnika wyliczana była z wzoru 3.15

$$\eta_s = \frac{N_{EL} + Q_g}{E_{ch}} \quad 3.15$$

Gdzie,:

- $\eta_s$  - sprawność silnika,
- $N_{EL}$  - produkcja energii elektrycznej,
- $Q_g$  - produkcja ciepła.

**Tabela 3.17** Wyniki obliczeń sprawności/efektywności urządzeń

Lp.	Urządzenie	Sprawność/Efektywność	
		JK1	JK2
1	silnik	86,5%	68,6%
2	intercooler	37,7%	37,7%
3	wymiennik W1	38,3%	34,8%
4	wymiennik W2	76,7%	54,2%
5	prądnica	99,0%	99,8%

### 3.6.2 Stacja Termicznej Utylizacji Odpadów

Dla układu STUO sprawność/efektywność energetyczna została wyznaczona dla:

### **Analiza energetyczna**

---

- układu podgrzewacza wody wraz z walczakiem,
- podgrzewacza powietrza,

Efektywność/ sprawność dla podgrzewacza wody, podgrzewacza powietrza została obliczona według wzoru 3.14. Dla układu podgrzewacza wody wraz z walczakiem została dodatkowo wyznaczona sprawność konwersji energii gdzie energią napędową do produkcji pary jest ciepło w spalinach Wyniki obliczeń zostały przedstawione w tabeli 3.18

**Tabela 3.18** Wyniki obliczeń sprawności/efektywności urządzeń

Lp.	Urządzenie	wartość
1	Podgrzewacz wody	84,7%
2	Podgrzewacz powietrza	72,6%
3	Układ produkcji pary	69%

# 4

## Podsumowanie i wnioski

W ramach analizy wykonano bilans pierwiastkowy oraz cieplny procesów spalania dla obiektów kogeneracji oraz STUO. Określono wykorzystanie energii dostarczonej wraz z paliwem w poszczególnych urządzeniach obiektu, a także określono elementy charakteryzujące się największą energochłonnością. Wyniki zostały zaprezentowane na wykresach Sankeya.

Dla układu kogeneracji pracującego ze znamionową mocą najwyższą stratą charakteryzowała się strata fizyczna w spalinach która odpowiada za 51 procent wszystkich strat w tym układzie.

Ze względu na skomplikowaną strukturę układu STUO układ podano analizie dla dwóch przypadków w oparciu o wartość opałową paliwa oraz w oparciu o ciepło spalania paliwa. Analiza ta została wykonana ze względu na częściowe wykorzystanie entalpii skraplania oparów z suszenia osadów ściekowych. Dla obliczeń w oparciu o wartość opałową najwyższą stratą charakteryzowała się strata w piecu jest ona odpowiedzialna za ponad 43 % wszystkich strat. W przypadku obliczeń opartych o ciepło spalania najwyższą stratą charakteryzowała się strata w spalinach. Jest ona odpowiedzialna za ponad 50 % wszystkich strat.

Na podstawie przekazanej dokumentacji, przeprowadzonych wizji lokalnych oraz zrealizowanych badań termowizyjnych określono rozkład temperatur na głównych elementach instalacji pod względem możliwości występowania największych strat ciepła. W analizowanych urządzeniach stwierdzono równomierny rozkład temperatur na powierzchniach urządzeń. Mostki cieplne występowały jedynie w miejscach połączenia z innymi urządzeniami oraz w miejscach zainstalowania pomiarów

Określono zastępcze współczynniki przenikania ciepła dla głównych rurociągów (na podstawie dokumentacji) z określeniem strat ciepła (spadku temperatury) na nich występujących. Z obliczeń tych wynika iż obliczone spadki temperatury są znikome. Najwyższy obliczony spadek temperatury to 1 K na rurociągu doprowadzającym spaliny do wymiennika w układzie kogeneracji. Obliczenia potwierdzają wyniki pomiarów jakie występują na obiekcie.