



Zakłady Pomiarowo - Badawcze Energetyki
„ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.

Zakład Techniki Ciepłej

Sprawozdanie
z kompleksowych pomiarów cieplnych
bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna
Część 2. Pomiary kotła



Gliwice, kwiecień 2017 r.

Sprawozdanie
z kompleksowych pomiarów cieplnych
bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna
Część 2. Pomiary kotła

Nr ewidencyjny: 68/ZC/2017

Egzemplarz nr: 01/06


Wykonali: mgr inż. Miłosz Jędrzejewski
Młodszy specjalista ds. pomiarów kotłów i urządzeń
pomocniczych

inż. Rafał Szymanowicz
Główny specjalista ds. współspalania OZE
w kotłach energetycznych

mgr inż. Justyna Benisz
Specjalista ds. pomiarów kotłów
i urządzeń pomocniczych

Sprawdził: mgr inż. Kazimierz Zamorowski
Główny specjalista ds. kotłów i urządzeń
pomocniczych

Zatwierdził: mgr inż. Edward Magiera
Dyrektor Zakładu Techniki Ciepłej

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 1 / 81

SPIS TREŚCI


strona:

1. PRZEDMIOT PRACY	4
2. PODSTAWY FORMALNE PRACY.....	4
3. CEL I ZAKRES PRACY.....	4
4. WYKONAWCA I DATA REALIZACJI PRACY	6
5. OPIS BADANEGO OBIEKTU.....	6
6. STAN BADANEGO OBIEKTU.....	12
7. UWAGI ODNOŚNIE RUCHU BLOKU W CZASIE POMIARÓW	12
8. OPIS POMIARÓW	13
9. OBJAŚNIENIA DO OBLICZEŃ	20
10. WYNIKI POMIARÓW	21
11. OMÓWIENIE WYNIKÓW POMIARÓW	41
12. PORÓWNANIE ZMIERZONYCH WARTOŚCI PARAMETRÓW Z ISTNIEJĄCYMI RUCHOWYMI WSKAZANIAMI	70
13. PODSUMOWANIE I WNIOSKI.....	79
14. LITERATURA	81

SPIS TABLIC

strona:

Tablica nr 1a. Wyniki pomiarów i obliczeń parametrów pracy kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – czynne parowe podgrzewacze powietrza.....	22
Tablica nr 1b. Wyniki pomiarów i obliczeń parametrów pracy kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – wyłączone parowe podgrzewacze powietrza.....	24
Tablica nr 2a. Wyniki obliczeń bilansu energetycznego z pomiarów kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – czynne parowe podgrzewacze powietrza.....	26
Tablica nr 2b. Wyniki obliczeń bilansu energetycznego z pomiarów kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – wyłączone parowe podgrzewacze powietrza.....	27
Tablica nr 3a. Wskazania aparatury ruchowej z pomiarów kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – czynne parowe podgrzewacze powietrza.....	33


	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 2 / 81

Tablica nr 3b.	Wskazania aparatury ruchowej z pomiarów kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – wyłączone parowe podgrzewacze powietrza.....	37
Tablica nr 4.	Wyniki pomiarów i obliczeń parametrów pracy kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – uruchomione odsalanie kotła	56
Tablica nr 5.	Wskazania aparatury ruchowej z pomiarów kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – uruchomione odsalanie kotła	58

SPIS RYSUNKÓW

strona:


Rysunek 1.	Schemat pomiarowy kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec	16
Rysunek 2.	Schemat bilansowy kotła wg PN-EN 12952-15 – układ bez parowego podgrzewacza powietrza.....	18
Rysunek 3a.	Sprawność i straty cieplne kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – czynne parowe podgrzewacze powietrza.....	28
Rysunek 3b.	Sprawność i straty cieplne kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – wyłączone parowe podgrzewacze powietrza.....	29
Rysunek 4.	Zestawienie sprawności dla różnych wariantów pracy kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec	30
Rysunek 5a.	Straty energii chemicznej paliwa oraz przyrost względny zużycia energii chemicznej paliwa kotła bloku nr 5 – czynne parowe podgrzewacze powietrza	31
Rysunek 5b.	Straty energii chemicznej paliwa oraz przyrost względny zużycia energii chemicznej paliwa kotła bloku nr 5 – wyłączone parowe podgrzewacze powietrza	32
Rysunek 6.	Przebieg wskazań wybranych ważniejszych parametrów pierwszego dnia pomiarów kotła nr 5 (07.02.2017 r.).....	61
Rysunek 7.	Przebieg wskazań wybranych ważniejszych parametrów drugiego dnia pomiarów kotła nr 5 (08.02.2017 r.).....	63
Rysunek 8.	Przebieg wskazań wybranych ważniejszych parametrów trzeciego dnia pomiarów kotła nr 5 (09/10.02.2017 r.).....	65
Rysunek 9.	Zestawienie wyników pomiarów „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. ze wskazaniami ruchowymi – temperatura pary świeżej za kotłem	71
Rysunek 10.	Zestawienie wyników pomiarów „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. ze wskazaniami ruchowymi – temperatura pary wtórnej za kotłem.....	73
Rysunek 11.	Zestawienie wyników pomiarów „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. ze wskazaniami ruchowymi – temperatura spalin za kotłem.....	75
Rysunek 12.	Zestawienie wyników pomiarów „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. ze wskazaniami ruchowymi – zawartość O ₂ w spalinach za kotłem.....	77

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 3 / 81

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

stron:

Załącznik nr 1.	PROGRAM pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna z dnia 30.01.2017 r.....	12
Załącznik nr 2.	Raport z analiz laboratoryjnych węgla, żużla i popiołu lotnego (RAPORT Z BADAŃ NR 581/2017).....	3

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 4 / 81

1. PRZEDMIOT PRACY

Przedmiotem pracy było wykonanie ciepłych pomiarów kotła bloku nr 5 zainstalowanego w Elektrowni Połaniec.

Usługa była wykonywana zgodnie z procedurami zintegrowanego systemu zarządzania certyfikowanego przez Polskie Centrum Badań i Certyfikacji SA (certyfikaty Nr JS - 257/1/2016 na zgodność z wymaganiami systemu zarządzania jakością wg PN-EN ISO 9001:2009 i systemu zarządzania środowiskowego wg PN-EN ISO 14001:2005 oraz Nr B/43/1/2016 na zgodność z wymaganiami systemu zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy wg PN-N-18001:2004), potwierdzonego certyfikatem The International Certification Network (certyfikat Nr PL-JS - 257/1/2016).

2. PODSTAWY FORMALNE PRACY


Podstawę wykonania pracy stanowi Umowa Nr DZ/O/096/2016/4700002976/3210 – w rejestrze umów Elektrowni Połaniec (Nr UK/2016/ZC-CT/0062 – w rejestrze umów „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.) na „Wykonanie kompleksowych ciepłych pomiarów bloków nr 2, 5 i 6 w ENGIE Energia Polska S.A.”, zawarta w dniu 11.03.2016 r. pomiędzy ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna z siedzibą w Zawadzie 26, 28-230 Połaniec i Zakładami Pomiarowo-Badawczymi Energetyki „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. z siedzibą w Gliwicach przy ul. gen. J. Sowińskiego 3, 44-100 Gliwice.

3. CEL I ZAKRES PRACY

Celem pracy było przeprowadzenie badań kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec.

Zakres prac obejmował:

- wyznaczenie sprawności kotła i poszczególnych strat ciepłych w kotle;
- pobór próbek paliwa oraz analiza chemiczna pobranych próbek w zakresie: wartość opałowa, zawartość wilgoci, zawartość popiołu, zawartość siarki całkowitej, zawartość części lotnych, analiza pierwiastkowa – zawartość: C, H, N;
- pobór próbek popiołu lotnego i wykonanie analizy na zawartość części palnych (TOC);
- pobór próbek żużla i wykonanie analizy na zawartość części palnych (TOC);

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 5 / 81

- wyznaczenie poboru mocy na potrzeby własne kotła i urządzeń pomocniczych kotła;
- wyznaczenie nieszczelności obrotowych podgrzewaczy powietrza;
- pomiary rozpyłów powietrza;
- porównanie wartości z pomiarów wybranych ważniejszych parametrów rejestrowanych aparaturą „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. z wartościami rejestrowanymi przez system DCS Elektrowni.

W zakresie niniejszego opracowania (tj. Części 2. sprawozdania) zostały omówione pomiary ciepłe kotła nr 5 przeprowadzone przy trzech różnych obciążeniach – przy zużyciu pary: 650, 520 i 390 t/h (wynikowa moc bloku wynosiła od około 124 do 209 MW_{el}). Przy każdym z w/w poziomów obciążenia wykonywano dwa odrębne cykle pomiarowe – przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza (pomiary nr 1a, 2a i 3a) oraz przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza (pomiary nr 1b, 2b i 3b) – razem wykonano 6 pomiarów kotła. Paliwem spalonym w pomiarach nr 1a i 1b oraz 2a i 2b była mieszanka węgla z 10-procentowym dodatkiem biomasy, natomiast w pomiarach nr 3a i 3b była mieszanka węgla z 20-procentowym dodatkiem biomasy.

Dodatkowo w niniejszym opracowaniu zestawiono wyniki pomiarów:


- przy pracy z uruchomionym odsalaniem kotła – w sumie trzy pomiary w dniach: 07.02.2017 r., 08.02.2017 r. i 10.02.2017 r.).

W sprawozdaniu zestawiono pomiary przeprowadzone dla wyznaczenia krzywych sprawności z uwzględnieniem pracy w warunkach rzeczywistych, tj.: z uwzględnieniem wpływu:

- pracy podgrzewaczy powietrza XL;
- odsalania kotła.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów została wykonana analiza wpływu odchyłek podstawowych parametrów (w zakresie kotła głównie temperatury spalin za LUV0), na wartość sprawności kotła.

Analiza wpływu odchyłek podstawowych parametrów została wykonana obliczeniowo poprzez zmianę kolejno każdego analizowanego parametru, przy pozostawieniu pozostałych parametrów bez zmian. Wyniki w/w symulacji zostały przedstawione w Części 3. sprawozdania [5].

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 6 / 81

4. WYKONAWCA I DATA REALIZACJI PRACY

Pomiary w zakresie kotła wykonała grupa pomiarowa Działu Kotłowego Zakładu Techniki Ciepłej Zakładów Pomiarowo-Badawczych Energetyki „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o., którą kierował mgr inż. Miłosz Jędrzejewski.


Pomiary kotła nr 5 zostały zrealizowane w dniach od 7 do 10 lutego 2017 roku.

5. OPIS BADANEGO OBIEKTU

Kocioł parowy typu EP 650-137 jest kotłem opromieniowanym, jednowalczakowym z naturalną cyrkulacją wody. Opalany jest pyłem węgla kamiennego w komorze paleniskowej podciśnieniowej, szczelnej z odprowadzeniem żużla w stanie stałym. Komora paleniskowa wyposażona jest w 24 narożne palniki pyłowe oraz osiem olejowych palników rozpałkowych. Kocioł posiada budowę dwuciągową i składa się z komory paleniskowej (I ciąg), ciągu konwekcyjnego (II ciąg) i kanału łączącego oba ciągi (międzyciągu), całkowicie ekranowany, szczelny. Drugi ciąg kotła jest skrócony, pod nim znajdują się dwa obrotowe podgrzewacze powietrza. Kocioł posiada dwa niezależne strumienie pary świeżej i wtórnej. W komorze paleniskowej umieszczono ekrany parownika, opromieniowany przegrzewacz pary świeżej. W górnej części komory paleniskowej umieszczone są dwa rzędy grodzi przegrzewacza pary świeżej. W międzyciągu umieszczono jeden rząd grodzi i dwa rzędy przegrzewacza konwekcyjnego pary wtórnej. W ciągu konwekcyjnym zabudowany jest podgrzewacz wody. Kocioł ma za zadanie wytwarzanie pary w ilości zapewniającej możliwość pracy turbiny w całym zakresie obciążeń. Poniżej zestawiono ważniejsze informacje wg [3].

Powierzchnie ogrzewalne kotła

- rury ekranowe parownika tworzące ściany komory paleniskowej
- przegrzewacz sufitowy
- wyścielenie przewału i ściany boczne
- przegrzewacz naścienny
- przegrzewacze grodziowe pary świeżej
- przegrzewacze konwekcyjne pary wtórnej (I i III°)
- przegrzewacz grodziowy pary wtórnej (II°)
- podgrzewacz wody ECO
- obrotowe podgrzewacze powietrza LUVVO

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 7 / 81

Dane geometryczne komory paleniskowej


układ palników	narożnikowy
układ komory	prostokątna
szerokość	13,52 m
głębokość	12,48 m
wysokość (od stropu do początku skosu leja)	41,60 m

Pojemność wodna kotła

sumaryczna	472,2 m ³
w tym:	
ECO	30.2 m ³
parownik	120 m ³
walczak	54 m ³
przegrzewacie pary świeżej	85 m ³
przegrzewacze pary wtórnej	183 m ³

Dane techniczne kotła przy mocy 200 MW_{el}


ilość pary świeżej	650 t/h
ilość pary wtórnej	572 t/h
wydajność kotła przy opalaniu wyłącznie węglem (bez palników rozpałkowych) - minimum techniczne)	≥ 400 t/h
wydajność kotła przy znamionowym ciśnieniu pary świeżej (minimum cyrkulacyjne)	≥ 200 t/h
ciśnienie wody na wlocie do podgrzewacza wody	15,6 MPa
ciśnienie pary w walczaku	15,5 MPa
ciśnienie pary świeżej	12,7 MPa
ciśnienie pary wtórnej za przegrzewaczem	2,4 MPa
temperatura wody na wlocie do podgrzewacza wody	244°C
temperatura nasycenia w walczaku	343°C
temperatura pary świeżej za I° przegrzewacza (naścienny)	413°C
temperatura pary świeżej za II° przegrzewacza (grodziowy)	494°C
temperatura pary świeżej za III° przegrzewacza (grodziowy)	540°C
temperatura pary świeżej na wyjściu z kotła	540°C
temperatura pary wtórnej przed przegrzewaczem międzystopniowym	328°C
temperatura pary wtórnej za I° przegrzewacza (konwekcyjny)	468°C
temperatura pary wtórnej za II° przegrzewacza (grodziowy)	516°C

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 8 / 81

temperatura pary wtórnej za III ^o przegrzewacza (konwekcyjny)	535°C
temperatura pary wtórnej na wyjściu z kotła	535°C
obliczeniowe ilości wody wtryskowej do schładzaczy pary przy znamionowym obciążeniu:	
- dla pary świeżej	15 t/h
- dla pary wtórnej	11 t/h
obliczeniowe ciśnienie części wysokoprężnej	16,1 MPa
obliczeniowe ciśnienie układu wtórnego	3,0 MPa
sprawność kotła (brutto) przy obciążeniu nominalnym	92%
temperatura powietrza za LUVO	340°C
temperatura powietrza pierwotnego do młyna	318°C
obliczeniowa ilość powietrza do kotła	813 600 m ³ /h
ciśnienie powietrza za wentylatorem młynowym	850 mmH ₂ O
temperatura spalin w jądrze płomienia	1 845°C
temperatura spalin na wylocie z komory paleniskowej	1 075°C
temperatura spalin przed III ^o pary świeżej	950°C
temperatura spalin przed II ^o pary wtórnej	851°C
temperatura spalin przed III ^o pary wtórnej	800°C
temperatura spalin przed I ^o pary wtórnej	746°C
temperatura spalin przed podgrzewaczem wody	559°C
temperatura spalin przed LUVO	385°C
temperatura spalin za LUVO	150°C
zawartość O ₂ w spalinach w komorze paleniskowej	3,5%
nadmiar powietrza w komorze paleniskowej	1,2
zawartość O ₂ na wylocie z kotła	5,8%
nadmiar powietrza na wylocie z kotła	1,4
podciśnienie w komorze paleniskowej	-2÷ 4 mmH ₂ O
obliczeniowe całkowite opory na drodze przepływu spalin	3 340 N/m ²
obliczeniowa ilość spalin do kominia	1 346 400 m ³ /h

Kocioł został wyposażony w niskoemisyjny układ spalania z dyszami OFA. Najwyższy poziom dysz OFA zabudowano na poziomie 30 m.

Poniżej podano zakres podstawowych parametrów paliwa spalanego w typowych warunkach eksploatacyjnych w kotłach EP-650-137 w Elektrowni Połaniec.

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 9 / 81

Charakterystyka paliwa

- węgiel kamienny - paliwo podstawowe

Parametr	Jedn.	Średnia za rok						
		2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012
Wartość opałowa	kJ/kg	19 929	20 178	21 056	22 124	21 048	21 294	20 390
Zawartość popiołu A ^f	%	21,6	20,1	20,2	18,7	21,0	20,6	23,1
Zawartość wilgoci W _c	%	13,1	13,3	12,0	11,1	11,7	11,4	11,9
Zawartość siarki całkowita	%	1,1	1,1	1,02	0,90	0,97	0,75	0,91

Urządzenia pomocnicze kotła

Obrotowy podgrzewacz powietrza

regeneracyjny obrotowy podgrzewacz powietrza
typ

Ljungström (LUVO)

ilość spalin przed LUVO

380 886 m³/h

ilość spalin za LUVO

403 413 m³/h

temperatura spalin przed LUVO

361°C

temperatura spalin za LUVO

141°C

ilość powietrza przed LUVO

309 760 m³/h

ilość powietrza za LUVO

287 232 m³/h

temperatura powietrza przed LUVO

23°C

temperatura powietrza za LUVO

334°C

strata ciśnienia po stronie powietrza

5,2 mbar

strata ciśnienia po stronie spalin

10,0 mbar

- Wentylatory spalin WS

Wentylatory spalin zainstalowane są między elektrofiltrami, a czopuchem. Kocioł wyposażono w dwa wentylatory spalin WS. Są to wentylatory osiowe dwustopniowe.

producent

Branulska Fabryka Kotłów

typ wentylatora

DOD 28 5

wydajność

585x10³ m³/h ÷
680x10³ m³/h

spręż

384 ÷ 523 mmH₂O

zapotrzebowanie mocy


745 ÷ 1 310 kW

sprawność maksymalna

82%

obroty

595 obr/min

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 10 / 81

maksymalna dopuszczalna temp spalin	200°C
silnik elektryczny	typ SZJf 1410L
moc silnika	1 250 kW
napięcie	6 000 V
obroty	595 obr/min

Wyżej wymienione parametry odnoszą się dla ciśnienia 760 mmHg, temperatury spalin 100°C i nominalnych obrotów.

- Wentylatory powietrza WP


Wentylatory powietrza są wentylatorami promieniowymi. Na jednym kotle zainstalowane są dwa wentylatory - jeden wykonany jako lewo obrotowy, a drugi jako prawo obrotowy, patrząc do strony silnika wiruje zgodnie ze wskazówkami zegara.

producent	Barnaulska Fabryka Kotłów (ZSRR)
typ wentylatora	WDN 28 II
wydajność	466x10 ³ m ³ /h (+10% zapasu)
spręż	484 mmH ₂ O
obroty	590/740 obr/min
silnik elektryczny	DAZ 02 - 17 - 69 - 8/10U1
napięcie	6 000 V
moc	500/1000 kW
obroty	594/742 obr/min

- Wentylator młynowy WM

Kocioł wyposażony jest w sześć zespołów młynowych. W skład każdego zespołu młynowego wchodzi wentylator młynowy typu WPM 95/2 WM.

typ	WPM 97/2
wydajność	30m ³ /s (108 000 m ³ /h)
spiętrzenie	7,85 kPa (800 kG/m)
temperatura czynnika	370°C (643°K)
sprawność maksymalna	70%
Silnik napędowy:	
typ	SZJr - 134r/02
moc	630 kW
czas rozruchu	16 s
średnica wirnika wentylatora	1 949 mm
obroty	1 485 obr/min

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 11 / 81

Dmuchawa powietrza uszczelniającego DM

ilość dmuchaw na kocioł	4 sztuki
wydajność	0,42 m _n ³ /s; 25 m _n ³ /min
spręż statyczny	1 150 mmH ₂ O
temperatura powietrza przetłaczanego	30°C
moc silnika napędowego	20 kW
napięcie zasilania silnika	380 V
ilość obrotów silnika	50 obr/s; 2 950 obr/min

- Młyny węglowe - MW

Instalacja paleniskowa kotła EP 650-137 zainstalowana w Elektrowni wyposażona jest w sześć młynów węglowych kulowo-misowych, średniobieżnych o następujących parametrach technicznych:

typ młyna	MKM33 - 380a
wydajność maksymalna	33 t/h
ilość doprowadzonego powietrza	9,15 m _n ³ /h
maksymalna dopuszczalna temperatura powietrza	643°K (370°C)
granulacja węgla kamiennego surowego	30 mm
zapotrzebowanie mocy	370 kW
przekładnia	i - 19,89
obroty misy	37 obr/min
typ silnika napędzającego	SZJr - 134r/02
moc silnika	630 kW
obroty silnika	12,25 obr/s (735 obr/min)
napięcie	6 000 V
całkowity ciężar młyna	110 t


- Podajnik węgla N

W kotłowni na poziomie 12 m, z tyłu kotła pod zasobnikami węgla surowego umiejscowione są podajniki węgla. Z podajników tych węgiel poprzez rurę zsypaną kierowany jest do młyna.

- Podajnik ślimakowy

Charakterystyka techniczna podajnika ślimakowego i motoreduktora

średnica zewnętrzna ślimaka	Φ 500 mm
liczba obrotów wału ślimaka	min= 5 obr/min
obroty nominalne	nom= 12 obr/min
rura wału ślimaka	Φ 193,7x16 mm

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 12 / 81

długość koryta podajnika	9 200 mm
wysokość całkowita podajnika	1 490 mm
długość całkowita podajnika	110 750 mm

- Odzuźlacz

Pod każdym (jednym z trzech na bloku) zimnym lejem kotła znajduje się ślimakowy wygarniacz żużla.

ilość wygarniaczy na kocioł	3 sztuki
typ wygarniacza	ślimakowy - mokry
wydajność wygarniacza	max. 8 t/h
moc silnika wygarniacza	5,5 kW
obroty silnika	730 obr/min
obroty ślimaka	4,5 obr/min

- Kruszarka

ilość kruszarek na kocioł	3 sztuki
moc silnika kruszarki	22 kW
obroty silnika	970 obr/min
zakres regulacji szczeliny	20÷50 mm
wydajność kruszarki	max. 15 m ³ /h


6. STAN BADANEGO OBIEKTU

W oparciu o oględziny zewnętrzne oraz obserwację parametrów pracy można było stwierdzić, że stan techniczny kotła oraz jego urządzeń pomocniczych w czasie trwania pomiarów nie budził istotnych zastrzeżeń. Obiekt badań był w stanie umożliwiającym przeprowadzenie pomiarów. Przedstawiciele zainteresowanych stron podpisali w dniu 30.01.2017 r. harmonogram pomiarów stanowiący część dokumentu znajdującego się w Załączniku nr 1 do niniejszego opracowania.

7. UWAGI ODNOŚNIE RUCHU BLOKU W CZASIE POMIARÓW

Pomiary zostały zrealizowane wg dokumentu pn.: „PROGRAM pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna” z dnia 30.01.2017 r., który zamieszczono w Załączniku nr 1 do niniejszego opracowania.

Kocioł w czasie trwania pomiarów prowadzony był przez obsługę kotła według ustalonego programu – Załącznik nr 1.

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 13 / 81

Przed każdym pomiarem kocioł pracował na obciążeniu pomiarowym przez okres umożliwiający uzyskanie równowagi cieplnej.

Pomiary kotła zostały wykonane przy zamkniętym odsalaniu kotła.

W pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza, powietrze dostarczane było z otoczenia, natomiast w pozostałych pomiarach dostarczane było z otoczenia oraz z wnętrza kotłowni. Pomiary przeprowadzono przy załączonych wszystkich układach automatycznej regulacji:

- spalania,
- temperatury i ciśnienia pary,
- poziomu wody w walczaku.

Paliwem spalonym w pomiarach nr 1a i 1b oraz 2a i 2b była mieszanka węgla z 10-procentowym dodatkiem biomasy, natomiast w pomiarach nr 3a i 3b była mieszanka węgla z 20-procentowym dodatkiem biomasy.

Pomiary wykonano przy trzech różnych obciążeniach – przy zużyciu pary: 650, 520 i 390 t/h (wynikowa moc bloku wynosiła od około 124 do 209 MW_{el}). Przy każdym z w/w poziomów obciążenia wykonywano dwa odrębne cykle pomiarowe – przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza (pomiary nr 1a, 2a i 3a) oraz przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza (pomiary nr 1b, 2b i 3b).

W pomiarach przy wysokich i średnich obciążeniach pracowały cztery zespoły młynowe:

- w pomiarach nr 1a i 1b pracowały ZM 1, 3, 4 i 6;
- w pomiarach nr 2a i 2b pracowały ZM 3, 4, 5 i 6.

W pomiarach przy niskim obciążeniu pracowały trzy zespoły młynowe:


- w pomiarach nr 3a i 3b pracowały ZM 3, 5 i 6.

8. OPIS POMIARÓW

Podstawowe parametry pracy kotła niezbędne do przeprowadzenia bilansu cieplnego mierzono przyrządami zainstalowanymi przez „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. posiadającymi aktualne świadectwa sprawdzenia.

Aparaturą kontrolną „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. mierzono:

- Temperatury:
 - powietrza na ssaniu wentylatorów powietrza – termometrami oporowymi Pt 100 klasy A,
 - spalin przed i za obrotowymi podgrzewaczami powietrza (LUVO) – wielopunktowo przy pomocy termoelementów typu K (NiCr-NiAl) klasy 1.

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 14 / 81

- Ciśnienie spalin przed i za LUVO przy pomocy przetworników ciśnienia klasy 0,1.
- Skład spalin:
 - zawartość O₂, CO₂, CO i NO przed i za obrotowymi podgrzewaczami powietrza (LUVO) przy pomocy analizatorów typu Ultramat firmy Siemens.
- Wilgotność powietrza za pomocą psychrometru.

Wartości mierzonych wielkości zapisywano za pomocą układu rejestracji komputerowej typu „JUMO”.

Błędy graniczne użytych przyrządów wynosiły:

- dla termometrów oporowych Pt 100 klasy A: $\pm 0,15^{\circ}\text{C}$ przy temperaturze 0°C i $\pm 0,65\%$ przy temperaturze 250°C ;
- dla termoelementów typu K klasy 1: $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ przy temperaturze do 375°C i $\pm 0,4\%$ przy temperaturze wyższej;
- dla przetworników ciśnienia: $\pm 0,1\%$ zakresu.


Opis pomiarów czynnika obiegowego (para - woda) zawiera sprawozdanie z pomiarów turbozespołu i bloku o numerze ewidencyjnym 79/ZC/2017 [4].

W celu wykonania analizy chemicznej podczas pomiarów pobierano następujące próbki:

- paliwa z podajników pracujących młynów,
- żużła z odżuźlaczy,
- popiołu lotnego spod elektrofiltru z lejów I strefy.

Poboru próbek paliwa, żużła i popiołu lotnego dokonywali pracownicy „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. Analizy chemiczne z pobranych próbek wykonało Centralne Laboratorium „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. posiadające certyfikat akredytacji nr AB 550.

Natężenie przepływu powietrza wyznaczano z siatkowego pomiaru ciśnienia dynamicznego. Pomiar wykonywano przy pomocy rurek spiętrzających. Odczyt ciśnienia dynamicznego wykonywano za pomocą mikromanometru Recknagla. Pomiar temperatur powietrza wykonano w miejscach pomiaru przepływu przy pomocy elektronicznych mierników. Ciśnienia statyczne odczytywano z U-rurek napełnionych wodą.

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 15 / 81

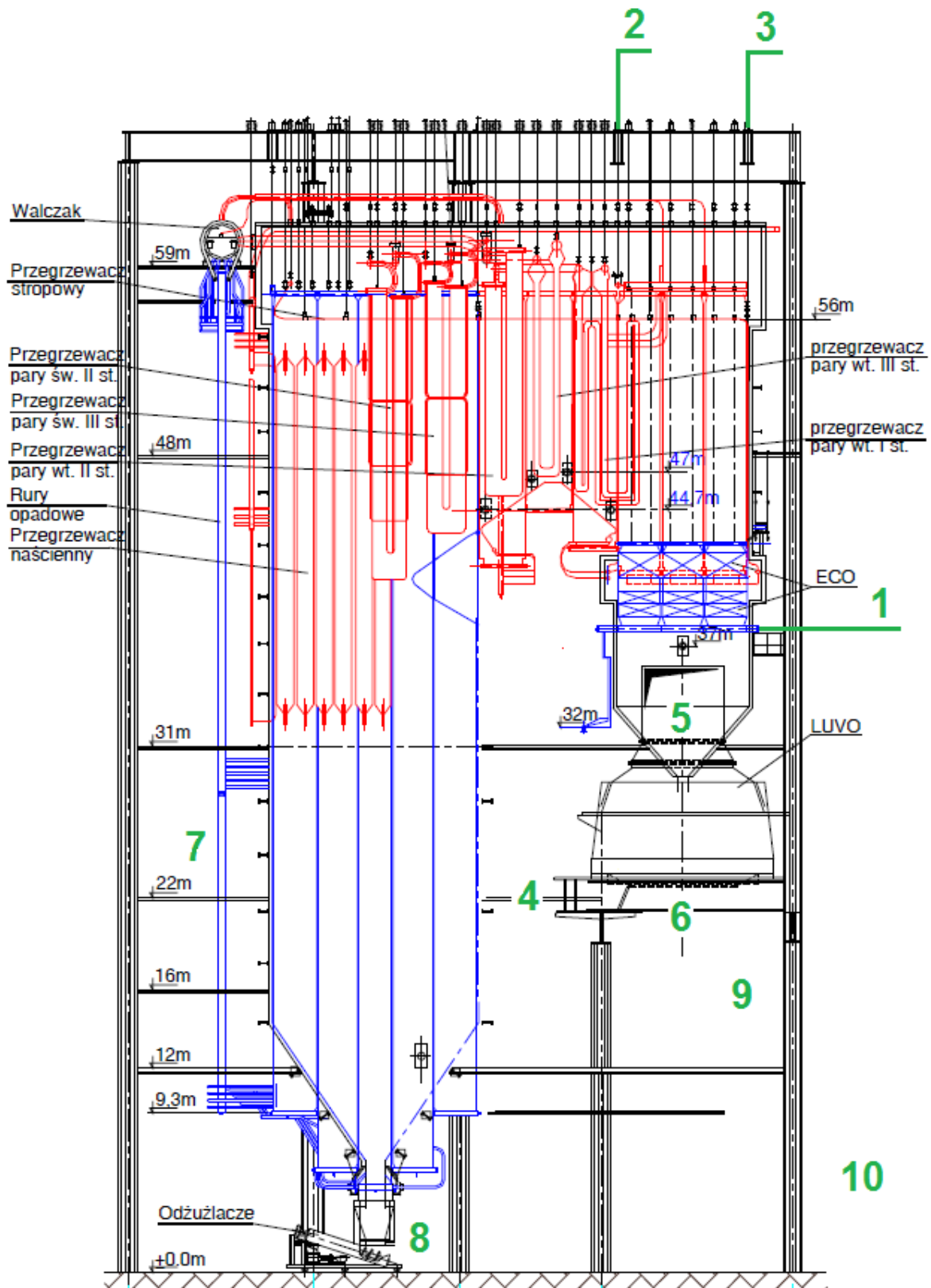
Ponadto odczytywano wskazania aparatury ruchowej, charakteryzujące pracę kotła i urządzeń pomocniczych – m. in. temperaturę powietrza zimnego (przed LUVO) i gorącego (za LUVO) oraz temperaturę spalin przed LUVO i moce urządzeń potrzeb własnych w osłonie bilansowej.


Odczytów wskazań aparatury kontrolnej i przyrządów ruchowych dokonywali pracownicy „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.

Schemat kotła i lokalizację zamontowanej przez „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. aparatury pomiarowej na badanym kotle nr 5 przedstawiono na Rysunku 1.

Rysunek 2. przedstawia schemat bilansowy kotła wg normy PN-EN 12952-15 [1] – układ bez parowego podgrzewacza powietrza.

Rysunek 1. Schemat pomiarowy kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec



	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 17 / 81

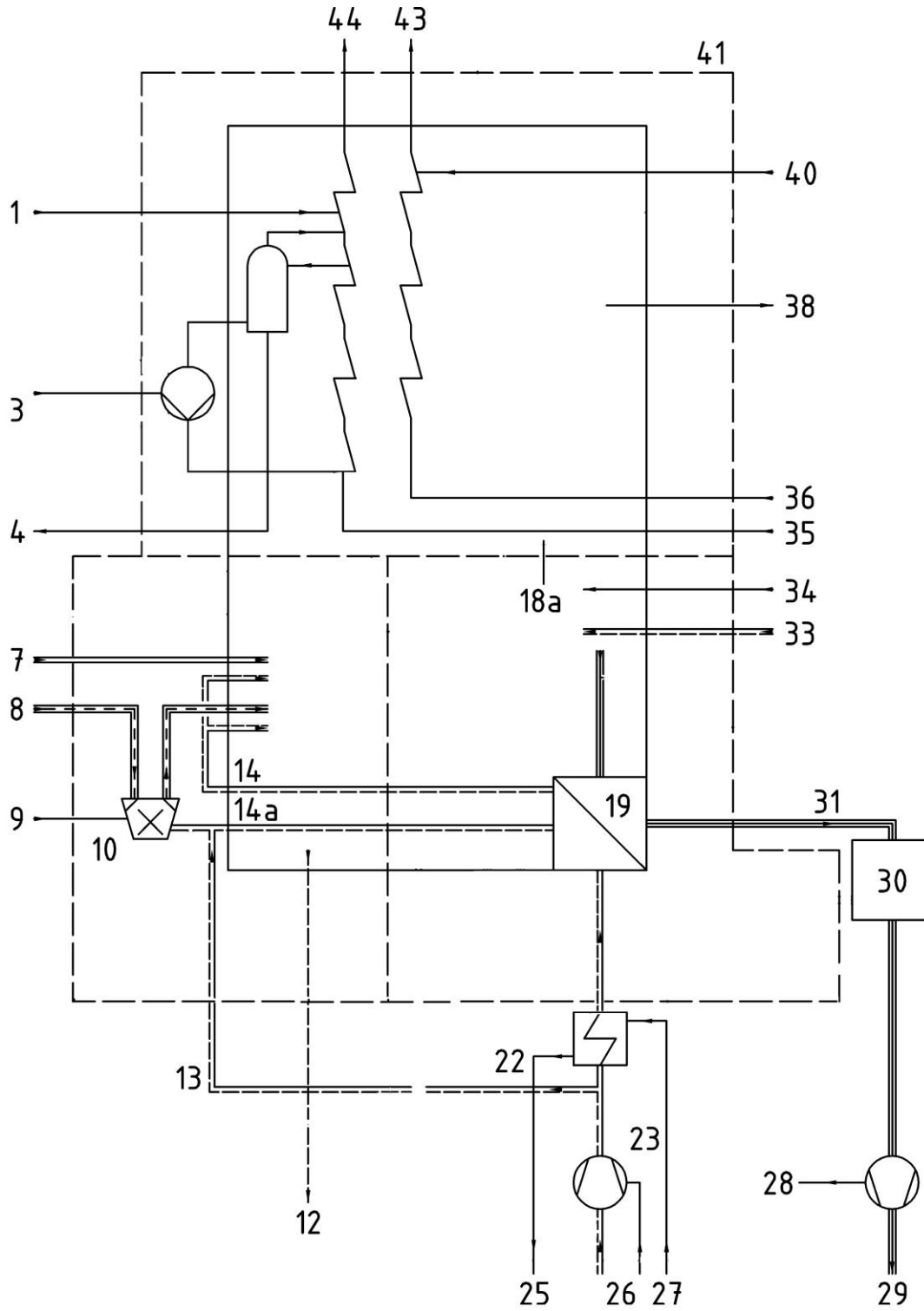
Oznaczenia do Rysunku 1.:


- 1 – woda zasilająca (temperatura, ciśnienie, strumień)
- 2 – para świeża za kotłem (temperatura, ciśnienie, strumień)
- 3 – para wtórnie przegrzana za kotłem (temperatura, ciśnienie, strumień)
- 4 – powietrze na ssaniu wentylatorów powietrza (temperatura)
- 5 – spaliny przed obrotowymi podgrzewaczami powietrza (temperatura, ciśnienie analiza w zakresie: CO₂, CO, O₂, NO)
- 6 – spaliny za obrotowymi podgrzewaczami powietrza (temperatura, ciśnienie, analiza w zakresie: CO₂, CO, O₂, NO)
- 7 – paliwo (analiza w zakresie: wartość opałowa, zawartość wilgoci, zawartość popiołu, zawartość siarki całkowitej, zawartość części lotnych, analiza pierwiastkowa – zawartość: C, H, N);
- 8 – żużel (analiza w zakresie: zawartość części palnych TOC);
- 9 – popiół lotny (analiza w zakresie: zawartość części palnych TOC);
- 10 – otoczenie.

Ponadto aparaturą ruchową sprawdzano m.in.:

- temperaturę powietrza zimnego przed LUVO;
- temperaturę powietrza gorącego za LUVO;
- temperaturę pary oraz spalin w komorze paleniskowej;
- temperatury metalu w części ciśnieniowej komorzy paleniskowej;
- moce urządzeń potrzeb własnych w granicy osłony bilansowej – tj. moce młynów węglowych, wentylatorów młynowych.


Rysunek 2. Schemat bilansowy kotła wg PN-EN 12952-15 – układ bez parowego podgrzewacza powietrza



	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 19 / 81

Objaśnienia do Rysunku 2. (oznaczenia wg PN-EN 12952-15 [1]):

1. Woda wtryskowa do przegrzewacza pary świeżej
3. Moc pompy cyrkulacyjnej – nie dotyczy
4. Odsoliny
7. Olej opałowy
8. Węgiel
9. Moc na wałach zespołów młynowych
10. Młyny
12. Strata w żużlu
13. Zimne powietrze do młyna
14. Powietrze wtórne do palników
- 14a. Gorące powietrze do młyna
- 18a. Strumień ciepła użytecznego
19. Podgrzewacz powietrza
22. Parowy podgrzewacz powietrza
23. Para obca
25. Kondensat
26. Moc na wale wentylatora powietrza
27. Para do kaloryferowego podgrzewacza powietrza
28. Moc na wale wentylatora spalin
29. Strata w popiele lotnym
30. Odpylacz
31. Spaliny za kotłem
33. Powietrze dosiane
34. Moce na wałach innych urządzeń
35. Woda zasilająca
36. Para międzystopniowa – dolot do kotła
38. Strata promieniowania i przewodzenia oraz strata w powietrzu gorącym do IOS
40. Woda wtryskowa do przegrzewacza pary międzystopniowej
41. Osłona bilansowa (granice bilansowania)
43. Para międzystopniowa – wylot z kotła
44. Para świeża – wylot z kotła

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 20 / 81

9. OBJAŚNIENIA DO OBLICZEŃ

9.1. Strumień pary oraz wody wtryskowej liczono według normy PN-EN ISO 5167-1 na podstawie pomiaru różnicy ciśnień na zwężce pomiarowej – wyniki przytoczono za sprawozdaniem o numerze ewidencyjnym 79/ZC/2017 [4].

9.2. Sprawność rurociągów łączących kocioł z turbiną przyjęto na poziomie 99,7%.

9.3. Sprawność kotła określono metodą pośrednią (przez wyznaczenie strat) wg normy PN-EN 12952-15 [1]. Do obliczeń przyjęto:

- udział popiołu w żużlu odniesiony do masy popiołu w spalonym węglu – 15% (w popiele lotnym – 85%);
- udział odparowanego popiołu – 0,05;
- temperaturę żużla na wyjściu z kotła – 500°C;
- temperaturę powietrza na granicy bilansowej – jako średnią temperaturę powietrza przed obrotowymi podgrzewaczami powietrza (za parowymi podgrzewaczami powietrza);
- temperaturę odniesienia – 25°C;
- temperaturę spalanego paliwa równą temperaturze odniesienia.


Obliczając sprawność kotła uwzględniono (zgodnie z [1]) moce doprowadzone na wały młynów i wentylatorów młynowych, obliczone z mocy silników z uwzględnieniem ich sprawności oraz ciepło fizyczne paliwa i powietrza do spalania.

Do obliczeń przyjęto standardowy układ osłony bilansowej. Przyjęty układ osłony bilansowej bez parowego podgrzewacza powietrza przedstawiono na Rysunku 2.

9.4 Przyrost względny zużycia energii chemicznej paliwa przez kocioł:

$$EPSIK = 1 + (d Q_S / d \dot{Q}_N)$$

gdzie: Q_S - strumień energii strat [MW]

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 21 / 81


10. WYNIKI POMIARÓW

Wyniki pomiarów i obliczeń z pomiarów cieplnych kotła bloku nr 5 przedstawiono w poniżej wymienionych tablicach:

- Tablica nr 1a. Wyniki pomiarów i obliczeń parametrów pracy kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – czynne parowe podgrzewacze powietrza
- Tablica nr 1b. Wyniki pomiarów i obliczeń parametrów pracy kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – wyłączone parowe podgrzewacze powietrza
- Tablica nr 2a. Wyniki obliczeń bilansu energetycznego z pomiarów kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – czynne parowe podgrzewacze powietrza
- Tablica nr 2b. Wyniki obliczeń bilansu energetycznego z pomiarów kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – wyłączone parowe podgrzewacze powietrza
- Tablica nr 3a. Wskazania aparatury ruchowej z pomiarów kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – czynne parowe podgrzewacze powietrza
- Tablica nr 3b. Wskazania aparatury ruchowej z pomiarów kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – wyłączone parowe podgrzewacze powietrza


oraz graficznie na rysunkach:

- Rysunek 3a. Sprawność i straty cieplne kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – czynne parowe podgrzewacze powietrza
- Rysunek 3b. Sprawność i straty cieplne kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – wyłączone parowe podgrzewacze powietrza
- Rysunek 4. Zestawienie sprawności dla różnych wariantów pracy kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec
- Rysunek 5a. Straty energii chemicznej paliwa oraz przyrost względny zużycia energii chemicznej paliwa kotła bloku nr 5 – czynne parowe podgrzewacze powietrza
- Rysunek 5b. Straty energii chemicznej paliwa oraz przyrost względny zużycia energii chemicznej paliwa kotła bloku nr 5 – wyłączone parowe podgrzewacze powietrza

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 22 / 81

Tablica nr 1a. Wyniki pomiarów i obliczeń parametrów pracy kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – czynne parowe podgrzewacze powietrza

Lp.	Wyszczególnienie		Jedn.	Numer pomiaru kotła			
				1a	2a	3a	
1	Data pomiaru		dd.mm.rrrr	07.02.2017	08.02.2017	09/10.02.2017	
2	Moc elektryczna bloku		MW _{el}	205,6	165,2	123,8	
3	Otoczenie	temperatura termometru suchego	ts	°C	13,9	13,1	14,3
4		temperatura termometru mokrego	tm	°C	6,2	5,1	6,0
5	Woda zasilająca	temperatura		°C	247,6	236,7	222,7
6		ciśnienie		MPa	15,85	15,01	14,28
7		strumień		t/h	642,3	516,8	395,2
8	Para świeża	temperatura za kotłem	str. L	°C	517,5	520,8	508,4
9			str. P	°C	519,3	522,6	510,6
10		średnia	°C	518,4	521,7	509,5	
11		ciśnienie	MPa	12,94	12,94	12,91	
12		strumień	t/h	641,5	516,0	394,4	
13	Woda wtryskowa do pary świeżej	temperatura		°C	247,6	236,7	222,7
14		ciśnienie		MPa	15,28	14,13	13,23
15		strumień		t/h	0,0	0,0	0,0
16	Para wtórna	temperatura za częścią WP turbiny		°C	304,3	297,1	279,7
17		ciśnienie za częścią WP turbiny		MPa	2,63	2,08	1,57
18		strumień przed kotłem		t/h	594,8	481,0	368,8
19		temperatura za kotłem		°C	494,7	483,5	462,4
20		ciśnienie przed częścią SP turbiny		MPa	2,29	1,81	1,36
21		strumień za kotłem		t/h	534,6	427,3	331,9
22	Woda wtryskowa do pary wtórnej	temperatura		°C	159,3	159,2	159,4
23		ciśnienie		MPa	4,76	4,50	4,27
24		strumień		t/h	0,0	0,0	2,1
25	Paliwo	strumień paliwa spalonego w kotle		t/h	94,6	78,2	65,7
26				kg/s	26,3	21,7	18,2
27		wartość opalowa	r	kJ/kg	19 506	19 471	17 943
28		zawartość popiołu	r	%	23,3	24,5	22,6
29		zawartość wilgoci	r	%	8,8	10,2	13,0
30		zawartość części lotnych	r	%	32,95	28,71	31,05
31		zawartość: węgla	r	%	48,96	49,20	46,08
32		wodoru	r	%	4,12	3,86	3,80
33		azotu	r	%	0,87	0,83	0,73
34		tłenu	r	%	12,77	10,36	12,95
35		siarki	r	%	1,18	1,05	0,84
36	Zawartość części palnych w odpadach paleniskowych	w zużłiu - jako całkowity węgiel organiczny TOC ^d		%	1,05	2,07	1,23
37		w popiole lotnym - jako całkowity węgiel organiczny TOC ^d		%	3,25	5,45	4,61
38	Powietrze	temperatura na ssaniu WP	WP1	°C	18,9	16,0	19,6
39			WP2	°C	19,1	18,1	21,5
40			średnia	°C	19,0	17,1	20,5
41		temperatura przed LUVO	str. L	°C	34,3	34,1	35,9
42			str. P	°C	34,6	34,4	36,3
43			średnia	°C	34,5	34,3	36,1
44	Spaliny	temperatura przed LUVO - strona lewa	pkt. 1	°C	368,6	342,4	309,8
45			pkt. 2	°C	376,7	345,1	312,1
46			pkt. 3	°C	374,1	344,9	313,4
47			pkt. 4	°C	380,8	351,7	319,2
48			pkt. 5	°C	381,1	352,0	319,7
49			pkt. 6	°C	382,6	352,0	322,5
50			pkt. 7	°C	383,5	353,0	324,2
51		średnia str. L	°C	378,2	348,7	317,3	
52		temperatura przed LUVO - strona prawa	pkt. 1	°C	369,2	345,5	315,8
53			pkt. 2	°C	387,7	352,9	322,7
54			pkt. 3	°C	383,3	354,5	320,4
55			pkt. 4	°C	380,6	351,5	317,6
56			pkt. 5	°C	379,7	349,6	314,6
57			pkt. 6	°C	377,0	347,4	312,7
58	pkt. 7		°C	372,2	343,5	309,6	
59	średnia str. P	°C	378,5	349,3	316,2		
60	średnia temperatura spalin przed LUVO		°C	378,4	349,0	316,7	

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 23 / 81

cd. tablicy nr 1a.

Lp.	Wyszczególnienie	Jedn.	Numer pomiaru kotła					
			1a	2a	3a			
61	Spaliny	pkt. 1	°C	166,9	174,7	163,9		
62		pkt. 2	°C	167,7	175,5	164,4		
63		temperatura za LUVO - strona lewa	pkt. 3	°C	171,6	179,4	168,1	
64			pkt. 4	°C	165,7	175,9	165,6	
65			pkt. 5	°C	152,4	163,4	155,7	
66			średnia str. L	°C	164,9	173,8	163,5	
67			pkt. 1	°C	165,9	171,8	164,0	
68		temperatura za LUVO - strona prawa	pkt. 2	°C	n	n	n	
69			pkt. 3	°C	n	n	n	
70			pkt. 4	°C	164,6	172,5	179,2	
71			pkt. 5	°C	154,1	162,4	157,8	
72			średnia str. P	°C	161,5	168,9	167,0	
73		średnia temperatura spalin za kotłem		°C	163,6	172,0	164,8	
74		Ciśnienie spalin	przed LUVO	kPa	-0,70	-0,52	-0,33	
75			za LUVO	kPa	-1,67	-1,37	-0,90	
76	Opory przepływu po stronie spalin		kPa	0,98	0,85	0,56		
77	Analiza spalin przed LUVO	str. L	%	15,3	14,8	13,9		
78		zawartość CO ₂	str. P	%	15,7	14,4	14,5	
79			średnia	%	15,5	14,6	14,2	
80			str. L	ppm	7	11	13	
81		zawartość CO	str. P	ppm	6	11	13	
82			średnia	ppm	6	11	13	
83			str. L	%	3,53	4,00	5,00	
84		zawartość O ₂	str. P	%	3,04	4,41	4,29	
85			średnia	%	3,28	4,20	4,65	
86			str. L	ppm	202	165	183	
87		zawartość NO	str. P	ppm	187	151	172	
88			średnia	ppm	194	158	178	
89			str. L	%	14,2	13,7	13,0	
90		Analiza spalin za LUVO	zawartość CO ₂	str. P	%	14,9	13,6	13,6
91				średnia	%	14,5	13,7	13,3
92				str. L	ppm	7	10	12
93			zawartość CO	str. P	ppm	8	10	13
94				średnia	ppm	7	10	13
95	str. L			%	4,93	5,29	6,02	
96	zawartość O ₂		str. P	%	4,07	5,41	5,30	
97			średnia	%	4,50	5,35	5,66	
98			str. L	ppm	198	163	173	
99	zawartość NO		str. P	ppm	183	145	164	
100			średnia	ppm	190	154	169	
101			str. L	mg/m _n ³	379	318	355	
102	Stężenie NO _x za LUVO przy O ₂ =6%		str. P	mg/m _n ³	332	286	322	
103			średnia	mg/m _n ³	355	302	339	
104			str. L	%	7,2	7,1	5,8	
105	Nieszczelność LUVO ¹⁾		str. P	%	5,1	5,5	5,5	
106			średnia	%	6,1	6,3	5,7	

Objaśnienia do tabeli:

Na/b - seria pomiarowa przy czynnych/wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza, gdzie N - numer pomiaru kotła


¹⁾ - wg wzoru z ASME PTC 4.3 - 1968 w rozdziale 7.03.1

r - stan roboczy

n - wskazanie nieczynne


WP - wentylator powietrza

LUVO - obrotowe podgrzewacze powietrza

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 24 / 81

Tablica nr 1b. Wyniki pomiarów i obliczeń parametrów pracy kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – wyłączone parowe podgrzewacze powietrza

Lp.	Wyszczególnienie		Jedn.	Numer pomiaru kotła			
				1b	2b	3b	
1	Data pomiaru		dd.mm.rrrr	07.02.2017	08.02.2017	10.02.2017	
2	Moc elektryczna bloku		MW _{el}	208,7	165,4	123,8	
3	Otoczenie	temperatura termometru suchego	ts	°C	13,4	12,5	13,7
4		temperatura termometru mokrego	tm	°C	5,7	4,8	5,4
5	Woda zasilająca	temperatura		°C	248,1	236,6	222,7
6		ciśnienie		MPa	15,94	15,00	14,31
7		strumień		t/h	648,8	516,2	395,4
8	Para świeża	temperatura za kotłem	str. L	°C	519,0	520,8	507,3
9			str. P	°C	520,8	522,7	509,5
10		średnia	°C	519,9	521,7	508,4	
11		ciśnienie	MPa	12,99	12,93	12,94	
12		strumień	t/h	648,0	515,4	394,6	
13	Woda wtryskowa do pary świeżej	temperatura		°C	248,1	236,6	222,7
14		ciśnienie		MPa	15,37	14,11	13,26
15		strumień		t/h	0,0	0,0	0,0
16	Para wtórna	temperatura za częścią WP turbiny		°C	306,1	297,2	278,5
17		ciśnienie za częścią WP turbiny		MPa	2,66	2,08	1,57
18		strumień przed kotłem		t/h	600,7	480,4	369,2
19		temperatura za kotłem		°C	497,7	483,6	461,0
20		ciśnienie przed częścią SP turbiny		MPa	2,31	1,81	1,36
21		strumień za kotłem		t/h	539,3	426,9	332,0
22	Woda wtryskowa do pary wtórnej	temperatura		°C	159,3	159,2	159,3
23		ciśnienie		MPa	4,78	4,49	4,28
24		strumień		t/h	0,0	0,0	1,8
25	Paliwo	strumień paliwa spalonego w kotle		t/h	96,1	78,5	65,8
26				kg/s	26,7	21,8	18,3
27		wartość opalowa	r	kJ/kg	19 506	19 471	17 943
28		zawartość popiołu	r	%	23,3	24,5	22,6
29		zawartość wilgoci	r	%	8,8	10,2	13,0
30		zawartość części lotnych	r	%	32,95	28,71	31,05
31		zawartość: węgla	r	%	48,96	49,20	46,08
32		wodoru	r	%	4,12	3,86	3,80
33		azotu	r	%	0,87	0,83	0,73
34		tłenu	r	%	12,77	10,36	12,95
35		siarki	r	%	1,18	1,05	0,84
36	Zawartość części palnych w odpadach paleniskowych	w zużyciu - jako całkowity węgiel organiczny TOC ^d		%	1,05	2,07	1,23
37		w popiele lotnym - jako całkowity węgiel organiczny TOC ^d		%	3,25	5,45	4,61
38	Powietrze	temperatura na ssaniu WP	WP1	°C	14,7	15,1	16,3
39			WP2	°C	11,9	13,2	14,0
40			średnia	°C	13,3	14,2	15,1
41		temperatura przed LUVO	str. L	°C	16,8	20,1	17,8
42			str. P	°C	16,9	17,7	18,4
43		średnia	°C	16,9	18,9	18,1	
44	Spaliny	temperatura przed LUVO - strona lewa	pkt. 1	°C	368,6	340,4	310,1
45			pkt. 2	°C	384,4	344,0	312,4
46			pkt. 3	°C	374,3	344,1	313,7
47			pkt. 4	°C	381,6	350,2	319,1
48			pkt. 5	°C	381,7	350,8	319,8
49			pkt. 6	°C	382,7	350,3	323,0
50			pkt. 7	°C	383,5	351,8	324,9
51		średnia str. L	°C	379,5	347,4	317,6	
52		temperatura przed LUVO - strona prawa	pkt. 1	°C	369,1	343,7	316,1
53			pkt. 2	°C	380,3	351,4	320,4
54			pkt. 3	°C	383,3	352,2	320,4
55			pkt. 4	°C	380,7	349,0	317,8
56			pkt. 5	°C	380,1	346,8	314,2
57			pkt. 6	°C	377,4	344,2	312,4
58	pkt. 7		°C	372,5	341,2	309,4	
59	średnia str. P	°C	377,6	346,9	315,8		
60	średnia temperatura spalin przed LUVO			°C	378,6	347,1	316,7

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 25 / 81

cd. tablicy nr 1b.

Lp.	Wyszczególnienie	Jedn.	Numer pomiaru kotła				
			1b	2b	3b		
61	Spaliny	pkt. 1	°C	160,2	171,5	154,8	
62		pkt. 2	°C	161,2	172,3	155,5	
63		temperatura za LUVO	°C	165,1	176,3	159,2	
64		- strona lewa	°C	158,6	172,5	156,2	
65		pkt. 5	°C	144,7	159,7	145,6	
66		średnia str. L	°C	158,0	170,5	154,3	
67		pkt. 1	°C	159,0	168,5	155,2	
68		pkt. 2	°C	n	n	n	
69		temperatura za LUVO	°C	n	n	n	
70		- strona prawa	°C	157,5	169,5	170,2	
71		pkt. 5	°C	146,6	158,8	148,3	
72		średnia str. P	°C	154,4	165,6	157,9	
73		średnia temperatura spalin za kotłem	°C	156,6	168,6	155,6	
74		Ciśnienie spalin	przed LUVO	kPa	-0,71	-0,52	-0,36
75			za LUVO	kPa	-1,81	-1,38	-0,89
76	Opory przepływu po stronie spalin	kPa	1,10	0,86	0,52		
77	Analiza spalin przed LUVO	zawartość CO ₂	%	15,4	14,8	13,9	
78		str. L	%	15,8	14,8	14,5	
79		średnia	%	15,6	14,8	14,2	
80		zawartość CO	ppm	9	12	15	
81		str. L	ppm	7	13	15	
82		średnia	ppm	8	12	15	
83		zawartość O ₂	%	3,42	4,00	5,06	
84		str. L	%	2,86	4,05	4,30	
85		średnia	%	3,14	4,03	4,68	
86		zawartość NO	ppm	208	175	192	
87		str. L	ppm	192	160	180	
88		średnia	ppm	200	167	186	
89	Analiza spalin za LUVO	zawartość CO ₂	%	14,3	13,7	13,0	
90		str. L	%	15,0	14,0	13,7	
91		średnia	%	14,6	13,8	13,4	
92		zawartość CO	ppm	9	9	13	
93		str. L	ppm	9	10	14	
94		średnia	ppm	9	10	14	
95		zawartość O ₂	%	4,78	5,31	6,05	
96		str. L	%	3,96	5,01	5,22	
97		średnia	%	4,37	5,16	5,63	
98		zawartość NO	ppm	204	169	181	
99		str. L	ppm	184	153	172	
100		średnia	ppm	194	161	176	
101		Stężenie NO _x za LUVO przy O ₂ =6%	str. L	mg/m _n ³	386	332	372
102			str. P	mg/m _n ³	332	294	336
103			średnia	mg/m _n ³	359	313	354
104		Nieszczelność LUVO ¹⁾	str. L	%	7,2	7,4	5,8
105			str. P	%	5,3	5,1	5,3
106			średnia	%	6,2	6,3	5,5

Objaśnienia do tabeli:

Na/b - seria pomiarowa przy czynnych/wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza, gdzie N - numer pomiaru kotła


¹⁾ - wg wzoru z ASME PTC 4.3 - 1968 w rozdziale 7.03.1

r - stan roboczy

n - wskazanie nieczynne


WP - wentylator powietrza

LUVO - obrotowe podgrzewacze powietrza

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 26 / 81

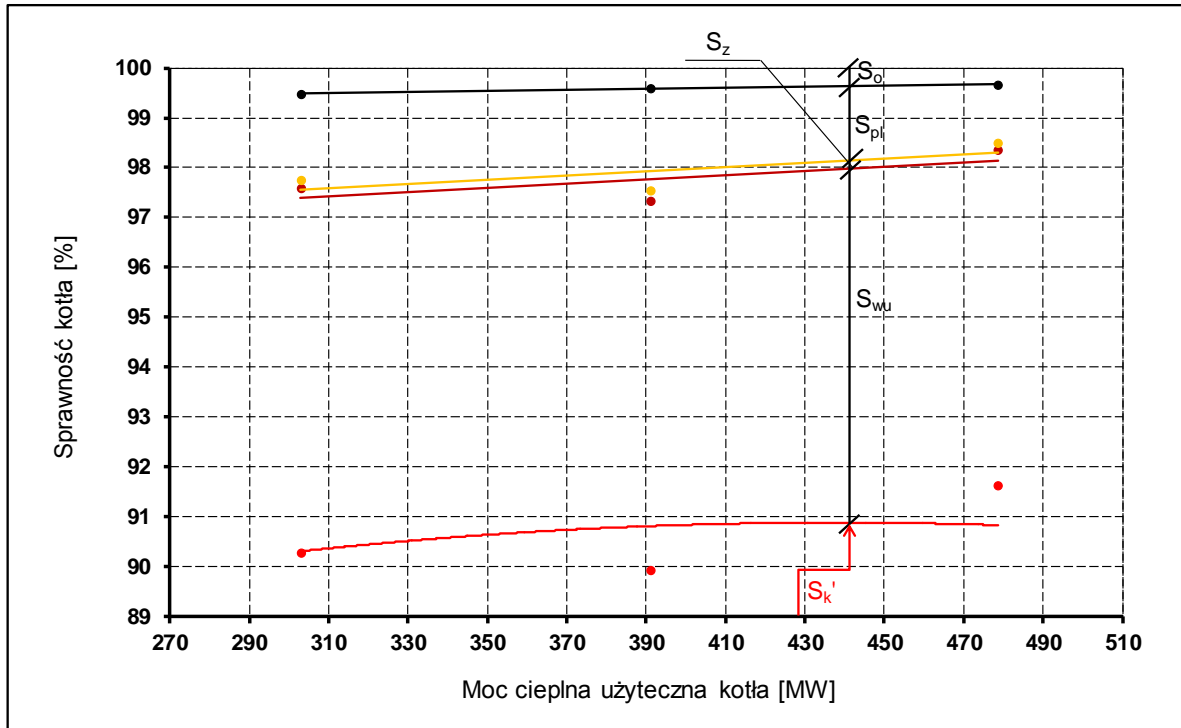
Tablica nr 2a. Wyniki obliczeń bilansu energetycznego z pomiarów kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – czynne parowe podgrzewacze powietrza

Lp.	Wyszczególnienie	Wymiar	Numer pomiaru kotła:		
			1a	2a	3a
1	Data pomiaru	dd.mm.rrrr	07.02.2017	08.02.2017	09/10.02.2017
2	Moc elektryczna bloku	MW	205,6	165,2	123,8
3	Użyteczna moc cieplna kotła	MW	478,6	391,1	302,9
4	Obciążenie cieplne kotła	%	92,8	75,8	58,7
5	Wydajność parowa kotła z pomiaru	t/h	641,5	516,0	394,4
6	Wartość opałowa spalonego paliwa	kJ/kg	19 506	19 471	17 943
7	Strumień paliwa spalonego w kotle	t/h	94,6	78,2	65,7
8	Energia doprowadzona z paliwem do kotła	MW	520,0	432,5	333,8
9		GJ/h	1 872	1 557	1 202
10	Energia mechaniczna napędu młynów	MW	2,32	2,34	1,75
11	i wentylatorów młynowych	GJ/h	8,4	8,4	6,3
12	Sumaryczna energia doprowadzona	MW	522,3	434,8	335,5
13	do kotła	GJ/h	1 880	1 565	1 208
14	Sprawność kotła	%	91,64	89,94	90,27
15	Niepewność wyznaczenia sprawności	%	0,46	0,62	0,58
16	Strata wylotowa	MW	35,05	32,19	24,54
17		%	6,710	7,403	7,313
18	Strata niezupełnego spalania	MW	0,02	0,02	0,02
19		%	0,0029	0,0043	0,0055
20	Strata niecałkowitego spalania w żużlu	MW	0,73	0,91	0,53
21		%	0,140	0,210	0,158
22	Strata niecałkowitego spalania	MW	6,14	8,90	5,80
23	w popiele lotnym	%	1,175	2,046	1,729
24	Strata promieniowania i przewodzenia	MW	1,74	1,74	1,74
25		%	0,334	0,401	0,519

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 27 / 81

Tablica nr 2b. Wyniki obliczeń bilansu energetycznego z pomiarów kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – wyłączone parowe podgrzewacze powietrza

Lp.	Wyszczególnienie	Wymiar	Numer pomiaru kotła:		
			1b	2b	3b
1	Data pomiaru	dd.mm.rrrr	07.02.2017	08.02.2017	10.02.2017
2	Moc elektryczna bloku	MW	208,7	165,4	123,8
3	Użyteczna moc ciepła kotła	MW	484,0	390,8	302,5
4	Obciążenie ciepłe kotła	%	93,9	75,8	58,6
5	Wydajność parowa kotła z pomiaru	t/h	648,0	515,4	394,6
6	Wartość opałowa spalonego paliwa	kJ/kg	19 506	19 471	17 943
7	Strumień paliwa spalonego w kotle	t/h	96,1	78,5	65,8
8	Energia doprowadzona z paliwem do kotła	MW	523,9	431,2	331,7
9		GJ/h	1 886	1 552	1 194
10	Energia mechaniczna napędu młynów	MW	2,36	2,37	1,77
11	i wentylatorów młynowych	GJ/h	8,5	8,5	6,4
12	Sumaryczna energia doprowadzona	MW	526,3	433,6	333,4
13	do kotła	GJ/h	1 895	1 561	1 200
14	Sprawność kotła	%	91,98	90,12	90,71
15	Niepewność wyznaczenia sprawności	%	0,44	0,61	0,56
16	Strata wylotowa	MW	33,52	31,24	22,90
17		%	6,370	7,206	6,868
18	Strata niecałkowitego spalania	MW	0,02	0,02	0,02
19		%	0,0035	0,0041	0,0060
20	Strata niecałkowitego spalania w żużlu	MW	0,74	0,92	0,53
21		%	0,141	0,211	0,160
22	Strata niecałkowitego spalania	MW	6,20	8,92	5,79
23	w popiele lotnym	%	1,178	2,057	1,735
24	Strata promieniowania i przewodzenia	MW	1,74	1,74	1,74
25		%	0,331	0,402	0,523

Rysunek 3a. Sprawność i straty ciepłone kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – czynne parowe podgrzewacze powietrza


Objaśnienia:

S_k' - sprawność kotła przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza

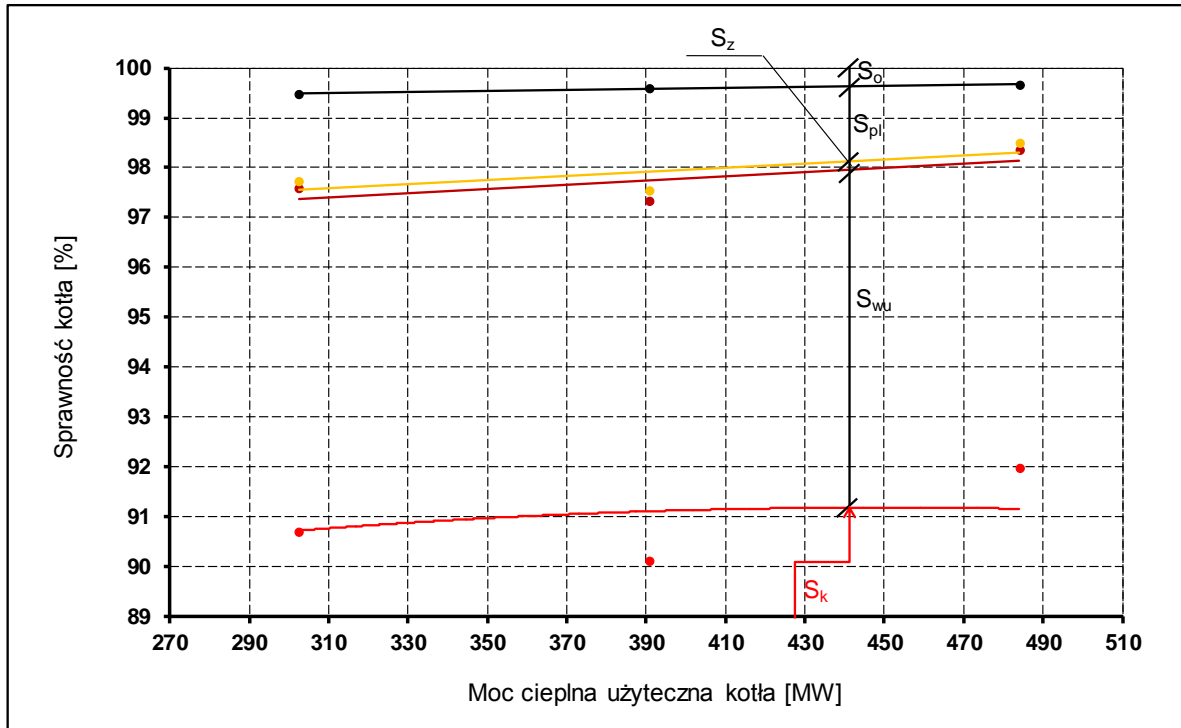
S_{wu} - strata wylotowa i niepełnego spalania

S_z - strata w żużlu

S_{pl} - strata w popiele lotnym

S_o - strata do otoczenia

Rysunek 3b. Sprawność i straty ciepłe kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – wyłączone parowe podgrzewacze powietrza



Objaśnienia:

S_k - sprawność kotła przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza

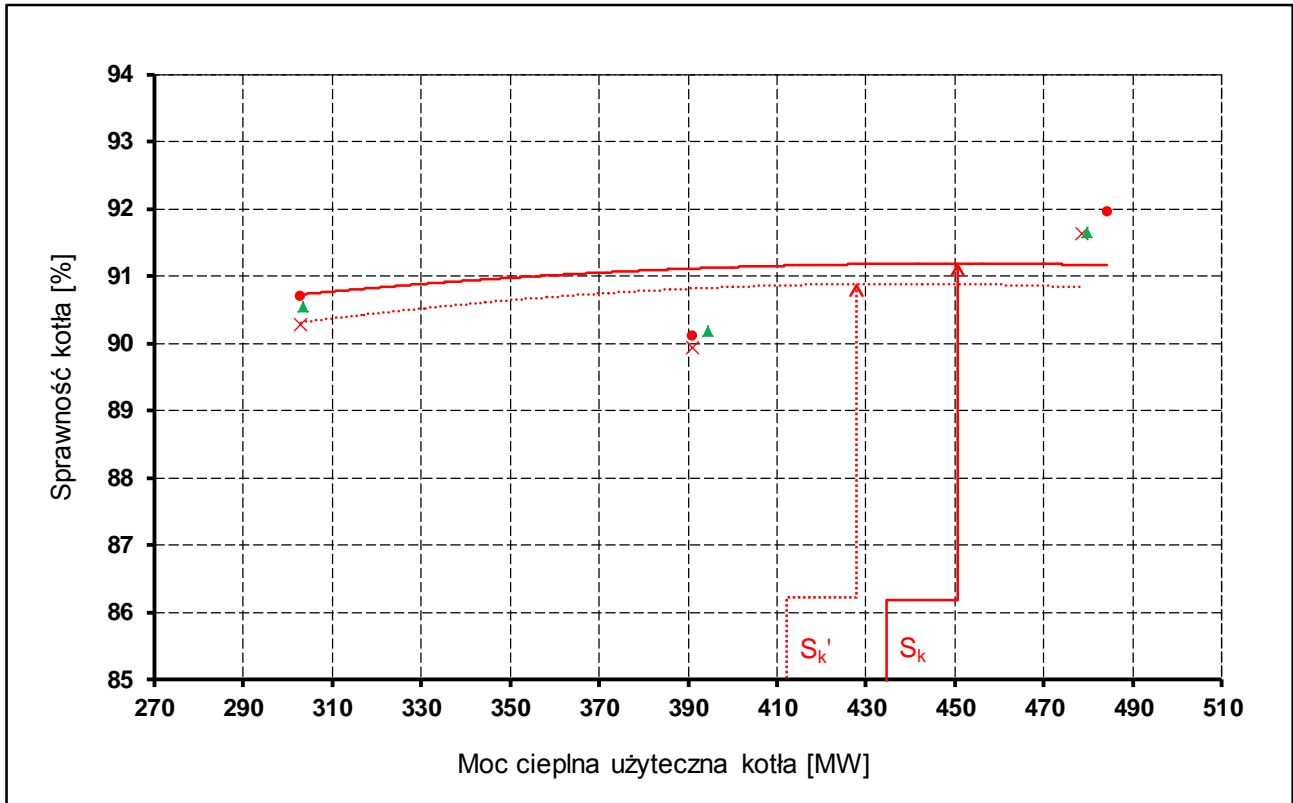
S_{wu} - strata wylotowa i niepełnego spalania

S_z - strata w żużlu

S_{pl} - strata w popiele lotnym

S_o - strata do otoczenia

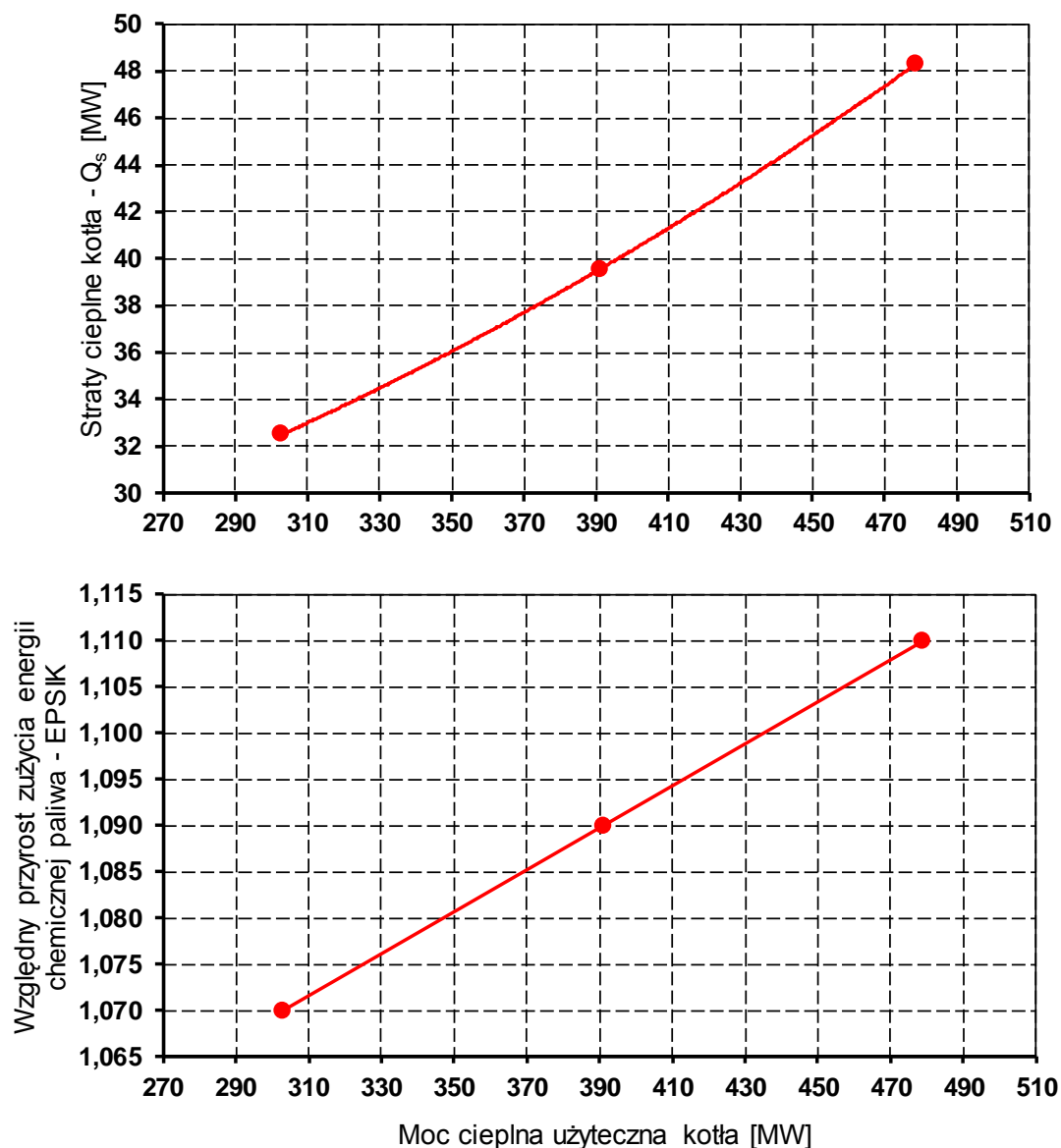
Rysunek 4. Zestawienie sprawności dla różnych wariantów pracy kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec



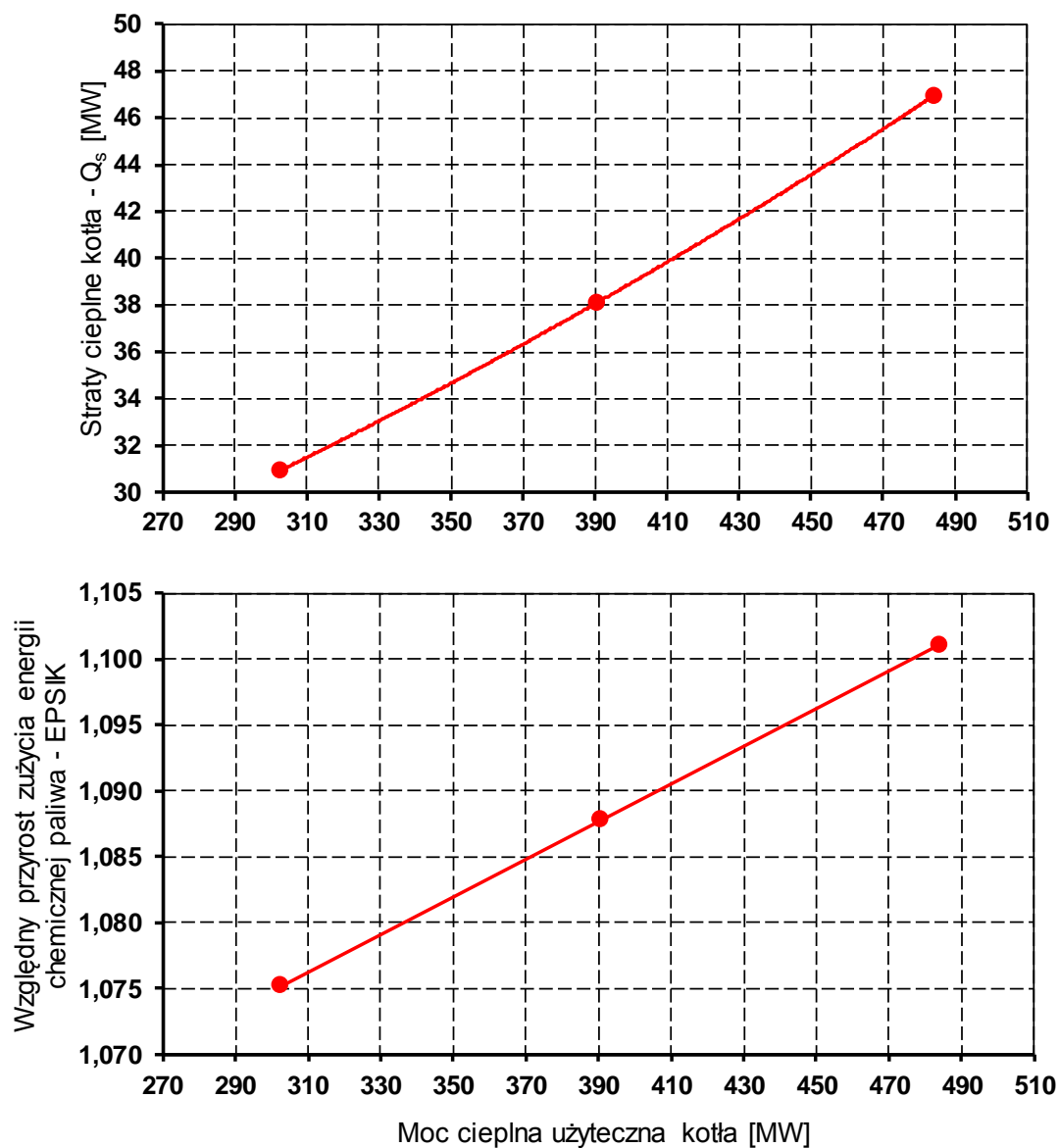
Objaśnienia:


- S_k - sprawność kotła przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza
-× S'_k - sprawność kotła przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza
- ▲ - sprawność kotła przy uruchomionym układzie odsalania do RO

Rysunek 5a. Straty energii chemicznej paliwa oraz przyrost względny zużycia energii chemicznej paliwa kotła bloku nr 5 – czynne parowe podgrzewacze powietrza




Rysunek 5b. Straty energii chemicznej paliwa oraz przyrost względny zużycia energii chemicznej paliwa kotła bloku nr 5 – wyłączone parowe podgrzewacze powietrza



	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 33 / 81


Tablica nr 3a. Wskazania aparatury ruchowej z pomiarów kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – czynne parowe podgrzewacze powietrza

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Numer pomiaru kotła					
			1a	2a	3a			
1	Data pomiaru	dd.mm.rrrr	07.02.2017	08.02.2017	09/10.02.2017			
2	Godzina pomiaru	gg ^{mm}	9 ³⁰ +11 ⁰⁰	18 ³⁰ +20 ⁰⁰	23 ³⁰ +00 ³⁰			
3	Woda zasilająca	Temperatura wody zasilającej do kotła - średnia	°C	245,6	234,3	220,5		
4		Ciśnienie wody zasilającej przed kotłem	MPa	15,75	14,88	14,15		
5		Przepływ wody do kotła - skorygowany	t/h	646,8	519,5	392,6		
6		Temperatura wody zasilającej za podgrzewaczem wody ECO	str L	°C	316,5	306,9	290,0	
7	str P		°C	312,8	300,4	286,0		
8	Walczak	Temperatura nasycenia w walczaku	°C	343,2	338,9	335,8		
9		Ciśnienie w walczaku	MPa	15,17	14,38	13,71		
10	Para świeża	Temperatura przed schładzaczem nr 1	str L	°C	396,9	405,8	402,4	
11		Temperatura za schładzaczem nr 1	str L	°C	393,2	406,6	400,5	
12		Temperatura przed schładzaczem nr 2	str L	°C	449,2	463,4	450,0	
13		Temperatura za schładzaczem nr 2	str L	°C	446,7	460,4	446,3	
14		Temperatura przed schładzaczem nr 3	str L	°C	501,5	512,8	497,0	
15		Temperatura za schładzaczem nr 3	str L	°C	500,6	512,4	497,8	
16		Temperatura za kotłem	str L	°C	513,9	523,6	505,9	
17		Temperatura przed schładzaczem nr 1	str P	°C	403,7	400,8	433,6	
18		Temperatura za schładzaczem nr 1	str P	°C	405,4	403,0	421,1	
19		Temperatura przed schładzaczem nr 2	str P	°C	454,6	452,1	468,4	
20		Temperatura za schładzaczem nr 2	str P	°C	453,7	450,7	467,1	
21		Temperatura przed schładzaczem nr 3	str P	°C	516,7	514,0	515,8	
22		Temperatura za schładzaczem nr 3	str P	°C	514,7	512,1	514,4	
23		Temperatura za kotłem	str P	°C	522,0	519,2	518,4	
24		Średnia temperatura pary świeżej za kotłem		°C	517,9	521,4	512,1	
25		Ciśnienie pary świeżej za kotłem		MPa	12,96	12,90	12,82	
26		Przepływ pary świeżej za kotłem		t/h	645,9	518,7	395,4	
27		Wtryski do pary świeżej	Ciśnienie wody wtryskowej		MPa	15,71	14,84	14,06
28			Strumień wody wtryskowej		t/h	0,0	0,0	0,0
29		Para wtórna	Ciśnienie pary wtórnej za kotłem	str L	MPa	2,17	1,68	1,25
30			Temperatura za pęczkiem konwekcyjnym	str L	°C	421,2	412,9	391,4
31			Temperatura przed schładzaczem	str L	°C	448,9	440,7	429,8
32			Temperatura za schładzaczem	str L	°C	445,8	436,6	424,9
33			Temperatura za kotłem	str L	°C	488,1	476,1	458,6
34	Ciśnienie pary wtórnej za kotłem		str P	MPa	2,18	1,70	1,26	
35	Temperatura za pęczkiem konwekcyjnym		str P	°C	365,9	389,8	380,9	
36	Temperatura przed schładzaczem		str P	°C	471,4	462,0	434,8	
37	Temperatura za schładzaczem		str P	°C	471,5	460,7	433,6	
38	Temperatura za kotłem		str P	°C	505,3	492,2	467,4	
39	Średnia temperatura pary wtórnej za kotłem			°C	496,7	484,1	463,0	
40	Wtryski do pary wtórnej	Temperatura wody wtryskowej do pary wtórnej (na ssaniu PZ1-3)		°C	155,3	155,3	155,2	
41		Ciśnienie wody wtryskowej		MPa	3,86	3,52	3,20	
42		Strumień wody wtryskowej do pary wtórnej		t/h	0,0	0,1	0,1	
43	Temperatury metalu	przegrzewacz grodziowy I st. - przed schładzaczem 2 L		°C	475	473	481	
44		przegrzewacz grodziowy I st. - przed schładzaczem 2 P		°C	458	450	462	
45		przegrzewacz grodziowy I st. - przed schładzaczem 2 P		°C	457	453	468	
46		przegrzewacz grodziowy I st. - za schładzaczem 2 L		°C	475	473	481	
47		przegrzewacz grodziowy I st. - za schładzaczem 2 L		°C	424	425	426	
48		przegrzewacz grodziowy I st. - za schładzaczem 2 P		°C	407	417	399	

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 34 / 81


cd. tablicy nr 3a.

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Numer pomiaru kotła		
			1a	2a	3a
49	przegrzewacz grodziowy II st. - przed schładzaczem 3 L	°C	479	481	482
50	przegrzewacz grodziowy II st. - przed schładzaczem 3 L	°C	486	487	489
51	przegrzewacz grodziowy II st. - przed schładzaczem 3 L	°C	492	492	499
52	przegrzewacz grodziowy II st. - przed schładzaczem 3 P	°C	479	488	478
53	przegrzewacz grodziowy II st. - przed schładzaczem 3 P	°C	387	393	385
54	przegrzewacz grodziowy II st. - przed schładzaczem 3 P	°C	484	495	481
55	rur za wtryskiem 3 - str. L, dół	°C	487	496	482
56	rur za wtryskiem 3 - str. P, dół	°C	494	490	489
57	rur za wtryskiem 3 - str. P, góra	°C	506	504	506
58	przegrzewacz grodziowy II st. - za schładzaczem 3 L	°C	495	504	490
59	rur na wejściu do przegrzewacza konwekcyjnego - str. L	°C	409	403	387
60	rur na wejściu do przegrzewacza konwekcyjnego - str. L	°C	459	449	434
61	rur na wejściu do przegrzewacza konwekcyjnego - str. P	°C	457	447	434
62	rur na wejściu do przegrzewacza konwekcyjnego - str. P	°C	390	386	378
63	rur przegrzewacza grodziowego pary wtórnej - str. L	°C	458	453	435
64	rur przegrzewacza grodziowego pary wtórnej - str. L	°C	498	479	450
65	rur przegrzewacza grodziowego pary wtórnej - str. L	°C	461	450	425
66	rur przegrzewacza grodziowego pary wtórnej - str. P	°C	465	450	436
67	rur przegrzewacza grodziowego pary wtórnej - str. P	°C	467	457	444
68	rur przegrzewacza grodziowego pary wtórnej - str. P	°C	471	466	444
69	przegrzewacza konwekcyjnego pary wtórnej na wylocie z kotła - str. L	°C	467	457	449
70	przegrzewacza konwekcyjnego pary wtórnej na wylocie z kotła - str. L	°C	476	466	449
71	przegrzewacza konwekcyjnego pary wtórnej na wylocie z kotła - str. L	°C	483	474	449
72	przegrzewacza konwekcyjnego pary wtórnej na wylocie z kotła - str. L	°C	484	474	451
73	przegrzewacza konwekcyjnego pary wtórnej na wylocie z kotła - str. L	°C	483	470	450
74	przegrzewacza konwekcyjnego pary wtórnej na wylocie z kotła - str. L	°C	481	468	452
75	przegrzewacza konwekcyjnego pary wtórnej na wylocie z kotła - str. P	°C	498	481	459
76	przegrzewacza konwekcyjnego pary wtórnej na wylocie z kotła - str. P	°C	492	479	460
77	komory wylotowej pary świeżej - str. L, góra	°C	502	509	488
78	komory wylotowej pary świeżej - str. P, góra	°C	508	506	505
79	komory wylotowej pary świeżej - str. L, dół	°C	442	440	426
80	komory wylotowej pary świeżej - str. P, dół	°C	498	494	492
81	komory wylotowej pary świeżej - str. L	°C	505	511	489
82	komory wylotowej pary świeżej - str. P	°C	516	517	516
83	komory wylotowej pary wtórnej - str. L, góra	°C	484	474	460
84	komory wylotowej pary wtórnej - str. P, góra	°C	506	489	466
85	komory wylotowej pary wtórnej - str. L, dół	°C	474	463	450
86	komory wylotowej pary wtórnej - str. P, dół	°C	497	481	458
87	komory wylotowej pary wtórnej - str. L	°C	483	470	451
88	komory wylotowej pary wtórnej - str. P	°C	505	489	468
89	Temperatura na ssaniu wentylatora powietrza WP1	str L °C	21,0	20,4	22,6
90	Temperatura przed LUV0 L1	str L °C	34,3	34,1	35,9
91	Temperatura za LUV0 L1	str L °C	349,6	330,1	304,4
92	Temperatura na ssaniu wentylatora powietrza WP2	str P °C	22,9	22,1	24,5
93	Temperatura przed LUV0 L2	str P °C	34,6	34,4	36,3
94	Temperatura za LUV0 L2	str P °C	350,8	330,7	306,8

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 35 / 81

cd. tablicy nr 3a.

Lp.	Wyszczególnienie			Jednostka	Numer pomiaru kotła		
					1a	2a	3a
95	Wentylator powietrza	Położenie kierownic	WP1	%	43	28	15
96		Moc silnika	WP1	kW	290	237	202
97		Położenie kierownic	WP2	%	36	23	13
98		Moc silnika	WP2	kW	273	239	208
99	Spaliny	Ciśnienie spalin w komorze paleniskowej	str L	Pa	-15	-17	-17
100			str P	Pa	-22	-20	-20
101		Temperatura w komorze paleniskowej	str L	°C	818	784	723
102		Temperatura przed I stopniem wtrysku pierwotnego	str L	°C	756	732	693
103		Temperatura przed przegrzewaczem grodziowym	str L	°C	737	708	644
104		Temperatura przed przegrzewaczem konwekcyjnym	str L	°C	698	665	613
105		Temperatura za przegrzewaczem konwekcyjnym	str L	°C	660	627	582
106		Temperatura za podgrzewaczem wody ECO	str L	°C	371,2	346,9	316,9
107		Temperatura za LUVO L1	str L	°C	166,6	174,6	162,9
108		Temperatura przed WS1	str L	°C	145,9	153,8	144,2
109		Temperatura w komorze paleniskowej	str P	°C	856	768	771
110		Temperatura przed I stopniem wtrysku pierwotnego	str P	°C	726	679	650
111		Temperatura przed przegrzewaczem grodziowym	str P	°C	707	658	623
112		Temperatura przed przegrzewaczem konwekcyjnym	str P	°C	658	617	584
113		Temperatura za przegrzewaczem konwekcyjnym	str P	°C	646	599	565
114		Temperatura za podgrzewaczem wody ECO	str P	°C	373,4	342,6	319,1
115		Temperatura za LUVO L2	str P	°C	165,3	172,0	163,9
116		Temperatura przed WS2	str P	°C	149,5	156,2	149,3
117		Zawartość tlenu w spalinach za ECO	str L	%	2,75	2,86	3,62
118		Zawartość tlenu w spalinach za ECO	str P	%	3,41	3,35	3,26
119			średnia	%	3,08	3,11	3,44
120		Zawartość tlenu w spalinach za LUVO L1	str L	%	4,51	4,94	5,78
121	Zawartość tlenu w spalinach za LUVO L2	str P	%	4,19	5,53	5,64	
122		średnia	%	4,35	5,24	5,71	
123	Wentylator spalin	Położenie kierownic	WS1	%	81	64	47
124		Moc silnika	WS1	kW	652	455	356
125		Położenie kierownic	WS2	%	81	66	46
126		Moc silnika	WS2	kW	596	453	362
127	Emisja	O ₂ za WS1		%	6,12	6,47	7,29
128		O ₂ za WS2		%	5,80	6,81	6,88
129		NO _x za WS1 (jako NO ₂)		mg/m ³	309	250	278
130		NO _x za WS2 (jako NO ₂)		mg/m ³	333	320	346
131		CO za WS1		mg/m ³	5	6	7
132		CO za WS2		mg/m ³	10	16	17
133		SO ₂ za WS1		mg/m ³	2 102	1 637	2 119
134		SO ₂ za WS2		mg/m ³	2 199	1 540	2 285
135		pył w spalinach za WS1		mg/m ³	23	23	17
136		pył w spalinach za WS2		mg/m ³	17	17	11

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 36 / 81

cd. tablicy nr 3a.

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Numer pomiaru kotła			
			1a	2a	3a	
137	Moc silników wentylatorów młynowych	WM1	kW	398	---	---
138		WM2	kW	---	---	---
139		WM3	kW	412	443	455
140		WM4	kW	480	467	---
141		WM5	kW	---	434	465
142		WM6	kW	489	526	487
143	Moc silników młynów	MW1	kW	135	---	---
144		MW2	kW	---	---	---
145		MW3	kW	186	156	159
146		MW4	kW	172	164	---
147		MW5	kW	---	129	121
148		MW6	kW	169	148	159
149	Temperatura mieszanki pyłowo powietrznej za młynami	MW1	°C	115,9	---	---
150		MW2	°C	---	---	---
151		MW3	°C	113,7	117,3	121,7
152		MW4	°C	127,8	123,3	30,8
153		MW5	°C	---	116,6	118,1
154		MW6	°C	121,3	117,6	118,3

n – wskazanie niesprawne

ECO – podgrzewacz wody


LUVO L1, LUVO L2 – obrotowe podgrzewacze powietrza

WP1, WP2 – wentylatory powietrza

WS1, WS2 – wentylatory spalin


MW1...MW6 – młyny węglowe

WM1...WM6 – wentylatory młynowe

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 37 / 81


Tablica nr 3b. Wskazania aparatury ruchowej z pomiarów kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – wyłączone parowe podgrzewacze powietrza

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Numer pomiaru kotła				
			1b	2b	3b		
1	Data pomiaru	dd.mm.rrrr	07.02.2017	08.02.2017	10.02.2017		
2	Godzina pomiaru	gg ^{mm}	11 ³⁰ +13 ³⁰	21 ³⁰ +22 ³⁰	01 ¹⁰ +03 ³⁰		
3	Woda zasilająca	Temperatura wody zasilającej do kotła - średnia	°C	245,3	235,1	220,7	
4		Ciśnienie wody zasilającej przed kotłem	MPa	15,83	14,91	14,19	
5		Przepływ wody do kotła - skorygowany	t/h	653,8	518,5	392,5	
6		Temperatura wody zasilającej za podgrzewaczem wody ECO	str L	°C	316,2	305,0	291,1
7	str P		°C	312,0	300,2	287,0	
8	Walczak	Temperatura nasycenia w walczaku	°C	343,1	339,2	335,9	
9		Ciśnienie w walczaku	MPa	15,25	14,38	13,72	
10	Para świeża	Temperatura przed schładzaczem nr 1	str L	°C	396,9	403,9	402,6
11		Temperatura za schładzaczem nr 1	str L	°C	395,0	401,2	400,5
12		Temperatura przed schładzaczem nr 2	str L	°C	450,4	462,9	448,4
13		Temperatura za schładzaczem nr 2	str L	°C	447,4	459,1	445,7
14		Temperatura przed schładzaczem nr 3	str L	°C	502,5	512,5	496,0
15		Temperatura za schładzaczem nr 3	str L	°C	500,9	511,8	494,6
16		Temperatura za kotłem	str L	°C	515,6	522,8	504,6
17		Temperatura przed schładzaczem nr 1	str P	°C	403,3	403,4	433,5
18		Temperatura za schładzaczem nr 1	str P	°C	405,1	404,6	420,5
19		Temperatura przed schładzaczem nr 2	str P	°C	455,8	455,0	468,2
20		Temperatura za schładzaczem nr 2	str P	°C	454,7	453,3	467,1
21		Temperatura przed schładzaczem nr 3	str P	°C	518,0	516,1	515,8
22	Temperatura za schładzaczem nr 3	str P	°C	516,1	514,2	514,5	
23	Temperatura za kotłem	str P	°C	523,6	520,4	519,0	
24	Średnia temperatura pary świeżej za kotłem	°C	519,6	521,6	511,8		
25	Ciśnienie pary świeżej za kotłem	MPa	12,99	12,92	12,84		
26	Przepływ pary świeżej za kotłem	t/h	652,8	518,3	393,7		
27	Wtryski do pary świeżej	Ciśnienie wody wtryskowej	MPa	15,79	14,85	14,11	
28		Strumień wody wtryskowej	t/h	0,0	0,0	0,0	
29	Para wtórna	Ciśnienie pary wtórnej za kotłem	str L	MPa	2,18	1,69	1,25
30		Temperatura za pęczkiem konwekcyjnym	str L	°C	423,0	413,2	391,8
31		Temperatura przed schładzaczem	str L	°C	450,7	442,8	430,8
32		Temperatura za schładzaczem	str L	°C	447,9	439,1	425,0
33		Temperatura za kotłem	str L	°C	490,7	479,0	458,2
34		Ciśnienie pary wtórnej za kotłem	str P	MPa	2,19	1,70	1,25
35		Temperatura za pęczkiem konwekcyjnym	str P	°C	372,6	392,6	381,2
36		Temperatura przed schładzaczem	str P	°C	474,6	461,8	434,8
37		Temperatura za schładzaczem	str P	°C	473,3	460,4	433,3
38		Temperatura za kotłem	str P	°C	508,5	492,9	467,4
39		Średnia temperatura pary wtórnej za kotłem	°C	499,6	486,0	462,8	
40	Wtryski do pary wtórnej	Temperatura wody wtryskowej do pary wtórnej (na ssaniu PZ1-3)	°C	155,3	155,3	155,2	
41		Ciśnienie wody wtryskowej	MPa	3,88	3,53	3,21	
42		Strumień wody wtryskowej do pary wtórnej	t/h	0,0	0,0	0,1	
43	Temperatury metalu	przegrzewacz grodziowy I st. - przed schładzaczem 2 L	°C	476	476	481	
44		przegrzewacz grodziowy I st. - przed schładzaczem 2 P	°C	460	452	461	
45		przegrzewacz grodziowy I st. - przed schładzaczem 2 P	°C	458	454	468	
46		przegrzewacz grodziowy I st. - za schładzaczem 2 L	°C	477	476	481	
47		przegrzewacz grodziowy I st. - za schładzaczem 2 L	°C	426	427	427	
48	przegrzewacz grodziowy I st. - za schładzaczem 2 P	°C	408	419	395		

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 38 / 81


cd. tablicy nr 3b.

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Numer pomiaru kotła			
			1b	2b	3b	
49	przegrzewacz grodziowy II st. - przed schładzaczem 3 L	°C	481	483	480	
50	przegrzewacz grodziowy II st. - przed schładzaczem 3 L	°C	488	488	489	
51	przegrzewacz grodziowy II st. - przed schładzaczem 3 L	°C	493	493	499	
52	przegrzewacz grodziowy II st. - przed schładzaczem 3 P	°C	481	491	476	
53	przegrzewacz grodziowy II st. - przed schładzaczem 3 P	°C	388	393	382	
54	przegrzewacz grodziowy II st. - przed schładzaczem 3 P	°C	485	496	482	
55	rur za wtryskiem 3 - str. L, dół	°C	488	496	483	
56	rur za wtryskiem 3 - str. P, dół	°C	496	492	489	
57	rur za wtryskiem 3 - str. P, góra	°C	508	507	507	
58	przegrzewacz grodziowy II st. - za schładzaczem 3 L	°C	495	506	491	
59	rur na wejściu do przegrzewacza konwekcyjnego - str. L	°C	409	404	385	
60	rur na wejściu do przegrzewacza konwekcyjnego - str. L	°C	462	445	435	
61	rur na wejściu do przegrzewacza konwekcyjnego - str. P	°C	458	442	434	
62	rur na wejściu do przegrzewacza konwekcyjnego - str. P	°C	392	388	377	
63	rur przegrzewacza grodziowego pary wtórnej - str. L	°C	460	452	434	
64	rur przegrzewacza grodziowego pary wtórnej - str. L	°C	500	476	446	
65	rur przegrzewacza grodziowego pary wtórnej - str. L	°C	464	449	426	
66	rur przegrzewacza grodziowego pary wtórnej - str. P	°C	468	451	435	
67	rur przegrzewacza grodziowego pary wtórnej - str. P	°C	470	459	443	
68	rur przegrzewacza grodziowego pary wtórnej - str. P	°C	472	466	444	
69	Temperatury metalu	przegrzewacza konwekcyjnego pary wtórnej na wylocie z kotła - str. L	°C	470	457	444
70		przegrzewacza konwekcyjnego pary wtórnej na wylocie z kotła - str. L	°C	478	467	451
71		przegrzewacza konwekcyjnego pary wtórnej na wylocie z kotła - str. L	°C	486	475	451
72		przegrzewacza konwekcyjnego pary wtórnej na wylocie z kotła - str. L	°C	487	475	451
73		przegrzewacza konwekcyjnego pary wtórnej na wylocie z kotła - str. L	°C	485	470	450
74		przegrzewacza konwekcyjnego pary wtórnej na wylocie z kotła - str. L	°C	485	469	451
75		przegrzewacza konwekcyjnego pary wtórnej na wylocie z kotła - str. P	°C	502	482	457
76		przegrzewacza konwekcyjnego pary wtórnej na wylocie z kotła - str. P	°C	494	478	459
77		komory wylotowej pary świeżej - str. L, góra	°C	504	509	490
78		komory wylotowej pary świeżej - str. P, góra	°C	512	507	505
79		komory wylotowej pary świeżej - str. L, dół	°C	443	443	426
80		komory wylotowej pary świeżej - str. P, dół	°C	499	493	492
81		komory wylotowej pary świeżej - str. L	°C	508	511	489
82		komory wylotowej pary świeżej - str. P	°C	518	518	515
83	komory wylotowej pary wtórnej - str. L, góra	°C	487	475	460	
84	komory wylotowej pary wtórnej - str. P, góra	°C	510	489	467	
85	komory wylotowej pary wtórnej - str. L, dół	°C	478	467	445	
86	komory wylotowej pary wtórnej - str. P, dół	°C	500	482	458	
87	komory wylotowej pary wtórnej - str. L	°C	485	474	449	
88	komory wylotowej pary wtórnej - str. P	°C	506	491	467	
89	Powietrze	Temperatura na ssaniu wentylatora powietrza WP1 str L	°C	15,2	17,9	16,5
90		Temperatura przed LUV0 L1 str L	°C	16,8	20,1	17,8
91		Temperatura za LUV0 L1 str L	°C	348,3	331,4	304,0
92		Temperatura na ssaniu wentylatora powietrza WP2 str P	°C	15,8	17,2	17,5
93		Temperatura przed LUV0 L2 str P	°C	16,9	17,7	18,4
94		Temperatura za LUV0 L2 str P	°C	349,3	332,2	306,8

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 39 / 81

cd. tablicy nr 3b.

Lp.	Wyszczególnienie			Jednostka	Numer pomiaru kotła		
					1b	2b	3b
95	Wentylator powietrza	Położenie kierownic	WP1	%	41	25	14
96		Moc silnika	WP1	kW	286	228	205
97		Położenie kierownic	WP2	%	35	21	12
98		Moc silnika	WP2	kW	272	233	211
99	Spaliny	Ciśnienie spalin w komorze paleniskowej	str L	Pa	-17	-18	-17
100			str P	Pa	-21	-19	-20
101		Temperatura w komorze paleniskowej	str L	°C	820	814	725
102		Temperatura przed I stopniem wtrysku pierwotnego	str L	°C	756	750	694
103		Temperatura przed przegrzewaczem grodziowym	str L	°C	735	712	643
104		Temperatura przed przegrzewaczem konwekcyjnym	str L	°C	698	669	612
105		Temperatura za przegrzewaczem konwekcyjnym	str L	°C	662	631	583
106		Temperatura za podgrzewaczem wody ECO	str L	°C	370,2	347,5	318,2
107		Temperatura za LUVO L1	str L	°C	159,4	172,0	155,1
108		Temperatura przed WS1	str L	°C	141,3	151,0	138,9
109		Temperatura w komorze paleniskowej	str P	°C	859	818	770
110		Temperatura przed I stopniem wtrysku pierwotnego	str P	°C	727	700	647
111		Temperatura przed przegrzewaczem grodziowym	str P	°C	708	657	624
112		Temperatura przed przegrzewaczem konwekcyjnym	str P	°C	662	626	585
113		Temperatura za przegrzewaczem konwekcyjnym	str P	°C	642	612	563
114		Temperatura za podgrzewaczem wody ECO	str P	°C	372,9	345,3	319,9
115		Temperatura za LUVO L2	str P	°C	158,4	169,6	155,9
116		Temperatura przed WS2	str P	°C	144,9	153,1	143,6
117		Zawartość tlenu w spalinach za ECO	str L	%	2,62	2,76	3,62
118		Zawartość tlenu w spalinach za ECO	str P	%	3,29	2,99	3,27
119			średnia	%	2,95	2,87	3,44
120		Zawartość tlenu w spalinach za LUVO L1	str L	%	4,41	4,69	5,80
121	Zawartość tlenu w spalinach za LUVO L2	str P	%	4,11	4,99	5,75	
122		średnia	%	4,26	4,84	5,78	
123	Wentylator spalin	Położenie kierownic	WS1	%	79	61	46
124		Moc silnika	WS1	kW	644	438	357
125		Położenie kierownic	WS2	%	80	63	45
126		Moc silnika	WS2	kW	589	442	361
127	Emisja	O ₂ za WS1		%	6,00	6,29	7,30
128		O ₂ za WS2		%	5,73	6,37	6,92
129		NO _x za WS1 (jako NO ₂)		mg/m ³	315	263	286
130		NO _x za WS2 (jako NO ₂)		mg/m ³	341	324	361
131		CO za WS1		mg/m ³	6	6	6
132		CO za WS2		mg/m ³	9	17	15
133		SO ₂ za WS1		mg/m ³	2 266	1 674	1 951
134		SO ₂ za WS2		mg/m ³	2 423	1 640	2 077
135		pył w spalinach za WS1		mg/m ³	22	23	17
136		pył w spalinach za WS2		mg/m ³	17	17	11

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 40 / 81

cd. tablicy nr 3b.

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Numer pomiaru kotła			
			1b	2b	3b	
137	Moc silników wentylatorów młynowych	WM1	kW	408	---	---
138		WM2	kW	---	---	---
139		WM3	kW	428	451	464
140		WM4	kW	483	485	---
141		WM5	kW	---	441	472
142		WM6	kW	496	535	494
143	Moc silników młynów	MW1	kW	136	---	---
144		MW2	kW	---	---	---
145		MW3	kW	190	160	156
146		MW4	kW	168	154	---
147		MW5	kW	---	122	120
148		MW6	kW	171	149	155
149	Temperatura mieszanki pyłowo powietrznej za młynami	MW1	°C	112,0	---	---
150		MW2	°C	---	---	---
151		MW3	°C	109,1	117,8	117,8
152		MW4	°C	127,1	123,0	---
153		MW5	°C	---	115,8	115,8
154		MW6	°C	124,0	117,7	118,5

n – wskazanie niesprawne

ECO – podgrzewacz wody


LUVO L1, LUVO L2 – obrotowe podgrzewacze powietrza

WP1, WP2 – wentylatory powietrza

WS1, WS2 – wentylatory spalin

MW1...MW6 – młyny węglowe

WM1...WM6 – wentylatory młynowe

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 41 / 81

11. OMÓWIENIE WYNIKÓW POMIARÓW

Podstawą wykonania pomiarów w zakresie technicznym był opracowany przez „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. dokument pn.: „PROGRAM pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna” z dnia 30.01.2017 r. stanowiący Załącznik nr 1 do niniejszego opracowania. Pomiary kotła wykonano przy mocy elektrycznej bloku od około 124 do 209 MW_{el}, przy czynnych i wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza, wg podpisanego harmonogramu pomiarów (znajdującego się w Załączniku nr 1 do sprawozdania).


Ogółem wykonano 6 pomiarów kotła – trzy przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza (1a, 2a, 3a) oraz trzy przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza (1b, 2b, 3b). Paliwem spalonym w pomiarach nr 1a i 1b oraz 2a i 2b była mieszanka węgla z 10-procentowym dodatkiem biomasy, natomiast w pomiarach nr 3a i 3b była mieszanka węgla z 20-procentowym dodatkiem biomasy. Podczas pomiarów nie była dawkowana woda amoniakalna.

Poniżej zestawiono użyteczne ciepłe i parowe moce kotła oraz moce elektryczne bloku w poszczególnych pomiarach:

Numer pomiaru kotła	Data wykonania pomiaru	Strumień pary świeżej t/h	Użyteczna moc ciepła kotła MW _t	Obciążenie * %	Moc elektryczna bloku MW _{el}
Czynne parowe podgrzewacze powietrza					
1a	07.02.2017	641,5	478,6	92,8	205,6
2a	08.02.2017	516,0	391,1	75,8	165,2
3a	09/10.02.2017	394,4	302,9	58,7	123,8
Wyłączone parowe podgrzewacze powietrza					
1b	07.02.2017	648,0	484,0	93,9	208,7
2b	08.02.2017	515,4	390,8	75,8	165,4
3b	10.02.2017	394,6	302,5	58,6	123,8

* procent znamionowej użytecznej mocy cieplnej kotła wynoszącej około 516 MW_t

W dalszej części sprawozdania zamieszczono omówienie wyników z poszczególnych prac pomiarowych.

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 42 / 81

11.1. Spalane paliwo

W poniższej tabeli zestawiono ważniejsze wartości parametrów paliwa spalanego podczas pomiarów oraz wartości parametrów typowego węgla kamiennego spalanego w warunkach eksploatacyjnych w latach 2000÷2012 (paliwo podstawowe) wg [3].

Parametr	Wymiar	Paliwo z pomiarów		Paliwo podstawowe	
		Wartości skrajne	Wartość średnia	Wartości skrajne	Wartość średnia
Wartość opałowa r	MJ/kg	17,94 ÷ 19,51	18,97	19,93 ÷ 22,12	20,86
Zawartość popiołu r	%	22,6 ÷ 24,5	23,5	18,7 ÷ 23,1	20,8
Zawartość wilgoci r	%	8,8 ÷ 13,0	10,7	11,1 ÷ 13,3	12,1
Zawartość siarki r	%	0,84 ÷ 1,18	1,02	0,75 ÷ 1,10	0,96

r – stan roboczy


Z przedstawionych danych wynika, że paliwo spalane w czasie pomiarów charakteryzowało się zdecydowanie gorszymi parametrami w porównaniu do typowego węgla kamiennego spalanego w warunkach eksploatacyjnych w latach 2000÷2012 (paliwo podstawowe).

Średnia wartość opałowa była niższa od średniej wartości dla paliwa podstawowego o około 1,89 MJ/kg. Wartość opałowa nie mieściła się w zakresie paliwa podstawowego w żadnym z pomiarów.

Zawartość popiołu była wyższa średnio o 2,7% od średniej wartości dla paliwa podstawowego i mieściła się w zakresie paliwa podstawowego tylko w przypadku pomiarów nr 3a/3b, natomiast w pozostałych pomiarach wartość zawartości popiołu była wyższa od górnej granicy zakresu dla paliwa podstawowego.

Zawartość wilgoci była niższa średnio o 1,4% od średniej wartości dla paliwa podstawowego i mieściła się w zakresie paliwa podstawowego tylko w przypadku pomiarów nr 3a/3b, natomiast w pozostałych pomiarach wartość zawartości wilgoci była niższa od dolnej granicy zakresu dla paliwa podstawowego.

Zawartość siarki mieściła się w zakresie paliwa podstawowego z wyjątkiem pomiarów nr 1a/1b, w których to pomiarach była ona wyższa od górnej granicy zakresu dla paliwa podstawowego.

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 43 / 81

Szczegółowe wyniki analiz laboratoryjnych spalnego paliwa zamieszczono na końcu sprawozdania w formie Załącznika nr 2.

11.2. Parametry pary i wydajność kotła

Pełne wyniki pomiarów wydajności kotła, parametrów wody zasilającej oraz pary zawiera Tablica nr 1a (czynne parowe podgrzewacze powietrza) oraz Tablica nr 1b (wyłączone parowe podgrzewacze powietrza), natomiast w Tablicy nr 3a i 3b zamieszczono wskazania aparatury ruchowej.

11.2.1. Temperatura pary

Parametry znamionowe wg [3]:

Temperatura pary świeżej za kotłem 540°C

Temperatura pary wtórnej za kotłem 535°C

Ilość wody wtryskowej do schładzaczy pary świeżej 15 t/h


Ilość wody wtryskowej do schładzaczy pary wtórnej 11 t/h

Poniżej przedstawiono temperatury pary świeżej i wtórnie przegrzanej wraz ze strumieniem wody wtryskowej uzyskane podczas pomiarów:

Parametr	Wymiar	Numer pomiaru kotła:		
		1a / 1b	2a / 2b	3a / 3b
Moc elektryczna bloku	MW _{el}	205,6 / 208,7	165,2 / 165,4	123,8 / 123,8
Użyteczna moc cieplna kotła	MW _t	478,6 / 484,0	391,1 / 390,8	302,9 / 302,5
Wydajność parowa kotła	t/h	641,5 / 648,0	516,0 / 515,4	394,4 / 394,6
Temperatura pary świeżej za kotłem	°C	518,4 / 519,9	521,7 / 521,7	509,5 / 508,4
Temperatura pary wtórnej za kotłem	°C	494,7 / 497,7	483,5 / 483,6	462,4 / 461,0
Strumień wtrysku do pary świeżej – suma	t/h	0,0 / 0,0	0,0 / 0,0	0,0 / 0,0
Strumień wtrysku do pary wtórnej – suma	t/h	0,0 / 0,0	0,0 / 0,0	2,1 / 1,8

oznaczone „a” – pomiary przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza

oznaczone „b” – pomiary przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 44 / 81

Średnie temperatury pary świeżej za kotłem kształtowały się na poziomie od 509,5°C przy niskim obciążeniu do 521,7°C przy obciążeniu średnim (około 76% WMT) w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza oraz od 508,4°C przy niskim obciążeniu do 521,7°C przy obciążeniu średnim (około 76% WMT) w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza. We wszystkich wyżej wymienionych pomiarach strumień wody wtryskowej do pary świeżej był równy 0 t/h.


Zmierzone temperatury pary świeżej były znacznie niższe (o 18 ÷ 32 K) we wszystkich pomiarach od temperatury znamionowej (540°C). Dla najwyższego mierzonego obciążenia wyższe temperatury zanotowano przy pracy kotła z wyłączonymi parowymi podgrzewaczami powietrza, dla średniego obciążenia wartości temperatur pary były zbliżone dla obu pomiarów, natomiast dla najniższego obciążenia wyższą temperaturę zaobserwowano w pomiarze przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza.

Średnie temperatury pary wtórnie przegrzanej za kotłem były bardzo niskie i kształtowały się na poziomie od 462,4°C przy niskim obciążeniu do 494,7°C przy najwyższym mierzonym obciążeniu (około 93% WMT) w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza oraz od 461,0°C przy niskim obciążeniu do 497,7°C przy najwyższym mierzonym obciążeniu (około 94% WMT) w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza. Wartości te uzyskano przy strumieniu wody wtryskowej do pary wtórnie przegrzanej od 0 t/h do 2,1 t/h w pomiarach przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza oraz od 0 t/h do 1,8 t/h w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza. Dla najwyższego mierzonego obciążenia wyższe temperatury zanotowano przy pracy kotła z wyłączonymi parowymi podgrzewaczami powietrza, które jednak były poniżej 500°C, dla średniego obciążenia wartości temperatur pary były zbliżone dla obu pomiarów, natomiast dla najniższego obciążenia wyższą temperaturę zaobserwowano w pomiarze przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza.

Średnie ciśnienie pary świeżej za kotłem mieściło się w zakresie 12,91 ÷ 12,94 MPa w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza oraz 12,93 ÷ 12,99 MPa w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza.

Średnie ciśnienie pary wtórnie przegrzanej za kotłem mieściło się w zakresie 1,36 ÷ 2,29 MPa w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza oraz 1,36 ÷ 2,31 MPa w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza.

Ciśnienie pary świeżej i wtórnej mieściło się w granicach odpowiednio 12,9 ÷ 13,0 MPa oraz 1,4 ÷ 2,3 MPa (wartości znamionowe ciśnienia: 12,7 MPa i 2,4 MPa).

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 45 / 81

11.2.2. Wydajność kotła

Wydajność cieplna kotła określona dla parametrów znamionowych wynosi 515,7 MW_t. Pomiary przeprowadzono w zakresie mocy cieplnej kotła wynoszącej od 302,5 do 484,0 MW_t, co stanowiło 58,6 ÷ 93,9% znamionowego obciążenia kotła.

W pomiarze nr 1a (czynne parowe podgrzewacze powietrza) i 1b (wyłączone parowe podgrzewacze powietrza) kocioł pracował z najwyższym obciążeniem pomiarowym – odpowiednio: 478,6 MW_t i 484,0 MW_t, co stanowiło 92,8% WMT i 93,9% WMT.

Strumień pary świeżej w tych pomiarach kształtował się na poziomie 641,5 t/h i 648,0 t/h, a moc elektryczna bloku wynosiła 205,6 MW_{el} i 208,7 MW_{el}.

Temperatura pary świeżej za kotłem była znacznie niższa od znamionowej i kształtowała się na poziomie odpowiednio 518,4°C i 519,9°C przy ilości wody wytryskowej do pary świeżej równej 0 t/h (zarówno w pomiarze 1a jak i w 1b) oraz temperaturze wody zasilającej na poziomie odpowiednio około 247,6°C i 248,1°C (wartość znamionowa 244°C).

Temperatura pary wtórnie przegrzanej za kotłem była bardzo niska i wynosiła odpowiednio 494,7°C oraz 497,7°C przy strumieniu wody do regulatora wtryskowego na poziomie 0 t/h.

Przedstawione parametry pracy kotła uzyskano przy spalaniu paliwa (mieszanka węgla z 10-procentowym dodatkiem biomasy) o wartości opałowej 19,51 MJ/kg. Strumień paliwa dostarczony do kotła wyznaczony na podstawie obliczeń bilansowych wyniósł odpowiednio dla pomiaru 1a i 1b: 94,6 t/h i 96,1 t/h.


Na podstawie obserwacji pracy kotła i jego urządzeń pomocniczych podczas pomiaru z najwyższym obciążeniem, można stwierdzić, że kocioł jest w stanie w sposób stabilny pracować z takim obciążeniem.

W pomiarze nr 3a (czynne parowe podgrzewacze powietrza) i 3b (wyłączone parowe podgrzewacze powietrza) kocioł pracował z najniższym obciążeniem – odpowiednio: 302,9 MW_t i 302,5 MW_t, co stanowiło 58,7% WMT i 58,6% WMT.

Strumień pary świeżej w tych pomiarach kształtował się na poziomie 394,4 t/h i 394,6 t/h, a moc elektryczna bloku wynosiła w obu pomiarach 123,8 MW_{el}.

Temperatura pary świeżej za kotłem kształtowała się na poziomie 509,5°C (w pomiarze 3a) i 508,4°C (w pomiarze 3b), przy ilości wody wytryskowej do pary świeżej równej w obu pomiarach 0 t/h oraz temperaturze wody zasilającej na poziomie 222,7°C.

Temperatura pary wtórnie przegrzanej za kotłem była bardzo niska i wynosiła odpowiednio 462,4°C oraz 461,0°C, przy strumieniu wody do regulatora wtryskowego na poziomie odpowiednio: 2,1 t/h oraz 1,8 t/h.

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 46 / 81

Przedstawione parametry pracy kotła uzyskano przy spalaniu paliwa (mieszanka węgla z 20-procentowym dodatkiem biomasy) o wartości opałowej 17,94 MJ/kg. Strumień paliwa dostarczony do kotła wyznaczony na podstawie obliczeń bilansowych wyniósł odpowiednio dla pomiaru 3a i 3b: 65,7 t/h i 65,8 t/h.

Praca kotła przy niskim obciążeniu około 59% WMT przebiegała stabilnie i bez zakłóceń.

Temperatura wody zasilającej w zależności od wydajności kotła wynosiła $222,7 \div 248,1^{\circ}\text{C}$, a jej ciśnienie wahało się w granicach $14,28 \div 15,94 \text{ MPa}$.

Zatem zarówno przy czynnych jak i wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza kocioł jest w stanie osiągnąć wydajność maksymalną i minimalną bez przeszkód.

11.3. Sprawność i straty ciepła


Parametry znamionowe wg [3]:

Sprawność kotła przy obciążeniu nominalnym 92%

Obliczenia bilansowe kotła przeprowadzono według procedury PN-EN 12952-15 [1]. Wyniki obliczeń zamieszczono w Tabelicy nr 2a i 2b (odpowiednio pomiary przy czynnych i wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza). Na Rysunku 3a i 3b przedstawiono przebiegi sprawności i strat ciepłych.

Poniżej przedstawiono wyniki obliczeń bilansowych wg [1] w badanym zakresie cieplnego obciążenia kotła $58,7 \div 92,8\%$ WMT (pomiary przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza) i $58,6 \div 93,9\%$ WMT (pomiary przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza):

Wyszczególnienie	Wymiar	Wyniki obliczeń
Pomiary przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza – pomiary nr 1a, 2a i 3a		
Sprawność pomiarowa kotła	%	89,94 ÷ 91,64
Strata wylotowa	%	6,71 ÷ 7,40
Strata niepełnego spalania	%	0,003 ÷ 0,005
Strata niecałkowitego spalania w żużlu	%	0,14 ÷ 0,21
Strata niecałkowitego spalania w popiele lotnym	%	1,18 ÷ 2,05
Strata promieniowania i przewodzenia	%	0,33 ÷ 0,52

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 47 / 81

Wyszczególnienie	Wymiar	Wyniki obliczeń
Pomiary przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza – pomiary nr 1b, 2b i 3b		
Sprawność pomiarowa kotła	%	90,12 ÷ 91,98
Strata wylotowa	%	6,37 ÷ 7,21
Strata niepełnego spalania	%	0,004 ÷ 0,006
Strata niecałkowitego spalania w żużlu	%	0,14 ÷ 0,21
Strata niecałkowitego spalania w popiele lotnym	%	1,18 ÷ 2,06
Strata promieniowania i przewodzenia	%	0,33 ÷ 0,52

Z powyższego zestawienia widać, że wartości sprawności otrzymane w pomiarach z wyłączonymi parowymi podgrzewaczami powietrza są wyższe średnio o około 0,3% od wartości uzyskanych podczas pomiarów z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza.

Wyznaczone sprawności uzyskano przy spalaniu paliwa o wartości opałowej 17,9 ÷ 19,5 MJ/kg (niższej od średniej wartości dla paliwa podstawowego – średnio o około 1,9 MJ/kg).


Niepewność pomiarowa sprawności wyznaczonej z pomiarów wyniosła od 0,44 do 0,62 punktu procentowego.

Poniżej omówiono poszczególne straty ciepłe kotła mające bezpośredni wpływ na uzyskany poziom sprawności:

- Strata wylotowa w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza (pomiar nr 1a, 2a, 3a) była w zakresie 6,71 ÷ 7,40%. Wysokość straty wylotowej zależy od temperatury spalin wylotowych, która wahała się w granicach 163,6 ÷ 172,0°C przy temperaturze powietrza zimnego za parowymi podgrzewaczami powietrza 34 ÷ 36°C oraz od zawartości O₂ w spalinach wylotowych, która wynosiła 4,50 ÷ 5,66%.

Strata wylotowa w pomiarach z wyłączonymi parowymi podgrzewaczami powietrza (pomiar nr 1b, 2b, 3b) była w zakresie 6,37 ÷ 7,21%. Temperatura spalin wylotowych wahała się w granicach 155,6 ÷ 168,6°C przy temperaturze powietrza zimnego za parowymi podgrzewaczami powietrza 17 ÷ 19°C, natomiast zawartość O₂ w spalinach wylotowych: 4,37 ÷ 5,63%.

- Strata niepełnego spalania była na niskim poziomie i wynosiła w pomiarach przy czynnych i wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza niezależnie od obciążenia kotła od 0,003

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 48 / 81

do 0,006%. Wysokość tej straty zależała od zawartości CO w spalinach wylotowych, która była niska i zawierała się w granicach $7 \div 14$ ppm.

- Strata niecałkowitego spalania wynosiła od 1,32 do 2,27% na skutek zawartości części palnych w żużlu od 1,05 do 2,07% oraz zawartości części palnych w popiele lotnym od 3,25 do 5,45%.
- Strata promieniowania i przewodzenia została wyznaczona na podstawie wykresu wg normy PN-EN 12952-15 [1] i wynosiła od około 0,3% dla obciążenia maksymalnego do około 0,5% dla minimalnego.

Średnie wartości sprawności uzyskane z pomiarów, zarówno przy czynnych jak i przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza, sytuują się na poziomie niższym od wartości nominalnej wg [3] (92%) średnio odpowiednio o około: 1,4 i 1,1 punktu procentowego. Nawet po uwzględnieniu niepewności wyznaczenia sprawności są one niższe i wynoszą odpowiednio: 91,2% i 91,5%. Spowodowane jest to wysoką temperaturą spalin za kotłem podczas pomiarów, która była na poziomie średnio 166,8°C przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza oraz średnio 160,3°C przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza – zmierzona temperatura była wyższa od znamionowej temperatury średnio o odpowiednio: 16,8°C i 10,3°C. Drugim czynnikiem obniżającym sprawność kotła była niska wartość opału spalane paliwa.

Ilość paliwa spalane w pomiarach przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza wynosiła od 65,7 t/h przy obciążeniu minimalnym do 94,6 t/h przy najwyższym mierzonym obciążeniu (92,8% WMT).

Ilość paliwa spalane w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza wynosiła od 65,8 t/h przy obciążeniu minimalnym do 96,1 t/h przy najwyższym mierzonym obciążeniu (93,9% WMT).


11.4. Odpady paleniskowe

Zawartość części palnych jako całkowity węgiel organiczny TOC^d utrzymywała się w zakresie:

- w popiele lotnym od 3,25 do 5,45%,
- w żużlu od 1,05 do 2,07%.

Zawartość części palnych w popiele lotnym i w żużlu można ocenić jako średnią i niską.

Szczegółowe wyniki analiz chemicznych zamieszczono w Załączniku nr 2 do sprawozdania.

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 49 / 81

11.5. Temperatura spalin za kotłem

Parametry znamionowe wg [3]:

Temperatura spalin za LUVO

150°C

Podczas pomiarów wykonane zostały pomiary siatkowe temperatury spalin za kotłem. Wyniki pomiarów temperatury w poszczególnych punktach przekroju kanału spalin za LUVO przedstawiono w Tablicy nr 1a i 1b (odpowiednio pomiary przy czynnych i wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza).


Poniżej zestawiono średnie wartości temperatury spalin w kanałach wylotowych kotła. Ponadto w przedostatnim wierszu umieszczono wartości podgrzewu powietrza na parowym podgrzewaczu powietrza, natomiast w ostatnim wierszu przedstawiono wzrost wartości temperatury spalin po włączeniu parowych podgrzewaczy powietrza dla każdej pary serii pomiarowych (tj. różnica średniej temperatury z pomiaru 1b i 1a, 2b i 2a oraz 3b i 3a).

Parametr	Wymiar	Numer pomiaru kotła:			
		1a / 1b	2a / 2b	3a / 3b	
Moc elektryczna bloku	MW _{el}	205,6 / 208,7	165,2 / 165,4	123,8 / 123,8	
Temperatura w kanale spalin za kotłem	kanal lewy – średnia	°C	164,9 / 158,0	173,8 / 170,5	163,5 / 154,3
	<i>wartość minimalna</i>	°C	152,4 / 144,7	163,4 / 159,7	155,7 / 145,6
	<i>wartość maksymalna</i>	°C	171,6 / 165,1	179,4 / 176,3	168,1 / 159,2
	kanal prawy – średnia	°C	161,5 / 154,4	168,9 / 165,6	167,0 / 157,9
	<i>wartość minimalna</i>	°C	154,1 / 146,6	162,4 / 158,8	157,8 / 148,3
	<i>wartość maksymalna</i>	°C	165,9 / 159,0	172,5 / 169,5	179,2 / 170,2
	Średnia za kotłem	°C	163,6 / 156,6	172,0 / 168,6	164,8 / 155,6
Wzrost temperatury powietrza na parowych podgrzewaczach powietrza	°C	17,6	15,4	18,0	
Wzrost temperatury spalin za kotłem po włączeniu parowych podgrzewaczy powietrza	°C	7,0	3,3	9,2	

oznaczone „a” – pomiary przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza

oznaczone „b” – pomiary przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza

Średnie temperatury spalin dla obu kanałów utrzymywały się w zakresie od 163,6°C do 172,0°C w pomiarach przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza przy podgrzaniu powietrza o 15 ÷ 18 K. W pomiarach z wyłączonymi parowymi podgrzewaczami powietrza wynosiły od 155,6°C

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 50 / 81

do 168,6°C. Średnia temperatura spalin za kotłem dla wysokich obciążeń (pomiar nr 1a i 1b) wynosiła odpowiednio: 163,6°C oraz 156,6°C przy temperaturach powietrza za parowymi podgrzewaczami powietrza odpowiednio: 34,5°C oraz 16,9°C i była znacznie wyższa od temperatury projektowej (150°C).

Wzrost temperatur powietrza wstępnie podgrzanego o średnio o około 17°C powodował wzrost temperatury spalin o około 7°C (przy nieznacznie większej zawartości O₂ w spalinach).

Najwyższą temperaturę spalin za LUVO zanotowano przy obciążeniu pośrednim. W pomiarach przy czynnych i wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza wynosiła ona odpowiednio dla pomiaru 2a i 2b: 172,0°C i 168,6°C. Temperatura ta była dużo wyższa od projektowej (150°C).

11.6. Emisje w spalinach za kotłem

Wartości emisji za kotłem zostały zamieszczone w Tabelicy nr 1a i 1b (odpowiednio pomiary przy czynnych i wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza).

Poniżej przedstawiono wartości stężenia NO_x za kotłem przy O₂ = 6%:


Parametr	Wymiar	Numer pomiaru kotła:			
		1a / 1b	2a / 2b	3a / 3b	
Moc elektryczna bloku	MW _{el}	205,6 / 208,7	165,2 / 165,4	123,8 / 123,8	
Zawartość O ₂ w spalinach za kotłem	%	4,50 / 4,37	5,35 / 5,16	5,66 / 5,63	
Stężenie NO _x za kotłem przy O ₂ =6%	średnia	mg/m _n ³	355 / 359	302 / 313	339 / 354
	str. L	mg/m _n ³	379 / 386	318 / 332	355 / 372
	str. P	mg/m _n ³	332 / 332	286 / 294	322 / 336

oznaczone „a” – pomiary przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza

oznaczone „b” – pomiary przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza

Z podanych w powyższej tabeli wartości wynika, że w czasie pomiarów wartości emisji NO_x za kotłem zawierały się w przedziale średnio od 302 do 355 mg/m_n³ w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza oraz od 313 do 359 mg/m_n³ w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza.

Uzyskane poziomy emisji NO_x są niższe od wartości dopuszczalnej wg [3] – tj. 500 mg/m_n³ dla węgla oraz 400 mg/m_n³ dla biomasy. Ich poziom zależy od warunków pracy układu paleniskowego (zawartości O₂ w spalinach, stopnia otwarcia dysz OFA) oraz spalanej paliwa.

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 51 / 81

Ponadto informacyjnie poniżej zestawiono wartości stężenia SO₂ oraz pyłu w spalinach za wentylatorami spalin, wg wskaźników ruchowych, z pomiarów przy:

	parowych podgrzewaczach powietrza czynnych	wyłączonych	
SO ₂ :	1 540 ÷ 2 285	1 640 ÷ 2 423	
pył:	11 ÷ 23	11 ÷ 23	– przy dopuszczalnej ilości 50 mg/m ³

11.7 Nieszczelność obrotowych podgrzewaczy powietrza

Wyniki pomiarów i obliczeń zawartości dwutlenku węgla w spalinach przed i za LUVO (obrotowy podgrzewacz powietrza) zamieszczono w Tablicy nr 1a (pomiar przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza) oraz Tablicy nr 1b (pomiar przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza).

W celu wyliczenia nieszczelności obrotowego podgrzewacza powietrza skorzystano z poniższej zależności wg wzoru z ASME PTC 4.3 - 1968 w rozdziale 7.03.1 [2]:


$$A_L = \frac{CO_{2\text{przed}} - CO_{2\text{za}}}{CO_{2\text{za}}} \cdot 90$$

gdzie:

- A_L – nieszczelność obrotowego podgrzewacza powietrza [%]
- CO_{2przed} – zawartość dwutlenku węgla w spalinach przed LUVO [%]
- CO_{2za} – zawartość dwutlenku węgla w spalinach za LUVO [%]

Poniżej przedstawiono wyniki przeliczeń nieszczelności LUVO:

Parametr	Jedn.	Numer pomiaru kotła:					
		1a	2a	3a	1b	2b	3b
Moc elektryczna bloku	MW _{el}	205,6	165,2	123,8	208,7	165,4	123,8
Zawartość CO ₂ w spalinach przed LUVO							
strona lewa	%	15,3	14,8	13,9	15,4	14,8	13,9
strona prawa	%	15,7	14,4	14,5	15,8	14,8	14,5
Zawartość CO ₂ w spalinach za LUVO							
strona lewa	%	14,2	13,7	13,0	14,3	13,7	13,0
strona prawa	%	14,9	13,6	13,6	15,0	14,0	13,7
Nieszczelność LUVO (A _L)							

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 52 / 81

Parametr	Jedn.	Numer pomiaru kotła:					
		1a	2a	3a	1b	2b	3b
strona lewa	%	7,2	7,1	5,8	7,2	7,4	5,8
strona prawa	%	5,1	5,5	5,5	5,3	5,1	5,3
Średnia A _L	%	6,1	6,3	5,7	6,2	6,3	5,5

Wyznaczona nieszczelność na obrotowych podgrzewaczach powietrza w całym zakresie obciążeń wyniosła (średnio dla obu podgrzewaczy) od 5,5 do 6,3% – średnio 6,0%.

Wyższą nieszczelność, średnio o około 1,5%, zanotowano na lewym LUVO.

Na podstawie powyżej przedstawionych wyników należy stwierdzić, że wyznaczone obecnie nieszczelności obrotowych podgrzewaczy powietrza są na dobrym poziomie. Wartość przecieku powietrza do spalin wg danych znamionowych dla LUVO wg [3] wynosi 7,3% (ilość powietrza przed LUVO – 309 760 m³/h, ilość powietrza za LUVO – 287 232 m³/h).

11.8 Pomiary rozpływów powietrza

Pomiary rozpływów powietrza zostały wykonane w kanałach powietrza, na których znajdowały się dostępne punkty pomiarowe.


Wykonano następujące pomiary:

- ilości powietrza do kotła (na ssaniu wentylatorów powietrza) – kanał lewy i prawy;
- ilości powietrza do dysz OFA – strona lewa i prawa z przodu kotła.

Poniżej przedstawiono wyniki pomiarów:

- ilość powietrza przed wentylatorem powietrza – strona lewa

Lp.	Wyszczególnienie	Jedn.	Numer pomiaru kotła		
			1	2	3
1	Data pomiaru	dd.mm.rrrr	07.02.2017	08.02.2017	9/10.02.2017
2	Godzina pomiaru	g.min.	14:30÷16:00	18:45÷20:15	23:45÷01:15
3	Ciśnienie otoczenia	hPa	984	987	986
4	Temperatura powietrza w przekroju pomiarowym	°C	18,9	22,4	21,0
5	Średnie ciśnienie statyczne powietrza w przekroju pomiarowym	Pa	-382	-226	-118
6	Średnie ciśnienie dynamiczne powietrza w przekroju pomiarowym	Pa	53	39	25
7	Gęstość powietrza w przekroju pomiarowym	kg/m ³	1,154	1,147	1,152
8	Pole powierzchni przekroju kanału w miejscu pomiaru	m ²	10,175	10,175	10,175
9	Przekładnia mikromanometru 1:k - wartość k	-	5	5	5
10	Predkość powietrza w przekroju pomiarowym	m/s	9,6	8,3	6,6
11	Strumień powietrza w przekroju pomiarowym	m ³ /s	97,8	84,3	67,1
12		m _n ³ /h*10 ³	314,3	269,7	215,6


	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 53 / 81

■ ilość powietrza przed wentylatorem powietrza – strona prawa

Lp.	Wyszczególnienie	Jedn.	Numer pomiaru kotła		
			1	2	3
1	Data pomiaru	dd.mm.rrrr	07.02.2017	08.02.2017	9/10.02.2017
2	Godzina pomiaru	g.min.	14:30÷16:00	18:45÷20:15	23:45÷01:15
3	Ciśnienie otoczenia	hPa	984	987	986
4	Temperatura powietrza w przekroju pomiarowym	°C	22,1	22,2	21,5
5	Średnie ciśnienie statyczne powietrza w przekroju pomiarowym	Pa	-314	-157	-127
6	Średnie ciśnienie dynamiczne powietrza w przekroju pomiarowym	Pa	45	38	25
7	Gęstość powietrza w przekroju pomiarowym	kg/m ³	1,142	1,149	1,150
8	Pole powierzchni przekroju kanału w miejscu pomiaru	m ²	10,175	10,175	10,175
9	Przekładnia mikromanometru 1:k - wartość k	-	5	5	5
10	Predkość powietrza w przekroju pomiarowym	m/s	8,9	8,1	6,5
11	Strumień powietrza w przekroju pomiarowym	m ³ /s	90,2	82,3	66,6
12		m _n ³ /h*10 ³	287,2	263,4	213,3

■ ilość powietrza do dysz OFA – strona lewa, przód kotła

Lp.	Wyszczególnienie	Jedn.	Numer pomiaru kotła		
			1	2	3
1	Data pomiaru	dd.mm.rrrr	07.02.2017	08.02.2017	9/10.02.2017
2	Godzina pomiaru	g.min.	14:30÷16:00	18:45÷20:15	23:45÷01:15
3	Ciśnienie otoczenia	hPa	984	987	986
4	Temperatura powietrza w przekroju pomiarowym	°C	344	325	296
5	Średnie ciśnienie statyczne powietrza w przekroju pomiarowym	Pa	169	127	-29
6	Średnie ciśnienie dynamiczne powietrza w przekroju pomiarowym	Pa	40	21	18
7	Gęstość powietrza w przekroju pomiarowym	kg/m ³	0,549	0,569	0,596
8	Pole powierzchni przekroju kanału w miejscu pomiaru	m ²	0,810	0,810	0,810
9	Przekładnia mikromanometru 1:k - wartość k	-	10	10	10
10	Predkość powietrza w przekroju pomiarowym	m/s	12,0	8,7	7,7
11	Strumień powietrza w przekroju pomiarowym	m ³ /s	9,7	7,0	6,2
12		m _n ³ /h*10 ³	14,9	11,1	10,3

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 54 / 81


- ilość powietrza do dysz OFA – strona prawa, przód kotła

Lp.	Wyszczególnienie	Jedn.	Numer pomiaru kotła		
			1	2	3
1	Data pomiaru	dd.mm.rrrr	07.02.2017	08.02.2017	9/10.02.2017
2	Godzina pomiaru	g.min.	14:30÷16:00	18:45÷20:15	23:45÷01:15
3	Ciśnienie otoczenia	hPa	984	987	986
4	Temperatura powietrza w przekroju pomiarowym	°C	343	325	293
5	Średnie ciśnienie statyczne powietrza w przekroju pomiarowym	Pa	196	127	-39
6	Średnie ciśnienie dynamiczne powietrza w przekroju pomiarowym	Pa	36	14	10
7	Gęstość powietrza w przekroju pomiarowym	kg/m ³	0,550	0,569	0,599
8	Pole powierzchni przekroju kanału w miejscu pomiaru	m ²	0,810	0,810	0,810
9	Przekładnia mikromanometru 1:k - wartość k	-	10	10	10
10	Predkość powietrza w przekroju pomiarowym	m/s	11,4	7,1	5,9
11	Strumień powietrza w przekroju pomiarowym	m ³ /s	9,3	5,7	4,8
12		m _n ³ /h*10 ³	14,2	9,1	8,0

11.9 Moc pobrana przez urządzenia potrzeb własnych kotła

W poniższej tabeli zestawiono wartości mocy pobranej przez urządzenia potrzeb własnych kotła:

Parametr	Jedn.	Numer pomiaru kotła:					
		1a	2a	3a	1b	2b	3b
Wentylatory powietrza							
WP1	kW	290	237	202	286	228	205
WP2	kW	273	239	208	272	233	211
Sumaryczna moc WP	kW	563	476	410	558	461	416
Moc znamionowa WP	kW	500 / 1 000					
Wentylatory spalin							
WS1	kW	652	455	356	644	438	357
WS2	kW	596	453	362	589	442	361
Sumaryczna moc WS	kW	1 248	908	718	1 233	880	718
Moc znamionowa WS	kW	1 250					
Wentylatory młynowe (wewnątrz osłony bilansowej kotła)							
WM1	kW	398	---	---	408	---	---
WM2	kW	---	---	---	---	---	---
WM3	kW	412	443	455	428	451	464

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 55 / 81


Parametr	Jedn.	Numer pomiaru kotła:					
		1a	2a	3a	1b	2b	3b
WM4	kW	480	467	---	483	485	---
WM5	kW	---	434	465	---	441	472
WM6	kW	489	526	487	496	535	494
Sumaryczna moc WM	kW	1 779	1 870	1 407	1 815	1 912	1 430
Moc znamionowa WM	kW	630					
Młyny węglowe (wewnątrz osłony bilansowej kotła)							
MW1	kW	135	---	---	136	---	---
MW2	kW	---	---	---	---	---	---
MW3	kW	186	156	159	190	160	156
MW4	kW	172	164	---	168	154	---
MW5	kW	---	129	121	---	122	120
MW6	kW	169	148	159	171	149	155
Sumaryczna moc MW	kW	662	597	439	665	585	431
Moc znamionowa MW	kW	zapotrzebowanie mocy – 370; moc silnika – 630					
Sumaryczna moc pobrana przez w/w urządzenia potrzeb własnych kotła	kW	4 252	3 851	2 974	4 271	3 838	2 995

Poszczególne urządzenia pracowały z mocą niższą od znamionowej. Urządzenia potrzeb własnych posiadały jeszcze wystarczającą rezerwę mocy.

11.10 Analiza wpływu czynności eksploatacyjnych na parametry pracy kotła


Poza pomiarami wykonanymi przy czynnych i wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza, z których to wyniki zestawiono odpowiednio w Tabelcy nr 1a i 3a oraz w Tabelcy nr 1b i 3b, w niniejszym rozdziale podano dodatkowo wyniki testów realizowanych w czasie prowadzonych czynności eksploatacyjnych na badanym bloku, tj.:

- przy pracy z uruchomionym odsalaniem kotła przeprowadzonych 07.02.2017 r., 08.02.2017 r., 10.02.2017 r. (wyniki zestawiono w Tabelcy nr 4 i 5).

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 56 / 81

Tablica nr 4. Wyniki pomiarów i obliczeń parametrów pracy kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – uruchomione odsalanie kotła

Lp.	Wyszczególnienie		Jedn.	Uruchomiony układ odsalania kotła			
1	Data pomiaru		dd.mm.rrrr	07.02.2017	08.02.2017	10.02.2017	
2	Moc elektryczna bloku		MW _{el}	205,9	167,5	123,8	
3	Otoczenie	temperatura termometru suchego	ts	°C	13,7	12,9	13,7
4		temperatura termometru mokrego	tm	°C	6,0	5,1	5,5
5	Woda zasilająca	temperatura		°C	247,4	237,0	222,4
6		ciśnienie		MPa	15,75	15,05	14,28
7		strumień		t/h	651,2	525,5	399,1
8	Para świeża	temperatura za kotłem	str. L	°C	516,5	526,5	513,4
9			str. P	°C	518,2	528,4	515,7
10		średnia	°C	517,4	527,4	514,5	
11			ciśnienie	MPa	12,81	12,96	12,92
12		strumień	t/h	642,1	516,4	390,0	
13	Woda wtryskowa do pary świeżej	temperatura		°C	247,4	237,0	222,4
14		ciśnienie		MPa	15,22	14,19	13,25
15		strumień		t/h	0,0	0,0	0,0
16	Para wtórna	temperatura za częścią WP turbiny		°C	303,8	302,5	282,8
17		ciśnienie za częścią WP turbiny		MPa	2,63	2,10	1,57
18		strumień przed kotłem		t/h	595,2	481,1	364,8
19		temperatura za kotłem		°C	493,1	487,3	466,2
20		ciśnienie przed częścią SP turbiny		MPa	2,29	1,83	1,36
21		strumień za kotłem		t/h	534,1	429,8	331,4
22	Woda wtryskowa do pary wtórej	temperatura		°C	159,4	159,3	159,3
23		ciśnienie		MPa	4,73	4,51	4,27
24		strumień		t/h	0,0	0,0	2,7
25	Paliwo	strumień paliwa spalonego w kotle		t/h	94,8	78,6	65,6
26			kg/s	26,3	21,8	18,2	
27		wartość opalowa	r	kJ/kg	19 506	19 471	17 943
28		zawartość popiołu	r	%	23,3	24,5	22,6
29		zawartość wilgoci	r	%	8,8	10,2	13,0
30		zawartość części lotnych	r	%	32,95	28,71	31,05
31		zawartość: węgla	r	%	48,96	49,20	46,08
32		wodoru	r	%	4,12	3,86	3,80
33		azotu	r	%	0,87	0,83	0,73
34		tłenu	r	%	12,77	10,36	12,95
35	siarki	r	%	1,18	1,05	0,84	
36	Zawartość części palnych w odpadach paleniskowych	w zużłiu - jako całkowity węgiel organiczny TOC ^d	%	1,05	2,07	1,23	
37		w popiele lotnym - jako całkowity węgiel organiczny TOC ^d	%	3,25	5,45	4,61	
38	Powietrze	temperatura na ssaniu WP	WP1	°C	20,1	17,8	18,2
39			WP2	°C	21,8	21,1	17,6
40			średnia	°C	20,9	19,4	17,9
41		temperatura przed LUVO	str. L	°C	35,3	37,8	33,2
42			str. P	°C	38,0	34,9	35,3
43			średnia	°C	36,7	36,4	34,3
44	Spaliny	temperatura przed LUVO - strona lewa	pkt. 1	°C	367,2	340,7	310,5
45			pkt. 2	°C	372,5	343,7	312,9
46			pkt. 3	°C	372,8	343,6	314,2
47			pkt. 4	°C	380,2	350,2	319,5
48			pkt. 5	°C	380,2	350,9	320,2
49			pkt. 6	°C	380,9	352,0	323,6
50			pkt. 7	°C	381,7	353,0	325,5
51		średnia str. L	°C	376,5	347,7	318,1	
52		temperatura przed LUVO - strona prawa	pkt. 1	°C	367,8	343,2	316,8
53			pkt. 2	°C	377,4	352,4	322,4
54			pkt. 3	°C	381,9	352,7	320,9
55			pkt. 4	°C	379,5	349,2	318,4
56			pkt. 5	°C	379,0	347,4	314,6
57			pkt. 6	°C	376,3	345,4	312,7
58	pkt. 7		°C	371,7	341,6	309,7	
59	średnia str. P	°C	376,2	347,4	316,5		
60	średnia temperatura spalin przed LUVO		°C	376,4	347,6	317,3	


	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 57 / 81

cd. tablicy nr 4.

Lp.	Wyszczególnienie		Jedn.	Uruchomiony układ odsalania kotła			
61	Spaliny	temperatura za LUVO - strona lewa	pkt. 1	°C	166,3	175,1	159,1
62			pkt. 2	°C	167,2	175,8	159,7
63			pkt. 3	°C	171,5	179,9	163,6
64			pkt. 4	°C	165,3	176,4	161,0
65			pkt. 5	°C	151,9	164,1	150,1
66			średnia str. L	°C	164,4	174,2	158,7
67		temperatura za LUVO - strona prawa	pkt. 1	°C	165,6	172,6	159,3
68			pkt. 2	°C	n	n	n
69			pkt. 3	°C	n	n	n
70			pkt. 4	°C	164,6	173,0	174,6
71			pkt. 5	°C	154,1	163,6	152,6
72			średnia str. P	°C	161,4	169,7	162,2
73		średnia temperatura spalin za kotłem		°C	163,3	172,6	160,0
74	Analiza spalin za LUVO	zawartość CO ₂	str. L	%	14,2	14,2	13,2
75			str. P	%	14,8	14,5	13,9
76			średnia	%	14,5	14,4	13,5
77		zawartość CO	str. L	ppm	8	11	14
78			str. P	ppm	7	11	14
79			średnia	ppm	8	11	14
80		zawartość O ₂	str. L	%	4,81	4,83	6,03
81			str. P	%	4,21	4,45	5,19
82			średnia	%	4,51	4,64	5,61
83	zawartość NO	str. L	ppm	198	162	178	
84		str. P	ppm	180	139	166	
85		średnia	ppm	189	151	172	
86	Stężenie NO _x za LUVO przy O ₂ =6%		str. L	mg/m _n ³	376	309	366
87			str. P	mg/m _n ³	329	259	323
88			średnia	mg/m _n ³	352	284	345


Objaśnienia do tabeli:

- r - stan roboczy
- n - wskazanie nieczynne
- WP - wentylator powietrza
- LUVO - obrotowe podgrzewacze powietrza

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 58 / 81


Tablica nr 5. Wskazania aparatury ruchowej z pomiarów kotła bloku nr 5 w Elektrowni Połaniec – uruchomione odsalanie kotła

Lp.	Wyszczególnienie		Jednostka	Uruchomiony układ odsalania kotła			
				07.02.2017	08.02.2017	10.02.2017	
1	Data pomiaru		dd.mm.rrrr	07.02.2017	08.02.2017	10.02.2017	
2	Godzina pomiaru		gg ^{mm}	15 ³⁰ +15 ⁴⁵	23 ³⁰ +00 ⁰⁰	04 ⁰⁰ +04 ³⁰	
3	Woda zasilająca	Temperatura wody zasilającej do kotła - średnia	°C	244,9	234,9	220,5	
4		Ciśnienie wody zasilającej przed kotłem	MPa	15,69	14,94	14,15	
5		Przepływ wody do kotła - skorygowany	t/h	656,4	529,6	397,0	
6		Temperatura wody zasilającej za podgrzewaczem wody ECO	str L	°C	315,7	304,3	291,6
7	str P		°C	310,8	299,5	287,0	
8	Walczak	Temperatura nasycenia w walczaku	°C	342,8	339,4	336,0	
9		Ciśnienie w walczaku	MPa	15,08	14,42	13,69	
10	Para świeża	Temperatura przed schładzaczem nr 1	str L	°C	396,8	404,1	402,7
11		Temperatura za schładzaczem nr 1	str L	°C	396,6	401,0	400,2
12		Temperatura przed schładzaczem nr 2	str L	°C	451,5	463,1	451,4
13		Temperatura za schładzaczem nr 2	str L	°C	448,0	460,5	449,3
14		Temperatura przed schładzaczem nr 3	str L	°C	502,3	515,5	499,9
15		Temperatura za schładzaczem nr 3	str L	°C	500,1	514,7	500,9
16		Temperatura za kotłem	str L	°C	515,5	525,7	509,3
17		Temperatura przed schładzaczem nr 1	str P	°C	402,7	406,8	432,4
18		Temperatura za schładzaczem nr 1	str P	°C	405,5	409,7	420,4
19		Temperatura przed schładzaczem nr 2	str P	°C	454,5	464,5	467,5
20		Temperatura za schładzaczem nr 2	str P	°C	452,5	462,0	466,4
21		Temperatura przed schładzaczem nr 3	str P	°C	514,8	523,0	517,2
22		Temperatura za schładzaczem nr 3	str P	°C	512,8	521,7	516,2
23		Temperatura za kotłem	str P	°C	519,1	528,0	518,3
24		Średnia temperatura pary świeżej za kotłem		°C	517,3	526,8	513,8
25		Ciśnienie pary świeżej za kotłem		MPa	12,91	12,94	12,82
26	Przepływ pary świeżej za kotłem		t/h	646,3	519,3	392,9	
27	Wtryski do pary świeżej	Ciśnienie wody wtryskowej	MPa	15,66	14,87	14,08	
28		Strumień wody wtryskowej	t/h	-0,3	-0,3	0,0	
29	Para wtórna	Ciśnienie pary wtórnej za kotłem	str L	MPa	2,17	1,70	1,25
30		Temperatura za pęczkiem konwekcyjnym	str L	°C	421,7	416,1	394,8
31		Temperatura przed schładzaczem	str L	°C	446,6	446,2	431,5
32		Temperatura za schładzaczem	str L	°C	442,9	442,7	427,0
33		Temperatura za kotłem	str L	°C	486,0	481,5	460,5
34		Ciśnienie pary wtórnej za kotłem	str P	MPa	2,18	1,71	1,25
35		Temperatura za pęczkiem konwekcyjnym	str P	°C	369,3	388,1	384,3
36		Temperatura przed schładzaczem	str P	°C	471,0	464,8	437,3
37		Temperatura za schładzaczem	str P	°C	472,5	463,3	435,4
38		Temperatura za kotłem	str P	°C	503,4	492,5	468,7
39	Średnia temperatura pary wtórnej za kotłem		°C	494,7	487,0	464,6	
40	Wtryski do pary wtórnej	Temperatura wody wtryskowej do pary wtórnej (na ssaniu PZ1-3)	°C	155,4	155,3	155,2	
41		Ciśnienie wody wtryskowej	MPa	3,91	3,53	3,23	
42		Strumień wody wtryskowej do pary wtórnej	t/h	0,0	0,0	0,0	

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 59 / 81

cd. tablicy nr 5.

Lp.	Wyszczególnienie		Jednostka	Uruchomiony układ odsalania kotła			
43	Powietrze	Temperatura na ssaniu wentylatora powietrza WP1	str L	°C	20,3	21,7	21,4
44		Temperatura przed LUVO L1	str L	°C	35,3	37,8	33,2
45		Temperatura za LUVO L1	str L	°C	347,6	331,2	304,1
46		Temperatura na ssaniu wentylatora powietrza WP2	str P	°C	24,6	24,1	20,9
47		Temperatura przed LUVO L2	str P	°C	38,0	34,9	35,3
48		Temperatura za LUVO L2	str P	°C	347,9	333,2	307,4
49	Wentylator powietrza	Położenie kierownic	WP1	%	44	26	16
50		Moc silnika	WP1	kW	294	229	204
51		Położenie kierownic	WP2	%	38	21	14
52		Moc silnika	WP2	kW	277	231	211
53	Spaliny	Ciśnienie spalin w komorze paleniskowej	str L	Pa	-17	-18	-17
54			str P	Pa	-18	-21	-20
55		Temperatura w komorze paleniskowej	str L	°C	810	772	724
56		Temperatura przed I stopniem wtrysku pierwotnego	str L	°C	749	727	695
57		Temperatura przed przegrzewaczem grodziowym	str L	°C	731	698	648
58		Temperatura przed przegrzewaczem konwekcyjnym	str L	°C	697	661	608
59		Temperatura za przegrzewaczem konwekcyjnym	str L	°C	660	622	577
60		Temperatura za podgrzewaczem wody ECO	str L	°C	369,7	346,7	319,6
61		Temperatura za LUVO L1	str L	°C	165,1	174,2	158,9
62		Temperatura przed WS1	str L	°C	144,2	153,5	139,2
63		Temperatura w komorze paleniskowej	str P	°C	836	781	771
64		Temperatura przed I stopniem wtrysku pierwotnego	str P	°C	718	683	656
65		Temperatura przed przegrzewaczem grodziowym	str P	°C	705	658	629
66		Temperatura przed przegrzewaczem konwekcyjnym	str P	°C	661	618	597
67		Temperatura za przegrzewaczem konwekcyjnym	str P	°C	635	599	565
68		Temperatura za podgrzewaczem wody ECO	str P	°C	372,4	343,9	320,8
69		Temperatura za LUVO L2	str P	°C	165,2	172,3	159,4
70		Temperatura przed WS2	str P	°C	148,1	156,2	143,9
71		Zawartość tlenu w spalinach za ECO	str L	%	2,78	2,64	3,69
72		Zawartość tlenu w spalinach za ECO	str P	%	3,46	2,77	3,36
73		średnia	%	3,12	2,71	3,53	
74	Zawartość tlenu w spalinach za LUVO L1	str L	%	4,57	4,54	5,80	
75	Zawartość tlenu w spalinach za LUVO L2	str P	%	4,37	4,65	5,79	
76		średnia	%	4,47	4,59	5,80	
77	Wentylator spalin	Położenie kierownic	WS1	%	82	61	47
78		Moc silnika	WS1	kW	673	431	358
79		Położenie kierownic	WS2	%	83	63	46
80		Moc silnika	WS2	kW	609	434	365

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 60 / 81

cd. tablicy nr 5.

Lp.	Wyszczególnienie		Jednostka	Uruchomiony układ odsalania kotła				
81	Emisja	O ₂ za WS1	%	6,15	6,18	7,32		
82		O ₂ za WS2	%	5,97	6,16	6,99		
83		NO _x za WS1 (jako NO ₂)	mg/m ³	318	241	282		
84		NO _x za WS2 (jako NO ₂)	mg/m ³	351	301	350		
85		CO za WS1	mg/m ³	5	6	6		
86		CO za WS2	mg/m ³	9	18	15		
87		SO ₂ za WS1	mg/m ³	2 147	1 646	1 703		
88		SO ₂ za WS2	mg/m ³	2 246	1 610	1 759		
89		pył w spalinach za WS1	mg/m ³	22	23	18		
90		pył w spalinach za WS2	mg/m ³	17	16	12		
91	Zespoły młynowe	Moc silników wentylatorów młynowych	WM1	kW	403	---	---	
92			WM2	kW	---	---	---	
93			WM3	kW	408	444	447	
94			WM4	kW	479	454	---	
95			WM5	kW	---	434	466	
96			WM6	kW	489	502	481	
97			Moc silników młynów	MW1	kW	133	---	---
98				MW2	kW	---	---	---
99				MW3	kW	186	165	151
100				MW4	kW	174	166	---
101				MW5	kW	---	123	118
102				MW6	kW	175	160	166
103		Temperatura mieszanki pyłowo powietrznej za młynami	MW1	°C	110,1	---	---	
104			MW2	°C	---	---	---	
105			MW3	°C	112,6	116,5	116,7	
106			MW4	°C	126,1	123,8	---	
107			MW5	°C	---	119,2	111,7	
108			MW6	°C	121,4	121,6	117,1	

n – wskazanie niesprawne

ECO – podgrzewacz wody

LUVO L1, LUVO L2 – obrotowe podgrzewacze powietrza

WP1, WP2 – wentylatory powietrza

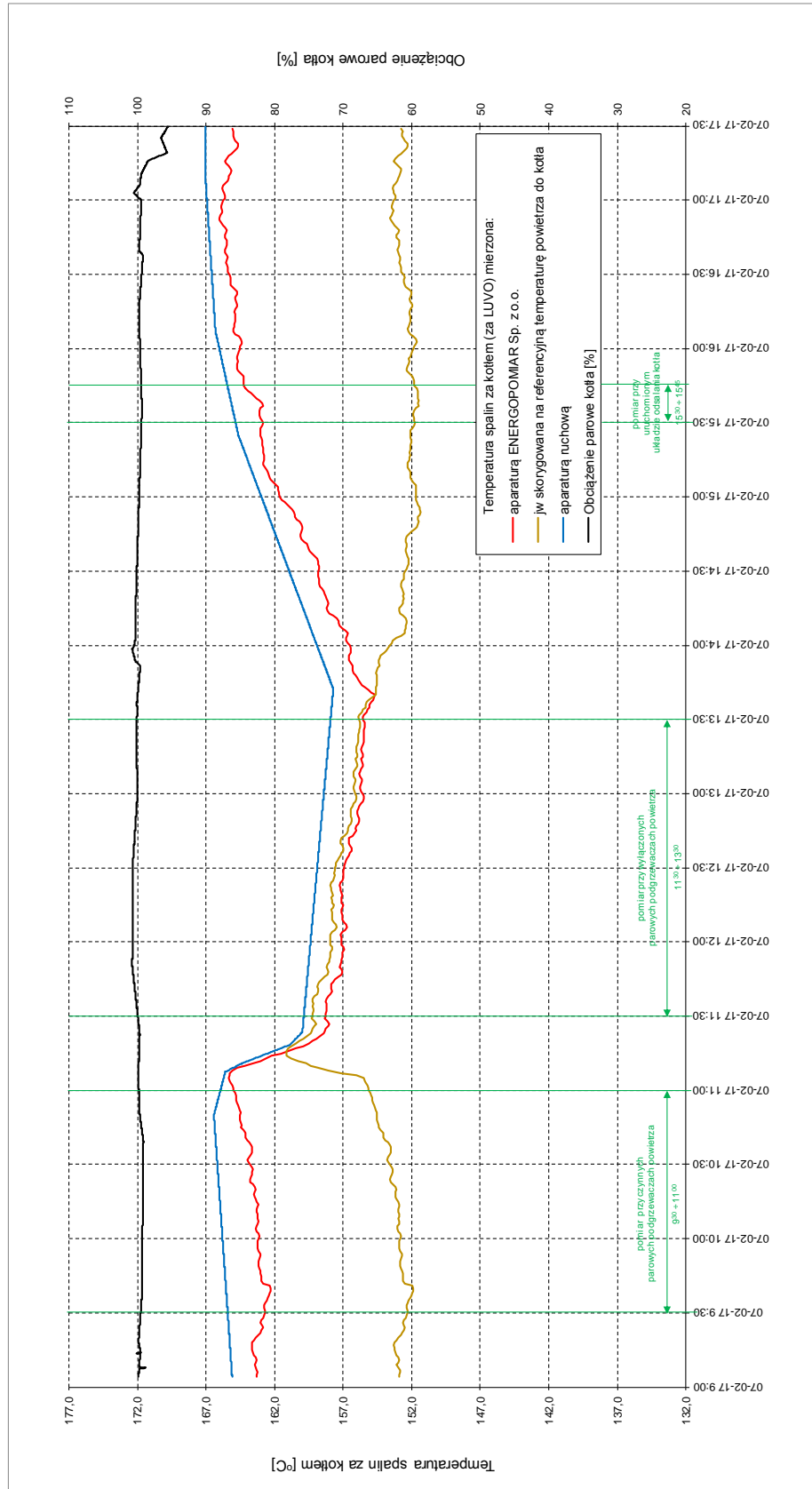
WS1, WS2 – wentylatory spalin

MW1...MW6 – młyny węglowe

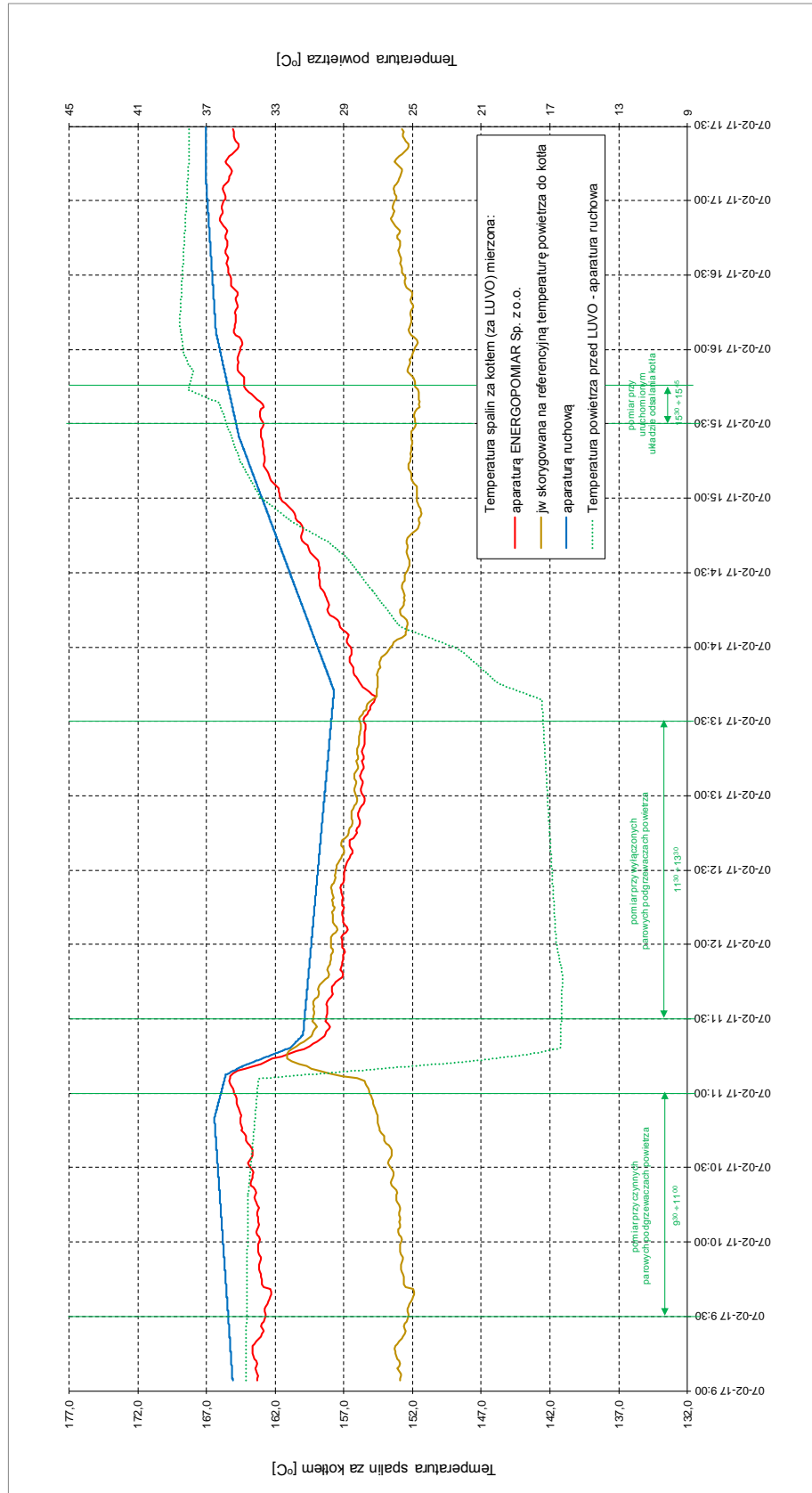
WM1...WM6 – wentylatory młynowe

Poniżej na wykresach dodatkowo przedstawiono przebieg ważniejszych parametrów po stronie spaliny-powietrze w czasie trzech dni pomiarowych, gdzie oprócz pomiarów przy czynnych i wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza, zrealizowano także testy przy uruchomionym odsalaniu kotła.

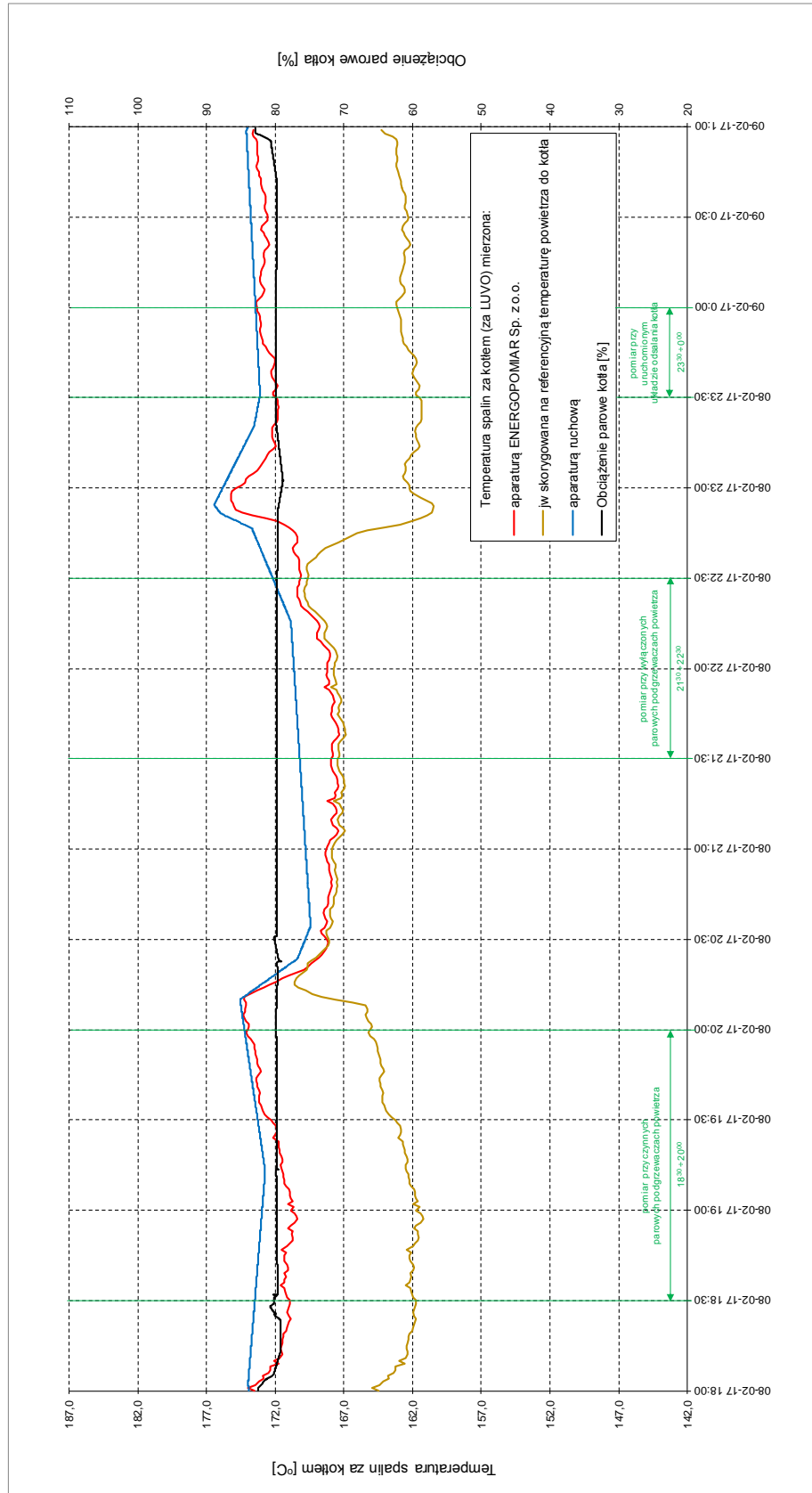
Rysunek 6. Przebieg wskazań wybranych ważniejszych parametrów pierwszego dnia pomiarów kotła nr 5 (07.02.2017 r.)



cd. rysunku 6.

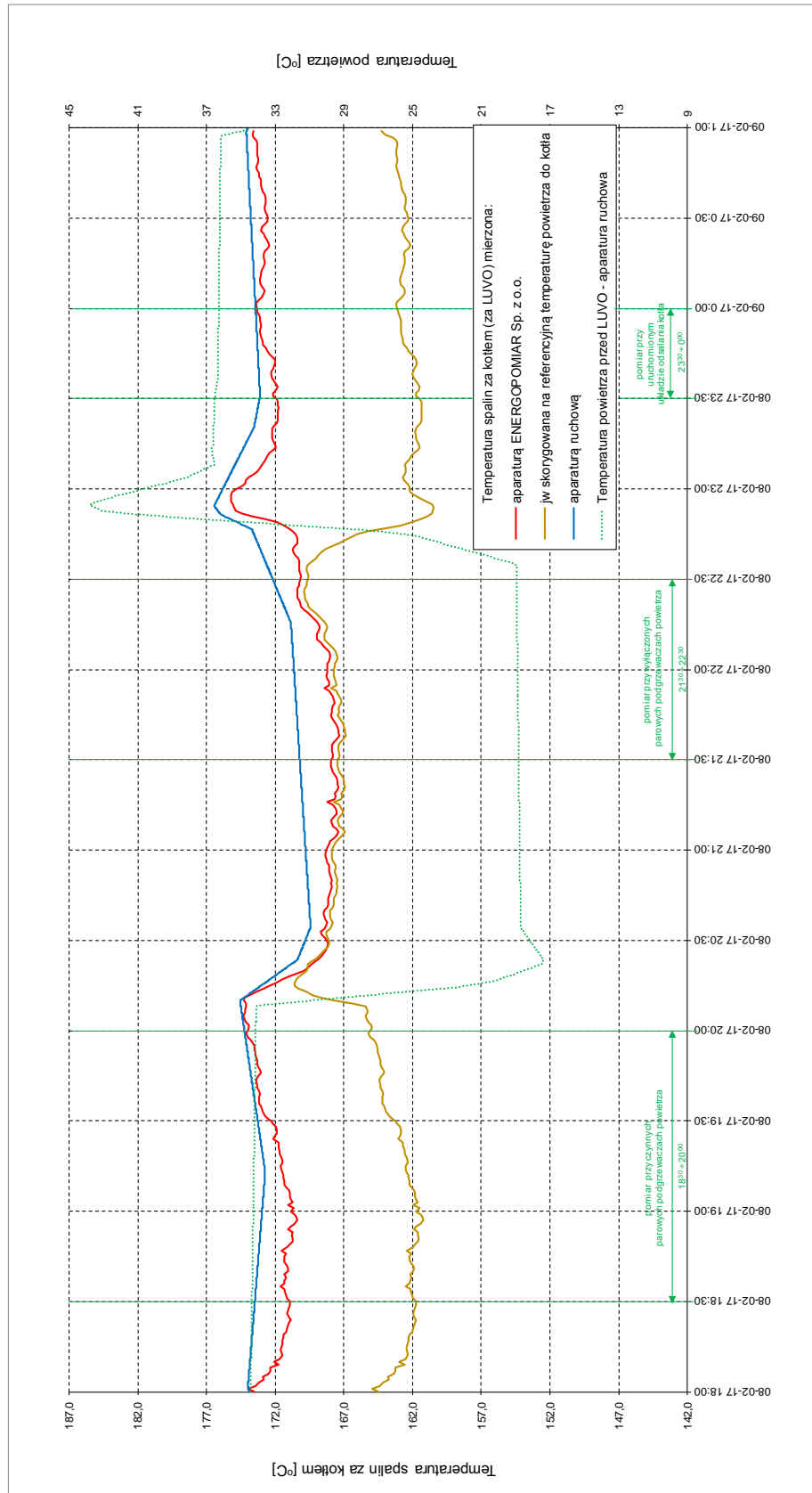


Rysunek 7. Przebieg wskazań wybranych ważniejszych parametrów drugiego dnia pomiarów kotła nr 5 (08.02.2017 r.)

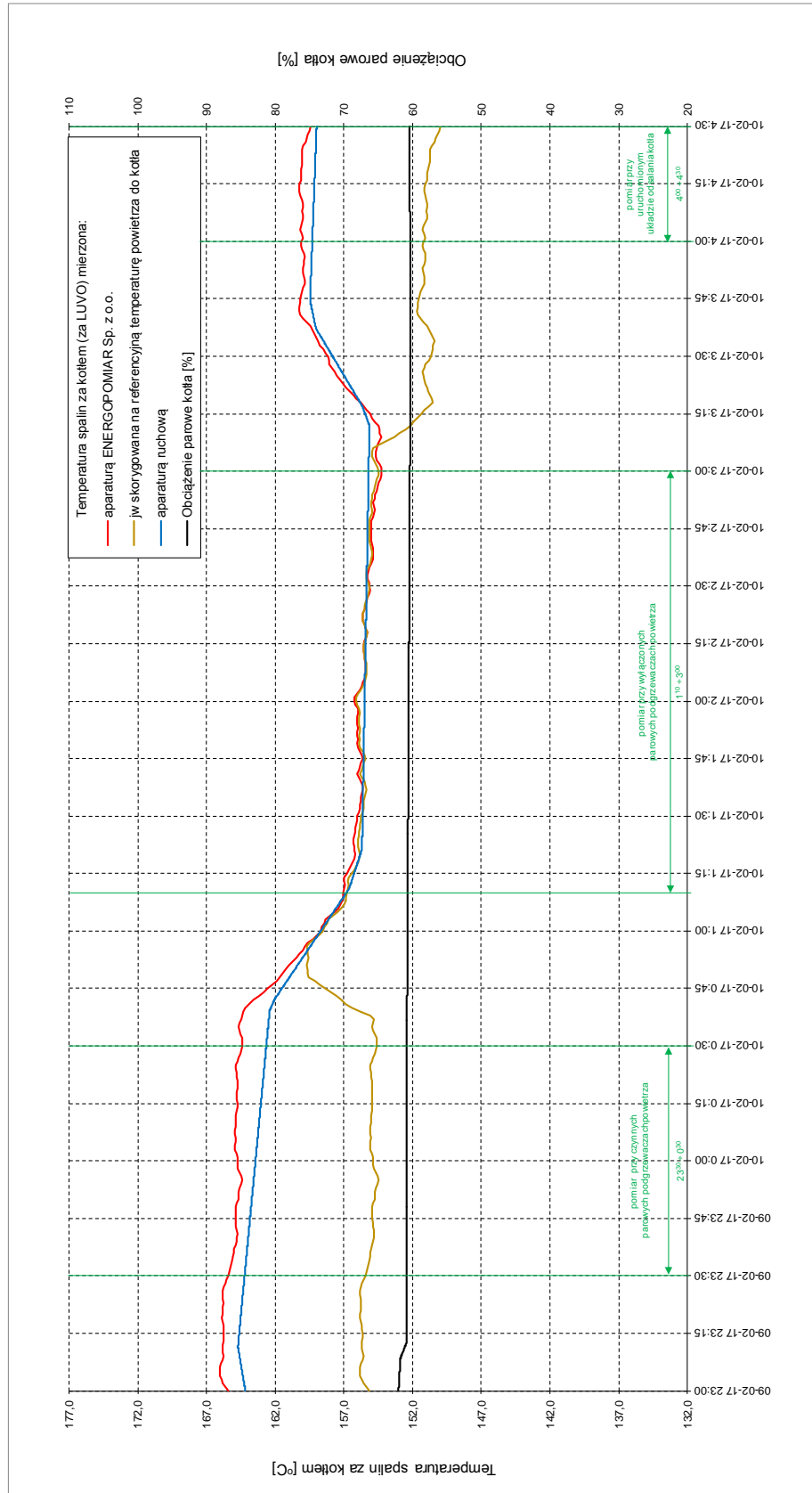




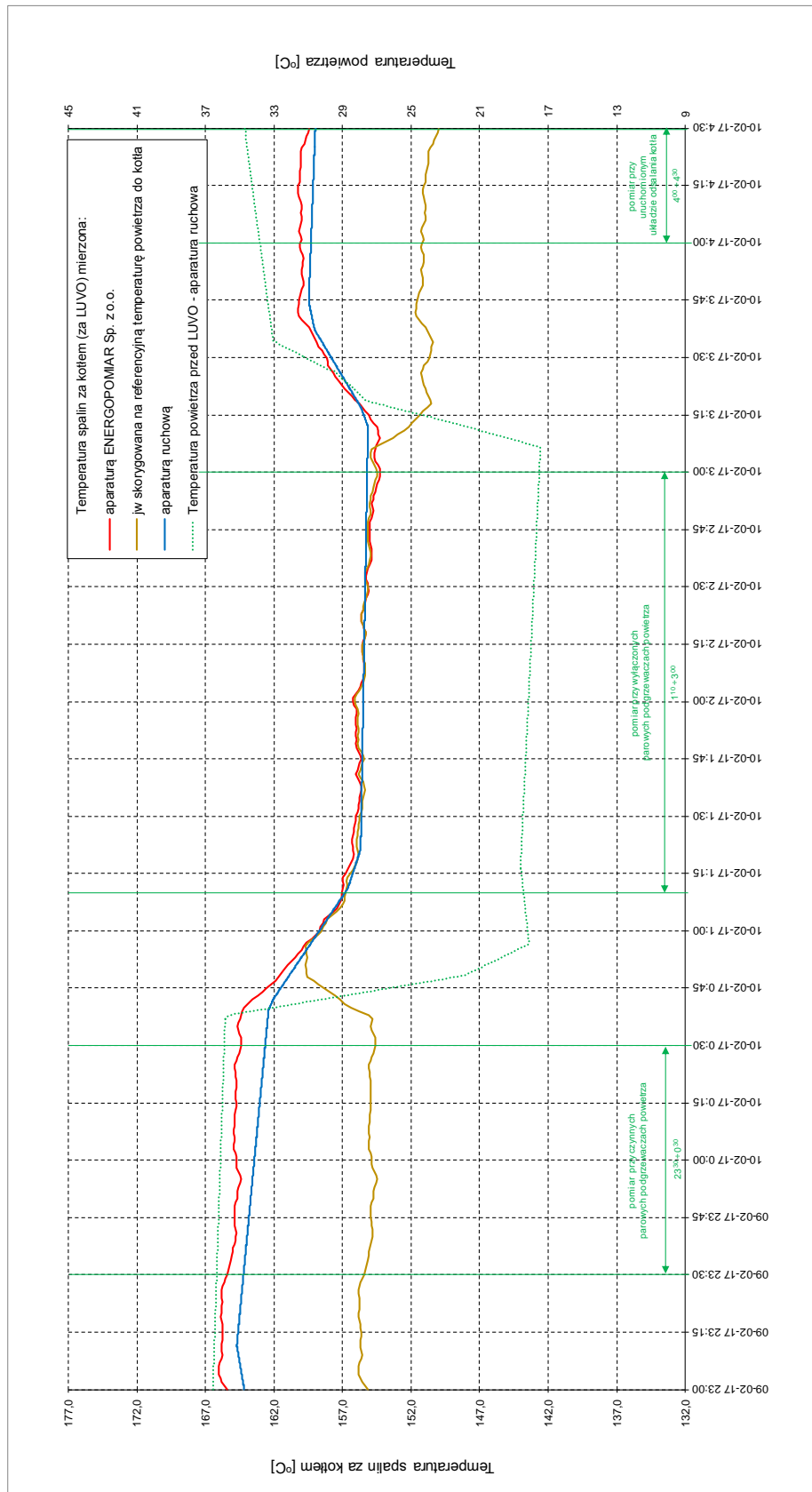
cd. rysunku 7.




Rysunek 8. Przebieg wskazań wybranych ważniejszych parametrów trzeciego dnia pomiarów kotła nr 5 (09/10.02.2017 r.)



cd. rysunku 8.



	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 67 / 81

W oparciu o zamieszczone wykresy można przytoczyć poniższe wnioski:


- Temperatura spalin za kotłem w pomiarach przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza jest wyższa od temperatury zmierzonej w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza – na Rysunku 6. średnio o 7,0°C (pomiar nr 1a i 1b), na Rysunku 7. średnio o 3,3°C (pomiar nr 2a i 2b)) oraz na Rysunku 8. średnio o 9,2°C (pomiar nr 3a i 3b). Generalnie dla wszystkich pomiarów, w całym zakresie obciążeń średnia temperatura spalin za kotłem w pomiarach przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza była wyższa średnio o 6,5°C od temperatury zmierzonej w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza, co było efektem podgrzania powietrza w parowych podgrzewaczach powietrza średnio o 17,0 K. Wzrost temperatury spalin za kotłem przekłada się na wyższą stratę wylotową i tym samym niższą sprawność kotła (średnio o około 0,3%) w pomiarach przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza.
- Poniżej podano różnice w wartości temperatury spalin za kotłem dla poszczególnych dni pomiarowych po wyłączeniu odsalania kotła:

Wyszczególnienie	Pomiar 1		Pomiar 2	
	TAK	NIE	TAK	NIE
Uruchomione odsalanie kotła				
Data i godzina odczytu temperatury spalin	07.02.2017 15 ³⁰ ÷15 ⁴⁵	07.02.2017 15 ⁴⁵ ÷16 ¹⁵	08.02.2017 23 ³⁰ ÷24 ⁰⁰	09.02.2017 0 ⁰⁰ ÷0 ³⁰
Wartość temperatury spalin [°C]	163,3	164,7	172,6	172,9
Różnica temperatury spalin [°C]	-1,4		-0,3	
Średni spadek temperatury spalin po wyłączeniu odsalania kotła [°C]	-0,8			

Uruchomienie odsalania kotła nie ma istotnego wpływu na temperaturę spalin za kotłem. Po wyłączeniu odsalania kotła zanotowano nieznaczny wzrost temperatury – tj. średnio 0,8°C, który mogą warunkować pozostałe czynniki mające wpływ na pracę kotła.

Sprawność dla omawianych przypadków pracy (tj. czynne/ wyłączone parowe podgrzewacze powietrza i uruchomione odsalanie kotła), zestawiono na wykresie zbiorczym – Rysunek 4.

Ponadto poniżej zestawiono symulacyjne obliczenia stopnia zmiany sprawności kotła w przypadku zmiany temperatury spalin (mającej wpływ na stratę wylotową) dla różnych rodzajów pracy kotła podczas wybranego jednego dnia pomiarów (07.02.2017 r.) – z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza oraz podczas uruchomionego odsalania kotła.

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 68 / 81

▪ czynne parowe podgrzewacze powietrza

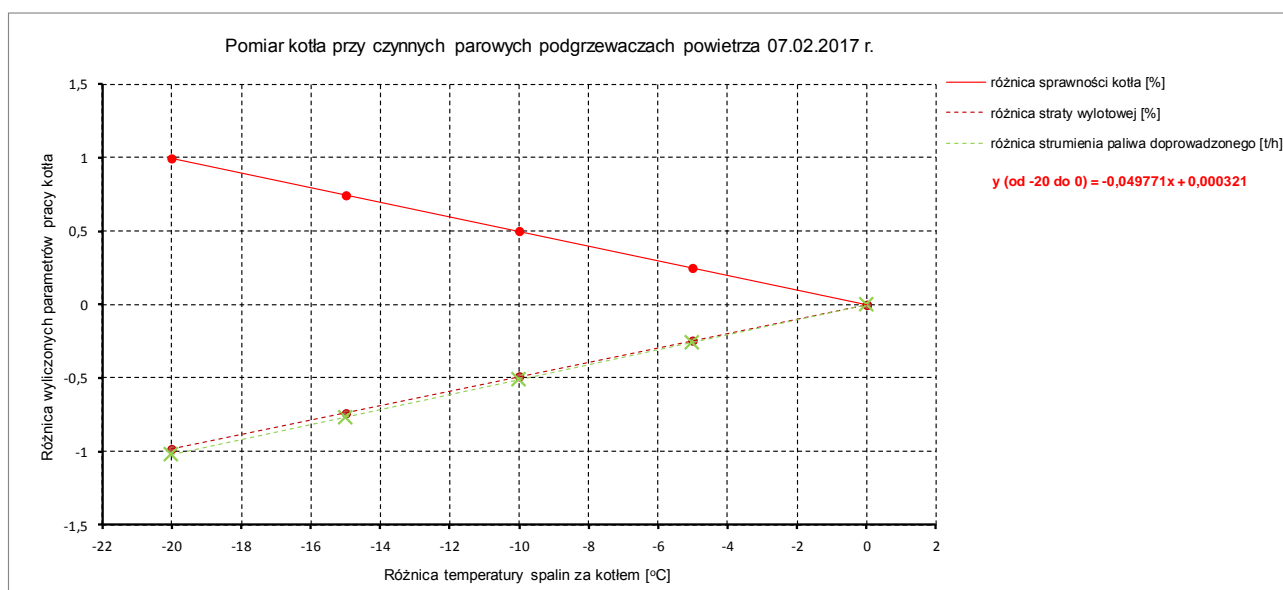
Parametr	Jedn.	Różnica w odniesieniu do temperatury spalin za kotłem zmierzonej podczas pomiaru [°C]				
		0	-5	-10	-15	-20
Praca z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza (pomiar 1a dnia 07.02.2017 r.)						
Różnica sprawności kotła po uwzględnieniu różnicy temperatury jw.	%	0	0,25	0,50	0,75	1,00
Różnica straty wylotowej po uwzględnieniu różnicy temperatury jw.	%	0	-0,246	-0,492	-0,737	-0,982

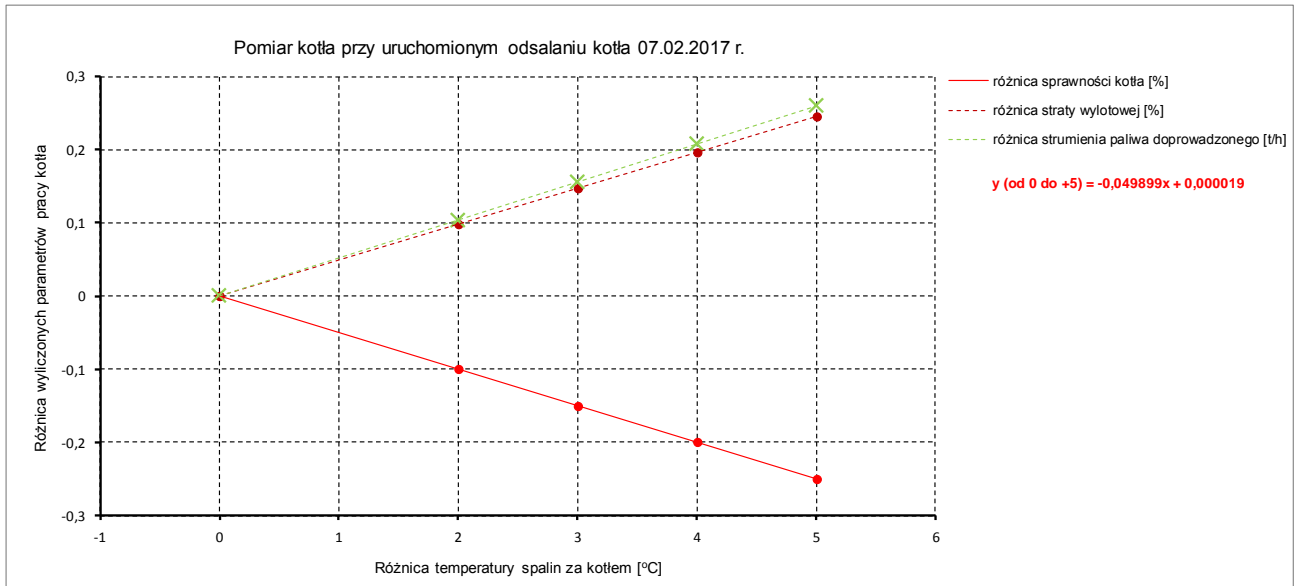
▪ uruchomione odsalanie kotła

Parametr	Jedn.	Różnica w odniesieniu do temperatury spalin za kotłem zmierzonej podczas pomiaru [°C]				
		0	2	3	4	5
Praca z uruchomionym odsalaniem kotła (dnia 07.02.2017 r.)						
Różnica sprawności kotła po uwzględnieniu różnicy temperatury jw.	%	0	-0,10	-0,15	-0,20	-0,25
Różnica straty wylotowej po uwzględnieniu różnicy temperatury jw.	%	0	0,098	0,148	0,197	0,246


Powyższe wyniki symulacji przedstawiono graficznie na poniższych wykresach.

Praca z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza (pomiar nr 1a dnia 07.02.2017 r.)



Praca z uruchomionym odsalaniem kotła (pomiar dnia 07.02.2017 r.)

Z powyższych wykresów widać, że przy pracy kotła z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza zanotowano odrobinę mniejsze zmiany sprawności kotła w funkcji zmiany temperatury spalin za kotłem w porównaniu do zmiany sprawności uzyskanej w pomiarach z włączonym układem odsalania – niższy współczynnik „a” krzywej określonej wzorem $y=ax+b$ jest w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza.

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 70 / 81

12. PORÓWNANIE ZMIERZONYCH WARTOŚCI PARAMETRÓW Z ISTNIEJĄCYMI RUCHOWYMI WSKAZANIAMI

Poniżej na wykresach zestawiono średnie wartości wskazań ważniejszych parametrów z pomiarów wg przyrządów ruchowych i wskazań z aparatury „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.

Wartości wszystkich parametrów zmierzonych aparaturą „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. zawiera:

Tablica nr 1a – pomiary przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza;

Tablica nr 1b – pomiary przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza;

Tablica nr 4 – pomiary przy uruchomionym odsalaniu kotła.

Natomiast wskazania parametrów z aparatury ruchowej zamieszczono w:

Tablica nr 3a – pomiary przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza;

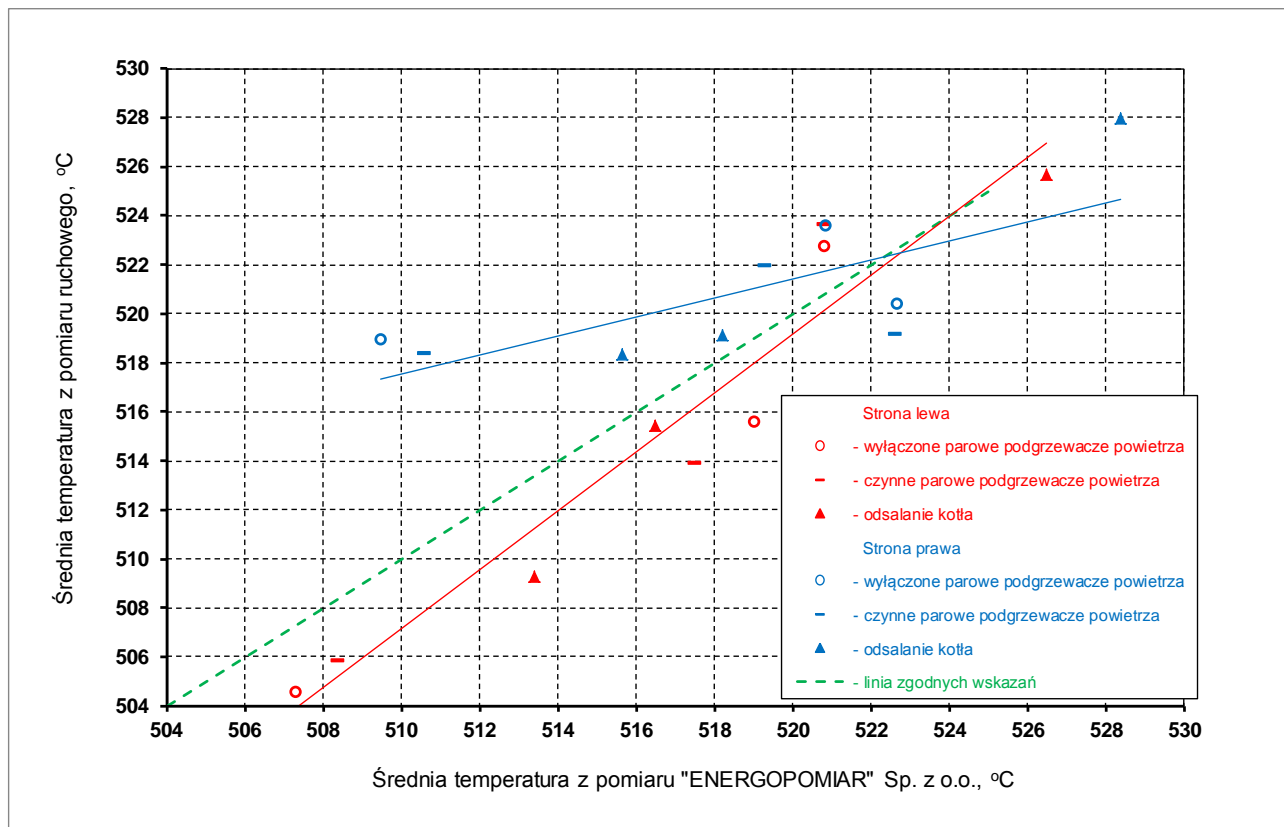
Tablica nr 3b – pomiary przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza;

Tablica nr 5 – pomiary przy uruchomionym odsalaniu kotła.

12.1. Parametry pary


Na poniższych rysunkach zestawiono wskazania wartości ruchowych ze wskazaniami aparatury „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. dla temperatury pary świeżej za kotłem (na Rysunku 9.) i pary wtórnej za kotłem (na Rysunku 10.) przy czynnych i wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza. Ponadto na wykresach naniesiono także wartości wskazań podczas testów przeprowadzonych podczas uruchomionego odsalania kotła.

Rysunek 9. Zestawienie wyników pomiarów „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. ze wskazaniami ruchowymi – temperatura pary świeżej za kotłem



Na podstawie przedstawionych wyników pomiarów temperatury pary świeżej za kotłem można stwierdzić, że:

- wartość temperatury z pomiarów ruchowych jest nieco wyższa średnio dla dwóch stron i całego zakresu obciążenia od wartości z pomiarów „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. – w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza o około 0,6°C, natomiast w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza o około 1,0°C;
- dla strony lewej średnie wskazania ruchowe były niższe od wskazań aparatury „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. o około 1,1°C w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza oraz o około 1,4°C w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza, natomiast po stronie prawej były wyższe odpowiednio o: 2,3°C i 3,3°C;
- średnia temperatura w całym zakresie obciążenia, zarówno ze wskazań ruchowych jak i w przypadku pomiaru aparaturą „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o., była wyższa po stronie prawej w porównaniu do strony lewej, i tak:
 - dla wskazań „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. średnio między stroną prawą a lewą 1,9°C różnicy w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza oraz około 2,0°C w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza,

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 72 / 81

- dla wskazań ruchowych średnio między stroną prawą a lewą – około 5,4°C w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza oraz około 6,7°C w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza.

Poniżej zestawiono wartości temperatury pary świeżej za kotłem z aparatury „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. oraz z aparatury ruchowej:

Parametr	Jedn.	Numer pomiaru kotła:					
		1a	2a	3a	1b	2b	3b
Moc elektryczna bloku	MW _{el}	205,6	165,2	123,8	208,7	165,4	123,8
Temperatura pary świeżej za kotłem – aparatura „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.							
strona lewa	°C	517,5	520,8	508,4	519,0	520,8	507,3
<i>niepewność str. L ¹⁾</i>	°C	2,1	2,1	2,0	2,1	2,1	2,0
strona prawa	°C	519,3	522,6	510,6	520,8	522,7	509,5
<i>niepewność str. P ¹⁾</i>	°C	2,1	2,1	2,0	2,1	2,1	2,0
Temperatura pary świeżej za kotłem – aparatura ruchowa							
strona lewa	°C	513,9	523,6	505,9	515,6	522,8	504,6
<i>R-EP str. L ²⁾</i>	°C	-3,6	2,8	-2,5	-3,4	2,0	-2,7
strona prawa	°C	522,0	519,2	518,4	523,6	520,4	519,0
<i>R-EP str. P ²⁾</i>	°C	2,7	-3,5	7,8	2,8	-2,2	9,5

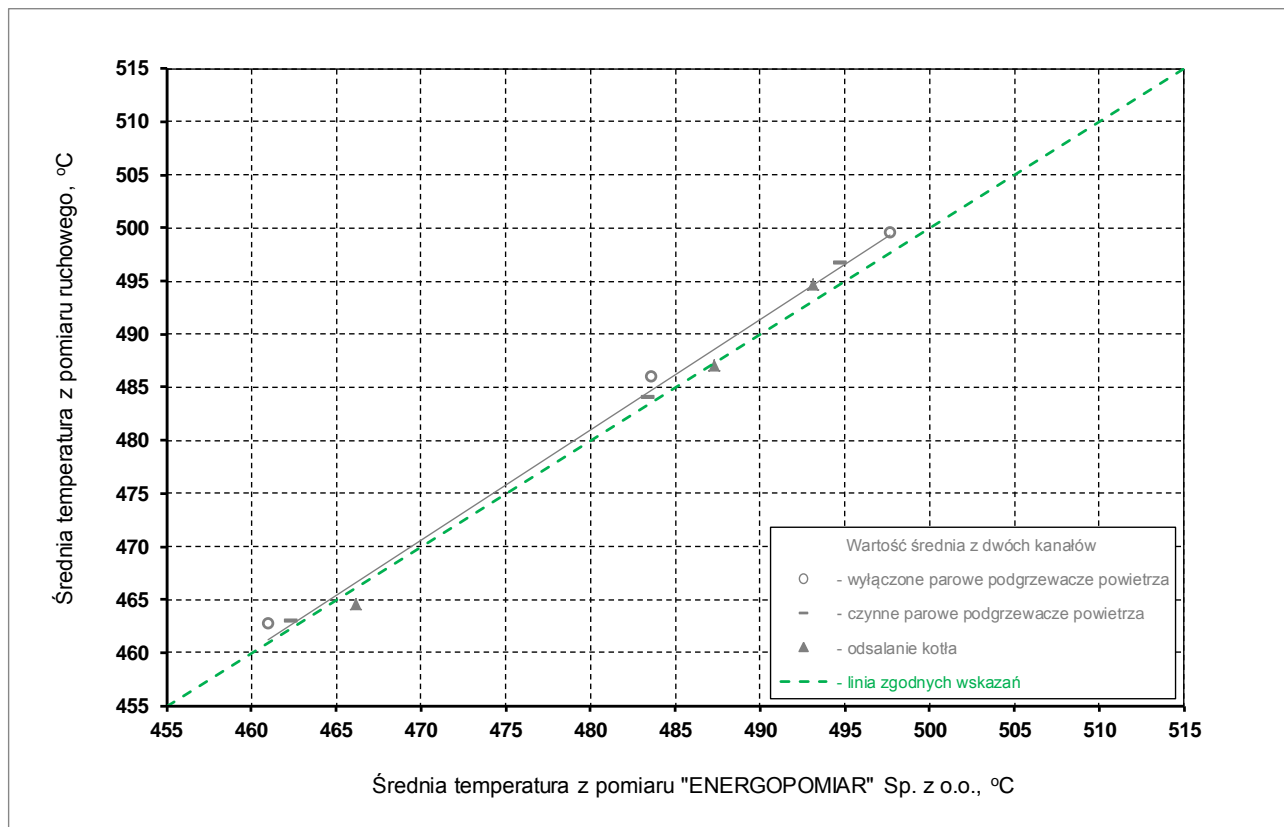
¹⁾ wyliczone wg zaleceń normy PN-EN [1]

²⁾ różnica pomiędzy wskazaniem z aparatury ruchowej a „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.

Niebieskim kolorem oznaczono różnice, które mieszczą się w zakresie niepewności pomiaru temperatury

Jak widać z powyższych informacji, generalnie lepszą zgodność wskazań uzyskano na lewym rurociągu.

Rysunek 10. Zestawienie wyników pomiarów „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. ze wskazaniami ruchowymi – temperatura pary wtórnej za kotłem




Na podstawie przedstawionych wyników pomiarów temperatury pary wtórnej za kotłem można stwierdzić, że:

- różnica między wskazaniami aparatury ruchowej a pomiarami aparaturą „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. wyniosła około 1,1°C w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza oraz około 2,0°C w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza;

Poniżej zestawiono wartości temperatury pary wtórnej za kotłem z aparatury „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. oraz z aparatury ruchowej:

Parametr	Jedn.	Numer pomiaru kotła:					
		1a	2a	3a	1b	2b	3b
Moc elektryczna bloku	MW _{el}	205,6	165,2	123,8	208,7	165,4	123,8
Temperatura pary wtórnej za kotłem – aparatura „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.							
Wartość z pomiaru	°C	494,7	483,5	462,4	497,7	483,6	461,0
niepewność ¹⁾	°C	2,0	1,9	1,8	2,0	1,9	1,8

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 74 / 81

Parametr	Jedn.	Numer pomiaru kotła:					
		1a	2a	3a	1b	2b	3b
Temperatura pary wtórnej za kotłem – aparatura ruchowa							
Wartość z pomiaru	°C	496,7	484,1	463,0	499,6	486,0	462,8
<i>R-EP²⁾</i>	°C	<i>2,0</i>	<i>0,7</i>	<i>0,6</i>	<i>1,9</i>	<i>2,4</i>	<i>1,8</i>

¹⁾ wyliczone wg zaleceń normy PN-EN [1]


²⁾ różnica pomiędzy wskazaniem z aparatury ruchowej a „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.

Niebieskim kolorem oznaczono różnice, które mieszczą się w zakresie niepewności pomiaru temperatury

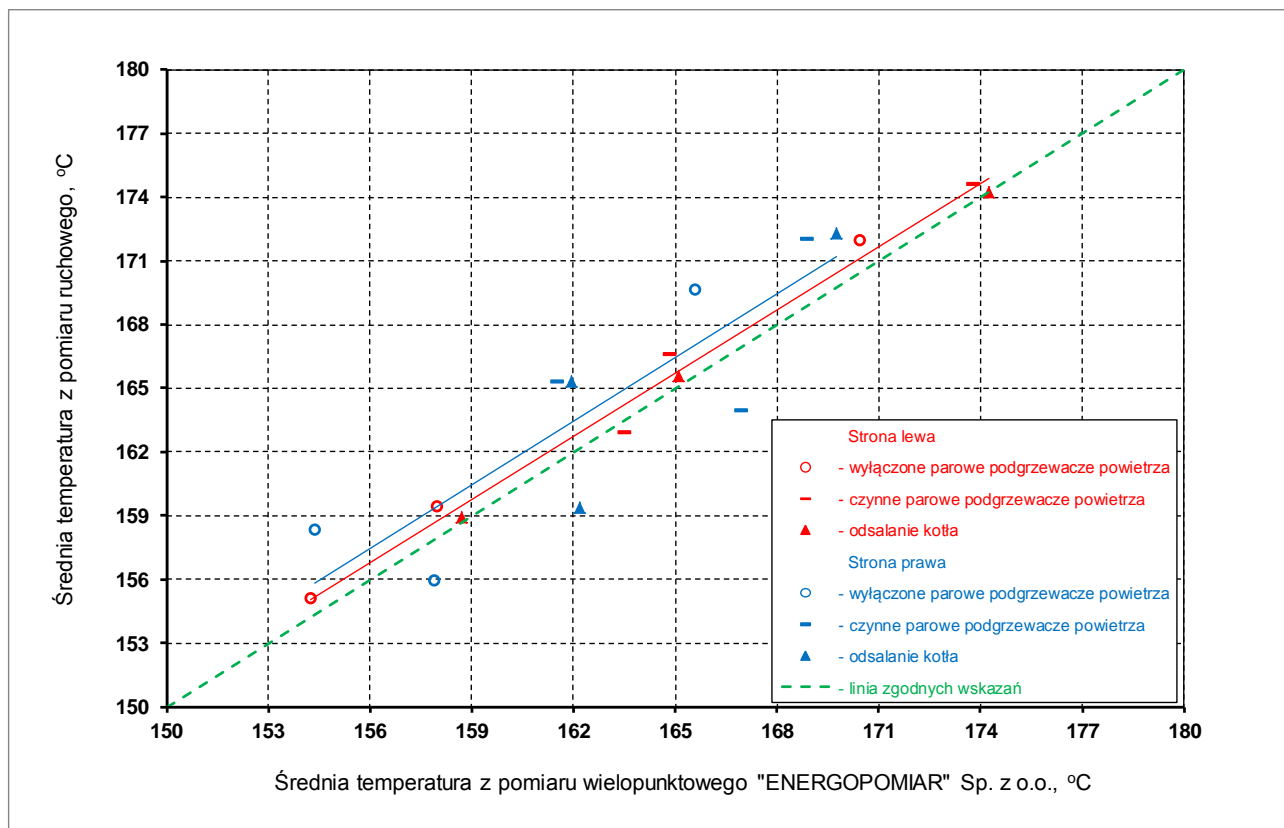
Różnice wskazań temperatury pary zarówno świeżej jak i wtórnej mogą wynikać z różnej klasy – niepewności czujników oraz układów pomiarowych.

12.2. Parametry spalin za kotłem

Na Rysunku 11. zestawiono wskazania wartości ruchowych ze wskazaniami aparatury „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. dla temperatury spalin w kanale wylotowym kotła. Na tym rysunku zestawiono pomiary przy czynnych i wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza. Ponadto na wykresie naniesiono także wartości wskazań podczas testów przeprowadzonych podczas uruchomionego odsalania kotła.


	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 75 / 81

Rysunek 11. Zestawienie wyników pomiarów „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. ze wskazaniem ruchowymi – temperatura spalin za kotłem



Na podstawie przedstawionych wyników pomiarów temperatury spalin za kotłem można stwierdzić, że:

- temperatura z pomiarów ruchowych w stosunku do temperatury z pomiarów siatkowych jest, średnio dla dwóch kanałów i całego zakresu obciążenia, wyższa o około 1,0°C w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza oraz o około 1,7°C w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza;
- nieco wyższą średnią różnicę między pomiarami ruchowymi a wskazaniem aparatury „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. zanotowano dla prawego kanału – około 1,3°C w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza oraz około 2,0°C w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza, co może wynikać z różnego umiejscowienia czujników pomiarowych a także klasy – niepewności czujników oraz układów pomiarowych, natomiast średnia różnica wskazań na kanale lewym była nieco niższa od kanału prawego i wynosiła odpowiednio: 0,6°C i 1,3°C;

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 76 / 81

- średnia temperatura w całym zakresie obciążenia zarówno ze wskazań ruchowych jak i w przypadku pomiaru siatkowego była wyższa w kanale lewym w porównaniu do kanału prawego, i tak:
 - dla wskazań „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. średnio między kanałem lewym a prawym – około 1,6°C różnicy zarówno w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza jak i w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza,
 - dla wskazań ruchowych średnio między kanałem lewym a prawym – około 0,9°C zarówno w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza jak i w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza.

Poniżej zestawiono wartości temperatury spalin za kotłem z aparatury „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. oraz z aparatury ruchowej:


Parametr	Jedn.	Numer pomiaru kotła:					
		1a	2a	3a	1b	2b	3b
Moc elektryczna bloku	MW _{el}	205,6	165,2	123,8	208,7	165,4	123,8
Temperatura spalin za kotłem – aparatura „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.							
strona lewa	°C	164,9	173,8	163,5	158,0	170,5	154,3
<i>niepewność str. L¹⁾</i>	°C	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
strona prawa	°C	161,5	168,9	167,0	154,4	165,6	157,9
<i>niepewność str. P¹⁾</i>	°C	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Temperatura spalin za kotłem – aparatura ruchowa							
strona lewa	°C	166,6	174,6	162,9	159,4	172,0	155,1
<i>R-EP str. L²⁾</i>	°C	1,7	0,8	-0,6	1,4	1,5	0,8
strona prawa	°C	165,3	172,0	163,9	158,4	169,6	155,9
<i>R-EP str. P²⁾</i>	°C	3,8	3,1	-3,1	4,0	4,0	-2,0

¹⁾ wyliczone wg zaleceń normy PN-EN [1]

²⁾ różnica pomiędzy wskazaniem z aparatury ruchowej a „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.

Niebieskim kolorem oznaczono różnice, które mieszczą się w zakresie niepewności pomiaru temperatury

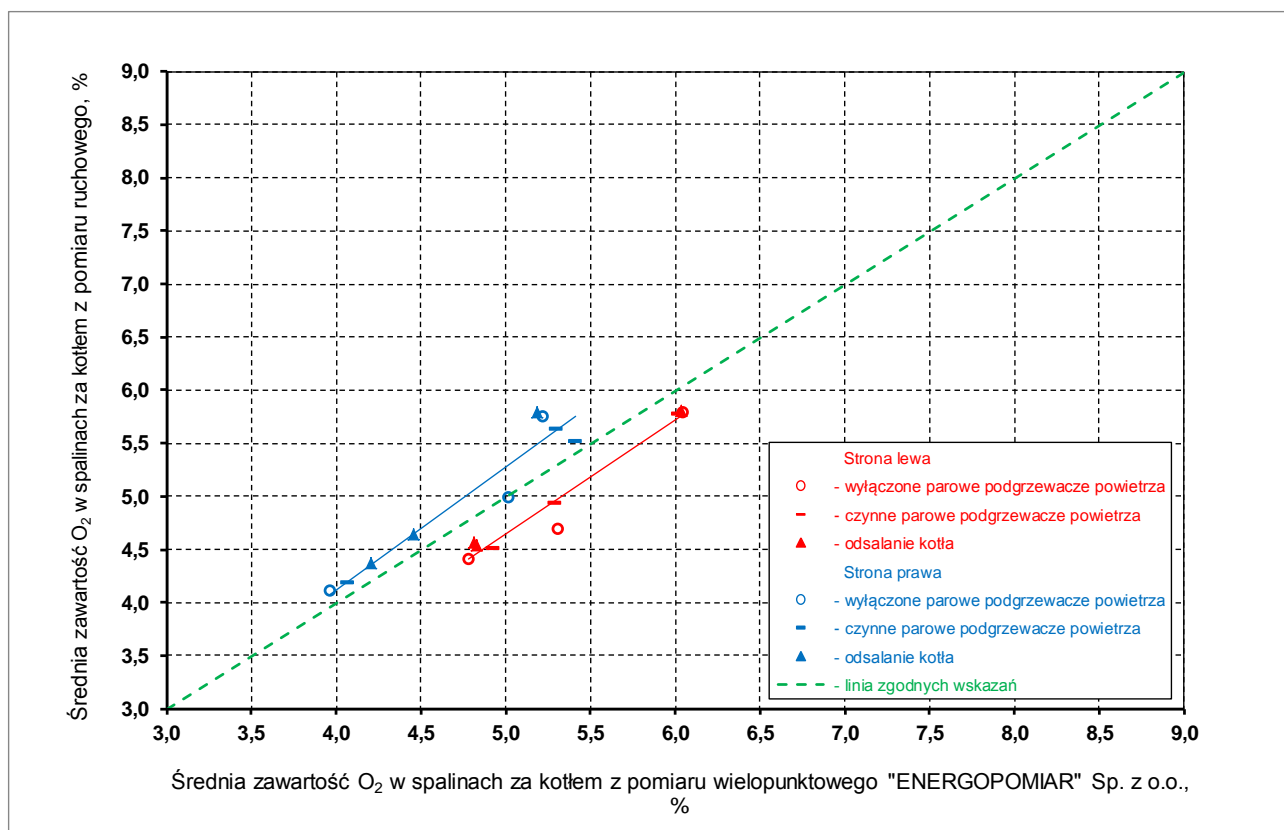
Jak widać z powyższych informacji, zdecydowanie lepszą zgodność wskazań uzyskano na lewym kanale.

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 77 / 81

Uzyskane różnice wynikają z faktu, że pomiar zrealizowany przez „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. był pomiarem wielopunktowym (5 punktów pomiarowych na stronie lewej oraz 5 punktów pomiarowych na stronie prawej).


Na Rysunku 12. zestawiono wskazania wartości ruchowych ze wskazaniami aparatury „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. zawartości O₂ w spalinach za kotłem dla pomiarów przy czynnych i wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza. Ponadto na wykresie naniesiono także wartości wskazań podczas testów przeprowadzonych podczas uruchomionego odsalania kotła.

Rysunek 12. Zestawienie wyników pomiarów „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. ze wskazaniami ruchowymi – zawartość O₂ w spalinach za kotłem



Na podstawie przedstawionych wyników pomiarów zawartości O₂ w spalinach za kotłem można stwierdzić, że:

- wartość z pomiarów ruchowych w stosunku do uzyskanej z pomiarów „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. jest, średnio dla dwóch kanałów i całego zakresu obciążenia, niższa o około 0,1 p.% zarówno w pomiarach z czynnymi jak i wyłączonymi parowymi podgrzewaczami powietrza;
- dla lewego kanału wskazania aparatury ruchowej były niższe od wskazań aparatury „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. o 0,3 p.% w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 78 / 81

powietrza oraz o 0,4 p.% w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza, natomiast w przypadku kanału prawego wskazania aparatury ruchowej były wyższe od wskazań aparatury „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. o 0,2 p.% zarówno w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza jak i z wyłączonymi parowymi podgrzewaczami powietrza;

- średnia zawartość O₂ w całym zakresie obciążenia ze wskazań ruchowych była równa po stronie lewej jak i prawej, natomiast w przypadku pomiaru „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. zawartość O₂ była niższa po stronie prawej w porównaniu do strony lewej o 0,5 p.% w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza oraz o 0,6 p.% w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza.

Poniżej zestawiono wartości zawartości O₂ w spalinach z aparatury „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. oraz z aparatury ruchowej:


Parametr	Jedn.	Numer pomiaru kotła:					
		1a	2a	3a	1b	2b	3b
Moc elektryczna bloku	MW _{el}	205,6	165,2	123,8	208,7	165,4	123,8
Zawartość O ₂ w spalinach za kotłem – aparatura „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.							
strona lewa	%	4,93	5,29	6,02	4,78	5,31	6,05
<i>niepewność str. L¹⁾</i>	%	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
strona prawa	%	4,07	5,41	5,30	3,96	5,01	5,22
<i>niepewność str. P¹⁾</i>	%	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Zawartość O ₂ w spalinach za kotłem – aparatura ruchowa							
strona lewa	%	4,51	4,94	5,78	4,41	4,69	5,80
<i>R-EP str. L²⁾</i>	p. %	-0,42	-0,35	-0,24	-0,37	-0,62	-0,25
strona prawa	%	4,19	5,53	5,64	4,11	4,99	5,75
<i>R-EP str. P²⁾</i>	p. %	0,12	0,12	0,34	0,15	-0,02	0,53

¹⁾ wyliczone wg zaleceń normy PN-EN [1]

²⁾ różnica pomiędzy wskazaniem z aparatury ruchowej a „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.

Niebieskim kolorem oznaczono różnice, które mieszczą się w zakresie niepewności pomiaru temperatury

Jak widać z powyższych informacji, lepszą zgodność wskazań uzyskano na prawym kanale.

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 79 / 81

13. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W niniejszym sprawozdaniu zaprezentowano wyniki pomiarów kotła bloku nr 5.


Poniżej przedstawiono najważniejsze wnioski wynikające z pomiarów.

- Kocioł jest w stanie w sposób stabilny pracować z obciążeniem znamionowym. Podczas pomiarów przy najwyższym obciążeniu wentylatory spalin posiadały jeszcze pewną rezerwę i nie pracowały w stanie przeciążenia. Wentylatory powietrza posiadały bardzo dużą rezerwę wydajności (wysterowanie aparatu kierowniczego do około 40%).
- Praca kotła z minimalnym obciążeniem, pozwoliła na uzyskanie wydajności kotła na poziomie średnio 59% WMT. Obserwacja kotła oraz jego urządzeń pomocniczych przy tym obciążeniu nie wykazała żadnych nieprawidłowości w ich pracy. Kocioł w trakcie trwania tych pomiarów pracował stabilnie bez włączania palników rozpałkowych.
- Temperatura pary świeżej za kotłem w całym zakresie wydajności kotła była obniżona w stosunku do znamionowej i wynosiła średnio 509,5...521,7°C przy przepływie wody wtryskowej 0 t/h (praca z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza) oraz 508,4...521,7°C przy przepływie wody wtryskowej 0 t/h (praca z wyłączonymi parowymi podgrzewaczami powietrza).

Temperatura pary wtórnej za kotłem w całym zakresie wydajności kotła była bardzo niska i wynosiła średnio 462,4...494,7°C przy przepływie wody wtryskowej od 0 t/h do 2,1 t/h (praca z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza) oraz 461,0...497,7°C przy przepływie wody wtryskowej od 0 t/h do 1,8 t/h (praca z wyłączonymi parowymi podgrzewaczami powietrza).

Niedotrzymanie temperatur pary pierwotnej i wtórnej generuje dla warunków pomiarowych straty w produkcji energii cieplnej wynoszące 1,3 - 2,7 % dla przedziału obciążeń 218...135 MW.

- W zależności od obciążenia kotła sprawność kotła mieściła się w granicach 89,9 ÷ 91,6% (średnio 90,6%) dla pomiarów z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza (przy podgrzaniu powietrza średnio o około 17 K) oraz 90,1 ÷ 92,0% (średnio 90,9%) dla pomiarów z wyłączonymi parowymi podgrzewaczami powietrza. Przy wydajności znamionowej sprawność wynosiła odpowiednio: 91,6% oraz 92,0% (sprawność projektowa – 92%) dla temperatury spalin za kotłem odpowiednio 163,6°C oraz 156,6°C (temperatura spalin projektowa – 150°C) i wartości opałowej paliwa 19,51 MJ/kg (wartość średnia wartości opałowej dla paliwa podstawowego – 20,86 MJ/kg). Wartość sprawności była na średnim poziomie.
- Zawartości części palnych w popiele lotnym oraz w żużlu były na przeciętnym poziomie – wyznaczona strata niecałkowitego spalania w żużlu i w popiele lotnym wynosiła 1,3...2,3%


	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów ciepłych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 80 / 81

i w porównaniu do wartości gwarantowanej wg [3], równej 1,5%, była niższa w pomiarze przy obciążeniu znamionowym oraz wyższa w pozostałych pomiarach.

- Temperatura spalin wylotowych wahała się średnio od 163,6°C do 172,0°C przy pracy kotła z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza oraz od 155,6°C do 168,6°C przy pracy kotła z wyłączonymi parowymi podgrzewaczami powietrza i była wyższa od projektowej (150°C).
- Wyznaczone w trakcie przeprowadzonych pomiarów średnie stężenia NO_x były niższe od wartości dopuszczalnej wg [3] (tj. 500 mg/m_n³ dla węgla oraz 400 mg/m_n³ dla biomasy) i wynosiły od 302 do 355 mg/m_n³ w pomiarach z czynnymi parowymi podgrzewaczami powietrza oraz od 313 do 359 mg/m_n³ w pomiarach przy wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza.
- Nieszczelność obrotowych podgrzewaczy powietrza we wszystkich pomiarach (zarówno przy czynnych jak i wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza) wynosiła średnio dla obu podgrzewaczy 6,0% i była na dobrym poziomie, przy czym wyższą nieszczelność, średnio o około 1,5%, zanotowano na lewym LUVO.
- Zużycia mocy przez wybrane urządzenia potrzeb własnych kotłowych w zależności od obciążenia kotła wyniosły dla pomiarów przy czynnych i wyłączonych parowych podgrzewaczach powietrza, odpowiednio:

– dla wentylatorów powietrza	od 202 do 290 kW	oraz	od 205 do 286 kW;
– dla wentylatorów spalin	od 356 do 652 kW	oraz	od 357 do 644 kW;
– dla wentylatorów młynowych	od 398 do 526 kW	oraz	od 408 do 535 kW;
– dla młynów węglowych	od 121 do 186 kW	oraz	od 120 do 190 kW

 i były niższe od wartości znamionowych wymienionych w [3].
- Z zestawienia wskazań z aparatury ruchowej i z aparatury „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. wynika, że temperatury pary za kotłem, temperatury spalin za kotłem oraz zawartość tlenu w spalinach za kotłem niewiele różniły się między sobą wg obu wskazań. Pomiary wykazały, że wskazanie ruchowe temperatury pary świeżej i wtórnej za kotłem było wyższe od zarejestrowanego aparaturą „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. odpowiednio o 0,8°C i 1,6°C. W przypadku temperatury spalin za kotłem zanotowano różnicę pomiędzy wskazaniem ruchowym, a wskazaniem aparatury „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. średnio dla obu kanałów na poziomie 1,1°C. Natomiast wskazanie ruchowe zawartości O₂ za kotłem było niższe od zarejestrowanego aparaturą „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. średnio dla obu kanałów o 0,1 p. %.

	ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna	Nr ewid.: 68/ZC/2017
	Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 2. Pomiary kotła	Strona /stron: 81 / 81

14. LITERATURA

- [1] Norma PN-EN 12952-15 „Kotły wodnorurowe i urządzenia pomocnicze. Część 15: Badania odbiorcze”
- [2] Norma ASME PTC 4.3 – 1968 „Air Heaters Supplement to Performance Test Code for Steam Generating Units, PTC 4.1”
- [3] Instrukcja eksploatacji kotła EP-650-137 z dnia 26.11.2013 r. – numer I/PE/E/o/36/2013
- [4] Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 1. Pomiary turbozespołu i bloku, nr ewidencyjny sprawozdania: 79/ZC/2017
- [5] Sprawozdanie z kompleksowych pomiarów cieplnych bloku nr 5 w ENEA Elektrownia Połaniec Spółka Akcyjna Część 3. Zestaw charakterystyk (odchyień) dla bloków Połaniec po modernizacji Feniks, nr ewidencyjny sprawozdania: 80/ZC/2017



podoba 01.02.2017

DIREKTOR PRODUKCJI

Zawada 2017-01-30

PROGRAM
Władimir Rynski
pomiarów cieplnych bloku nr 5
w ENGIE Energia Polska Spółka Akcyjna

I. Harmonogram przebiegu mocy bloku nr 5 na czas pomiarów

L.p.	Data	Moc bloku MW
1	07.02.2017 godz. 7 ⁰⁰ - 07.02.2017 godz. 16 ⁰⁰	~215
2	08.02.2017 godz. 16 ⁰⁰ - 09.02.2017 godz. 1 ⁰⁰	~180
3	09.02.2017 godz. 21 ⁰⁰ - 10.02.2017 godz. 6 ⁰⁰	~140
4	13.02.2017 godz. 12 ⁰⁰ - 15 ⁰⁰	~215
5	14.02.2017 godz. 3 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰	~140
6	14.02.2017 godz. 6 ⁰⁰ - 9 ³⁰	~180
7	14.02.2017 godz. 21 ⁰⁰ - 15.02.2017 godz. 7 ⁰⁰	~140
8	16.02.2017 godz. 7 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	~215
9	17.02.2017 godz. 7 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	~180

Zozde 1 x 215
 1 x 180
 1 x 140
 1 x 215
 1 x 140
 1 x 180
 1 x 140
 1 x 215
 1 x 180
 Rynski

1. ZAKRES POMIARÓW

1.1. Pomiar cieplny bloku

Pomiary cieplne bloku nr 5 dla wyznaczenia krzywych sprawności brutto i netto bloku z uwzględnieniem pracy w warunkach rzeczywistych zostaną wykonane dla zużycia pary 650, 520, i 390 t/h (moc wynikowa w warunkach podstawowych około 215 MW, 180 MW i 140 MW).

Poprzez warunki rzeczywiste rozumie się uwzględnienie wpływu:

- pracy wymienników ciepłownictwa przyblokowego XA, XB,
- pracy ciepłownictwa pozablokowego (stacje RS3, R4 – zasilana z up. I lub up. II)
- pracy z odsalaniem na RO/RZ,
- pracy podgrzewaczy powietrza XL,
- pracy z uzupełnieniem obiegu para - woda

Zakres pomiarów obejmie:

- wyznaczenie zużycia pary całkowitego i jednostkowego przez turbozespół,
- wyznaczenie zużycia ciepła całkowitego i jednostkowego przez turbozespół,
- wyznaczenie przyrostu względnego zużycia ciepła przez turbozespół,
- wyznaczenie sprawności kotła i poszczególnych strat cieplnych w kotle,
- analizę chemiczną spalanej paliwa oraz odpadów paleniskowych,



- wyznaczenie zużycia całkowitego i jednostkowego energii chemicznej paliwa przez blok brutto i netto,
- wyznaczenie sprawności wytwarzania energii elektrycznej netto i brutto (charakterystyki netto zostaną opracowane z uwzględnieniem potrzeb TZ, TR1,2 i TZO),
- wyznaczenie poboru mocy na potrzeby własne,
- porównanie wybranych wyników pomiarów z wartościami rejestrowanymi przez system DSC Elektrowni.

1.2. Analiza wpływu odchyłek podstawowych parametrów na sprawność bloku

Analiza wpływu odchyłek podstawowych parametrów na sprawność bloku nr 5, tj.:

- ciśnienia pary świeżej,
- temperatury pary świeżej,
- temperatury pary wtórnej,
- ilości wtrysków wody do przegrzewacza międzystopniowego,
- ilości O₂ w splinach przed LUVVO,
- temperatury spalin za LUVVO,
- temperatury wody zasilającej,
- ciśnienia pary wylotowej.

Analiza wpływu odchyłek podstawowych parametrów zostanie wykonana obliczeniowo poprzez zmianę kolejno każdego parametru, przy pozostawieniu pozostałych parametrów bez zmian lub wg udostępnionych przez Zamawiającego krzywych (zależności) bez wykonywania dodatkowych pomiarów.

2. WYKONAWCA POMIARÓW

Pomiary wykona grupa pomiarowa Zakładu Techniki Ciepłej „ENERGOPOMIAR” - Spółka z o.o., którą będzie kierować w zakresie turbozespołu i bloku Tomasz Radzik (tel. 693 112 584), a w zakresie kotła Sławomir Karski (tel. 609 200 519). Nadzór nad pomiarami będą sprawować przedstawiciele ENGIE Energia Polska S.A.

Podstawę wykonania niżej podanego zakresu pracy stanowi umowa nr DZ/O/096/2016/4700002976 zawarta w dniu 11.03.2016 r. pomiędzy ENGIE Energia Polska S.A., a Zakładami Pomiarowo-Badawczymi Energetyki „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.

Usługa będzie wykonywana zgodnie z procedurami zintegrowanego systemu zarządzania certyfikowanego przez Polskie Centrum Badań i Certyfikacji SA (certyfikaty Nr JS - 257/1/2016 na zgodność z wymaganiami systemu zarządzania jakością wg PN-EN ISO 9001:2009 i systemu zarządzania środowiskowego wg PN-EN ISO 14001:2005 oraz Nr B/43/1/2016 na zgodność z wymaganiami systemu zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy wg PN-N-18001:2004), potwierdzonego certyfikatem The International Certification Network (certyfikat Nr PL-JS - 257/1/2016).

3. WARUNKI PRACY BLOKU W CZASIE POMIARÓW

Poniżej podano warunki pracy bloku dla pomiaru podstawowego (bazowego) w czystej kondensacji z wydzieleniem układu nie uwzględniającego warunków rzeczywistych opisanych



w pkt. 1.1. Pomiary w warunkach rzeczywistych uwzględniono w harmonogramie pomiarów (pkt. 4).

- Parametry nominalne pary przed turbiną i częścią SP: 12,75 MPa/535°C i 535°C.
- Blok wydzielony z ARCM (wyłączone sterowanie BPP z systemu RC LFC, a także regulacja pierwotna i wtórna).
- Para świeża z kotła dopływa przez zawory odcinające i regulacyjne do części WP turbiny.
- Zawory regulacyjne WP – zawory w pracy automatycznej.
- Zawory regulacyjne SP – otwarte całkowicie.
- Odcięte odprowadzenia pary do stacji redukcyjnych i stacji zrzutowej.
- Odcięte wszystkie dopływy i odpływy czynnika z obiegu bloku.
- Utrzymywanie w ruchu pełnej regeneracji ze 100 % otwarciem zaworów.
- Z upustu 1 zasilany tylko podgrzewacz XW3.
- Para z wylotu części WP turbiny do międzystopniowego przegrzewacza pary oraz poprzez upust 2 do podgrzewacza XW2 i dławnic oraz do odgazowywacza przy mocy poniżej 180 MW.
- Z przegrzewacza międzystopniowego para przez zawory odcinające i regulacyjne do części SP turbiny.
- Wtrysk wody do regulacji temperatury pary z przegrzewacza międzystopniowego tylko w razie konieczności.
- Para z upustu 3 do podgrzewacza XW1 i przy mocy powyżej 180 MW do odgazowywacza.
- Zamknięte zasilanie odgazowywacza oraz smoczków parą z kolektora 1,7 MPa.
- Para z upustu 4 do podgrzewacza XN5, a z upustu 5 do podgrzewacza XN4.
- Para z części SP turbiny do części NP i przez upust 6 do podgrzewacza XN3.
- Smoczki parowe zasilane z odgazowywacza (nie używać pary z kolektora 1,7 MPa).
- Para do zasilania wymienników ciepłowniczych i potrzeb bloku odcięta.
- Kondensat ze skraplacza przez chłodnice smoczków parowych i pary dławnicowej przez podgrzewacze XN1,2, XN3, XN4 i XN5 do odgazowywacza. Obejście regeneracji niskoprężnej XN3-5 zamknięte.
- Obejścia chłodnic CT1, SM1,2, i podgrzewaczy XN1,2 zamknięte.
- Skropliny z innych urządzeń bloku odcięte.
- Recyrkulacja kondensatu głównego do skraplacza zamknięta.
- Woda zasilająca ze zbiornika przez pompy i podgrzewacze XW1, XW2 i XW3 do kotła.
- Zamknięte obejścia podgrzewaczy regeneracji wysokoprężnej.
- Wtrysk wody do przegrzewacza pary pierwotnej z za regeneracji (wtrysk „gorący”) a do przegrzewacza międzystopniowego z upustu pomp zasilających.
- Skropliny z XW3 przez XW2 do odgazowywacza.
- Skropliny z podgrzewacza XW1 do XN5 i dalej kaskadowo do XN4 i XN3.
- Skropliny z podgrzewacza XN3 tłoczone przez pompę skroplin do kondensatu głównego przed podgrzewacz XN4.
- Do skraplacza doprowadzone tylko skropliny z podgrzewaczy XN1,2 oraz chłodnic smoczków parowych i pary dławnicowej.
- Zamknąć recyrkulację kondensatu, zamknąć sploty skroplin z wymienników XA, XB oraz z wymienników szczytowych w linię kondensatu. Do linii kondensatu nieodprowadzać ani nie doprowadzać czynników zbędnych (np. grzanie kondensatem pomp skroplin urządzeń ciepłowniczych, tid.).
- Odstawić chłodnicę destylatu CD2 (destylat chłodzony kondensatem), a uruchomić chłodnicę destylatu CD1 (destylat chłodzony wodą ruchową).
- Odsalanie kotła w czasie pomiarów zamknięte.
- Wszystkie odwodnienia, odpowietrzenia i spusty zamknięte.
- Sprawdzić szczelność zaworów na instalacjach do wygrzewania kadłubów WP oraz SP.
- Wydzielić pompę wody chłodzącej nr 5 do pracy tylko z blokiem nr 5.

W odniesieniu do kotła należy dodatkowo zapewnić następujące warunki:

- gorący wtrysk do pary pierwotnej,
- nadmiar powietrza w kotle utrzymywać na poziomie zgodnym z Instrukcją Eksploatacji,
- zasilić kocioł węglem i biomasą o mało zróżnicowanych parametrach (regulator ilości paliwa ustawić na „rękę”)
- utrzymywać możliwie stałe warunki pracy kotła (O₂, układ pracy młynów),



Doregulowanie strumienia pary do wymaganych wartości (650, 520 i 390 t/h) podczas realizacji pomiarów ma następować poprzez korektę – zmianę - wartości zadanej mocy elektrycznej bloku.

Uwaga:

W czasie pomiarów nie mogą być wykonywane żadne prace w obrębie bloku, które mogłyby wpłynąć na wynik pomiarów lub zakłócić jego przebieg.

Wszelkie konieczne zmiany regulacyjne podczas trwania poszczególnych pomiarów uzgadniać z prowadzącym pomiary.

4. HARMONOGRAM POMIARÓW

01.02.2017 r. (środa) – demontaż aparatury pomiarowej na bloku 2

01.02+03.02.2017 r. (środa, czwartek, piątek) – montaż aparatury pomiarowej na bloku 5

06.02.2017 r. (poniedziałek) – przyjazd grupy pomiarowej i sprawdzenie poprawności wskazań aparatury pomiarowej

07.02.2017r. (wtorek)

7 ⁰⁰ – 16 ⁰⁰	Pomiary cieplne bloku nr 5: zużycie pary 650 t/h - moc bloku wynikowa dla podstawowych warunków pracy podanych w pkt.3 z czynnym uzupełnianiem obiegu para-woda oraz pomiary rozpliwów powietrza do kotła
7 ⁰⁰ – 8 ⁰⁰	uruchomienie parowych podgrzewaczy powietrza zasilanych parą z upustu V turbiny (skropliny odprowadzać do podgrzewacza regeneracyjnego XN3, a odprowadzanie do zbiornika ZF zamknąć – ręcznie), podgrzew powietrza powyżej 10°C
8 ⁰⁰ – 9 ⁰⁰	wydzielenie obiegu cieplnego i stabilizacja parametrów
9 ⁰⁰ – 13 ³⁰	pomiar cieplno-sprawnościowy bloku dla warunków pracy podanych w pkt. 3 za wyjątkiem: czynne uzupełnianie obiegu wodą zdemineralizowaną do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu) oraz przy czynnych / nieczynnych parowych podgrzewaczach powietrza
9 ⁰⁰ – 11 ⁰⁰	rejestracja parametrów pracy bloku przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza
11 ⁰⁰	odstawienie parowych podgrzewaczy powietrza
11 ⁰⁰ – 13 ³⁰	rejestracja parametrów pracy bloku przy nieczynnych parowych podgrzewaczach powietrza
13 ³⁰ – 16 ⁰⁰	pomiary cieplne turbozespołu, kotła i bloku przy utrzymaniu zużycia pary 650 t/h z poprzedniego pomiaru oraz podstawowych warunków pracy bloku podanych w pkt. 3 z czynnym uzupełnieniem obiegu para – woda
13 ³⁰ – 14 ⁰⁰	uruchomienie układu odsalania kotła do rozprężacza RO (odsoliny odprowadzać do rozprężacza odsolin RO, nadmiar pary z rozprężacza kierować do odgazowywacza, a skropliny magazynować w rozprężaczu RO. Nie używać rozprężacza zrzutowego – awaryjnego - RZ). Zwiększyć ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)
14 ⁰⁰ – 15 ⁰⁰	rejestracja parametrów pracy bloku, w razie konieczności otworzyć odprowadzanie skroplin przez chłodnicę SS1 do kolektora odsolin, a o tym fakcie poinformować kierującego pomiarami



- 15⁰⁰ – 15³⁰ przełączenie układu odsalania kotła do rozprężacza RZ. Odstawić całkowicie rozprężacz RO Doregulować ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)
- 15³⁰ – odstawienie całkowite odsalania kotła. Doregulować ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)

08/09.02.2017 r. (środa/czwartek)

- 16⁰⁰ – 1⁰⁰ **Pomiary cieplne bloku nr 5: zużycie pary 520 t/h - moc bloku wynikowa dla podstawowych warunków pracy bloku podanych w pkt. 3 z czynnym uzupełnieniem obiegu para – woda oraz pomiary rozplywów powietrza do kotła**
- 16⁰⁰ – 17⁰⁰ uruchomienie parowych podgrzewaczy powietrza zasilanych parą z upustu V turbiny (skropliny odprowadzać do podgrzewacza regeneracyjnego XN3, a odprowadzanie do zbiornika ZF zamknąć – ręcznie), podgrzew powietrza powyżej 10°C
- 17⁰⁰ – 18⁰⁰ wydzielenie obiegu cieplnego i stabilizacja parametrów
- 18⁰⁰ – 22³⁰ **pomiar cieplno-sprawnościowy bloku dla warunków pracy podanych w pkt. 3 za wyjątkiem: czynne uzupełnianie obiegu wodą zdemineralizowaną do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu) oraz przy czynnych / nieczynnych parowych podgrzewaczach powietrza**
- 18⁰⁰ – 20⁰⁰ rejestracja parametrów pracy bloku przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza
- 20⁰⁰ odstawienie parowych podgrzewaczy powietrza
- 20⁰⁰ – 22³⁰ rejestracja parametrów pracy bloku przy nieczynnych parowych podgrzewaczach powietrza
- 22³⁰ – 1⁰⁰ **pomiary cieplne turbozespołu, kotła i bloku przy utrzymaniu zużycia pary 520 t/h z poprzedniego pomiaru oraz podstawowych warunków pracy bloku podanych w pkt. 3 z czynnym uzupełnieniem obiegu para – woda**
- 22³⁰ – 23⁰⁰ uruchomienie układu odsalania kotła do rozprężacza RO (odsolinę odprowadzać do rozprężacza odsolin RO, nadmiar pary z rozprężacza kierować do odgazowywacza, a skropliny magazynować w rozprężaczu RO. Nie używać rozprężacza zrzutowego – awaryjnego - RZ). Zwiększyć ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)
- 23⁰⁰ – 24⁰⁰ rejestracja parametrów pracy bloku, w razie konieczności otworzyć odprowadzanie skroplin przez chłodnicę SS1 do kolektora odsolin, a o tym fakcie poinformować kierującego pomiarami
- 24⁰⁰ – 0³⁰ przełączenie układu odsalania kotła do rozprężacza RZ. Odstawić całkowicie rozprężacz RO Doregulować ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)
- 0³⁰ – odstawienie całkowite odsalania kotła.. Doregulować ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)

09/10.02.2017 r. (czwartek/piątek)

- 21⁰⁰ – 6⁰⁰ **Pomiary cieplne bloku nr 5: zużycie pary 390 t/h - moc bloku wynikowa dla podstawowych warunków pracy bloku podanych w pkt. 3 z czynnym uzupełnieniem obiegu para – woda oraz pomiary rozplywów powietrza do kotła**



- 21⁰⁰ – 22⁰⁰ uruchomienie parowych podgrzewaczy powietrza zasilanych parą z upustu V turbiny (skropliny odprowadzać do podgrzewacza regeneracyjnego XN3, a odprowadzanie do zbiornika ZF zamknąć – ręcznie), podgrzew powietrza powyżej 10°C
- 22⁰⁰ – 23⁰⁰ wydzielenie obiegu cieplnego i stabilizacja parametrów
- 23⁰⁰ – 3³⁰ **pomiar cieplno-sprawnościowy bloku dla warunków pracy podanych w pkt. 3 za wyjątkiem: czynne uzupełnianie obiegu wodą zdemineralizowaną do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu) oraz przy czynnych / nieczynnych parowych podgrzewaczach powietrza**
- 23⁰⁰ – 0³⁰ rejestracja parametrów pracy bloku przy czynnych parowych podgrzewaczach powietrza
- 0³⁰ odstawienie parowych podgrzewaczy powietrza
- 1⁰⁰ – 3³⁰ rejestracja parametrów pracy bloku przy nieczynnych parowych podgrzewaczach powietrza
- 3³⁰ – 5³⁰ **pomiary cieplne turbozespołu, kotła i bloku przy utrzymaniu zużycia pary 390 t/h z poprzedniego pomiaru oraz podstawowych warunków pracy bloku podanych w pkt. 3 z czynnym uzupełnieniem obiegu para – woda**
- 3³⁰ – 4⁰⁰ uruchomienie układu odsalania kotła do rozprężacza RO (odsolinę odprowadzać do rozprężacza odsolin RO, nadmiar pary z rozprężacza kierować do odgazowywacza, a skropliny magazynować w rozprężaczu RO. Nie używać rozprężacza zrzutowego – awaryjnego - RZ). Zwiększyć ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)
- 4⁰⁰ – 5⁰⁰ rejestracja parametrów pracy bloku, w razie konieczności otworzyć odprowadzanie skroplin przez chłodnicę SS1 do kolektora odsolin, a o tym fakcie poinformować kierującego pomiarami
- 5⁰⁰ – 5³⁰ przełączenie układu odsalania kotła do rozprężacza RZ. Odstawić całkowicie rozprężacz RO Doregulować ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)
- 5³⁰ – odstawienie całkowite odsalania kotła. Doregulować ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)

13.02.2017 r. (poniedziałek)

- 12⁰⁰ – 15⁰⁰ **Pomiary cieplne bloku nr 5: zużycie pary 650 t/h - moc bloku wynikowa dla podstawowych warunków pracy bloku podanych w pkt. 3 w czysto kondensacyjnym trybie pracy**
- 12⁰⁰ – 12³⁰ wydzielenie obiegu cieplnego i pompy wody chłodzącej PCH 5 oraz regulacja strumienia wody chłodzącej do wartości maksymalnej, która będzie możliwa do uzyskania w aktualnych warunkach pracy układu wody chłodzącej poprzez takie wysterowanie łopat wirnika pompy, przy którym osiągnięte zostanie dopuszczalne obciążenie prądowe silnika pompy
- 12³⁰ – 13⁰⁰ stabilizacja parametrów
- 13⁰⁰ – 13³⁰ **pomiar cieplno-sprawnościowy bloku dla warunków pracy podanych w pkt. 3**
- 13³⁰ – 14⁰⁰ zmniejszenie strumienia wody chłodzącej poprzez wysterowanie łopat wirnika pompy PCH 5 na około 5% a następnie poprzez dławienie przepustnicami na dolocie do 5KO1 i 5KO2 aż do osiągnięcia minimalnego strumienia wody chłodzącej możliwego do uzyskania w aktualnych warunkach pracy bloku, opcjonalnie docieplić ujęcie wody chłodzącej



- 14⁰⁰ – 14³⁰ stabilizacja parametrów
- 14³⁰ – 15⁰⁰ pomiar ciepłno-sprawnościowy bloku dla warunków pracy podanych w pkt. 3
- 14.02.2017 r. (wtorek)**
- 3⁰⁰ – 6⁰⁰ **Pomiary ciepłne bloku nr 3: zużycie pary 390 t/h - moc bloku wynikowa dla podstawowych warunków pracy bloku podanych w pkt. 3 w czysto kondensacyjnym trybie pracy**
- 3⁰⁰ – 3³⁰ wydzielenie obiegu ciepłnego i pompy wody chłodzącej PCH 5 oraz regulacja strumienia wody chłodzącej do wartości maksymalnej, która będzie możliwa do uzyskania w aktualnych warunkach pracy układu wody chłodzącej poprzez takie wysterowanie łopat wirnika pompy, przy którym osiągnięte zostanie dopuszczalne obciążenie prądowe silnika pompy
- 3³⁰ – 4⁰⁰ stabilizacja parametrów
- 4⁰⁰ – 4³⁰ **pomiar ciepłno-sprawnościowy bloku dla warunków pracy podanych w pkt. 3**
- 4³⁰ – 5⁰⁰ zmniejszenie strumienia wody chłodzącej poprzez wysterowanie łopat wirnika pompy PCH 5 na około 5% a następnie poprzez dławienie przepustnicami na dolocie do 5KO1 i 5KO2 aż do osiągnięcia minimalnego strumienia wody chłodzącej możliwego do uzyskania w aktualnych warunkach pracy bloku
- 5⁰⁰ – 5³⁰ stabilizacja parametrów
- 5³⁰ – 6⁰⁰ **pomiar ciepłno-sprawnościowy bloku dla warunków pracy podanych w pkt. 3**
- 6⁰⁰ – 9³⁰ **Pomiary ciepłne bloku nr 5: zużycie pary 520 t/h - moc bloku wynikowa dla podstawowych warunków pracy bloku podanych w pkt. 3 w czysto kondensacyjnym trybie pracy**
- 6⁰⁰ – 7⁰⁰ zmiana obciążenia z 390 t/h na 520 t/h oraz regulacja strumienia wody chłodzącej do wartości maksymalnej, która będzie możliwa do uzyskania w aktualnych warunkach pracy układu wody chłodzącej poprzez takie wysterowanie łopat wirnika pompy, przy którym osiągnięte zostanie dopuszczalne obciążenie prądowe silnika pompy
- 7⁰⁰ – 7³⁰ stabilizacja parametrów
- 7³⁰ – 8⁰⁰ **pomiar ciepłno-sprawnościowy bloku dla warunków pracy podanych w pkt. 3**
- 8⁰⁰ – 8³⁰ zmniejszenie strumienia wody chłodzącej poprzez wysterowanie łopat wirnika pompy PCH 5 do około 5% a następnie poprzez dławienie przepustnicami na dolocie do 5KO1 i 5KO2 aż do osiągnięcia minimalnego strumienia wody chłodzącej możliwego do uzyskania w aktualnych warunkach pracy bloku, opcjonalnie docieplić ujęcie wody chłodzącej
- 8³⁰ – 9⁰⁰ stabilizacja parametrów
- 9⁰⁰ – 9³⁰ **pomiar ciepłno-sprawnościowy bloku dla warunków pracy podanych w pkt. 3**
- 14/15.02.2017 r. (wtorek/środa)**
- 21⁰⁰ – 7⁰⁰ **Pomiary ciepłne bloku nr 5: zużycie pary 390 t/h - moc bloku wynikowa**
- 21⁰⁰ – 22⁰⁰ wydzielenie obiegu ciepłnego i stabilizacja parametrów
- 22⁰⁰ – 22³⁰ pomiary turboszespołu w czysto kondensacyjnym trybie pracy z czynnym uzupełnianiem obiegu wodą zdemineralizowaną do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)



22 ³⁰ – 7 ⁰⁰	<p>pomiary cieplne turbozespołu i bloku przy utrzymaniu zużycia pary 390 t/h oraz podstawowych warunków pracy bloku podanych w pkt 3 z czynnym uzupełnieniem obiegu para – woda przy:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ pracy z uruchomionymi wymiennikami ciepłownictwa przyblokowego XA, XB, ➤ pracy z ciepłownictwem pozablokowym (uruchomione stacje 5RS3, 5R4 – zasilane parą z up. I lub up. II),
22 ³⁰ – 0 ⁰⁰	<p>czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 60 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4, zamknięte odprowadzenie skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)</p> <p>Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA i XB</p>
0 ⁰⁰ – 1 ⁰⁰	<p>czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 100 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4, zamknięte odprowadzenie skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)</p> <p>Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA i XB</p>
1 ⁰⁰ – 2 ⁰⁰	<p>czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 150 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4, zamknięte odprowadzenie skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)</p> <p>Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA i XB</p>
2 ⁰⁰ – 3 ³⁰	<p>czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 150 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4. Uruchomiona stacja 5RS3 do ciepłownictwa pozablokowego, <u>doregulować ilość odprowadzanych skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB, tak aby były zbliżone do ilości pary zasilającej OXC i OXD.</u> Doregulować ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu).</p> <p>Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA, XB i ciepłownictwem pozablokowym zasilanym ze stacji 5RS3</p>
3 ³⁰ – 5 ⁰⁰	<p>czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 150 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4. Odstawiona stacja 5RS3 a uruchomiona stacja 5R4 zasilana z upustu II turbiny do ciepłownictwa pozablokowego, <u>doregulować ilość odprowadzanych skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB, tak aby były zbliżone do ilości pary zasilającej OXC i OXD.</u> Doregulować ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu).</p> <p>Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA, XB i ciepłownictwem pozablokowym zasilanym ze stacji 5R4</p>



5⁰⁰ – 7⁰⁰ czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 150 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4 Uruchomiona stacja 5R4 zasilana z upustu I turbiny do ciepłownictwa pozablokowego, doregulować ilość odprowadzanych skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB, tak aby były zbliżone do ilości pary zasilającej OXC i OXD. Doregulować ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu).
Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA, XB i ciepłownictwem pozablokowym zasilanym ze stacji 5R4

16.02.2017 r. (czwartek)

7⁰⁰ – 19⁰⁰ **Pomiary ciepne bloku nr 5: zużycie pary 650 t/h - moc bloku wynikowa**

8⁰⁰ – 9⁰⁰ wydzielenie obiegu ciepłego i stabilizacja parametrów

9⁰⁰ – 9³⁰ pomiary turbozespołu w czysto kondensacyjnym trybie pracy z czynnym uzupełnianiem obiegu wodą zdemineralizowaną do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)

9³⁰ – 18⁰⁰ **pomiary ciepne turbozespołu i bloku przy utrzymaniu zużycia pary 650 t/h oraz podstawowych warunków pracy bloku podanych w pkt 3 z czynnym uzupełnieniem obiegu para – woda przy:**

- pracy z uruchomionymi wymiennikami ciepłownictwa przyblokowego XA, XB,
- pracy z ciepłownictwem pozablokowym (uruchomione stacje 5RS3, 5R4 – zasilane parą z up. I lub up. II),

9³⁰ – 11⁰⁰ czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 60 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4, zamknięte odprowadzenie skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)
Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA i XB

11⁰⁰ – 12⁰⁰ czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 100 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4, zamknięte odprowadzenie skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)
Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA i XB

12⁰⁰ – 13⁰⁰ czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 150 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4, zamknięte odprowadzenie skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)
Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA i XB



13⁰⁰ – 14³⁰ czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 150 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4. Uruchomiona stacja **5RS3** do ciepłownictwa pozablokowego, doregulować ilość odprowadzanych skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB, tak aby były zbliżone do ilości pary zasilającej OXC i OXD. Doregulować ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu).

Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA, XB i ciepłownictwem pozablokowym zasilanym ze stacji 5RS3

14³⁰ – 16⁰⁰ czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 150 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4. Odstawiona stacja **5RS3** a uruchomiona stacja **5R4** zasilana z upustu II turbiny do ciepłownictwa pozablokowego, doregulować ilość odprowadzanych skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB, tak aby były zbliżone do ilości pary zasilającej OXC i OXD. Doregulować ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu).

Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA, XB i ciepłownictwem pozablokowym zasilanym ze stacji 5R4

16⁰⁰ – 19⁰⁰ czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 150 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4. Uruchomiona stacja **5R4** zasilana z upustu I turbiny do ciepłownictwa pozablokowego, doregulować ilość odprowadzanych skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB, tak aby były zbliżone do ilości pary zasilającej OXC i OXD. Doregulować ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu).

Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA, XB i ciepłownictwem pozablokowym zasilanym ze stacji 5R4

17.02.2017 r. (piątek)

7⁰⁰ – 19⁰⁰ **Pomiary cieplne bloku nr 5: zużycie pary 520 t/h - moc bloku wynikowa**

8⁰⁰ – 9⁰⁰ wydzielenie obiegu cieplnego i stabilizacja parametrów

9⁰⁰ – 9³⁰ pomiary turbozespołu w czysto kondensacyjnym trybie pracy z czynnym uzupełnianiem obiegu wodą zdemineralizowaną do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)

9³⁰ – 18⁰⁰ **pomiary cieplne turbozespołu i bloku przy utrzymaniu zużycia pary 520 t/h oraz podstawowych warunków pracy bloku podanych w pkt 3 z czynnym uzupełnieniem obiegu para – woda przy:**

- pracy z uruchomionymi wymiennikami ciepłownictwa przyblokowego XA, XB,
- pracy z ciepłownictwem pozablokowym (uruchomione stacje 5RS3, 5R4 – zasilane parą z up. I lub up. II),



- 9³⁰ – 11⁰⁰ czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 60 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4, zamknięte odprowadzenie skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)
- Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA i XB
- 11⁰⁰ – 12⁰⁰ czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 100 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4, zamknięte odprowadzenie skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)
- Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA i XB
- 12⁰⁰ – 13⁰⁰ czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 150 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4, zamknięte odprowadzenie skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu)
- Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA i XB
- 13⁰⁰ – 14³⁰ czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 150 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4. Uruchomiona stacja **5RS3** do ciepłownictwa pozablokowego, doregulować ilość odprowadzanych skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB, tak aby były zbliżone do ilości pary zasilającej OXC i OXD. Doregulować ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu).
- Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA, XB i ciepłownictwem pozablokowym zasilanym ze stacji 5RS3
- 14³⁰ – 16⁰⁰ czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 150 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4. Odstawiona stacja **5RS3** a uruchomiona stacja **5R4** zasilana z upustu II turbiny do ciepłownictwa pozablokowego, doregulować ilość odprowadzanych skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB, tak aby były zbliżone do ilości pary zasilającej OXC i OXD. Doregulować ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu).
- Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA, XB i ciepłownictwem pozablokowym zasilanym ze stacji 5R4
- 16⁰⁰ – 19⁰⁰ czynne wymienniki ciepłownicze XA i XB, strumień wody grzewczej przez wymienniki około 150 t/h, zawory parowe przed wymiennikami otwarte całkowicie, skropliny z wymienników odprowadzane kaskadowo w linię kondensatu przed podgrzewacz regeneracyjny XN4. Uruchomiona stacja **5R4** zasilana z upustu I turbiny do ciepłownictwa pozablokowego, doregulować ilość odprowadzanych skroplin z OXC i OXD do wymienników ciepłowniczych XA lub XB, tak aby były



zbliżone do ilości pary zasilającej OXC i OXD. Doregulować ilość wody uzupełniającej do skraplacza (utrzymywać stałe poziomy wody w ZWZ i skraplaczu).

Pomiar turbozespołu z czynnymi wymiennikami XA, XB i ciepłownictwem pozablokowym zasilanym ze stacji 5R4

20/21.02.2017 r. (poniedziałek, wtorek) - Demontaż aparatury pomiarowej na bloku 5

Uwagi:

Wydzielenie bloku i ustalenie pierwszego obciążenia należy wykonać jeszcze przed przybyciem grupy pomiarowej.

5.Odpowiedzialni

5.1. Odpowiedzialni za przygotowanie bloku i przeprowadzenie pomiarów ze strony Elektrowni:

- DIR
- Kierownik bloku na danej zmianie
- Operator bloku nr 5

5.2. Odpowiedzialni za przeprowadzenie testu ze strony Zakładu Techniki Ciepłej „Energopomiar” Sp. z o.o w zakresie:

- Turbozespołu i bloku – Tomasz Radzik (tel. 693 112 584)
- Kotła - Sławomir Karski (tel. 609 200 519)

5.3. Odpowiedzialni za przeprowadzenie testu ze strony Engie Energia Polska S.A.

- PE - Adam Kwiatkowski
- MP – Kazimierz Sumara
- MP – Sebastian Scislowski
- AMD – Franciszek Boczek

DYREKTOR PRODUKCJI

Zatwierdzam TP

2017.02.02 /rnski



Zakłady Pomiarowo-Badawcze Energetyki
„ENERGOPOMIAR” Spółka z o.o.
ZESPÓŁ LABORATORIÓW

CENTRALNE
LABORATORIUM



AB 550

RAPORT Z BADAŃ NR 581/2017

Zleceniodawca:	Enea Wytwarzanie sp. z o.o., Świerze Górne, 26 - 900 Kozienice Kocioł K5 w Elektrowni Połaniec		
Nr ewidencyjne:	581_1 - 581_3	Ilość próbek:	3
		Data dostarczenia:	13.02.2017
Nr zamówienia:	ZC/CK/3/2017	Nr zlecenia:	220.1.16.9098.2221.3
Rodzaj próbek:	węgiel		
Data pobrania:	07 - 10.02.2017	Strona:	1
		Ilość stron:	3

W Laboratorium wykonano analizy według niżej przedstawionych metod:

Badana cecha		Nr dokumentu/normy	Status*
Wilgoć przemijająca	W_{ex}	PN-G-04511:1980 p. 2.1 metoda wagowa	<input checked="" type="checkbox"/> A
Wilgoć w próbce analitycznej	W^a	PN-G-04560:1998 metoda termograwimetryczna	<input checked="" type="checkbox"/> A
Wilgoć całkowita	M_{ar}	IB_TL_41_03:2012 z dnia 21.05.2012 metoda wagowa	<input checked="" type="checkbox"/> A
Popiół	A	PN-ISO 1171:2002 metoda wagowa	<input checked="" type="checkbox"/> A
Części lotne	V	PN-G-04516:1998 metoda wagowa	<input checked="" type="checkbox"/> A
Ciepło spalania	$q_{v,gr}$	PN-ISO 1928:2002 metoda kalorymetryczna	<input checked="" type="checkbox"/> A
Wartość opałowa	$q_{v,net}$	PN-ISO 1928:2002 metoda obliczeniowa	<input checked="" type="checkbox"/> A
Węgiel	C	PN-G-04571:1998 pomiar autom. analizatorem IR	<input checked="" type="checkbox"/> A
Wodór	H	PN-G-04571:1998 pomiar autom. analizatorem IR	<input checked="" type="checkbox"/> A
Azot	N	PN-G-04571:1998 pomiar autom. analizatorem katarom.	<input checked="" type="checkbox"/> A
Siarka całkowita	S	PN-G-04584:2001 pomiar autom. analizatorem IR	<input checked="" type="checkbox"/> A
Chlor(ki)	Cl	DIN 51727:2011 metoda chromatografii jonowej (IC)	<input type="checkbox"/> -
Fluor(ki)	F	IB_TL_53_02 z dnia 27.05.2015 metoda IC	<input type="checkbox"/> -
Rtęć	Hg	EPA Method 7473:2007 metoda ASA techniką amalgamacji	<input type="checkbox"/> -
Wskaźnik spiekalności	G	PN-ISO 15585:2009 metoda Rogi (wagowa)	<input type="checkbox"/> -
Podatność przemiałowa	HGI	PN-ISO 5074:2002 urządzenie Hardgrove'a (metoda wagowa)	<input type="checkbox"/> -
Wskaźnik emisji CO ₂	W_c	I_TL_05_03 z dnia 23.09.2010 metoda obliczeniowa	<input type="checkbox"/> -
Przeliczenie na inne stany paliwa		PN-G-04510:1991 metoda obliczeniowa	-

Daty wykonania poszczególnych badań są identyfikowalne poprzez zapisy dostępne w laboratorium.

* A - oznaczenie objęte zakresem akredytacji, B - oznaczenie nie objęte zakresem akredytacji

Niepewność rozszerzoną dla współczynnika $k = 2$ i poziomu ufności 95% podajemy na życzenie

Certyfikat i aktualny zakres akredytacji dostępny pod adresem

http://www.energopomiar.com.pl/akredytacje/energopomiar_certyfikat_AB-550.pdf

Gliwice, 20.02.2017

Zakłady Pomiarowo - Badawcze Energetyki
„ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.
ul. gen. J. Sowińskiego 3, 44-100 Gliwice
www.energopomiar.com.pl

Sąd Rejonowy w Gliwicach, X Wydział
Gospodarczy Krajowego Rejestru Sądowego
KRS 0000032279, NIP 631-010-00-29
Kapitał zakładowy: 5.384.900 zł

Centralne Laboratorium
tel. +48 32 237 64 70
fax +48 32 237 64 72
laboratorium@energopomiar.com.pl

RAPORT Z BADAŃ NR 581/2017

Data wydania: 20 luty 2017		Stron: 2	Ilość stron: 3
Nr próbki	Data pobrania	Opis próbki przekazany przez Zamawiającego:	
581_1	07.02.2017	węgiel, pomiar 1	
581_2	08.02.2017	węgiel, pomiar 2	
581_3	9/10.02.2017	węgiel, pomiar 3	

Oznaczenie	Jednostka	Stan	Nr próbki:		
			581_1	581_2	581_3
Wilgoć przemijająca	%	r	6,2 ± 0,2	7,5 ± 0,2	9,8 ± 0,3
Wilgoć w próbce analitycznej	%	a	2,8 ± 0,1	2,9 ± 0,1	3,5 ± 0,1
Wilgoć całkowita	M _{ar} %	r	8,8 ± 0,3	10,2 ± 0,3	13,0 ± 0,4
Popiół	A _d %	d	25,5 ± 0,8	27,3 ± 0,9	25,9 ± 0,9
		r	23,3 ± 1,0	24,5 ± 1,0	22,6 ± 0,9
Części lotne	V _d %	d	36,14 ± 0,86	31,98 ± 0,76	35,68 ± 0,85
		r	32,95 ± 0,99	28,71 ± 0,86	31,05 ± 0,93
		daf	48,54 ± 0,98	43,97 ± 0,89	48,17 ± 0,97
Ciepło spalania	q _{v, gr} J/g	d	22 549 ± 534	22 838 ± 541	21 860 ± 518
		r	20 559 ± 549	20 502 ± 547	19 026 ± 508
Wartość opałowa	q _{v, net} J/g	d	21 618 ± 534	21 952 ± 542	20 961 ± 518
		r	19 506 ± 548	19 471 ± 547	17 943 ± 504
Węgiel	C %	d	53,70 ± 1,72	54,81 ± 1,76	52,95 ± 1,70
		r	48,96 ± 1,98	49,20 ± 1,99	46,08 ± 1,87
Wodór	H %	d	4,52 ± 0,29	4,30 ± 0,27	4,36 ± 0,28
		r	4,12 ± 0,33	3,86 ± 0,31	3,80 ± 0,30
Azot	N %	d	0,96 ± 0,06	0,93 ± 0,06	0,84 ± 0,05
		r	0,87 ± 0,09	0,83 ± 0,09	0,73 ± 0,08
Siarka całkowita	S %	d	1,30 ± 0,04	1,16 ± 0,04	0,96 ± 0,03
		r	1,18 ± 0,05	1,05 ± 0,05	0,84 ± 0,04
Chlor	Cl %	d			
		r			
Fluor	F %	d			
		r			
Rtęć	Hg mg/kg	d			
		r			
Wskaźnik spiekalności	G	-			
Podatność przemiałowa	HGI	-			
Wskaźnik emisji CO ₂	Mg CO ₂ /TJ	r			

Wyniki analiz odnoszą się wyłącznie do badanej próby
Bez pisemnej zgody Laboratorium, raport nie może być powielany inaczej, jak tylko w całości



r - roboczy (dostarczenia)
a - analityczny
d - suchy
daf - suchy i bezpopioły

Próbki pobrane przez Zleceniodawcę i dostarczone w workach z tw. sztucznego

ZASTĘPCA KIEROWNIKA
CENTRALNEGO LABORATORIUM


mgr inż. Damian Adrian

Autoryzował

Zakłady Pomiarowo - Badawcze Energetyki
„ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.
ul. gen. J. Sowińskiego 3, 44-100 Gliwice
www.energopomiar.com.pl

Sąd Rejonowy w Gliwicach, X Wydział
Gospodarczy Krajowego Rejestru Sądowego
KRS 0000032279, NIP 631-010-00-29
Kapitał zakładowy: 5.384.900 zł

Centralne Laboratorium
tel. +48 32 237 64 70
fax +48 32 237 64 72
laboratorium@energopomiar.com.pl



Zakłady Pomiarowo-Badawcze Energetyki
„ENERGOPOMIAR” Spółka z o.o.
ZESPÓŁ LABORATORIÓW

CENTRALNE
LABORATORIUM



AB 550

RAPORT Z BADAŃ NR 581/2017					
Zleceniodawca:	Enea Wytwarzanie sp. z o.o., Świerże Górne, 26 - 900 Kozienice Kocioł K5 w Elektrowni Połaniec				
Nr ewidencyjne:	581_4 - 581_9	Ilość próbek:	6	Data dostarczenia:	13.02.2017
Nr zamówienia:	ZC/CK/3/2017	Nr zlecenia:	220.1.16.9098.2221.3		
Rodzaj próbek:	UPS	Strona:	3	Ilość stron:	3

W Laboratorium wykonano analizy odpadów paleniskowych według niżej przedstawionych metod:

Badana cecha	Nr dokumentu/normy	Status*
Całkowity węgiel organiczny TOC	PN-EN 15936:2013-02 metoda spalania z detekcją IR	<input checked="" type="checkbox"/> A
Związki amonowe	VGB-B 401:1998 Blatt 4.4.2. PN-ISO 7150-1:2002 DIN 38406-5:1983	<input type="checkbox"/> A

Daty wykonania poszczególnych badań są identyfikowalne poprzez zapisy dostępne w laboratorium.

- * A - oznaczenie objęte zakresem akredytacji, B - oznaczenie nie objęte zakresem akredytacji
Niepewność rozszerzona dla współczynnika $k = 2$ i poziomu ufności 95% nie obejmuje poboru próbki
Certyfikat i aktualny zakres akredytacji dostępny pod adresem
http://www.energopomiar.com.pl/akredytacje/energopomiar_certyfikat_AB-550.pdf

Nr ewid	Data pobrania	Oznakowanie próbki	Związki amonowe jako NH_3^d mg/kg	Całkowity węgiel org. TOC^d [%]
581_4	07.02.2017	żużel, pomiar 1		$1,05 \pm 0,05$
5891_5	08.02.2017	żużel, pomiar 2		$2,07 \pm 0,09$
581_6	9/10.02.2017	żużel, pomiar 3		$1,23 \pm 0,05$
581_7	07.02.2017	popiół lotny, pomiar 1		$3,25 \pm 0,14$
581_8	08.02.2017	popiół lotny, pomiar 2		$5,45 \pm 0,24$
581_9	9/10.02.2017	popiół lotny, pomiar 3		$4,61 \pm 0,20$

Wyniki analiz odnoszą się wyłącznie do badanej próby
Bez pisemnej zgody Laboratorium, raport nie może być powielany inaczej, jak tylko w całości

Sprawdził

Gliwice, 20.02.2017

ZASTĘPCA KIEROWNIKA
CENTRALNEGO LABORATORIUM

Autoryzował

Zakłady Pomiarowo - Badawcze Energetyki
„ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.
ul. gen. J. Sowińskiego 3, 44-100 Gliwice
www.energopomiar.com.pl

Sąd Rejonowy w Gliwicach, X Wydział
Gospodarczy Krajowego Rejestru Sądowego
KRS 0000032279, NIP 631-010-00-29
Kapitał zakładowy: 5.384.900 zł

Centralne Laboratorium
tel. +48 32 237 64 70
fax +48 32 237 64 72
laboratorium@energopomiar.com.pl