



**INSTYTUT CHEMICZNEJ
PRZERÓBKI WĘGLA**



**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA
W KRAKOWIE**



1955-2017

**OPRACOWANIE
NARZĘDZI BADAWCZYCH
DLA POPRAWY
DYSPOZYCYJNOŚCI KOTŁA
BIOMASOWEGO TYPU BFB**

**Jarosław Zuwała, Krzysztof Głód (IChPW)
Wojciech Nowak (CE AGH), Wojciech Barut (TC ZW Tychy)**

Jakie problemy sprawia spalanie biomasy?

Szlakowanie/zanieczyszczanie powierzchni ogrzewalnych

- Niedotrzymanie temperatury pary
- Wzrost temperatury metali przegrzewaczy
- Wyższa temperatura spalin wylotowych
- Korozja wysokotemperaturowa



Aglomeracja złoża

- Konieczność odstawienia kotła –mniejsza dyspozycyjność

Model mechanizmu aglomeracji - film



Masa piasku 300g
Masa podanej wody 8g

Jakość biomasy

Parametr	Symbol	Zrębka drzewna	Łuska słonecznika	Wierzba energetyczna	Sieczka kukurydziana	
Zawartość ditlenku krzemu	SiO ₂	23,02	7,43	9,76	62,33	
Zawartość tritlenku diglinu	Al ₂ O ₃	4,25	0,71	2,51	4,08	
Zawartość tritlenku diżelaza	Fe ₂ O ₃	2,53	0,66	1,59	1,37	
Zawartość tlenku wapnia	CaO	>28,00	17,19	>28,00	6,28	
Zawartość tlenku magnezu	MgO	4,38	9,36	5,52	1,82	
Zawartość dekatlenku tetrafosforu	P ₄ O ₁₀ (P ₂ O ₅)	3,27	6,03	11,48	2,12	
Zawartość tritlenku siarki	SO ₃	2,83	>4,70	3,42	1,62	
Zawartość tetratlenku trimanganu	Mn ₃ O ₄	1,72	0,04	0,37	0,13	
Zawartość ditlenku tytanu	TiO ₂	0,23	0,04	0,27	0,27	
Zawartość tlenku baru	BaO	0,17	0,01	0,04	0,04	
Zawartość tlenku strontu	SrO	0,08	0,08	0,08	0,02	
Zawartość tlenku disodu	Na ₂ O	1,32	0,76	0,82	0,82	
Zawartość tlenku dipotasu	K ₂ O	8,89	29,49	14,97	10,58	
Atmosfera utleniająca	Temperatura spiekania	°C	1010	690	1000	
	Temperatura mięknięcia	°C	1270	1440	1410	
	Temperatura topnienia	°C	1320	1560	1570	
	Temperatura płynięcia	°C	1370	1620	1570	
Atmosfera półredukująca	Temperatura spiekania	°C	710	670	700	670
	Temperatura mięknięcia	°C	1260	880	870	880
	Temperatura topnienia	°C	1320	1560	1570	1250
	Temperatura płynięcia	°C	1350	1580	1570	1320

Cel pracy:

Diagnoza przyczyn aglomeracji złoża w kotle bloku BC-35

Ograniczenie temperatury wylotowej spalin

Wstępne tezy dotyczące przyczyn:

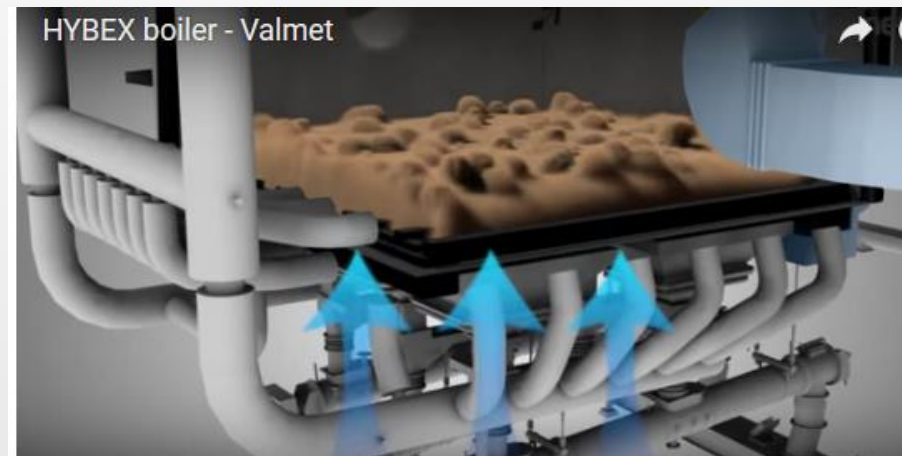
Właściwości biomasy – niższa temperatura spiekania,
w szczególności w atmosferze redukcyjnej

„Wynoszenie” ciepła z komory paleniskowej:
Spalanie/dopalenie w górnej strefie
Zbyt duża zastosowana recyrkulacja spalin

Obiekt badań

Blok ciepłowniczy BC35 z kotłem fluidalnym biomasowym BFB 105 MWt

Parametr	Jednostka	Wartość
Wydajność pary przy obciążeniu WMT	t/h	135
Wydajność minimalna	t/h	85
Sprawność cieplna kotła (dla 100% WMT)	%	> 89
Moc kotła (para) przy obciążeniu WMT	MW _{para}	105
Ciśnienie eksploatacyjne	bar (a)	100 +/-2
Ciśnienie obliczeniowe	bar (a)	123
Zużycie paliwa przy obciążeniu WMT	t/h	37
Udział biomasy „agro” (łuska słonecznika)	%	20



Źródło: <http://www.valmet.com>

Etapy realizacji

Etap I –wstępna diagnoza nieprawidłowości pracy kotła – wykonanie bazowej oceny pracy kotła przy dotychczasowej konfiguracji dla mieszanek biomasy spalanych w kotle przy trzech charakterystycznych obciążeniach.

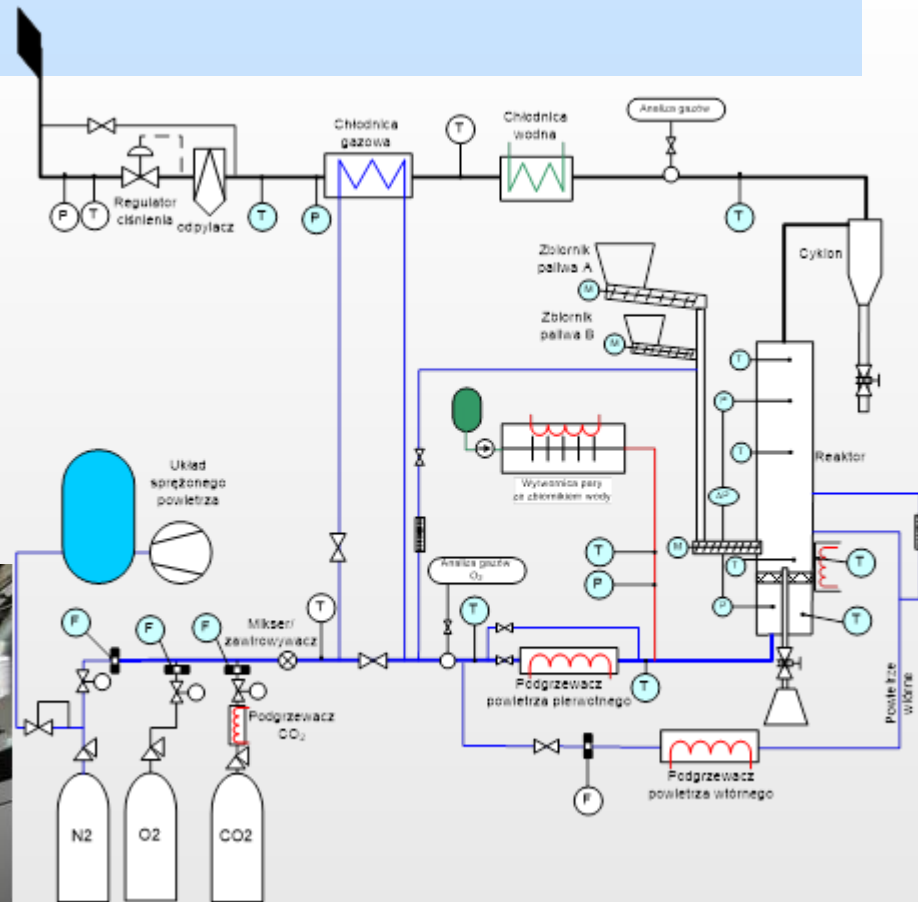
Etap II – przeprowadzenie testów badawczych na instalacji doświadczalnej odwzorowującej proces spalania paliwa w kotle ze złożem pęcherzykowym z uwagi na:

- rodzaj spalanej mieszanki biomasy,
- rozkład ziarnowy biomasy/złoża,
- prędkość gazów w komorze paleniskowej,
- rozkład temperatury w komorze paleniskowej.

Etap III – badania weryfikujące poprawność pracy kotła – przeprowadzenie ośmiu testów badawczych weryfikujących optymalną konfigurację pracy kotła opracowaną na podstawie wyników otrzymanych z przeprowadzonych badań z uwzględnieniem m.in.: rozdziału powietrza na poszczególne poziomy kotła.

Instalacja badawcza

Parametr	Jedn.	Wartość
Rodzaj paliwa	-	Węgiel/biomasa
Średnica reaktora	mm	90/105
Wysokość reaktora	mm	1500
Strumień paliwa	kg/h	0,5-3
Utleniacz (mieszanka)	-	O ₂ /CO ₂ /N ₂
Max. temperatura pracy	°C	1100
Max. Ciśnienie pracy	bar	15



Dlaczego realizacja testów na instalacjach badawczych

ZALETY

- Możliwość realizacji nowatorskich pomysłów bez konsekwencji technicznych i finansowych skutków nieudanego testu.
- Mniejszy nakład środków finansowych dla sprawdzenia oczekiwanych efektów (paliwo, wymuszenia pracy kotła, bloku).
- Rzeczywiste odzwierciedlenie procesów zachodzących w skali przemysłowej.
- Z uwagi na szybsze uzyskiwanie stabilnych warunków (wpływu zadanego parametru na proces) możliwość wykonania badań dla różnych ustawień w krótkim okresie.

WADY

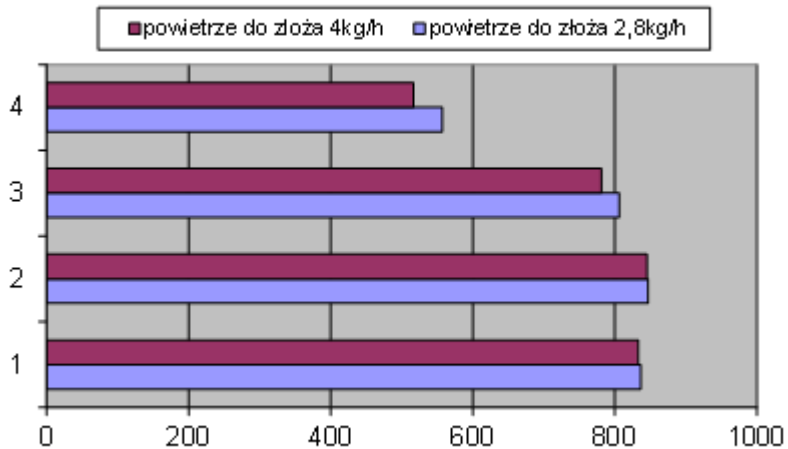
- Czasami teoria nie pokrywa się z praktyką ...

Zrealizowane testy

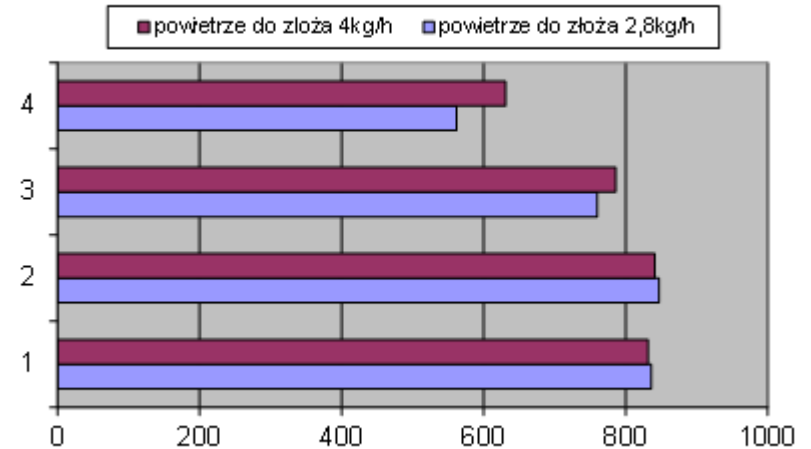
Rodzaj mieszanki	Rodzaj złoza	dodatek	Strumień powietrza do złoza	wynik
Zrębka drzewna/łuska słonecznika (50/50) granulacja 3,15-5	Piasek 0,2-0,315	brak	1,05	Po godzinie gwałtowny wzrost temperatury. Brak aglomeracji
Zrębka drzewna/łuska słonecznika (50/50) granulacja 3,15-5	Popiół 0,2-0,315	brak	1,07	Po 5h pracy brak spieków.
Zrębka drzewna/łuska słonecznika (50/50) granulacja 3,15-5	Piasek 0,2-0,315	2% Haloizytu 2-8mm	1,06	Po 4,5h brak oznak aglomeracji. W kolejnym dniu po 1,5h wystąpiła aglomeracja- rozsypujący się.
Zrębka drzewna/łuska słonecznika (50/50) granulacja 3,15-5	Piasek 0,2-0,315	2% Haloizytu 2-3mm	1,06	Po 4,5h pracy brak oznak aglomeracji.
Zrębka drzewna/łuska słonecznika (50/50) granulacja 3,15-5	Piasek 0,2-0,315	brak	1,06	Po dwóch dniach pracy po 4,5 h stabilna praca. Niewielkie nawisy na ściankach
Zrębka drzewna/łuska słonecznika (50/50) granulacja 2-3,15	Piasek 0,2-0,315	brak	1,05	Brak aglomeracji – w złożu niewielkie aglomeraty powstałe z oblepienia piasku popiołem.
Zrębka drzewna/łuska słonecznika (50/50) granulacja 2-3,15	Piasek 0,2-0,315	brak	1,05	Po 4,5h wspólnej pracy zauważono narosty na ściankach oraz termoparach w obszarze temperatur powyżej 850°
Zrębka drzewna/łuska słonecznika (50/50) granulacja 3,15-5	Piasek 0,2-0,315	brak	0,7	Po 5h pracy niewielki spieki oraz oblepione termopary.
Zrębka drzewna/łuska słonecznika (50/50) granulacja 3,15-5	Piasek niskokrzemowy 0,2-0,315	brak	0,7	Po kilkunastu minutach pracy, temperatury „rozjechały” się - aglomeracja
Zrębka/wierzba(50/50) granulacja 3,15-5	Piasek 0,2-0,315	brak	1,06	Po dwóch dniach pracy po 4,5 h stabilna praca. Brak spieków w złożu
Zrębka/wierzba(50/50) granulacja 3,15-5	Piasek 0,2-0,315	brak	0,7	Po 4,5 h stabilna praca. Aglomeracja nie wystąpiła

Rozkład temperatury w reaktorze

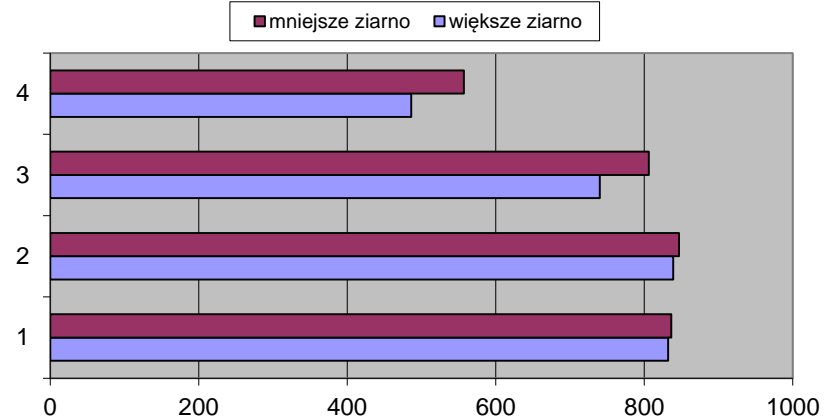
zrębka/luska słonecznika



zrębka/wierzba

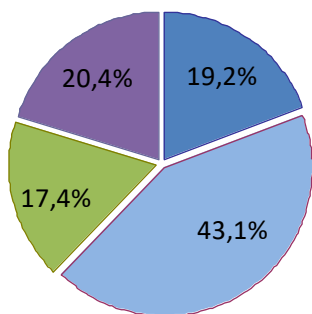


strumień powietrza 4,0kg/h



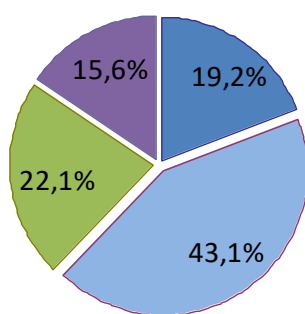
Testy weryfikujące (1)

Test bazowy



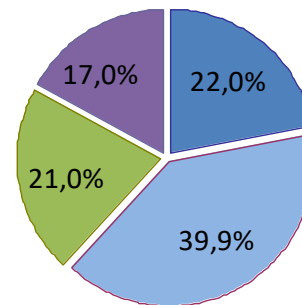
- Przepływ powietrza trzeciego
- Przepływ powietrza wtórnego
- Przepływ powietrza pierwotnego
- Przepływ recyrkulacji spalin

Test 1



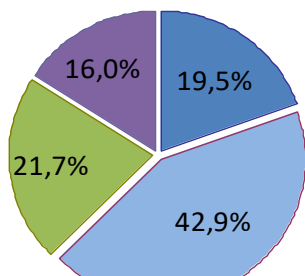
- Przepływ powietrza trzeciego
- Przepływ powietrza wtórnego
- Przepływ powietrza pierwotnego
- Przepływ recyrkulacji spalin

Test 2



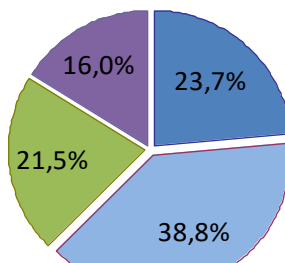
- Przepływ powietrza trzeciego
- Przepływ powietrza wtórnego
- Przepływ powietrza pierwotnego
- Przepływ recyrkulacji spalin

Test 3



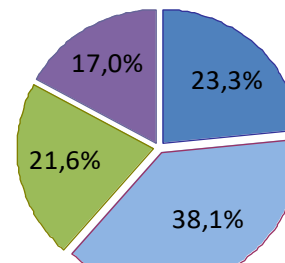
- Przepływ powietrza trzeciego
- Przepływ powietrza wtórnego
- Przepływ powietrza pierwotnego
- Przepływ recyrkulacji spalin

Test 4



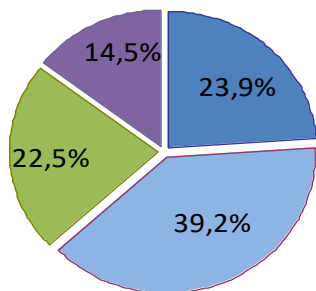
- Przepływ powietrza trzeciego
- Przepływ powietrza wtórnego
- Przepływ powietrza pierwotnego
- Przepływ recyrkulacji spalin

Test 5



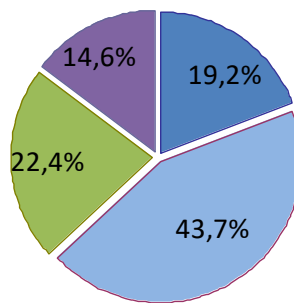
- Przepływ powietrza trzeciego
- Przepływ powietrza wtórnego
- Przepływ powietrza pierwotnego
- Przepływ recyrkulacji spalin

Test 6



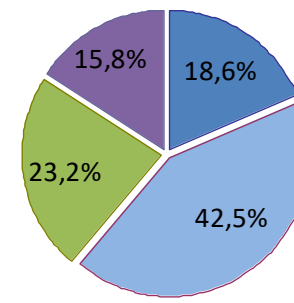
- Przepływ powietrza trzeciego
- Przepływ powietrza wtórnego
- Przepływ powietrza pierwotnego
- Przepływ recyrkulacji spalin

Test 7



- Przepływ powietrza trzeciego
- Przepływ powietrza wtórnego
- Przepływ powietrza pierwotnego
- Przepływ recyrkulacji spalin

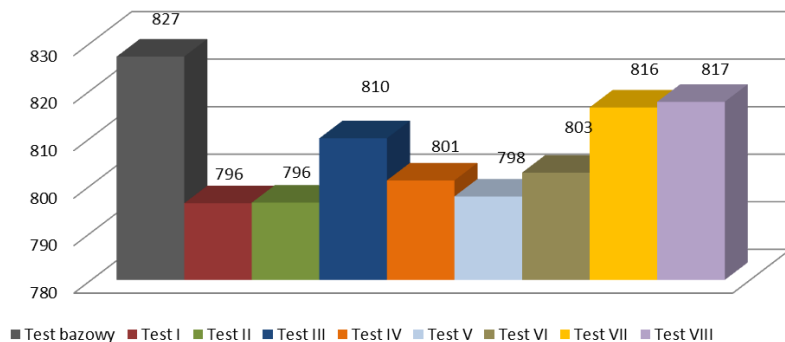
Test 8



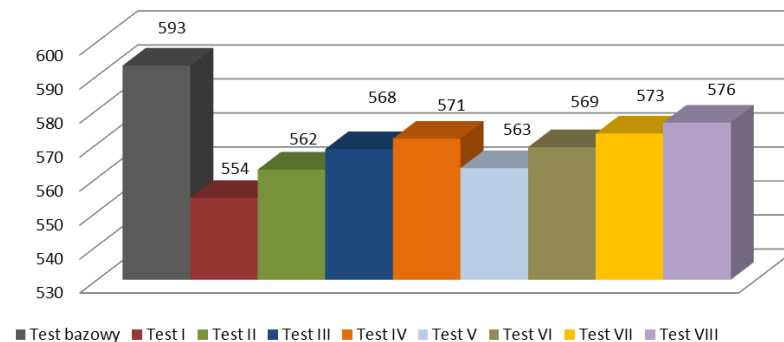
- Przepływ powietrza trzeciego
- Przepływ powietrza wtórnego
- Przepływ powietrza pierwotnego
- Przepływ recyrkulacji spalin

Testy weryfikujące (2)

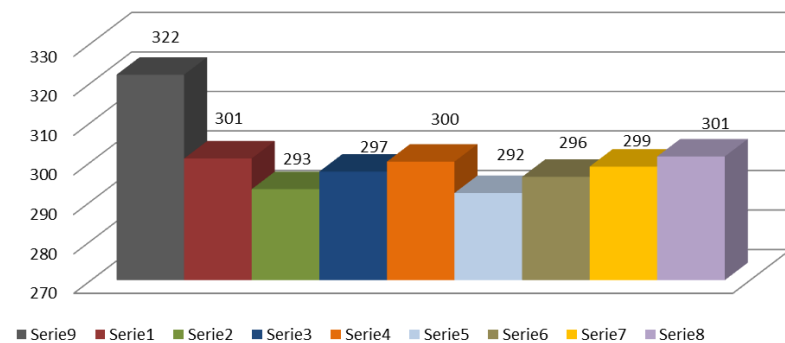
Temp. spalin przed III przegrzewaczem



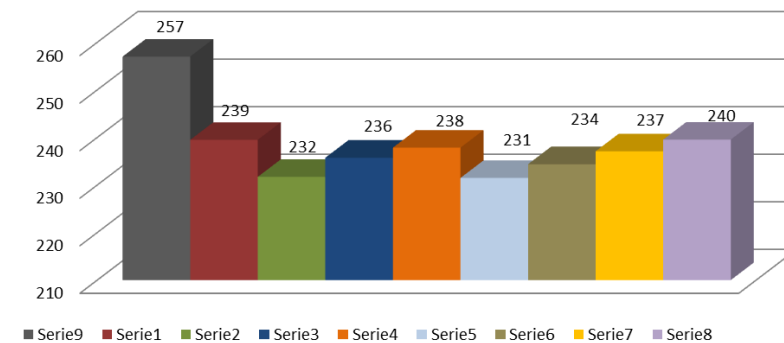
Temp. spalin za I przegrzewaczem



Temp. spalin za ECO



Temp recykulacji spalin



Podsumowanie

Uzyskane podczas realizacji zespołu prac wyniki pozwalają na zaproponowanie poniższych zmian w ustawieniach kotła bloku BC-35:

- należy utrzymywać temperaturę złoża na poziomie **770-780°C** przy sumarycznym przepływie mieszanki powietrzno-spalinowej na poziomie **nie mniejszym niż 14 Nm³/s**. Praca złoża przy takim przepływie pozwala na **destrukcję ewentualnych aglomeratów** powstałych w złożu
- większy przepływ gazów przez złożę uniemożliwia powstawanie martwych obszarów wynikających z obrywania się spieków do złoża powstałych w górnej części paleniska. Wyższa temperatura w złożu pozwala na utrzymywanie w nim atmosfery utleniającej, dla której popioły z biomasy cechują się wyższymi wartościami temperatury spiekania.

Ograniczona ilość recykulowanych spalin pozwoliła na obniżenie temperatury spalin na wylocie z kotła.

Instalacja badawcza wraz z zastosowaną metodyką badawczą pozwala na diagnozę i ocenę problemów zachodzących w kotle bez ponoszenia nadmiernych kosztów technicznych oraz finansowych (co potwierdzają kolejne realizowane prace).

**Dziękuję za uwagę i zapraszam
do współpracy!**