

Badania energetyczno-emisyjne podczas przeciw i współprądowej realizacji procesu spalania w kotłach komorowych różnych konstrukcji

Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla

Krakowski Alarm Smogowy

2017

**Niniejsze sprawozdanie można powielać i cytować
wyłącznie w całości.**

Cytowanie wyłącznie z podaniem źródła.

**Wykorzystanie fragmentów tekstu, grafik oraz danych
wyłącznie na podstawie pisemnej zgody
Stowarzyszenia Krakowski Alarm Smogowy.**

Działanie realizowane w ramach projektu „Wdrażanie Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze” LIFE14 IPE PL 021/LIFE IP MAŁOPOLSKA. Raport przedstawia wyłącznie poglądy autora, a Komisja Europejska nie ponosi odpowiedzialności za żadne ewentualne wykorzystanie zawartych w nim informacji.



SPIS TREŚCI

1	CEL I ZAKRES BADAŃ.....	5
1.1	Cel badań	5
1.2	Rodzaje kotłów c.o.....	5
1.3	Zakres badań	7
1.4	OPIS URZĄDZEŃ W KTÓRYCH PROWADZONO TESTY SPALANIA.....	7
2	PRZEBIEG TESTÓW ENERGETYCZNO-EMISYJNYCH SPALANIA PALIW .	12
3	WYNIKI BADAŃ.....	14
4	WNIOSKI Z BADAŃ.....	29

1 CEL I ZAKRES BADAŃ

1.1 *Cel badań*

Celem pracy było sprawdzenie tezy stawianej przez część środowisk związanych z działaniami na rzecz poprawy jakości powietrza w Polsce, oraz przewijającej się debacie publicznej na temat zanieczyszczenia powietrza, że bez względu na rodzaj stosowanego urządzenia grzewczego z ręcznym zasypem paliwa stałego, stosowanie techniki rozpalania złoża paliwa od góry, będzie powodowało znacznie niższą emisję zanieczyszczeń do atmosfery, niż w przypadku tradycyjnego prowadzenia procesu, a więc zasypu kolejnych porcji paliwa na żar. Zwolennicy tej tezy prezentują „rozpał od góry” jako panaceum na problem zanieczyszczenia powietrza w naszym kraju. Celem badań jest zweryfikowanie tego założenia.

Praca nie koncentruje się jedynie wokół sprawdzenia wartości emisji zanieczyszczeń środowiskowym, sprawdzeniu podlegały również takie parametry jak: sprawność, moc oraz temperatura i ciśnienie spalin. W sposób pośredni lub bezpośredni decydują one o cenie i stopniu uzyskiwanego komfortu cieplnego oraz o zmianie parametrów eksploatacyjnych urządzeń grzewczych. Te ostatnie mają wpływ nie tylko na stan techniczny urządzenia i jego żywotność, a także na ewentualne zagrożenia dla osób je obsługujących, jakie mogą wystąpić w trakcie eksploatacji nieprzewidzianej w DTR czy instrukcji obsługi, czyli niezłożonych czy wykonania kotła c.o. czy pieca.

Podstawą opracowania jest zlecenie do Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla
104 Kraków, ul. Felicjanek 10/6

dotyczyło wykonania badań energetyczno podczas przeciw i współprądowej realizacji
w kotłach komorowych różnych konstrukcji Prace rozpoczęto 31.08.2016, a
zakończono 30.09.2016 roku.

1.2 *Rodzaje kotłów c.o.*

Kotły c.o. o mocy do 500 kW zasilane paliwami stałymi ze względu na rozwiązania technologiczne można generalnie podzielić na układy z ręcznym i automatycznym zasypem paliwa. Patrząc od strony procesowej, kotły dzieli się na urządzenia, w których proces spalania przebiega współprądowo lub przeciwprądowo. Podział ten wynika z

kierunku przepływu paliwa i powietrza do spalania. Jeśli paliwo podawane jest współprądowo z powietrzem, powstałe w strefie odgazowania zanieczyszczenia przechodzą do strefy żaru, gdzie ulegają dopaleniu. Taka organizacja procesu spalania ma miejsce w kotłach retortowych. Przy dostarczaniu paliwa z przeciwnej strony złoża w stosunku do doprowadzanego strumienia powietrza mamy do czynienia ze spalaniem przeciwprądowym. Taki proces jest zazwyczaj realizowany w kotłach z rusztem stałym, z ręcznym zasypem, na paliwa grube (węgiel kamienny sortyment orzech, drewno kawałkowe). W kotłach tych zasyp paliwa następuje na wcześniej wytworzoną warstwę żaru. Nie jest to najwłaściwsze rozwiązanie. Po zasypie porcji paliwa na warstwę żaru następuje jego odgazowanie, a jego produkty (tlenek węgla, węglowodory przechodzą bezpośrednio do strefy suszenia, gdzie ulegają ochłodzeniu i nie dochodzi do ich

Istnieje grupa kotłów c.o. komorowych – tzw. szybowych, gdzie na ruszt zasypywane jest złożo paliwa, którego rozpalanie następuje od góry. Kotły te ze względu na swoją specyfikę wymagają cyklicznego rozpału, wyposażone są też w specjalne kanały doprowadzające powietrze do całej wysokości złoża, uniemożliwiające tworzenie się stref przebiegu gwałt

itp.). Idea pracy takiego kotła wygląda następująco. Rozpala się górną część złoża paliwa, od której nagrzewają się stopniowo niższe warstwy, uzyskując szybko temperaturę początku odgazowania. W miarę spalania się wydzielanych gazów, warstwa żaru przesuwana się w dół, aż do rusztu. W rzeczywistości wypalające się stopniowo paliwo odsłania dysze kanałów powietrza, które wychładza produkty spalania, co negatywnie wpływa na sprawność urządzenia i emisję związków

W porównaniu do tradycyjnych kotłów komorowych średnia emisja zanieczyszczeń z kotłów szybowych jest jednak niższa. Wadami tych kotłów jest m.in. wysoka emisja zanieczyszczeń podczas rozpalania, wychładzanie spalin powietrzem dostarczanym nad żar (co powoduje spadek sprawności i wzrost emisji zanieczyszczeń), ograniczone możliwości sterowania procesem spalania oraz konieczność stosowania miału o odpowiedniej wilgotności (suche paliwo może powodować zagrożenie wybuchem pomimo dodatkowych kanałów powietrznych, w jakie wyposażone są kotły

1.4 OPIS URZĄDZEŃ W KTÓRYCH PROWADZONO TESTY SPALANIA

- wybór urządzeń grzewczych do testów energetyczno
- wybór paliw stałych do testów,
- próbek paliw
 - oznaczenie zawartości wilgoci W , popiołu A , części lotnych V
 - oznaczenie ciepła spalania Q , wartości opałowej Q
 - wykonanie analizy składu elementarnego: C
- podpięcie i opomiarowanie kotłów c.o. na stanowisku atestacji urządzeń grzewczych i paliw
- przeprowadzenie testów energetyczno emisyjnych przy obciążeniu nominalnym w kotle c.o. z ręcznym zasypem paliwa „na żar” (komorowy, zasypow z wentylatorem nadmuchowy, będący na wyposażeniu LTSiE kotle c.o. „szybowym” z ręcznym zasypem paliwa (będący na wyposażeniu LTSiE) kotle c.o. z ręcznym zasypem paliwa „na żar” (komorowy, zasypowy, z wentylatorem nadmuchowy kotle c.o. z ręcznym zasypem paliwa „na żar” (komorowy, zasy , dostarczonym przez KAS) oraz piecu typu „KOZA” współprądowej realizacji procesu spalania,
 - tężeń takich zanieczyszczeń jak: CO , , pył, TOC
- analizie wyników badań.

1.4 OPIS URZĄDZEŃ W KTÓRYCH PROWADZONO TESTY SPALANIA

próbek paliwa, miał drewna kawałkowego kotły c.o. typu KSW PLUS o mocy nominalnej 20 kW, z ręcznym zasypem paliwa, kotły c.o. „szybowym” typu GENERATOR o mocy 35 kW, z ręcznym zasypem paliwa, kotły c.o. typu MODERATOR o mocy nominalnej 25 kW, z ręcznym zasypem paliwa, kotły c.o. typu SKI o mocy nominalnej 17,5 kW, z ręcznym zasypem paliwa, piecu typu „KOZA”, z ręcznym zasypem paliwa.

ocioł c.o KSW PLUS o mocy 20 kW z ręcznym zasypem paliwa

typoszeregu niskotemperaturowych, stalowych kotłów wodnych, przeznaczonych do układów otwartych, przystosowanych do spalania węgla kamiennego sortyment orzech, sortyment groszek oraz drewna kawałkowego. W jednostkach tych paliwo zasypywane jest do komory załadowniczej na ruszt wodny. Komora załadownicza jest zamknięta drzwiczkami zasypowymi. Na drzwiczkach zasypowych umieszczona jest przepustnica powietrza wtórnego. Nad drzwiczkami zasypowymi znajdują się drzwiczki wyczystne umożliwiające dostęp do wymiennika strumień powietrza pierwotnego, za pomocą wentylatora nadmuchowego, umieszczonego na górnej części kotła. Spaliny po przejściu przez wymiennik ciepła spaliny woda, przechodzą przez czopuch kotła do komina. Regulacja wydajności cieplnej kotła realizowana jest przez elektroniczny sterownik. Sterownik ten steruje pracą wentylatora powietrza i pompą obiegową c.o. dążąc do utrzymania zadanej temperatury wody wychodzącej z kotła. Jednostka wyposażona jest również w ruszt. Kocioł izolowany jest wełną mineralną osłoniętą blachą stalową.



Rys. 1. Widok kotła c.o. typu KSW PLUS o mocy 20 kW

Kocioł c.o. typu GENERATOR

5 kW z ręcznym zasypem paliwa

skotemperaturowych, stalowych kotłów wodnych, przeznaczonych do układów otwartych, przystosowanych do spalania węgla kamiennego sortyment miał. W jednostkach tych paliwo zasypywane jest do komory załadowniczej. Rozpał paliwa następuje w górnej a. Następnie rozpalona warstwa paliwa spala się w dół. Powietrze do spalania

dostarczane jest wentylatorem poprzez dysze umieszczone na różnych wysokościach komory spalania. Regulacja wydajności cieplnej kotła realizowana jest przez elektroniczny sterownik temperatury. Sterownik ten steruje pracą wentylatora powietrza i pompą obiegową c.o



Rys. 2. Widok kotła c.o. typu GENERATOR o mocy

Kocioł c.o

kW z ręcznym zasypem paliwa

iskotemperaturowych, stalowych kotłów wodnych, przeznaczonych do układów drewna kawałkowego oraz węgla kamiennego sortyment

. W jednostkach tych paliwo zasypywane jest do komory załadowniczej n ruszt wodny. Komora załadownicza jest zamknięta drzwiczkami zasypowymi. Pod ruszt podawany jest strumień powietrza pierwotnego, za pomocą wentylatora nadmuchowego, umieszczonego części kotła. Spaliny po przejściu przez wymiennik ciepła spaliny a, przechodzą przez czopuch kotła do komina. Regulacja wydajności cieplnej kotła realizowana jest przez elektroniczny sterownik. Sterownik ten steruje pracą wentylatora powietrza i pompą obiegową c.o. dążąc do utrzymania zadanej temperatury wody wychodzącej z kotła. Jednostka wyposażona jest również w mechaniczny przegarniacz rusztu. Kocioł izolowany jest wełną mineralną osłoniętą blachą stalową.



. Widok kotła c.o. typu

Kocioł c.o. kW z ręcznym zasyp

typoszeregu niskotemperaturowych, stalowych kotłów wodnych, przeznaczonych do układów koku i węgla kamiennego sortyment orzech mory załadowczej na ruszt wodny. Komora załadowcza jest zamknięta drzwiczkami zasypowymi. Na drzwiczkach jest przepustnica powietrza pierwotnego regulowana za pomocą miarkownika ciągu w zależności od lającej układ c.o. W drzwiczkach przepustnica powietrza wtórnego. Spaliny po przejściu przez wymiennik ciepła spaliny przechodzą przez czopuch kotła do komina. Regulacja wydajności cieplnej kotła realizowana jest rkownik ciągu. Kocioł izolowany jest wełną mineralną osłoniętą blachą stalową.



. Widok kotła c.o. typu

Piec typu „KOZA” z ręcznym zasypem paliwa
węgla kamiennego sort
załadowniczej na ruszt. Komora załadownicza jest zamknięta drzwiczkami zasypowymi.



pieca typu „KOZA”

2 PRZEBIEG TESTÓW ENERGETYCZNO-EMISYJNYCH SPALANIA PALIW

próbek paliwa
spalania i Energetyki działającym
Przeróbki Węg spalania każdej z próbek obejmował

pomiaru składu spalin wykorzystano analizator W skład analizatora wchodziły analizatory ULTRAMAT 23 umożliwiające pomiar CO w zakresie 0÷zakresie 0÷25%, SO₂ w zakresie 0÷1000 ppm i analizator NO o zakresie 0÷1000 ppm. Analizatory te umożliwiają pomiar z wykorzystaniem referencyjnej metody NDIR. Pomiar stężenia O₂ odbywa się za pomocą analizatora typu OXYMAT 61, działającego w oparciu o referencyjną metodę wykorzystującą zjawisko paramagnetyzmu. Analizator ten posiada zakres 0÷25% O₂

oraz próbek w sposób ciągły układ składający się z z filtrem ceramicznym, węża grzanego oraz układ kondycjonowania gazu.

Pobór próbki spalin do oznaczenia stężenia pyłu i zanieczyszczeń organicznych był realizowany za pomocą układu składającego się z sondy połączonej z chłodnicą, systemu rurek z materiałem sorpcyjnym: żywicą XAD 2 oraz węglem aktywnym

W trakcie testów spalania rejestrowano parametry kotła takie jak: temperaturę spalin w czopuchu kotła, temperatury wody dolotowej i wylotowej z kotła, przepływ wody przez kocioł ciąg kominowy.

następujący

obowiązujący

- Q/LS/01/B:2012 „Oznaczanie sprawności energetycznej”,
- Q/LS/02/B:2012 „Oznaczanie stężeń związków emitowanych w gazach odlotowych i technologicznych”,

- 5:2012 „Kotły grzewcze Część 5: Kotły grzewcze na paliwa stałe z ręcznym badaniem i oznakowanie”
- „Emisja ze źródeł stacjonarnych. Pobieranie próbek do automatycznego pomiaru stężenia składników gazowych”.

3 WYNIKI BADAŃ

Właściwości fizykochemiczne próbek paliw

obowiązującymi w

Laboratorium Paliw i Węgla Aktywnych

Badane obiekty / Grupa obiektów	Badane cechy i metody badawcze/pomiarowe	Normy i/lub udokumentowane procedury badawcze
Biomasa stała	Ciepło spalania Zakres: (5 000 - 40 000) kJ/kg Metoda kalorymetryczna	Procedura Q/LP/12/A:2011 DIN 51900-2:2003 PN-EN 14918:2010
	Wartość opałowa (z obliczeń)	
	Zawartość wilgoci całkowitej Zakres: (0,4 - 80,0)% Metoda wagowa	Procedura Q/LP/05/A:2011 DIN 51718:2002 PN-EN ISO 18134-1:2015-11 PN-EN ISO 18134-2:2015-11
	Zawartość wilgoci w próbce analitycznej Zakres: (0,4 - 15,0)% Metoda wagowa	Procedura Q/LP/05/A:2011 DIN 51718:2002 PN-EN ISO 18134-3:2015-11
	Zawartość popiołu Zakres: (0,1 - 40,0)% Metoda wagowa	Procedura Q/LP/06/A:2011 DIN 51719:1997 PN-EN ISO 18122:2016-01
	Zawartość części lotnych Zakres: (50,00 - 85,00)% Metoda wagowa	Procedura Q/LP/07/A:2011 PN-EN ISO 18123:2016-01
	Zawartość wilgoci w próbce analitycznej Zakres: (0,4 - 15,0) % Metoda termograwimetryczna	Procedura Q/LP/27/A:2011 PN-EN ISO 18134-3:2015-11
	Zawartość popiołu Zakres: (0,1 - 40,0)% Metoda termograwimetryczna	Procedura Q/LP/27/A:2011 PN-EN ISO 18122:2016-01
	Zawartość siarki całkowitej Zakres: (0,02 - 3,00)% Metoda chromatografii jonowej (IC)	PN-EN ISO 16994:2015
	Zawartość węgla i wodoru Zakres: węgiel:(20-60,0)% wodór:(0,01-8,00)% Metoda wysokotemperaturowego spalania z detekcją IR	Procedura Q/LP/09/A:2012 PN-EN ISO 16948:2015

	Zawartość azotu Zakres: (0,05 - 10,00)% Metoda wysokotemperaturowego spalania z detekcją TC	
	Zawartość siarki popiołowej Metoda wysokotemperaturowego spalania z detekcją IR Zakres: (0,02 - 10,00)%	Procedura Q/LP/10/B:2016
	Zawartość siarki palnej (z obliczeń)	
Badane obiekty / Grupa obiektów	Badane cechy i metody badawcze/pomiarowe	Normy i/lub udokumentowane procedury badawcze
Paliwa stałe: - węgiel kamienny - węgiel brunatny - koks z węgla kamiennego Przetworzone paliwa stałe	Zawartość wilgoci przemijającej Zakres: (0,1 - 60,0)% Metoda wagowa	PN-80/G-04511
	Zawartość wilgoci w próbce analitycznej Zakres: (0,1-18,0)% Metoda wagowa	
	Zawartość wilgoci całkowitej Zakres: (0,1 – 60,0)% Metoda wagowa	PN-80/G-04511 p.2.3.2
	Zawartość popiołu Metoda wagowa Zakres: (0,1 - 50,0)%	PN-80/G-04512+Az1:2002 PN-ISO 1171:2002
	Zawartość części lotnych Metoda wagowa Zakres: (0,10 - 50,00)%	PN-G-04516:1998 ISO 562:2010
	Zawartość wilgoci w próbce analitycznej Zakres: (0,1-18,0)% Metoda termograwimetryczna	PN-G-04560:1998
	Zawartość popiołu Zakres:(0,1-50,0)% Metoda termograwimetryczna	
	Ciepło spalania Metoda kalorymetryczna Zakres: (5000 - 40 000) kJ/kg	Procedura Q/LP/03/A:2001 PN-81/G-04513 ISO 1928:2009
	Wartość opałowa (z obliczeń)	
	Zawartość siarki całkowitej i popiołowej Zakres: (0,01 - 8,00)% Metoda wysokotemperaturowego spalania z detekcją IR	PN-G-04584:2001

	Zawartość siarki palnej (z obliczeń)	
	Zawartość siarki całkowitej Zakres: (0,01 - 4,00)% Metoda wysokotemperaturowego spalania z detekcją IR	ISO 19579:2006
	Zawartość węgla i wodoru Zakres: węgiel (20 - 100)% wodór (0,01 - 8,00)% Metoda wysokotemperaturowego spalania z detekcją IR	PN-G-04571:1998 ISO 29541:2010
	Zawartość azotu Zakres:(0,05 - 2,00)% Metoda wysokotemperaturowego spalania z detekcją TC	

eń przedstawiono w Tablicy

**próbek paliw
wykorzystanych do testów spalania**

Parametr		Symb.	Jedn.	Węgiel kamienny sort. orzech	Węgiel kamienny sort. miał	Drewno kawałkowe
Analiza techniczna	Wilgoć całkowita	W_t^r	%	4,4	20,0	16,1
	Wilgoć analityczna	W^a	%	2,7	2,7	4,4
	Popiół	A^a	%	4,8	4,2	0,3
	Popiół	A^r	%	4,7	3,5	0,3
	Zaw. części lotnych	V^a	%	32,60	31,72	81,42
	Zaw. części lotnych	V^{daf}	%	35,24	34,07	85,44
Analiza elementarna	Węgiel	C_t^a	%	77,8	78,4	48,7
	Wodór	H_t^a	%	4,39	4,42	5,46
	Siarka całkowita	S_t^a	%	0,58	0,52	<0,02
	Siarka całkowita	S_t^r	%	0,57	0,43	<0,02
	Siarka popiołowa	S_a^a	%	0,31	0,21	<0,02
	Siarka palna	S_c^a	%	4,39	0,30	<0,02

	Azot	N^a	%	1,21	1,26	0,08
	Tlen (obliczony)	O_d^a	%	8,84	8,72	41,04
	Ciepło spalania	Q_s^a	kJ/kg	31138	31442	19098
	Wartość opałowa	Q_i^a	kJ/kg	30114	30411	17799
	Wartość opałowa	Q_i^r	kJ/kg	29545	24570	15321

przedstawiono wyniki testów energetycznych próbek
Tabele podają dane dotyczące stężeń zanieczyszczeń w spalinach
na metr sześcienny w warunkach umownych
(pierwsza kolumna w części tabeli: stężenia zanieczyszczeń)

(druga kolumna w części tabeli: stężenia zanieczyszczeń)
kilogramy, gramy lub miligramy na kilogram i na gigadżul spalonego paliwa. Do porównań brane są
pod uwagę wartości w przeliczeniu na 10% gdyż jest to spójne z wymaganiami zawartymi w
rozporządzeniu ekoprojektu.

Wyniki badań energetycznych
z ręcznym zasypem paliwa „szybowym” typu GENERATOR o mocy węгля
kamiennego sortyment miał w sposób tradycyjny i „zasyp na żar”

			węgiel kamienny sortyment miał rozpał od góry	węgiel kamienny sortyment miał na żar
Wielkości	Moc kotła			
	Sprawność kotła	η		
Ciąg kominowy				
Stężenia zanieczyszczeń				
	Pył	pył		
		μg/m		
		μg/m		
Wskaźni				

Pył	pył			
Pył	pył			

*wartość przeliczone na 10 % O

W przypadku spalania miału w kotle szybowym przy metodzie palenia "od góry" znaczny spadek stężenia pyłu oraz znaczny wzrost stężeni Moc kotła była większa przy technice rozpału od góry. Za szczególnie niekorzystny w warunkach polskich należy uznać wzrost stężenia benzo[a]pirenu. Jest to substancja rakotwórcza ści borykają się z bardzo wysokimi stężeniami benzo[a]pirenu Nawet przy metodzie rozpału "od góry", stężenia pyłu były kilkukrotnie wyższe niż maksymalne stężenia dozwolone dla kotłów spełniających wymogi Ekoprojektu – a więc 40 µg/m

**Wyniki badań energety
z ręcznym zasypem paliwa „szybowy ”
drewna kawałkowego w sposób tradycyjny i „zasyp na żar”**

				kawałkowe zpał od góry	kawałkowe zasyp na żar
Wielkości	Moc kotła				
	Sprawność kotła	η			
Ciąg kominowy					
Stężenia					
	Pył	pył			
		µg/m			

			µg/m				
Wskaźniki emisji							
	Pył	pył					
	Pył	pył					

*wartość przeliczone na 10 % O

drewna kawałkowego nie odnotowano znaczących różnic między rozpałem od góry, a zasypem na żar. Stężenia pyłu oraz benzo[a]pirenu są niższe podczas rozpału od góry niż w przypadku zasypu na żar, choć nie są to różnice duże. W każdym przypadku stężenia pyłu są wyższe niż dla kotłów na drewno kawałkowe z ręcznym zasypem paliwa spełniających a więc 60 µg/m

Wyniki badań energetyczno
z ręcznym zasypem paliwa „komorowym” typ **podczas spalania węgla**
kamiennego sortyment orzech w sposób tradycyjny i „od góry”

			węgiel kamienny	węgiel kamienny
			zasyp na żar	rozpał od góry
Wielkości	Moc kotła			
	Sprawność kotła	η		
Ciąg kominowy				
Stężenia zanieczyszczeń				
	Pył	pył		

			µg/m				
			µg/m				
Wskaźniki emisji							
	Pył	pył					
	Pył	pył					

*wartość przeliczone na 10 % O

„od góry” węgla

znacznego spadku mocy kotła

rotna różnica.

znacznego spadku stężeń pyłu oraz benzo[a]pirenu przy rozpale od góry choć jeśli weźmiemy pod uwagę różnicę w mocy kotła to różnice w stężeniach tych zanieczyszczeń będą Stężenia dwutlenku siarki były niższe w przypadku zasypu na żar.

kotła zasilanego węglem kamiennym, stężenia pyłu nadal są kilkukrotnie wyższe niż w przypadku kotłów klasy 5 oraz spełniających wymogi

które można uznać za najlepszą dostępną na polskim rynku technologię jeśli chodzi o kotły na węgiel µg/m

**Wyniki badań energetyczno
z ręcznym zasypem paliwa „komorowym” typ
kawałkowego w sposób tradycyjny i „od góry”**

				kawałkowe zasyp na żar		kawałkowe rozpał od góry	
Wielkości	Moc kotła						
	Sprawność kotła	η					
Ciąg kominowy							
Stężenia zanieczyszczeń							
	Pył	pył					
			$\mu\text{g}/\text{m}$				
			$\mu\text{g}/\text{m}$				
Wskaźniki emisji							
	Pył	pył					
	Pył	pył					

*wartość przeliczone na 10 % O

W przypadku spalania drewna kawałkowego w wzrost stężenia benzo[a]pirenu przy rozpale metodą "od góry". Stężenia pyłu przy rozpale od góry były niższe choć nie była to bardzo duża różnica moc kotła nie uległa zmianie i była na takim samym poziomie przy wykorzystaniu obydwu metod. Znaczny wzrost benzo[a]pirenu należy

uznać za zjawisko wysoce niekorzystne. Benzo[a]piren to z
wpływie rakotwórczym i mutagennym. Niestety Polska należy do krajów UE o najwyższych
stężeniach tej substancji w powietrzu. Dlatego do czynnika tego należy przykładać znaczną wagę.
Emisja pyłu przy rozpale „od góry” była trzykrotnie wyższa niż w urządzeniach spełniających
μg/m

Wyniki badań energetyczno

MODERATOR o mocy 25 kW podczas spalania drewna kawałkowego

z zasypem na żar i od góry

				kawałkowe zasyp na żar		kawałkowe rozpał od góry	
Wielkości							
	Sprawność kotła	η					
Ciąg kominowy							
Stężenia zanieczyszczeń							
	Pył	pył					
			μg/m				
			μg/m				
Wskaźniki emisji							
	Pył	pył					
	Pył	pył					

*wartość przeliczone na 10 % O

kawałkowego w kotle komorowym
nieznacznym spadkiem stężenia pyłu w przypadku rozpału "od góry". Stężeni
"od góry" było około 7 krotnie wyższe niż maksymalne dopuszczone stężenia
dla kotłów z ręcznym podawaniem paliwa (drewna kawałkowego) spełniających wymogi
Ekoprojektu (60 µg/m ja benzo[a]pirenu jest dwukrotnie wyższa w przypadku
rozpału "od góry" niż w przypadku zasypu na żar. W świetle bardzo wysokich stężeń benzo[a]pirenu
w Polsce zwiększoną emisję tego zanieczyszczenia należy postrzegać jako czynnik negatywny.

niki badań energetyczno

węgla kamiennego żar i od góry

				węgiel kamienny		węgiel kamienn	
				zasyp na żar		rozpał od góry	
Wielkości							
	Sprawność kotła	η					
Ciąg kominowy							
Stężenia zanieczyszczeń							
	Pył	pył					
			µg/m				
Wskaźniki emisji			µg/m				
	Pył	pył					
	Pył	pył					

	Pył	pył		

*wartość przeliczone na 10 % O

Przy spalaniu węgla żeliwnym ogrzewaczu pomieszczeń typu " wyższe stężenia pyłu przy metodzie palenia „od góry” (względem zasypu na żar). Należy zaznaczyć, że stężenia przy rozpale "od góry" i na żar były wyższe niż maksymaln wskaźniki emisji dla urządzeń spełniających wymogi (50 µg/m . Stężenia benzo[a]pirenu były niższe około dwuk "od góry". Moc ogrzewacza była porównywalna przy

Wyniki badań energie
typu SKI o mocy 17,5 kW podczas spalania drewna kawałkowego z zasypem na żar i od góry

			kawałkowe zasyp na żar	kawałkowe rozpał od góry
Wielkości	kotła			
	Sprawność kotła	η		
Ciąg kominowy				
Stężenia zanieczyszczeń				
	Pył	pył		
		µg/m		
Wskaźniki emisji		µg/		
	Pył	pył		

	Pył	pył		

*wartość przeliczone na 10 % O

Przy spalaniu drewna kawałkowego w kotle komorowym typu SKI odnotowano duży spadek stężenia pyłu oraz benzo[a]pirenu przy paleniu „od góry”. Moc kotła była niższa w przypadku rozpału "od góry".
 określić, że wartości emisji poszczególnych zanieczyszczeń kotła nawet przy zastosowaniu "górnego" spalania, nadal plasują to urządzenie wśród kotłów . W porównaniu z wartościami i zanieczyszczeń był
 nie wyższ

Wyniki badań energetyczno

węgla kamiennego
i od góry

z zasypem na żar

				węgiel kamienny yp na żar		węgiel kamienny rozpał od góry	
Wielkości	kotła						
	Sprawność kotła	η					
Ciąg kominowy							
Stężenia zanieczyszczeń							
	Pył	pył					
			$\mu\text{g}/\text{m}$				
			$\mu\text{g}/\text{m}$				
Wskaźniki emisji							
	Pył	pył					

Pył	pył			

*wartość przeliczone na 10 % O

„od góry” węgla kamiennego
stężenia pyłu, a także bardzo znaczny spadek stężenia benzo[a]pirenu. Jednak, w tym samym czasie odnotowano negatywne zjawisko polegające na zmniejszeniu mocy kotła aż o 40%, za czym mogą iść znaczne problemy z utrzymaniem komfortu cieplnego. Warto podkreślić, że emisja zanieczyszczeń z badanego kotła nawet przy zastosowaniu "górnego" spalania, nadal plasuje to urządzenia wśród kotłów pozaklasowych. W porównaniu z dla kotłów z zanieczyszczeń podczas „górnego spalania” była razy wyższa

4 Wnioski z badań

Głównym wnioskiem jaki nasuwa się po analizie jest fakt, że technika rozpału „od góry” jest techniką o nieprzewidywalnym wpływie na emisyjność. Nie jest prawdą, że stosowanie jej przekłada się na zmniejszenie emisji zanieczyszczeń powietrza w każdym przypadku, bez względu na typ urządzenia czy paliwa, które spal

0 prób (5 urządzeń, dwa rodzaje paliwa w każdym, dwa sposoby rozpału) wskazują, że są przypadki kiedy t

spadek, czasem nawet znaczny, w emisji pyłu czy benzo[a]pirenu. Jednak, takie wyniki uzyskano jedynie dla części prób. W wielu przypadkach nie odnotowano znacznych spadków, wręcz przeciwnie, zauważono wzrost emisji zanieczyszczeń, w tym rakotwórczego benzo[a]pirenu – zarówno w przypadku węgla jak i drewna. Wzrost emisji benzo[a]pirenu jest zjawiskiem szczególnie niekorzystnym, gdyż normy dla stężenia tego zanieczyszczenia są przekroczone na praktycznie

olsce, a w wielu miejscach przekroczenia te są wielokrotne. W części prób nie odnotowano praktycznie żadnej różnicy jeśli chodzi emisję pyłu i benzo[a]pirenu. Zatem prezentowanie metody palenia „od góry” jako szybkie

powietrza w naszym kraju niestety należy uznać za nieuzasadnione.

Warto podkreślić, że w żadnej próbie z przeprowadzonych emisyjności porównywalnej z emisyjnością urządzeń spełniających klasę 5 lub wymagania Ekoprojektu. Średnia uzyskana emisyjność pyłu dla węgla spalanego w badanych czterech kotłach (średnia dla czterech urządzeń) wynosi $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a emisyjność urządzeń spełniających wymagania Ekoprojektu to $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dla drewna średnia z czterech kotłów to: $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ maksymalna emisyjność dla urządzeń spełniających wymogi Ekoprojektu spalających drewno kawałkowe to $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Widać zatem ogromną przepaść między stosowaniem metody rozpału „od góry”, a stosowaniem nowoczesnych kotłów na paliwa stałe – dla węgla różnica t

ośmiokrotna, a dla drewna niemal czterokrotna. Jak wskazują analizy prowadzone na potrzeby programów ochrony powietrza (np. w Małopolskim Programie Ochrony Powietrza) jedynie zredukowanie emisyjności do poziomu wymagań Ekoprojektu lub klasy 5 daje gwarancję znaczącej poprawy jakości powietrza i spełnienia norm jakości powietrza zdefiniowanych w prawie. Dlatego też uchwały antysmogowe zakładają wymianę urządzeń grzewczych właśnie na kotły spełniające wymogi klasy 5 lub Ekoprojektu. Metoda górnego spalania nie stanowi zatem rozwiązania, które

pozwole znacząco poprawić jakość powietrza na terenie Polski. Nie umożliwi również spełnienia norm jakości powietrza określonych prawem.

Jeśli przeanalizujemy wszystkie cyklów badania, okazuje się, że w przypadku pyłu na prób w przypadkach stężenia pyłu znacznie mniejsze przy „górnym” rozpale niż zasypie na żar (różnica większa niż 50%), podobne stężenia (różnica mniejsza niż 50%) odnotowano w 1 przypadku stężenia pyłu przy „górnym” rozpale były znacznie wyższe niż przy zasypie na żar. Dla benzo[a]pirenu jedynie w stężenia były podobne, w były znacznie niższe przy technice rozpału „od góry”, przy zasypie na żar. Można zatem podsumować, że górne spalanie przynosi znaczną redukcję w mniej niż połowie przypadków. Powstaje więc pytanie czy zasadnym będzie lokowanie znacznych zasobów finansowych, kadrowych oraz organizacyjnych w promocję tego rozwiązania. Szczególnie też biorąc pod uwagę, że w każdej z prób emisyjność przy zastosowaniu rozpału od „góry” wciąż pozostawała na poziomie kotła pozaklasowego i była przynajmniej kilkukrotnie wyższa niż najlepszej dostępnej na rynku technologii – urządzenia spełniającego wymogi Ekoprojektu.

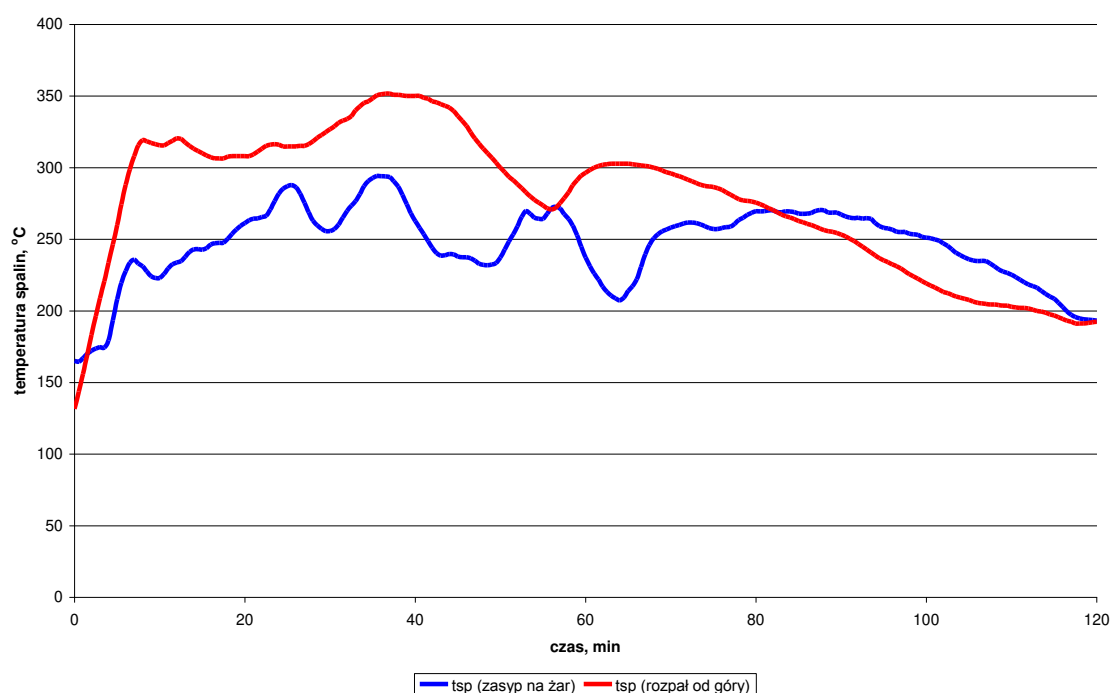
Stężenia pyłu	
Znacznie mniej pyłu przy „górnym”	
Różnica mniejsza niż 50%	przypadków
Znacznie mniej pyłu przy „zasypie na żar”	
Stężenia benzo[a]pirenu	
znie mniej b[a]p przy „górnym”	przypadków
Różnica mniejsza niż 50%	
Znacznie mniej b[a]p przy „zasypie na żar”	

emisyjne, w kotłach c.o. „szybowych” zarówno paliwa podstawowe jak i zastępcze powinno się spalać rozpalając złożę paliwa od góry. Tego typu prowadzenie procesu spalania, w urządzeniach (moc, sprawność) jak i stosunkowo najniższą emisję zanieczyszczeń.

wskazują na gwałtowny wzrost temperatury spalin w pierwszej fazie procesu spalania drewna

rozpalanego od góry. Jednoznacznie świadczy to o niedopasowaniu warunków procesu do możliwości odbioru ciepła przewidzianych przez konstruktora kotła. W tej fazie mamy do czynienia z największymi naprężeniami materiałów, ponieważ wszystkie elementy kotła wygrzewają się od temperatury otoczenia, do temperatury osiągananej podczas standardowej pracy kotła.

prędkości i wzrostów temperatur w strefie komory spalania. W dłuższej eksploatacji będzie skutkować znacznie szybszym zużyciem urządzenia grzewczego, a także prawdopodobnie awarią polegającą na rozszczelnieniu się wymiennika ciepła. Ponieważ komora spalania w kotłach komorowych zamykana jest drzwiczkami, wyższe temperatury mogą powodować i co w konsekwencji spowoduje obniżenie szczelności obiegu spalin i wydostawanie się części gazów spalinowych do pomieszczenia, w którym dane urządzenie grzewcze stoi. Niebezpieczna stanie się również eksploatacja takiego urządzenia, ponieważ elementy, które dotyka się podczas użytkowania kotła będą miały wyższą temperaturę i może dojść do poparzenia.



. Temperatura spalin mierzona na wylocie z kotła (w czopuchu) podczas spalania drewna w

Należy również wspomnieć, że stosowanie techniki spalania „od góry” nie jest możliwe we wszystkich urządzeniach grzewczych. Większość pieców kaflowych ma na tyle niską komorę spalania, że zastosowanie w tych urządzeniach takiej techniki spalania byłoby bardzo kłopot

Kolejną niedogodnością stosowania techniki spalania „od góry” może być jej jest czasochłonność. Za każdym bowiem razem należy takie złoże rozpalić, bądź też wyjąć pozostały żar z urządzenia, umieścić na ruszcie wymaganą porcję paliwa, na górze umieszczając wyjęty uprzedn żar. Tego typu operacje nawet z wykorzystaniem popielnika niosą za sobą zagrożenie poparzenia osoby obsługującej urządzenie oraz zagrożenie zapruszenia ognia i pożaru. Są też źródłem znacznej emisji zanieczyszczeń w kotłowni

W Polsce mamy bardzo dużą ilość wszelakich konstrukcji kotłów z ręcznym zasypem paliwa. Wybrane do badań kotły c.o. są typowymi urządzeniami grzewczymi stosowanymi w sektorze ogrzewnictwa indywidualnego, nie są jednak próbką reprezentatywną, a więc przedstawione w pracy wyniki badań nie powinny być bezpośrednio przypisywane do innych,

. Na pewno, w niektórych istnieje możliwość prowadzenia procesu „od góry” w kotłach szybowych i będzie to skutkowało pozytywnym efektem ekologicznym. Jednak oceny bezpieczeństwa prowadzenia takiego procesu nie powinno się dokonywać w kotłowni użytkownika, nieprzystosowanej do badań i niezabezpieczonej przed ewentualnymi skutkami niepowodzenia próby.

Należy pamiętać, że każdy użytkownik kupując urządzenie grzewcze powinien je eksploatować w sposób zgodny z dołączoną przez producenta instrukcją obsługi. Inna eksploatacja może stwarzać zagrożenie dla zdrowia i życia użytkownika oraz być przyczyną awarii czy utraty ciepła na kocioł c.o.