

**MGGP S.A.**

**BIURO INŻYNIERYJNO - KONSULTINGOWE**

**35-222 Rzeszów, ul. Okulickiego 17**

**tel./fax (+48 17) 863 03 44/ 863 03 44**

**[www.mggp.com.pl](http://www.mggp.com.pl), e-mail: [mggp@mggp.com.pl](mailto:mggp@mggp.com.pl)**



**DOKUMENTACJA BADANIA WARTOŚCI OPAŁOWEJ**  
**ODWODNIONEGO OSADU ŚCIEKOWEGO Z OCZYSZCZALNI**  
**ŚCIEKÓW W TOMASZOWIE MAZOWIECKIM**

## Badania wartości opałowej osadu ściekowego z oczyszczalni ścieków w Tomaszowie

Franciszek Wolańczyk

Katedra Termodynamiki, Politechnika Rzeszowska, ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów

W Katedrze Termodynamiki Politechniki Rzeszowskiej wykonano pomiary wartości opałowej osadu ściekowego z Oczyszczalni Ścieków w Tomaszowie zlecone przez Biuro Inżynieryjno Konsultingowe w Rzeszowie, ul. Okulickiego 17, 35-222 Rzeszów, wchodzące w strukturę MGGP S.A. Tarnów. Zlecenie o numerze L. Dz. Rz./2/08/2010/BIK z 19-08-2010r. Pomiary zostały wykonane według PN-ISO 1928 *Paliwa stałe Oznaczanie ciepła spalania w bombie kalorymetrycznej i obliczanie wartości opałowej*. Przedmiotem w/w. normy międzynarodowej jest oznaczanie ciepła spalania paliwa stałego, w stałej objętości, w bombie kalorymetrycznej wykalibrowanej przez spalenie certyfikowanego kwasu benzooesowego.

Potrzebna do pomiarów próbka z osadu nadmiernego po biologicznym oczyszczaniu ścieków, mechanicznie zagęszczona na prasie filtracyjnej pobrana z podajnika w dniu 19.08.2010r. została w tym samym dniu przekazana do laboratorium Katedry Termodynamiki, gdzie została osuszona w suszarce. Wyniki pomiaru zawartości wilgoci dla trzech próbek podano w tabeli 1. Wykonano oznaczenie ciepła spalania i wartości opałowej dla trzech losowo pobranych próbek z wysuszonego osadu. Wyniki pomiaru ciepła spalania i wartości opałowej podano w tabeli 2 i 3 oraz na rysunku 1.

Występujące w normie określenia są definiowane w następujący sposób:

**ciepło spalania paliwa stałego przy stałej objętości:** - absolutna wartość określonej energii spalania, w dżulach, wydzielonej z jednostki masy paliwa stałego spalonego w tlenie, w bombie kalorymetrycznej w określonych warunkach;

**wartość opałowa paliwa stałego przy stałej objętości** – absolutna wartość określonej energii spalania, w dżulach, wydzielonej z jednostki masy paliwa spalonego w tlenie w warunkach stałej objętości i takich, że całkowita ilość wody zawartej w produktach reakcji pozostaje jako para wodna (w hipotetycznym stanie ciśnienia 0,1 MPa), a jednocześnie pozostałe produkty są takie jak w przypadku ciepła spalania, wszystkie określone w temperaturze odniesienia;

**pojemność cieplna kalorymetru** – jest to ilość ciepła, potrzebna do ogrzania o 1°C układu kalorymetrycznego.

Podstawą użytej metody pomiarowej jest całkowite spalenie odważki paliwa w atmosferze tlenu pod ciśnieniem w bombie kalorymetrycznej (przy stałej objętości) w izotermicznym lub adiabatycznym układzie oraz pomiar przyrostu temperatury wody w naczyniu kalorymetrycznym, przy uwzględnieniu poprawek na dodatkowe efekty cieplne (spalenie drutu, nitki, bibuły, ciepło tworzenia kwasu siarkowego i azotowego).

Zależność, według której oznaczano ciepło spalania próbki paliwa w stanie analitycznym jest postaci

$$Q_s^a = \frac{C(D_t - k) - c}{m}, \quad (1)$$

gdzie:

$Q_s^a$  – ciepło spalania paliwa stałego w stałej objętości, kJ/kg;

$C$  – pojemność cieplna kalorymetru (efektywna pojemność cieplna kalorymetru) oznaczana wg w/w. normy za pomocą kwasu benzooesowego i wynosząca  $C = 12,596$  kJ/°C;

$D_t$  – ogólny przyrost temperatury wody, °C;

$k$  – poprawka na wymianę ciepła kalorymetru z otoczeniem, °C;

$c$  – suma poprawek na dodatkowe efekty cieplne, °C;

$m$  – masa odważki paliwa stałego, kg.

Natomiast zależność  $z$  w/w. normy, według której obliczano wartość opałową paliwa jest postaci

$$Q_i^a = [Q_s^a - 206w(H)_d] * (1 - 0,01M_T) - 23,0M_T, \quad (2)$$

gdzie:

$Q_i^a$  – wartość opałowa paliwa stałego w stałej objętości o zawartości wilgoci  $M_T$ , kJ/kg;

$Q_s^a$  – ciepło spalania paliwa stałego w stałej objętości, kJ/kg;

$M_T$  – zawartość wilgoci w próbce analitycznej, %;

$w(H)_d$  – zawartość wodoru w paliwie (próbce) nie zawierającym wilgoci, % (przyjęto z danych literaturowych \* 4%).

W pomiarach uwzględniono dodatkowy efekt cieplny wynikający ze spalania drutu.

W badaniach użyto trzy próbki osadu ściekowego pobrane losowo z przekazanej próbki do badań po jej uprzednim wysuszeniu. Oznaczono je kolejnymi numerami: 1, 2, 3. Wyniki pomiarów i obliczeń zestawiono: dla zawartości wilgoci w tabeli nr 1, dla zbadanego ciepła spalania w tabeli nr 2 i, dla wartości opałowej w tabeli nr 3 oraz na rysunku 1. Temperatura odniesienia oznaczenia ciepła spalania wynosiła 20°C.

Tab. 1. Wyniki pomiarów zawartości wilgoci w próbkach

Próbka nr		1	2	3
Temperatura suszenia	°C	120	120	120
Czas suszenia	h/m/s	03:50:05	03:22:00	04:32:05
Masa próbki przed suszeniem	g	49,099	47,453	46,469
Masa próbki po suszeniu	g	8,212	7,372	7,211
Wilgotność	%	<b>83,275</b>	<b>84,465</b>	<b>84,482</b>
Sucha masa	%	16,725	15,535	15,518

Obliczona wartość opałowa, podana w tabeli 2, według wzoru (2) dotyczy próbki suchej o wartościach wilgotności podanych w tabeli 1 i dla przyjętej wartości zawartości wodoru w próbce suchej  $w(H)_d = 4\%$  według danych literaturowych\* (dokładne określenie zawartości wodoru w próbce wymaga oddzielnych dalszych badań).

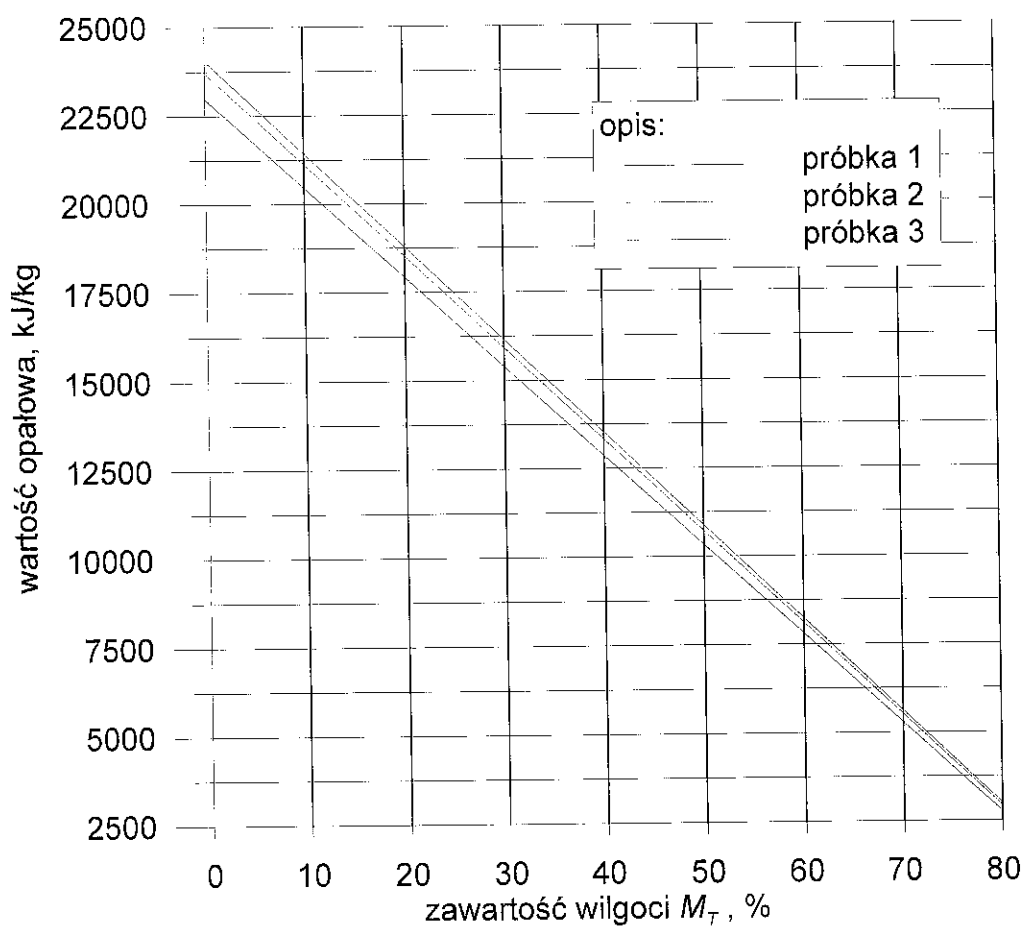
Tab. 2. Wyniki pomiarów ciepła spalania

Próbka nr		1	2	3
Masa próbki z drutem zapłonowym	g	1,24419	1,22789	1,14011
Masa drutu	g	0,00759	0,00745	0,00745
Masa drutu po spalaniu	g	0,00271	0,00439	0,00444
Masa próbki przed spalaniem	g	1,2366	1,22044	1,13266
Przyrost temperatury wody	°C	2,34	2,38	2,24
Masa tygielka z popiołem	g	8,24401	6,54382	7,22471
Masa tygielka	g	8,024	6,32618	7,01885
Masa popiołu	g	0,2201	0,21764	0,20586
Zawartość popiołu w próbce	%	17,79	17,83	18,17
Ciepło spalania $Q_s^a$	kJ/kg	<b>23809</b>	<b>24523</b>	<b>24866</b>
Wartość opałowa $Q_i^a$	kJ/kg	22985	23699	24042

Wartość opałowa podana w tabeli 3 i graficznie na rysunku 1 została obliczona ze wzoru (2) dla zmieniającej się wilgotności próbki od próbki suchej (zawartość wilgoci 0) do 80%.

Tab. 3. Wyniki obliczeń wartości opałowej w funkcji zawartości wilgoci

Zawartość wilgoci	próbka 1	próbka 2	próbka 3
%	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg
0	22985	23699	24042
10	20456	21099	21408
20	17928	18499	18774
30	15399	15899	16140
40	12871	13299	13505
50	10342	10699	10871
60	7813,9	8099,5	8236,9
70	5285,4	5499,6	5602,7
80	2757	2899,8	2968,5



Rys. 1. Graficzny obraz zmiany wartości opałowej paliwa w funkcji zawartości wilgoci

Dla porównania, w poniższej tabeli 4 zestawiono wartości opałowe wybranych paliw stałych oraz uzyskanych wyników dla osuszonego pofermentacyjnego osadu ściekowego.

Tab. 4. Wartości opałowe wybranych paliw stałych

Paliwo	Wartość opałowa, MJ/kg
Słoma**	13 - 15
Drewno**	6 - 10
Węgiel**	23 - 28
Osad pofermentacyjny	7,3 - 7,9

\* Wandrasz J. W., Wandrasz A. J.: *Paliwa formowane – biopaliwa I paliwa z odpadów w procesach termicznych*, Wydawnictwo "Seidel-Przywecki" Sp.z o.o., Warszawa 2006

\*\* Chmielniak T. *Technologie energetyczne*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2004.