

---

**PRACE**

**Instytutu Ceramiki  
i Materiałów Budowlanych**

---

***Scientific Works***  
of Institute of Ceramics  
and Building Materials

---

**Nr 10**

ISSN 1899-3230

**Rok V**

**Warszawa–Opole 2012**

---

MALGORZATA WZOREK\*

ANNA KRÓL\*\*

# Beurteilung der Qualität von Brennstoffen aus Abfällen, für den Einsatz in Mitverbrennungsprozessen mit Kohle

**Schlüsselwörter:** Abfälle, Brennstoffe aus Abfällen, Mitverbrennung mit Kohle.

Die Rechtsvorschriften, betreffend Umweltschutz, die u.A. die Rückgewinnung von Materialien und Energie aus Abfällen regeln, haben einem zunehmenden Interesse der Möglichkeit der Nutzung von Brennstoffen aus Abfällen in Prozessen der Mitverbrennung mit Kohle, beigetragen.

In der Schrift wird die Problematik der Klassifizierung und der Erfordernissen von Brennstoffen aus Abfällen, die in Mitverbrennungsprozessen mit Kohle, eingesetzt werden, beschrieben. Parameter, als kritisch geltende, wurden definiert, und es wurden Qualitätsstandards erörtert, die von den Brennstoffen, beim Einsatz in der Energetik und in der Zementindustrie, eingehalten werden müssen.

Die Werte der Parameter, die die Brennstoffe aus Abfällen charakterisieren müssen, sind von der Installation abhängig, in der sie eingesetzt werden sollen. Nichtsdestoweniger, sowohl in der Zementindustrie, wie auch in der Energetik, sind die gemeinsam definierten Parameter: der Heizwert, der auf die thermische Prozessparameter wirkt, und die Inhalte von Chlor und Quecksilber – die einen schädlichen Einfluss auf den technologischen Prozess und die Emission der Verunreinigungen, haben.

## 1. Einführung

In der letzten Zeit ist das Interesse, betreffend Nutzung von Brennstoffen aus Abfällen in industriellen Prozessen, gesteigert. Brennstoffe aus Abfällen in Prozessen der Mitverbrennung mit Kohle in energetischen Kesseln, in der Zementindustrie und in kommunalen Müllverbrennungsanlagen, die für die Mitverbrennung mit alternativen Brennstoffen ausgerüstet sind, wie auch in speziellen energetischen Anlagen, die nur zur Verbrennung dieser Brennstoffen vor-

---

\* Dr.-Ing., Politechnika Opolska.

\*\* Dr.-Ing., Politechnia Opolska.

gesehen sind [1–7]. Jeder von diesen Prozessen ist durch andere Anforderungen, betreffend Parameter der Brennstoffe, determiniert; aus diesem Grunde, ist das Problem der Bestimmung der Qualitätskriterien der Brennstoffe aus Abfällen – Subjekt der Diskussionen und Untersuchungen durch Forschungszentren, Herstellern und Nutzern von Brennstoffen. Die Verarbeitung von Abfällen in Richtung Brennstoffe, ermöglicht ein Produkt zu erhalten, der den präzisierten Qualitätsanforderungen des Prozesses genügen wird – in dem er genutzt werden soll. Dank dieser Verarbeitung vermeidet man technische Probleme und Betriebsprobleme die mit der Unstabilität und der Unhomogenität der Zusammensetzung, der nicht vorbehandelten Abfällen verbunden wären.

Laut Prognosen von QUO VADIS (Quality Management Organisation, VALIDation of Standards, Developments and Inquireies for Solid-Recovered Fuels), ist die Möglichkeit der Nutzung von Brennstoffen aus Abfällen in Ländern der EU (der ehemaligen 15 Staaten), auf 27÷37 Mill./Jahr [8–9], in dem:

- 3,5÷7,0 Mill. Mg/Jahr in der Zementindustrie – ersetzt ~15÷30% fossile Brennstoffe
- 6,5÷13 Mill. Mg/Jahr in der Produktion von elektrischer Energie – ersetzt ~2÷4% fossile Brennstoffe,
- 17 Mill. Mg/Jahr in der Produktion von Elektrischer Energie und Wärme, in Kraft-Wärme-Kopplung – ersetzt ~12% fossile Brennstoffe.

In Europa werden viele Begriffe für Brennstoffe aus Abfällen benutzt, wie alternative fuel, secondary fuel (alternative Brennstoffe). In Deutschland nennt man Brennstoffe aus Abfällen: SBS (Sekundärbrennstoffe, EBS (Ersatzbrennstoffe) oder BRAM (Brennstoff aus Müll) [2, 10–11]; in Italien – CDR (combustibili derivato di rifiuti) oder CSS (combustibilisolido secondario) [12]. Dagegen werden sie in anderen europäischen Ländern mit RDF (refused derived fuel) [13–16], oder als SRF [17–19], bezeichnet. Diese letzte Bezeichnung wurde vom Europäischen Normalisierungskomitee eingeführt [20–22]. In Polen funktionieren folgende Benennungen: alternativer Brennstoff [23–24], Ersatzbrennstoff [2, 25], geformter Brennstoff [4, 20–21], und in letzter Zeit wird auch die Benennung feste sekundäre Brennstoffe (poln. Bez. SRF), gebraucht [3, 9, 26].

Alternative Brennstoffe können aus Kommunallabfällen, industriellen und anderen Abfällen, die nichtgefährliche Abfälle darstellen und die entsprechende energetische Eigenschaften aufweisen, hergestellt werden. Zu den Abfallarten die für die Produktion von Brennstoffen eingesetzt werden zählt man: Kommunallabfälle, Papier, Kunststoffe, Gummi, Abfallfarbenlösungen, verbrauchte Öle, Reifen, zerkleinerte Reifen, Klärschlämme, Kanalisationsschlämme, tierische Abfälle, Textilien.

Der Bezeichnung alternative Brennstoffe, funktioniert in der Verordnung des Umweltministers vom 27 September 2001, betreffend des Abfallkatalog (Gesetzblatt

von 2001, Nr. 112, Pos. 1206). Laut Verordnung des Wirtschaftsministers vom 10 Februar 2004, über andere Abfallarten als gefährliche, und Installationsarten und Anlagen, in den man die thermische Umwandlung von Abfällen zulässt (Gesetzblatt von 2004, Nr. 25, Pos. 221), benennt man als alternative Brennstoffe – brennbare Abfälle, zerkleinerte, von einheitlichem Mischungsgrad, die durch Vermischung von Abfällen, anderen als gefährliche, mit oder ohne Zusatz von festen, flüssigen Brennstoffen oder Biomasse, die in Folge thermischer Umwandlung keine Überschreitung der Grenzniveaus von Emissionen, die in der Verordnung des Umweltministers über Emissionsstandards aus Installationen des Prozesses der Mitverbrennung von Abfällen, bestimmt sind, verursachen [27].

In Übereinstimmung mit der Norm PN-EN 15357 [28], bezeichnet man mit Festen Sekundärbrennstoffen SRF, Brennstoffe die aus Abfällen, anderen als gefährlichen, hergestellt wurden, und für die Nutzung zur Energierückgewinnung in Verbrennungsanlagen oder zur Mitverbrennung eingesetzt werden – die aber der Klassifizierung, nach norm PN-EN 15359 [29] genügen.

Dagegen wurde der Geformte Brennstoff von Wandrasz [4], als brennbare Substanz, die für die Realisierung eines bestimmten thermischen Prozesses, in bestimmten Prozessbedingungen, hergestellt auf Grund von physischen, physisch-chemischen, biologischen, biochemischen, biothermischen, und thermischen Umwandlungen – Basis von Brennstoffen natürlicher, künstlicher Herkunft, und brennbaren Substanzen verschiedener Herkunft, in dem biologisch-pflanzlicher und tierischer, Produkten aus der Verarbeitung von kommunalen, industriellen, medizinischen, in dem auch gefährlichen Abfällen und anderen Abfällen, die durch mechanische, chemische, biologische Formierung hergestellt wurden, und auch mit allen zugänglichen Mitteln und Technologien.

Die Wahl der Herstellungstechnologie von Brennstoffen aus Abfällen, ist von dem vorgegebenen Rohstoff und deren Bearbeitung, und den erwarteten Qualitätsmerkmalen, abhängig. Die Projektierung und Anpassung der Brennstoffherstellungsinstitutionen aus Abfällen ist Subjekt von mehreren Untersuchungen, Forschungs-Entwicklungsarbeiten und Projekt-Einführungsarbeiten.

Das Ziel der Abfallverarbeitung zu Brennstoffen ist, vor allem [4, 25]:

- die energetische Aufwertung der Abfälle,
- die Reduktion der gefährlichen Substanzen im Produkt, durch konzentrieren der gefährlichen Substanzen in den Nebenmassenflüssen der Installation.

In Tabelle 1 wurden die Parameter von Brennstoffen aus Abfällen (Mittelwerte), von verschiedenen Herstellern zusammengestellt.

Tabelle 1

*Beispiele von Parametern (mittlere Werte) von verschiedenen Brennstoffarten aus Abfällen [13, 23, 30]*

Parameter	Einheit	SBS 1 <sup>1</sup> [30]	BIOBS <sup>2</sup> [30]	RDF <sup>3</sup> [13]	RDF Pelets <sup>4</sup> [13]	PASi <sup>5</sup> [23]	PASr <sup>6</sup> [23]
Heizwert	MJ/kg	13,50	11,80	17,60	18,10	9,15	24,38
Wasserinhalt	%	25,20	26,80	11,70	2,90	30,45	3,19
Ascheinhalt	%	9,20	9,90	16,50	15,80	24,13	7,98
Chlorinhalt	%	0,38	0,26	0,79	0,58	0,24	0,23
Schwefelinhalt	%	0,18	0,20	b.d	b.d	0,28	0,23

<sup>1</sup> SBS 1 – Brennstoff, hergestellt auf Basis hochkalorischer Fraktion aus Kommunalabfällen, von der Firma REMONDIS®, mittlere Werte aus den Jahren 2009–2010;

<sup>2</sup> BIOBS (BIOBrennStoff) – Brennstoff, hergestellt aus hochkalorischer Abfallfraktion mit hohem Inhalt von biogenen verschiedener Art „Bioabfällen“, hergestellt von der Firma REMONDIS®, Mittelwerte aus den Jahren 2009–2010;

<sup>3</sup> RDF – Hergestellt in Italien aus getrockneten Kommunalabfällen (Fa Ecodeco, Pirelli und Herhof/Fusina);

<sup>4</sup> RDF Pelets – Brennstoff in Form von Pelets, hergestellt ausgewählten industriellen Abfällen, genutzt in Kraft-Wärmewerk Söderenergi;

<sup>5</sup> PASi (alternativer imprägnierter Brennstoff) – hergestellt aus einer Mischung eines Sorbens in Form von Spänen und Tabakstaub, mit Abfällen von Farben, Lackenschweren Fraktionen nach der Destillation von Kieselgur getränkt mit Erdölderivaten, hergestellt von der Fa EcoGal;

<sup>6</sup> PASr (alternativer zerkleinerter Brennstoff) – hergestellt aus Papier, Pappe, Folien, Lumpen, Textilien, Packmaterial aus Plaste, Bänder, Kabel und Putzmaterial, von der Fa SUWO.

## 2. Die Problematik der Qualitätsstandarisierung von Brennstoffen aus Abfällen

In vielen Ländern bemühte man sich, die Brennstoffe von Abfällen zu klassifizieren und ihre Qualitätsstandards zu bestimmen. Ein Beispiel für die Klassifizierung, die nur die Umwandlungsoperationen der Abfälle berücksichtigt, ist die Spezifikation des Brennstoffes RDF, nach ASTM (the American Society for Testing and Materials) [15], welche 7 Typen von Brennstoffen bestimmt, und zwar: als RDF 1 gilt eine brennbare Substanz, im nicht verwandeltem Zustand; RDF 2 – eine zerkleinerte Substanz mit / ohne magnetischer Separation; RDF 3 – eine zerkleinerte Substanz nach magnetischer Separation, Abscheidung von Glas und anderen anorganischen Substanzen, mit 95% Anteil der Körner, nach Siebung durch Quadratsieb 50 mm; RDF 4 – Staubartige Substanz, mit 95% Anteil der Körner, nach Siebung durch Quadratsieb 2 mm; RDF 5 – das ist RDF

brikettiert oder peletiert; RDF 6 – flüssiger Brennstoff, hergestellt aus umgewandelten Teilen von brennbaren Abfällen und RDF 7 – gasförmiger Brennstoff, hergestellt aus brennbaren Teilen von Abfällen.

Eine Klassifizierung die die Qualitätsparameter berücksichtigt, in dem die Brenneigenschaften und den Inhalt von schädlichen Bestandteilen, nach italienischen und finnischen Standards, wurden in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2

*Qualitätscharakteristik von Brennstoffen aus Abfällen, nach italienischen und finnischen Standards [13]*

Parameter	Einheit	Italien		Finnland		
		Standardqualität	hohe Qualität	Klasse I	Klasse II	Klasse III
Heizwert	MJ/kg	> 15	> 19			
Wasserinhalt	%	< 25	< 15			
Ascheinhalt	%	< 20	< 13			
Chlorinhalt	%	0,9	< 0,7	< 0,15	< 0,5	< 1,5
Quecksilberinhalt	mg/Kg TM	< 7	< 1	< 0,1	< 0,2	< 0,5
Inhalt von Cd+Tl	mg/Kg TM	-	< 4	< 1,0	< 4,0	< 5,0
Summe der Schwermetallen	mg/Kg TM	< 1040	< 350			

Die Bestimmung der Qualitätskriterien für alternative Brennstoffe ist seit Jahren Subjekt der Diskussionen und Bearbeitungen in vielen Untersuchungszentren, verschiedenen Institutionen, wie z.B. die Deutsche Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe, EURTIS (Europäische Gemeinschaft der Werke für Thermische Umwandlung von Abfällen), oder in Polen – ICHPW (Institut für Chemische Kohlenverarbeitung) und Abnehmern von Brennstoffen. Die Qualitätsstandards sind auch von Herstellern von Brennstoffen aus Abfällen, die auf Grund von Werksnormen oder Branchennormen, die Qualitätsklassen für Brennstoffe bestimmen, die in verschiedene Industriezweige geleitet werden. Als guter Beispiel ist hier die Fa REMONDIS®, die die Brennstoffe SBS (Brennstoff aus Kommunalabfällen, auf der Basis ausgesonderter Fraktionen, z.B. aus Gemischen von Kommunalabfällen, ähnlichen Abfällen und Sperrmüll), und den Brennstoff BPG (Brennstoff von hoher Qualität aus speziellen Abfällen, aus anderer Produktion, durch Verarbeitung der gegebenen Arten oder Gruppen von Abfällen), herstellt.

Die Spezifikation des Herstellers umfängt sechs Arten von Brennstoffen, die für verschiedene Abnehmer bestimmt sind [30]:

BPG 1 – Brennstoff für den Einsatz in Kraftwerken, hergestellt aus Papierresten, Fotopapier, Papierplatten, Filterpapier, Zellulosehandtücher, Makulatur und mit Wachs beschichtetes Papier;

BPG 2 – Brennstoff für den Einsatz in Zementwerken, hergestellt aus Papierabfällen, wie BPG 1 und Kunststoffen (Polyacryl und Polyolefine), Textilien und Auskleidungen usw.;

BPG 3 – Brennstoff der zum Einsatz in der Kalkindustrie, der aus armen an Mineralien Kunststoffen, aus Polyacryl-, Polyamid-, Polyester-, Polyolefinharzen usw., hergestellt wird;

SBS 1 – Brennstoff für den Einsatz in Braunkohle-Kraftwerken, hergestellt aus hoch energetischen Fraktionen von Kommunalabfällen und Bau-, und Industrieabfällen;

SBS 2 – Brennstoff für den Einsatz in Steinkohle-Kraftwerken und Zementfabriken, hergestellt aus Abfällen – wie SBS 1.

Die hauptsächliche Qualitätscharakteristik der oben genannten Brennstoffe wird in Tabelle 3 aufgeführt:

Tabelle 3

*Hauptsächliche Qualitätscharakteristik von Brennstoffen der Fa REMONDIS® [30]*

Parameter	Einheit	BPG 1	BPG2	BPG 3	SBS 1	SBS 2
Heizwert	MJ/kg	16–20	20–24	23–27	13–18	18–23
Wasserinhalt	%	< 35	< 20	< 12,5	< 35	< 20
Chlorinhalt	%	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 0,7	< 1,0
Fluorinhalt	%	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Schwefelinhalt	%	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,5	< 0,8
Ascheinhalt	%	< 20	< 15	< 9	< 20	< 15
Konzentration von Schwermetallen						
As	mg/kg TM	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Be		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cd		< 9	< 9	< 9	< 9	< 9
Co		< 12	< 12	< 12	< 12	< 12
Cr		< 120	< 120	< 120	< 120	< 120
Cu		< 400	< 400	< 400	< 400	< 400
Hg		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Mn		< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Ni		< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Pb		< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Sb		< 120	< 120	< 120	< 120	< 120
Se		< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
Sn		< 70	< 70	< 70	< 70	< 70
Tl		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Zwecks Vereinheitlichung der bestehenden Qualitätsstandards für Brennstoffe aus Abfällen, hat in letzter Zeit das Europäische Normalisierungskomitee CEN, ein neues Klassifiziersystem statuiert. Die Werte der Klassifizierungsparameter, für feste sekundäre Brennstoffe sind in Tabelle 4, dargestellt.

Tabelle 4

*Klassifizierungsparameter, für feste sekundäre Brennstoffe SRF, nach PN-EN 15359 [29]*

Klassifizierungsparameter	Statistische Werte	Einheit	Klasse				
			1	2	3	3	5
Heizwert	arithmetischer Mittelwert	MJ/kg	$\geq 25$	$\geq 20$	$\geq 15$	$\geq 10$	$\geq 3$
			Klasse				
Chlorinhalt	arithmetischer Mittelwert	% TM	1	2	3	3	5
			$\leq 0,2$	$\leq 0,6$	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$	$\leq 3$
Quecksilberinhalt	Medianwert 80.percentyl	mg/MJ	Klasse				
			1	2	3	3	5
			$\leq 0,02$	$\leq 0,03$	$\leq 0,06$	$\leq 0,08$	$\leq 0,16$
			$\leq 0,04$	$\leq 0,15$	$\leq 0,30$	$\leq 0,50$	$\leq 1,00$

Das von dem CEM vorgeschlagene System, beruht auf drei Parametern der Brennstoffen, nämlich dem Heizwert, Chlorinhalt und Quecksilberinhalt. Die Wahl dieser Parameter ist mit drei Aspekten der Brennstoffbeurteilung verbunden: ökonomischen, technologischen und der Emission. Das Streben zur Einführung der Standardisierung von Brennstoffen und deren Klassifizierung, hat zum Ziel das Präzisieren der Eigenschaften und die Garantierung der Qualität, die der Anforderungen des Abnehmers genügen. Brennstoffe aus Abfällen, können in mehreren Industriezweigen eingesetzt werden, aber zu den hauptsächlichsten Abnehmer zählen die Zementindustrie und die Energetik.

### 3. Qualitätskriterien von Brennstoffen aus Abfällen in der Energetik

Das Potential der Energetik, betreffend des möglichen Einsatzes von Brennstoffen aus Abfällen, ist beträchtlich größer als in der Zementindustrie, die Erfahrungen, jedoch betreffen hauptsächlich Deutschland und Holland, wo Brennstoffe aus Abfällen, seit dem Jahr 2000 genutzt werden [21]. Die Anforderungen an die Brennstoffe SRF, von Seiten des Energiesektors, auf Grund der Spezifikation von deutschen und holländischen Abnehmern, wurden in Tabelle 5, zusammengefasst.

Wasilewski und Andere [3, 26], beurteilten, das die Energetik in Anschaffung von Brennstoffen aus Abfällen interessiert ist, die folgend charakterisiert sind:

- stabile energetische Parametercharakteristik, auch bezüglich der, Emissionen und Korrosionseigenschaften (Heizwert, Schwefelinhalt, Chlorinhalt);
- einheitliche Granulation und Schüttdichte, die individuell für die gegebene Art der Kesselanlage angegeben werden soll;



– es dürfen keine metallische und mineralische Verunreinigen enthalten sein, die die Dosiereinrichtungen und Mahlanlagen beschädigen könnten.

Tabelle 5  
Anforderungen des Energetiksektor betreffend Brennstoffe SRF [21]

Parameter	Einheit	Kessel f. Kohlenstaub		Wirbelschichtkessel
		Steinkohle	Braunkohle	
Heizwert	MJ/kg	11–18 < 13,5*	13,5–18 < 13,5*	9–18 13,5*
Chlorinhalt	% TM	< 1,3 0,6*	< 0,7 0,4*	< 1,4 0,4*
Quecksilberinhalt	mg/MJ	< 0,065	< 0,085	< 0,028
Kadmiuminhalt	mg/MJ	< 1,21	< 0,42	< 0,63

\*

#### 4. Qualitätskriterien von Brennstoffen aus Abfällen in der Zementindustrie

Brennstoffe aus Abfällen, die in der Zementindustrie genutzt werden, müssen mehrere Anforderungen erfüllen, die aus dem technologischen Prozess resultieren. Vor allem müssen sie durch folgende Merkmale charakterisiert sein:

- brennstoffliche Eigenschaften, in dem mit dem Heizwert, der einen hauptsächlichen Parameter darstellt und einen grundsätzlichen Einfluss auf die Menge des subsidierten konventionalen Brennstoffs hat;
- entsprechende chemische Zusammensetzung, da die Asche nach der Verbrennung von dem Produkt – entstehendem Klinker absorbiert wird;
- entsprechende physische Eigenschaften, die die Eignung auf solche Operationen, wie Transport, Lagerung und Dosierung in den Drehofen.

In letzter Zeit, wurden die Anforderungen, betreffend der Parameter für verschiedene Brennstoffe, von den einzelnen Konzernen, präzisiert. Es herrscht jedoch die Meinung, dass es unmöglich ist, auf dem Niveau des Zementsektors, exakte Anforderungen an Brennstoffe aus Abfällen zu präzisieren. Parameter der Brennstoffe für die gegebene Drehofenanlage, verlangt eine individuelle Abmachung mit dem Betreiber der Ofeninstallation. In Tabelle 6, wurden Beispiele von Anforderungen verschiedener Konzernen, Organisationen und Ländern.

Tabelle 6

Angeforderte Parameter für alternative Brennstoffe, nach diversen Quellen [16, 21, 23, 31-32]

Parameter	Einheit	CEMEX Polska [31]			LAFARGE [23]	CEM-BURAU [32]	EURTIS [21]	Schweiz [16]	Deutschland [16]
		Alternativer Brennstoff 19 12 20	Gebrauchte Reifen 16 01 03	Klärschlamm					
Heizwert	MJ/kg	> 17* > 20**	> 30	> 12	> 14*** > 11,7****	> 13	> 15	18	-
Wassergehalt	%	< 20	< 1	< 10	-	< 30	-	-	-
Asche	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Chlor	%	< 0,7	< 0,05	< 0,7	< 0,2	< 0,3	< 0,5	-	1,5
Schwefel	%	< 1	< 2	< 1	< 2,5	< 2,5	< 0,4	-	-
Σ Schwermetalle		< 2 000	< 2000	< 2 000	< 2 500	< 2 500	-	-	-
Hg		-	-	-	< 10	< 10	< 2	0,5	1,2
Cd + TI + Hg		-	-	-	-	< 100	< 14	-	-
Cd + Hg		-	-	-	< 100	-	-	-	-
As		-	-	-	-	-	-	15	13
Sb		-	-	-	-	-	-	5	120
Be		-	-	-	-	-	-	5	2
Pb		-	-	-	-	-	-	200	400
Cd		-	-	-	-	-	-	2	9
Cr		-	-	-	-	-	-	100	250
Cu		-	-	-	< 50	-	0,2-0,5	100	700
Co		-	-	-	-	-	-	20	12
Ni		-	-	-	-	-	-	100	-
Zn		-	-	-	-	-	-	400	-
Sn		-	-	-	-	-	-	10	70
PCB		-	-	-	-	-	-	-	-
Granulierung	mm	< 30	< 30	Granulat/Staub	-	-	-	-	-

\* - Vorcalcinator, \*\* - Hauptbrenner (> 21 MJ/kg Zementwerk „Chelm“), \*\*\* - Wochenmittelwert, \*\*\*\* - Tagesmittelwert

## 5. Resümee

Das Interesse an der Abfallverarbeitung in Richtung Herstellung von alternativem Brennstoff, geht aus mehreren Aspekten hervor. Vor allem – setzt man in Prozessen der Mitverbrennung mit Kohle, Brennstoffe aus Abfällen – vermeidet man Probleme, die bei der direkten Verbrennung von nicht bearbeiteten Abfällen auftreten, wie Unhomogenität der Zusammensetzung und Unstabilität der physisch-chemischen Eigenschaften. Zusätzlich erzwingen einigermassen die Rechtsregulierungen eine Änderung bei dem Betrachten der brennbaren Abfallfraktionen, und gleichzeitig sucht die Industrie nach billigeren als, ursprüngliche Brennstoffe, Energiequellen; aus diesem Grund nimmt die Herstellung von Brennstoffen aus Abfällen, an ihrer Bedeutung zu.

Die Zementindustrie und die Energetik, sind die größten potenziellen Abnehmer von Abfallbrennstoffen, und jeder von ihnen determiniert andere Anforderungen, betreffend Parameter der genutzten Brennstoffe. Dennoch sind die Qualitätsanforderungen in beiden Fällen, betreffend solcher Parameter, wie: Heizwert, Inhalt von Chlor, Schwefel und Schwermetallen, in dem Quecksilber, abhängig von der Art der Installationen, in der sie eingesetzt werden. Diese Anforderungen, betreffen nicht nur die energetischen Eigenschaften, für die gegebene Anlage, aber auch die physische Natur des Brennstoffes (Granulierung oder auch den Zerkleinerungsgrad) – was auch der Gegenstand der individuellen Vereinbarung zwischen Hersteller und Abnehmer des Brennstoffes ist. Von den Brennstoffherstellern fordert man die Einhaltung der festgelegten technologischen Standards, die mit Erhaltung der Stabilität des Verbrennungsprozesses verbunden sind und die ökologische Sicherheit gewährleisten.

## Literatura/Literaturverzeichnis

- [1] Wielgosiński G., Pająk T., *Współspalanie odpadów*, [w:/in:] *Energia z odpadów*, red. R. Zarzycki, PAN, Łódź 2008, s. 99-114.
- [2] Szpat R., Sebastian M., *Standaryzacja paliw z odpadów*, „Ochrona Środowiska” 2003, nr 25 (1), s. 31-38.
- [3] Wasilewski R., Sobolewski A., *Uwarunkowania dla produkcji i wykorzystania paliw alternatywnych w Polsce*, [w:/in:] *Współspalanie biomasy i paliw alternatywnych w energetyce*, red. M. Ściążko, J. Zuwała, M. Pronobis, Wydawnictwo Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla Politechniki Śląskiej, Zabrze 2007.
- [4] Wandrasz J.W., Wandrasz A.J., *Paliwa formowane*, Wydawnictwo Seidel, Przywecki, Warszawa 2006.
- [5] Kruczek H., Kozłowska A., *Spalanie i współspalanie odpadów i biomasy*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2005.
- [6] Pająk T., *Wybrane aspekty współspalania odpadów w instalacjach przemysłowych*, [w:/in:] *Efektywność gospodarowania odpadami. VI Międzynarodowe Forum Gospodarki Odpadami*, Wydawnictwo Futura, Licheń-Poznań 2005, s. 341-352.

- [7] Stehlik P., *Contribution to advances in waste-to-energy technologies*, „Journal of Cleaner Production” 2009, Vol. 17, s. 919–931.
- [8] Van Tubergen J., SRF: an important contribution to achieving environmental and energy related goals, Conference proceedings titled: Waste Management and Solid Recovered Fuel Potential in the Enlarged European Union, Larnaca (Cyprus), June 20–23, 2006, 20–39, <http://quovadis.rse-web.it/QUOVADIS%20Workshop%20Larnaca%20Proceedings-final.pdf> (1.08.2012).
- [9] Sobolewski A., Wasilewski R., *Wykorzystanie stałych paliw wtórnych w instalacjach energetycznych*, „Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów” 2008, nr 3/4, s. 69–76.
- [10] Glorius T., *Aufbereitung von hochkalorischen Stoffströmen zu Sekundärbrennstoffen: Bio- und Restabfallbehandlung IV*, Witzenhausen Institut, Witzenhausen 2000.
- [11] Schückes M., *Perspektiven der Sekundärbrennstoff-Mitverbrennung in den Braun- und Steinkohlekraftwerken von NRW, MUNLV NW, Symposium, Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz, 26 Oktober 2007*, Duisburg 2007.
- [12] Wasilewski R., Sobolewski A., Stałe paliwa wtórne – jako element systemu odzysku energii z odpadów, [www.cire.pl](http://www.cire.pl) (1.08.2012).
- [13] Van Tubergen J., Milieu E., Glorius T., Scoribel W.E., Classification of Solid Recovered Fuels, European Commission – Directorate General Environment Refuse Derived Fuel, Current Practice and Perspectives, Final Report, July 2003, <http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/rdf.pdf> (1.08.2012).
- [14] Caputo A.C., Palumbo M., Scacchia F., *Perspectives of RDF use in decentralized areas: comparing power and co-generation solutions*, „Applied Thermal Engineering” 2004, Vol. 24, s. 2171–2187.
- [15] Caputo A.C., Pelagagge P.M., *RDF production plants: I Design and costs*, „Applied Thermal Engineering” 2002, Vol. 22, s. 423–437.
- [16] Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries, May 2010, [http://www.bvt.umweltbundesamt.de/archiv-e/bvt\\_zement-kalk-magnesiumoxidindustrie\\_zf.pdf](http://www.bvt.umweltbundesamt.de/archiv-e/bvt_zement-kalk-magnesiumoxidindustrie_zf.pdf) (1.08.2012).
- [17] International Workshop on Solid Recovered Fuel. SRF market views in Europe, Helsinki, 31 Mai 2010, [http://erfo.info/fileadmin/user\\_upload/erfo/documents/presentations/helsinki\\_2010/Bert\\_Straetmans.pdf](http://erfo.info/fileadmin/user_upload/erfo/documents/presentations/helsinki_2010/Bert_Straetmans.pdf) (1.08.2010).
- [18] Hilber T., Maier J., Scheffknecht G., Agraniotis M., Grammelis P., Kakaras E., Glorius T., Becker U., Derichs W., Schiffer H.P., De Jong M., Torri L., *Advantages and possibilities of solid recovered fuel co-combustion in the European energy sector*, „Journal of the Air & Waste Management Association” 2007, Vol. 57, s. 1178–1189.
- [19] Kakaras E., Grammelis P., Agraniotis M., Derichs W., Schiffer H.P., Maier J., Hilber T., Glorius T., Becker U., *Solid recovered fuel as coal substitute in the electricity generation sector*, „Thermal Science” 2005, Vol. 9, s. 17–30.
- [20] Garg A., Smith R., Hill D., Simms N., Pollard S., *Wastes as Co-Fuels: The Policy Framework for Solid Recovered Fuel (SRF) in Europe, with UK Implications*, „Environmental Science Technology” 2007, Vol. 41, s. 4868–4874.
- [21] Van Tubergen J., Milieu E., Glorius T., Waeyenbergh E., Classification of solid recovery fuels, European Recovered Fuel Organization 2005, [http://www.erfo.info/fileadmin/user\\_upload/erfo/documents/classification/Classification\\_report.270205.pdf](http://www.erfo.info/fileadmin/user_upload/erfo/documents/classification/Classification_report.270205.pdf) (1.08.2012).

- [22] Technical Committee on Solid Recovered Fuels CEN/TS15359:2010.
- [23] Mokrzycki E., Uliasz-Bocheńczyk A., Sarna M., *Use of alternative fuels in the Polish cement industry*, „Applied Energy” 2003, Vol. 74, s. 101–111.
- [24] *Paliwa alternatywne na bazie sortowanych odpadów komunalnych dla przemysłu cementowego*, Stowarzyszenie Producentów Cementu, B.m. 2008.
- [25] Wandrasz J.W., *Podstawy formowania paliw – paliwa formowane*, [w:/in:] *Paliwa z odpadów*, t. 4, red. J.W. Wandrasz, Wydawnictwo Helion, Gliwice 2003, s. 47–49.
- [26] Wasilewski R., Sobolewski A., Stelmach S., *Stale paliwa wtórne dla energetyki*, [w:/in:] *Paliwa z odpadów*, t. 4, red. J.W. Wandrasz, Wydawnictwo Helion, Gliwice 2003, s. 23–28.
- [27] Rozporządzenie Ministr. Gospod. rki z dnia 10 lutego 2004 r. w spr. wie rodz. jów odp. dów innych niż niebezpieczne or. z rodz. jów inst. l. cji i urzędzeń, w których dopuszcz. się ich termicz. nie przeksz. l. c. nie, Dz.U. z 2004 r. nr 25, poz. 221.
- [28] PN-EN 15357: Solid recovered fuels – Terminologia, definicje i rodzaje.
- [29] PN-EN-15359:2010 – Solid recovered fuels. Specification and classes.
- [30] Glorius T., The EU-Project RECOFUEL, Quo vadis Workshop, Rome, 23–25 November 2007, [http://www.slidefinder.net/t/the\\_20eu\\_20srf.demonstration\\_20project/15\\_theeusrf-demonstrationprojectrecofuel10-2007rome/2500841](http://www.slidefinder.net/t/the_20eu_20srf.demonstration_20project/15_theeusrf-demonstrationprojectrecofuel10-2007rome/2500841) (1.08.2012).
- [31] Bąblewski P., Współsp. l. nie p. liw. l. tern. tywnych w cementowni. ch Cemex Polsk. , I Forum P. liw. Altern. tywnych, 29–30 wrześni. , Lubliniec 2011, [www.forump. liw. l. tern. tywnych.pl/files/Piotr%20Bablewski.pdf](http://www.forump. liw. l. tern. tywnych.pl/files/Piotr%20Bablewski.pdf) (1.08.2012).
- [32] Duda J., *Energooszczędne i proekologiczne techniki wypalania klinkieru cementowego*, „Pr. ce Instytutu Miner. l. nych M. teri. lów Budowl. nych w Opolu” 2004, wyd. spec.

MAŁGORZATA WZOREK  
ANNA KRÓL

#### QUALITY ASSESSMENT OF FUELS FROM WASTE USED IN THE PROCESSES OF CO-COMBUSTION WITH COAL

**Keywords:** fuels from waste, waste to energy, co-combustion process.

The laws regulation, which are connected with environmental protection, dictate material and energy recovery from waste. This situation leads to increased interest in the possibility of using fuels made from waste in industrial processes.

The paper presents problems of classification and the requirements of fuels from waste used in the coal co-combustion processes. Defined parameters are presented and discussed as quality standard requirements of fuels from waste used in the energy sector and the cement industry.

Value of the those parameters depend on the type of installation where fuel from waste are used, but in both the cement and power plants common-defined parameters, are the calorific value, affecting the thermal condition of the process and also content of chlorine and mercury, which adversely impact on the technological process and emissions.