Dr inż. Jan J. Hycnar
Ecocoal Consulting Center Katowice

EUROCOALASH
weryfikacja popiołów ze spalania węgla

W dniach od 6 do 8 października 2008 roku odbyła się w Warszawie międzynarodowa konferencja EUROCOALASH, która podsumowała dotychczasowy dorobek oraz określiła potrzeby dalszych działań na rzecz racjonalnej gospodarki ubocznymi produktami spalania węgla (ups). Zagadnienia te stają się coraz poważniejsze i coraz trudniejsze do rozwiązania nie tylko ze względu na duże i wzrastające ilości popiołów lotnych i żużli, ale także zaostrzane prawa ochrony środowiska i stosowanie reguł dotyczących odpadów, nie najlepiej służących (przyczyniających się) wykorzystaniu ubocznych produktów spalania. Duże nadzieje na złagodzenie obecnej sytuacji powinna dać nowelizacja Dyrektywy Odpadowej UE, w której zostanie zdefiniowany na nowo status odpadów i wprowadzony status produktów ubocznych. Natomiast materiały nie będące odpadami będą podlegały regulacjom REACH [3,11]. Problemy te są charakterystyczne nie tylko dla energetyki, ale także dla użytkowników popiołów i to nie tylko w naszym kraju [3,15,41]. Dużą pomoc w rozwiązywaniu tych zawiłości i tworzeniu instrumentów prawnych oraz promowaniu współpracy międzynarodowej i wymiany rozwiązań technologicznych zagospodarowania ubocznych produktów spalania gwarantuje ECOBA (European Coal Combustion Products Associaton) [48] i Polska Unia UPS [47].

Prognozowane na najbliższe trzydziestolecie utrzymanie udziału węgla na dotychczasowym poziomie (w energii pierwotnej 25% i 40% w produkcji energii elektrycznej) oznacza wzrost ilości spalanego węgla z 5370 mln ton w 2006 roku do 10 560 mln ton w 2030 roku. Jeżeli uwzględnimy, że 60% tego węgla będzie przeznaczone do produkcji energii elektrycznej, to w tym okresie **wzrośnie ilość ubocznych produktów spalania węgla z około 480 do około 950 mln ton** [17,19].

Tematyka zawarta w 44 referatach obejmowała podstawowo cztery grupy problemów.

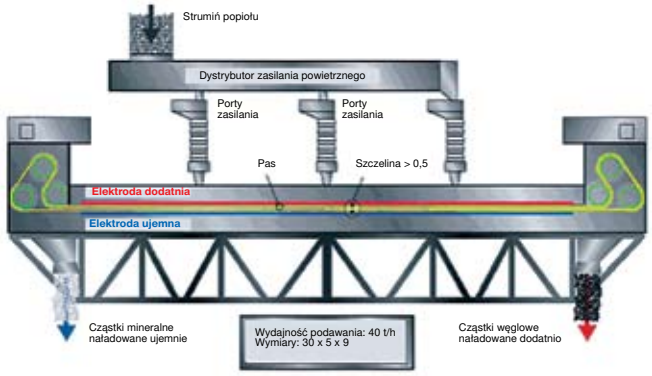
Powstawanie ubocznych produktów spalania

Rozwój techniki spalania, dawniejszą listę odpadów paleniskowych z kotłów pyłowych i rusztowych znacząco rozszerzył o popioły lotne i denne z palenisk fluidalnych, popioły lotne z półsuchego odsiarczania spalin i gips z odsiarczania spalin oraz o popioły lotne z układów odpopielania spalin wyposażonych w instalacje SCR, zawierające związki amoniaku [3,5,7,15,28]. Dodatkowo mamy do czynienia z popiołami lotnymi i żużlami powstającymi ze spalania biomasy i paliw alternatywnych oraz ich mieszanin z węglem [10,15,16,33]. Już w niedalekiej przyszłości lista ta zostanie powiększona o uboczne produkty ze zgazowania paliw stałych i ciekłych [17]. Odmienność paliw i warunków ich spalania oraz sposobów oczyszczania i wydzielania stałych produktów spalania i oczyszczania spalin tworzy dużą gamę stałych produktów spalania, wymagających najczęściej indywidualnego rozpatrywania i rozwiązywania sposobów ich zagospodarowania.

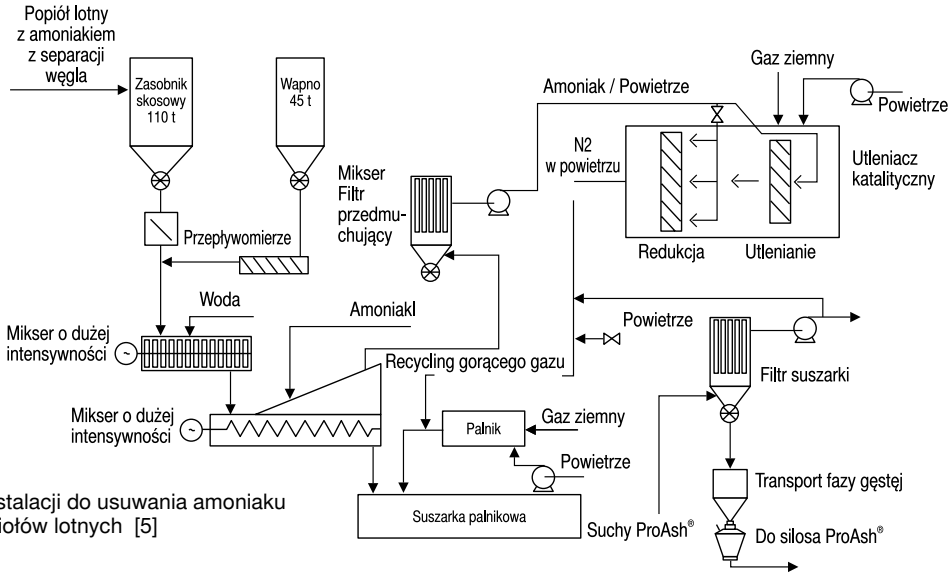
Jednym z ważnych kryteriów oceny jakości procesu spalania i przydatności ubocznych produktów spalania do zastosowania do produkcji materiałów budowlanych i w budownictwie są straty przy prażeniu popiołów lotnych i żużli. Dobrym przykładem selekcji i zapewnienia dostaw popiołów lotnych o ustalonej jakości jest **ciągły pomiar strat przy prażeniu**, połączony ze sterowaniem miejsca ich składowania i wydawania [43].

Rozwiązanie problemu podwyższonych wartości strat przy prażeniu i niespalonego węgla w popiołach lotnych przedstawiono na przykładach przemysłowych wdrożeń **16 separatorów elektrostatycznych** w 11 elektrowniach i zakładach przeróbki popiołów w USA, Kanadzie i W. Brytanii [5].

Separator ST o wymiarach 9x1,5x2,7 m, charakteryzuje się przepustowością suchego popiołu 40 t/h – rysunek 1. Wydzielanie ziaren niespalonego węgla polega na podawaniu popiołu do wąskiej szczeliny pomiędzy dwoma równoległymi elektrodami, gdzie ziarna są ładowane tryboelektrycznie poprzez wzajemne ocieranie się. Dodatnio naładowane ziarna węgla i ujemnie naładowane ziarna minerałów są przyciągane do przeciwnych elektrod i wydzielane jako popiół oczyszczony (straty przy prażeniu poniżej 4%) i koncentrat węglowy (straty przy prażeniu 25–50%). Odwęglony popiół w pełni jest wykorzystywany do produkcji materiałów budowlanych, a koncentrat węglowy zawracany do ponownego spalania w elektrowni lub w cementowni. Jak do tej pory, co jest dziwnym, zainteresowania wdrożeniem omawianej technologii jest tylko energetyka w Zakładach Sodowych w Janikowie [31].



Rys. 1. Schemat działania separatora elektrostatycznego ST [5]



Rys. 2. Schemat instalacji do usuwania amoniaku z popiołów lotnych [5]

Osobnym problemem, poważnie narastającym i ograniczającym zagospodarowanie popiołów lotnych, jest zawartość w nich związków amonowych, które w środowisku alkalicznym (zaprawy, beton itp.) uwalniają amoniak. Mimo że w wielu krajach brak jest normowego ograniczenia zawartości amoniaku, w USA przyjmuje się, że ta zawartość powinna być niższą od 100 mg/kg, a w Niemczech od 50 mg/kg, W przypadku popiołów lotnych z *Tampa Electric Big Bend* (USA) zawierających amoniak w ilości przekraczającej 1000 mg/kg popiołu, zastosowano **technologię odamoniakowania popiołów** – rysunek 2 [5].

Technologia ST polega na intensywnym wymieszaniu popiołu z małą ilością tlenku wapnia (poniżej 2%) i wody (1 do 3, średnio 2%) oraz następnym przesuszeniu w temperaturze 65°C mieszaniny w suszarce opalanej gazem. Wydzielony amoniak jest utleniany do azotu cząsteczkowego. Poruszony w dyskusji aspekt ekonomiczny procesu został szybko skwitowany, że jeżeli elektrownia nie ma możliwości składowania popiołu to każde z przytoczonych rozwiązań jest dobre i na ogół tańsze od 80 USD/t. Proces należy do bardzo skutecznych, umożliwiających usunięcie amoniaku powyżej 90 % i uzyskanie popiołu o zawartości amoniaku poniżej 50 mg/t, z zawartością wody poniżej 0,3%.

Do domielenia i aktywacji popiołów lotnych, zwiększających możliwość wykorzystania wapienia w zawracanych popiołach do paleniska i produkcji aktywowanych popiołów jako dodatku pucolanowego do betonów, zaproponowano zastosowanie młynów elektromagnetycznych z ferromagnetycznymi mielnikami poruszanymi wirującym polem elektromagnetycznym [34]. Przedłożone analizy porównawcze młynów stosowanych do mielenia mineralnych materiałów ziarnistych wykazują „niezwykle korzystne ekonomicznie i technicznie" walory młynów elektromagnetycznych.

Na potrzebę i zalety domielenia popiołów lotnych, w tym wysokowapniowych i ze spalania biomasy, zwrócono uwagę także w innych referatach [16, 38].

Możliwości **energooszczędnego rurociągowego systemu transportu pneumatycznego** popiołów lotnych zareprezentowano na przykładzie rozwiązania Fluidcon [9], bazującego na aeracji transportowanego materiału pyłowego. Proponowane rozwiązanie w porównaniu z systemami konwencjonalnego transportu pneumatycznego zużywa miej energii elektrycznej o 38–47% i redukuje ilość powietrza odpylającego do 61%. Opisane rozwiązanie zastosowano między innymi do transportu popiołów lotnych (od 8 do 60 t/h na odległość od 30 do 190 m), mączki wapiennej (od 15 do 125 t/h; od 40 do 190 m) i pyłu węglowego (12 t/h; 300 m).

Badania i właściwości ubocznych produktów spalania

W Polsce i w wielu krajach prowadzone są obszerne badania nad rozeznaniem składu i właściwości ubocznych produktów spalania oraz ich znaczeniem dla rozszerzenia ich zagospodarowania i oceny ich oddziaływania na środowisko. Szereg tych badań podporządkowano spełnieniu wymogów obowiązujących norm i aprobat aplikacyjnych, na uwagę zasługują badania nad spełnieniem wymogów norm na popioły lotne do betonów (PN-EN-450-1) i do celów drogowych (PN-S-06111103) i ich odpowiedników poszczególnych państw [6,10,12,14,19,29,30,33,38,42].

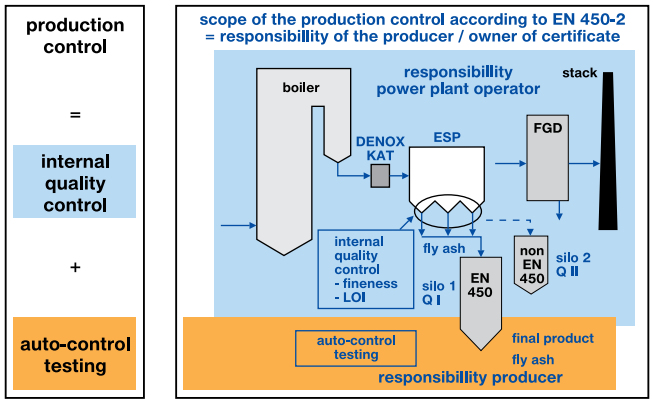
Szczególnie interesujące i ważne znaczenie posiadają badania nad **własnościami wiążącymi popiołów lotnych**, praktycznie decydujących o ich zastosowaniu jako samodzielnych spoiw lub dodatków wiążących (w tym puzolany) [8,10,20,30,33]. Właściwości pucolanowe krzemianowych popiołów lotnych są ściśle związane z zawartością fazy szklistej i określane są najczęściej zawartością ziaren kulistych i o uziarnieniu mniejszym od 45 μm oraz powierzchnią właściwą [19,33].

Badanie własności wiążących popiołów lotnych według obowiązującej normy (PN-EN-450-1) jest zabiegiem długotrwałym (oznaczanie wytrzymałości na ściskanie i zginanie po 7, 28, 90 i 180 dniach dojrzewania zapraw cementowych) i z tego powodu jest kłopotliwą metodą oceny popiołów. Przeprowadzone badania aktywności pucolanowej kilkoma metodami 11 różnych popiołów lotnych rodzaju krzemianowego wykazały spójność wyników badań metody normowej z amerykańską normą ASTM C 379-565. Amerykańska metoda polega na oznaczeniu zawartości reaktywnych tlenków krzemu i glinu w procesie roztwarzania próbki popiołu w 1 normalnym roztworem wodorotlenku sodu. Przy badaniach aktywności pucolanowej metodą ASTM stwierdzono bardzo dobrą korelację wyników z rezultatami otrzymanymi przy ustalaniu wskaźników aktywności pucolanowej. Niezależnie od zastosowanej metody badania aktywności najmniej korzystnymi

właściwościami okazały się dwie próbki popiołów powstałych ze spalania węgla kamiennego z biomasą [33].

Tematem podnoszonym w dyskusji i częściowo w referatach były też **metody oznaczania wymywalności popiołów** i oceny ich wyników [42]. Stosowanie metodyki opracowanej dla odpadów niejednokrotnie jest zaprzeczeniem zachodzących mechanizmów zmian w strukturze popiołów lotnych, wykazujących właściwości pucolany. Wiele popiołów jest dyskwalifikowanych z powodu zawyżonego pH wyciągów wodnych, które w warunkach ich zastosowania nie mają miejsca, gdyż ulegają zeskaleniu itd. Generalnie występuje pogląd o konieczności opracowania metody oznaczania i kryteriów oceny adekwatnych do właściwości ups-ów.

Popioły lotne stosowane do betonów, cementu i do drogownictwa stanowią produkty, które muszą spełniać odpowiednie wymagania. Obowiązująca na przykład norma DIN EN-450-2/4/ definiuje wymagania dotyczące jednolitości, nieszkodliwości i wydajności nieodzownych dla zagwarantowania minimalnej jakości popiołu lotnego, stosowanego jako dodatku do betonu [10]. Oznacza to **konieczność prowadzenia kontroli produkcji** przez samego wytwórcę oraz kontroli przez trzecią stronę w postaci akceptowanego ciała nadzorczego. Wytwórca popiołu lotnego, to jest posiadacz certyfikatu, jest odpowiedzialny za zakładową kontrolę produkcji składającą się z wewnętrznej kontroli jakości i autokontrolnego badania próbek produktu – rysunek 3.

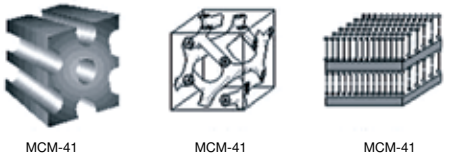


Rys. 3. Schemat kontroli jakości popiołów według wymagań normy DIN EM 450-2/4/ [10]

Duże znaczenie dla rozwoju stosowania popiołów lotnych żużli do uzdatniana gruntów słabych ma opracowanie wyników badań dokonanych wdrożeń [24, 25]. Między innymi opracowano metodę matematyczną ustalania osiadania warstwy konsolidacyjnej dla warunków występowania tylko filtracji poziomej. Opracowana metoda pozwala na prognozowanie osiadania popiołu wykorzystanego do przeciążania podłoża słabego.

Perspektywy zwiększenia zagospodarowania popiołów lotnych stwarzają badania prowadzone nad ich modyfikacją i wytwarzaniem **materiałów mezoporowatych** [22, 36]. W wyniku oddziaływania wodorotlenku sodu na glinokrzemiany zawarte w popiołach, w roztworze lub poprzez spiekanie, zostaje uwolniona krzemionka i tworzy się krzemian sodu, który poprzez dalszą obróbkę i kalcynację tworzy uporządkowane materiały mezoporowate – rysunek 4.

Wytworzone sita molekularne charakteryzują się dużymi zdolnościami sorpcyjnymi między innymi dla SO_2, NO_x i CO_2. Interesującym jest, że ze wzrostem temperatury (ok. 100°C) wzrasta pojemność sorpcyjna CO_2 na sicie heksogenalnym MCM-41.



Rys. 4. Typy struktur materiałów mezoporowatych MCM [36] – 41 struktura heksagonalna, – 48 struktura regularna, – 50 laminarna

Często dyskutowany temat **stosowania popiołow do rekultywacji i w rolnictwie** także był przedmiotem dyskusji na konferencji. Przeprowadzone badania wazonowe z popiołami fluidalnymi ze spalania węgla kamiennego z i bez dodatku osadów ściekowych, słomy i preparatu z mikroorganizmami wykazały, że połączenie gleby lub popiołu z osadem ściekowym i słomą w istotny sposób wpłynęły na wzrost zarówno świeżej jak i suchej masy trawy *festulolium braunii* odmiany *felopa* [13] oraz na liczebność bakterii *proteolitycznych, amylolitycznych* i *lipolitycznych* [23]. Prowadzone natomiast badania zagęszczenia wybranych populacji makrofauny glebowej na modelu rekultywacyjnym składowiska popiołów z węgla kamiennego, pozwoliły stwierdzić występowanie 9 gatunków organizmów [18].

Zagospodarowanie ubocznych produktów spalania

Ilość wytwarzanych i zagospodarowywanych ubocznych produktów w poszczególnych krajach jest znacząco zróżnicowany, co ilustrują dane w tabeli 1.

Analiza prezentowanych wyników wskazuje, że największa ilość ups-ów jest zagospodarowywana do produkcji cementu, wytwarzania betonów i w budownictwie inżynieryjnym. Wśród wielu prezentacji świadczących o masowym zagospodarowaniu popiołow, polskie rezultaty należą do pozytywnie wyróżniających się. Największe ilości ubocznych produktów spalania, w bilansie ich wykorzystania dotyczą:

- produkcji klinkieru i cementu w: UE-15 7,9 mln, Japonii 7,3 mln ton, USA 5,0 mln ton, Polsce 1,1 mln ton [3,15,21,42,45];
- betonów w: USA 14,5 mln ton, UE-15 7,71 mln ton; Niemczech 3 mln ton, Polsce 1,9 mln ton [3,10,15,45];
- drogownictwa i robót inżynieryjnych w: Japonii 1,8 mln ton, Polsce 0,6 mln ton [42,45];
- górnictwa w: USA 6,7 mln ton, Polsce 4,6 mln [15,28,45].

Nowym obszarem zastosowania popiołów lotnych są betony na **kruszywach recyklingowych** [1]. Przeprowadzone obszerne badania poprzedzające wdrożenie ujawniły, iż wytrzymałość omawianych betonów poprawiła się i rośnie w późniejszym okresie dojrzewania wraz z dodatkiem popiołu lotnego zastępującego cement do 30%.

Interesujące są także badania i dokonywane wdrożenia wskazujące na **możliwość zwiększenia udziału popiołu lotnego w betonach** („powyżej 40% staje się zwykłą sprawą") oraz możliwość całkowitego zastąpienia cementu popiołem lotnym ze zmielonym szkłem [15].

Na szczególna uwagę zasługuje masowe **zagospodarowanie popiołów z odpadami górniczymi** („małżeństwo doskonałe") do wytwarzania kruszyw Geo-Utex przeznaczonych do szerokiego zakresu robót inżynieryjnych [44]. Kruszywo jest mieszaniną kruszywa o uziarnieniu 0–63 mm wytwarzanego z nieprzepalonego

Tabela 1

Bilans produkcji i wykorzystania ubocznych produktów spalania

Kraj	Rok	Produkcja, tys ton Zagospodarowanie, %							Źródło
		razem ups „CCP”	popiół lotny „FA”	żużel „BA”	żużel paleniskowy i topiony „BS”	popiół fluidalny „FBC”	popiół z produktami odsiarczania „SDA”	gips z odsiarczania spalin „FGD”	
Chiny	2003	153,300 68%	–	–	–	–	–	–	42
USA	2007	131.128 42,7%	71.700 44,1%	18.100 40,3%	2.073 75,0%	6.093 84,4%	20.862 5,1%	12.300 80,3%	15
EU-27 EU-15	2007 2005	100.000 64.000 53,4%	42.800 49,1%	6.150 45,5%	2.000 100,0%	960 52,1%	510 58,8%	11.580 65,6%	3
Rosja	2005	45.100							40
RPA	2006	37.000 5,4%							19
Niemcy	2006	26.115 99%	13.300 97%	2.560 89%	1.770 100%	710 100%	320 100%	7.490 100%	10
Polska	2006	15.627 79,4%	13.313	2.314	–	–	=	–	45
Japonia	2004	11.152 95,7%							42
Grecja	2005	11.000 10%							39
Korea Płd*)	2003	5.300 77%							42
Tajlandia	2003	4,200 15%							42
Wietnam	2003	4.100 10%							42

*) W 2000 roku 100 tys. ton popiołu wyeksportowano do Chin i 100 tys. ton popiołów zaimportowano z Japonii

łupka przywęgłowego ze spoiwem Solitex, wytwarzanym na bazie popiołów lotnych zawierających produkty odsiarczania spalin metodą półsuchą. Do dużych osiągnięć należy zastosowanie do budowy autostrady A1 (Bełk – Sośnica) produktów na bazie popiołów, a mianowicie: kruszywa Geo-Utex w ilości 30 tys. ton, betonu popiołowo-żużlowego 2,5-5 MPa w ilości 6 tys. ton i piasku żużlowego w ilości 8 tys. ton.

Kryteria uruchomienia produkcji **kruszywa lekkiego** Kabet z popiołów, dla warunków w Czechach, przedstawiono w dwóch referatach [26, 27]. Decyzje zostaną podjęte na podstawie wyników analizy PEST (podsumowanie czynników politycznych, prawnych, gospodarczych, społecznych i kulturowych, technicznych i technologicznych obszaru makro) i SWOT (mocne strony, słabe strony, szanse, zagrożenia).

Rys. 5. Przewoźna stacja produkcji betonów i materiałów do budowy dróg na bazie popiołów i popiołożużli [46]

W Rosji dla stworzenia rynku popiołowego tworzony jest państwowy system **informacji internetowej** „Uboczne Produkty Spalania Węgla z Rosyjskich Elektrowni Termicznych”, obejmujący całokształt problematyki ubocznych produktów spalania [32]. Natomiast w obwodzie Świerdłowskim wdrażany jest projekt (zakład przerobu popiołów) kompleksowego zagospodarowania popiołów i żużli i ich mieszanin według zaawansowanych technologii rosyjskich i zagranicznych [40].

Część referatowa konferencji [37] została uzupełniona pokazem pracy **wysokowydajnej przewoźnej betoniarni** (400 t/h), wytwarzającej z mieszaniny popiołożużlowej i dodawanego spoiwa (m.in. popioły aktywne) betony drogowe i materiały na podbudowę dróg – rysunek 5. Oryginalnością pokazu było zainstalowanie betoniarni na terenie składowiska popiołożużla przy pracującej ciepłowni i połączenie opróżniania składowiska z wcześniej opracowaną technologią zagospodarowaniem mieszaniny popiołożużla do budowy dróg [46].

Oddziaływanie na środowisko ubocznych produktów spalania

Dotychczasowe wymogi w zakresie oddziaływania elektrowni węglowych i ubocznych produktów spalania na środowisko zostają wzbogacone o konieczność obniżenia **emisji rtęci**. W roku 2005 w USA wprowadzono obowiązek dla większości elektrowni wyłapywania rtęci. W zależności od zastosowanej metody eliminowania rtęci prawdopodobnie będzie dochodziło do wyłączenia części popiołów lotnych z zastosowania do budownictwa i konieczność ich składowania [15].

W przypadku spalania czeskich węgli brunatnych, w popiołach stwierdzono przekroczenie dopuszczalnych zawartości między innymi **arsenu, kadmu, niklu i wanadu**, a w odciekach popiołowych arsenu, kadmu, chromu, rtęci, molibdenu i selenu [35]. Dla immobilizacji zawartych niebezpiecznych substancji w popiołach opracowano odpowiednie sposoby, uwzględniające charakter występujących związków: metale ciężkie (Cd, Co, Cu, Hg, Ni), metale i półmetale (As, Cr, Mo, Se, V i W) oraz pierwiastki amfoteryczne (Pb, Zn).

W wielu wystąpieniach zwracano uwagę i podkreślano ekologiczny wymiar zagospodarowania ups-ów z tytułu zmniejszenia zużycia surowców mineralnych i zmniejszenia ilości składowanych popiołów oraz możliwości **zmniejszenia emisji CO_2** w przemysłach zastępujących dotychczasowe surowce mineralne popiołami i poprzez zastępowanie popiołami produktów związanych z emisją CO_2 [10,15,19,44] zanieczyszczenia środowiska przez deponowane popioły

W celu określenia **trwałości użytkowej i oddziaływania na środowisko** materiałów budowlanych i produktów wytwarzanych na bazie ubocznych produktów spalania opracowano przyspieszoną metodę oceny trwałości [4]. Metoda obejmuje oznaczenie wytrzymałości, zmiany objętości, parametrów chemicznych i fizykochemicznych oraz ekologicznych dla cyklu życia wyrobu. Ocena obejmuje oddziaływanie mrozu i upałów, wilgoci, środków chemicznych i biologicznych oraz inne czynniki wymagające uwzględnienia.

Obrady w sesjach zostały uzupełnione dwoma panelami ekspertów rozważającymi **szanse i zagrożenia dla popiołów na świecie i w Europie oraz panelem poświęconym celowości powołania nowego działu nauki TEFROLOGII – inżynierii popiołów z energetyki**. Obecnie uboczne produkty spalania należą do najbardziej uniwersalnych surowców będących źródłem glinokrzemianów, koncentratów metali i paliw, wypełniaczy itp. których właściwości użytkowe zależą między innymi od rodzaju i jakości paliwa, warunków spalania i sposobów oczyszczania spalin oraz rozwiązania wydzielania popiołów lotnych i żużla. Dla powiązania tych faktów i stworzenia uporządkowanej wiedzy, pozwalającej na kreowanie optymalnych rozwiązań powstawania i zagospodarowania ups celowym byłoby jak najszybsze utworzenie kierunku inżynierii popiołów z energetyki na studiach technicznych.

W konferencji uczestniczyło 80 specjalistów z 20 krajów i przeszło 120 krajowych specjalistów z energetyki, zakładów uszlachetniania i zagospodarowania ubocznych produktów spalania oraz przemysłu wykorzystującego popioły.

Organizatorem Międzynarodowej Konferencji EuroCoalAsh 2008 była Polska Unia Ubocznych Produktów Spalania i niezastąpiony jej prezes Pan Tomasz Szczygielski, którzy od wielu lat są organizatorami bardzo udanych corocznych konferencji pt. „Popioły z energetyki" [47]. Znaczący udział w pracach konferencji zaznaczyli także Szefowie ECOBA Panowie Nicolai Bech i Joachim Feuerborn. Konferencja należy do jednego z najbardziej udanych międzynarowych forum dyskusyjnych.

Polska Unia UPS i ECOBA za osiągnięte wyniki badań i wdrożenia ubocznych produktów spalania wyróżniła przyznaniem dyplomów i statuetek Euro Phenix 2008. Otrzymali je:

- pani prof. Joanna Papayianni z Uniwersytetu Arystotelesa w Salonikach,
- pan Jan van den Berg z Holandii
- *PPH Utex Sp. z o.o.*

W wystąpieniu zamykającym konferencję przedstawiciel ECOBA Pan H-J. Feuerborn zaprosił uczestników do udziału w konferencji EUROCOALASH 2010 w Danii.

REFERATY

[1] S. Abukersh, F.M. Khalaf - Napier University, Edynburg, Szkocja: Wpływ popiołu ze sproszkowanego węgla i superplastyfikatora na własności betonu na kruszywie recyklingowym

[2] U. Bashutska – Department of Ecology, National Forestry University of Ukraine; M. Schiller – Department of Soil, Plant and Biometry, Agricultural University of Szczecin: Rekultywacja wysypisk kopalni węgla w Czerwonogrodzie, obszarze górniczo-przemysłowym, za pomocą naturalnej fitocenozy

[3] N. Bech, J. Feuerborn – ECOBA, Niemcy: Zagospodarowanie popiołu z węgla w Europie

[4] P. Bibora, M. Svoboda, J. Ledererowa, P. Leber – Research Institute of Building Materials, Brno, Czechy: Trwałość użyteczna trwałość materiałów budowlanych i produktów na podstawie ccps

[5] J. D. Bittner, S. A. Gąsiorowski - Separation Technologies, USA: Separacja popiołów lotnych i usuwanie amoniaku w Tampa Electric Big Bend

[6] O. Bocanici - Lafarge, Rumunia: Zagospodarowanie popiołu z węgla w Rumunii

[7] J. Brandenstein - E.ON, Niemcy: Odazotowanie spalin a jakość popiołów

[8] E. M. Bulewicz – Politechnika Krakowska: Popioły z palenisk fluidalnych i ich chemia

[9] M. Dikty - Product Line Manager Pneumatic Conveying; P. Hilgraf - Senior Manager Technical Center: R. Worthington - Proposal Manager, Claudius Peters Technologies GmbH, Niemcy: Energooszczędny rurociągowy system transportu pneumatycznego

[10. T. Eck – VGB Pow Tech e v., Niemcy: Zagospodarowanie popiołu z węgla w betonie – doświadczenia w Niemczech

[11] H-J. Feuerborn – ECOBA Niemcy: Produkty spalania węgla i REACH

[12] J. Fromm, J. Ciszek, S. Wyrzykowski – VKN, Polska: Budownictwo drogowe z udziałem ubocznych produktów spalania – alternatywa czy konieczność? Nietypowe aplikacje mieszanek popiołowo-żużlowo-cementowych

[13] M. Gibczyńska, E. Meller, S. Stankowski, M. Romanowski, L. Lewandowska, J. Wicher - Akademia Rolnicza w Szczecinie: Reakcja trawy Festulolium braunii odmiany Felopa na skład zastosowanych kombinacji nawozowych zawierających popiół fluidalny z węgla kamiennego

[14] M. A. Glinicki – PAN: Wpływ dodatku fluidalnego popiołu lotnego na skład fazowy betonu wystawionego na zamrażanie i rozmrażanie

15. D. Goss – American Coal Ash Associaton, USA: Nowe wyzwania dla zagospodarowania ups w Stanach Zjednoczonych

[16] N. Hansson – Vattenfall, Szwecja: Aktywacja mechaniczna – w jakim celu?

[17] J.J. Hycnar - Ecocoal Consulting Center; T. Szczygielski – Polska Unia UPS: Perspektywy energetyki opartej o spalanie węgla

[18] G. Kaup, G. Hury, S. Stankowski – Akademia Rolnicza Szczecin: Wstępne badania występowania wybranej makrofauny glebowej na modelu rekultywacji na terenie Zespołu Elektrowni Dolna Odra SA w Nowym Czarnowie

[19] R. A. Kruger - Richonne Consulting, Pretoria, RPA: Mechanizmy czystego rozwoju

[20] R.A. Kruger - Richonne Consulting, Pretoria, RPA: S. Verryn - X-Ray Analytical Facility, Department of Geology, University of Pretoria, Pretoria, RPA: Reakcja pucolanowa: efekt mineralogii i morfologii

[21] O. Lulav – NCAB, Izrael: Popiół z węgla w Izraelu – czarne na szare na zielone:
od odpadu do zasobu

[22] I. Majchrzak-Kucęba, W. Nowak, A. Ściupidło - Politechnika Częstochowska: Sorbenty na bazie popiołów lotnych do wychwytywania CO2 po procesie spalania
[23] W. Michalewicz, S. Stankowski, M. Gibczyńska – Akademia Rolnicza Szczecin: Wpływ popiołu fluidalnego z węgla kamiennego na liczebność drobnoustrojów różnych grup fizjologicznych badaniach wazonowych
[24] Z. Meyer, T. Szczygielski, R. Bednarek – Politechnika Szczecińska: Metoda obliczania osiadania gruntu organicznego obciążonego popioło-żużlami
[25] Z. Meyer, T. Szczygielski, R. Bednarek – Politechnika Szczecińska: Popioły z węgla w inżynierii geotechnicznej – uzdatnianie gruntów słabych
[26] M. Nejedlik – Research Institute of Building Materials, Brno, Czechy: Ocena ekonomiczna ups do produkcji kruszyw sztucznych
[27] M. Nejedlik, M. Suchardova – Research Institute of Building Materials, Brno, Czechy: Aspekty ekonomiczne wykorzystania kruszywa sztucznego bazującego na ups
[28] J. Palarski, P. Pierzyna, G. Strozik - Instytut Eksploatacji Złóż, Politechnika Śląska, Gliwice: Zastosowanie ubocznych produktów spalania w technologiach górnictwa węgla kamiennego
[29] I. Papayianni, E. Anastasiou – Uniwersytet Arystotelesa w Salonikach, Grecja: Wykorzystanie popiołu wysokowapniowego w budownictwie
[30] I. Papayianni, E. Anastasiou, M. Papachristoforou – Uniwersytet Arystotelesa w Salonikach, Grecja: Badanie wysokowapniowych popiołów lotnych do mieszanek spajanych hydraulicznie a wcześniejsze doświadczenia greckie
[31] Przedstawiciel Ciech – STI – Lafarge: Projekt separacji węgla z popiołów w Zakładach Sodowych w Janikowie
[32] V. Putilov, I. Putilova – Moscow Energy Institute, Rosja: Tworzenie państwowej strony internetowej "Uboczne produkty spalania węgla z rosyjskich elektrowni termicznych"
[33] W. Roszczynialski, J. Małolepszy – AGH: Badania aktywności pucolanowej krzemionkowych popiołów lotnych
[34] R. Sosiński, W. Nowak, J. Szymańska – Politechnika Częstochowska: Problematyka stosowania młynów elektromagnetycznych w wysokowydajnych procesach zagospodarowania popiołów lotnych
[35] P. Sulovsky - Research Institute of Building Materials, Brno, Czechy: Możliwości immobilizacji niebezpiecznych elementów w materiałach zawierających popioły lotne
[36] A. Ściubidło, W. Nowak, I. Majchrzak-Kucęba – Politechnika Częstochowska: Zagospodarowanie popiołów lotnych z polskich elektrowni i elektrociepłowni poprzez modyfikacje popiołów w materiały mezoporowate
[37] E. Thoma, D. Bauer – Rapid Int., Niemcy: Wysokowydajna mieszalnia do betonów i materiałów drogowych
[38] S. Tsimas, G. Wardaka, M. Zervaki - National Technical University of Athens, Grecja: Komponowanie namiaru surowcowego do cementu z wykorzystaniem wysokowapniowych popiołów lotnych i dennych
[39] S. Tsimas, G. Wardaka, M. Zervaki – Lab of Inorganic and Analytical Chemistry, School of Chemical Engineering, National Technical University of Athens, Grecja: Preselekcja bogatych w wapień popiołów lotnych jako pierwszy krok do ich dalszej ewaluacji
[40] D. Vologzhanin, M. Krupin - UPM, Rosja: Kompleksowe podejście do zarządzania materiałami popiołowymi w Rosji
[41] S. Wajda – Clifford Chance: Nowelizacja ustaw – trudna współpraca z resortem środowiska
[42] Y. Watanabe, T. Tanosaki, Y. Ishikawa, J. Lin, Q. Yu, S. Nagasaki - Japan Coal Energy Centre, Japonia: Charakteryzowanie popiołów lotnych pod kątem oddziaływania na środowisko – przypadek regionu Azji Wschodniej
[43] R. Witkowski – Dalia Łódź: Efektywne zarządzanie ups na przykładzie EC w Łodzi
[44] A. Zając, G. Starnawski, J. Kanafek – *UTEX Sp. z o.o.*, Rybnik: Popiół i odpady górnicze – małżeństwo doskonałe?

ŹRÓDŁA

[45] *Rynek Energii* 2007
[46] www.utex-centrum.eu
[47] www.unia-ups.pl
[48] www.ecoba.eu