



# Możliwości eliminowania ujemnego oddziaływania na środowisko składowanych sypkich materiałów i odpadów

Research data and possibilities of controlling negative environmental impact caused by dumped loose materials and waste

Hycnar J.J.<sup>1</sup>; Mikołajczyk B.<sup>2</sup>; Kadlec D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ecocoal Consulting Center Katowice, ecocoalcenter@gmail.com;  
<sup>2</sup> EES Katowice



## W KILKU SŁOWACH

Warunki atmosferyczne i właściwości fizyko-chemiczne materiałowo sypkich są naturalnymi przyczyną zanieczyszczenia środowiska pyłami i gazami toksycznymi oraz migracją erodowanych materiałów i ekstraktów wymywanych składników. Wszystkie te problemy występują w energetyce spalającej paliwa kopalne i często stosujących najlepsze dostępne techniki (BAT) wytwarzania energii ciepłej i elektrycznej. Przedstawiany materiał stanowi analizę dotychczasowych przemysłowych doświadczeń i sposobów rozwiązywania tych skomplikowanych problemów dla środowiska.



## SUMMARY

Weather conditions and physical-chemical properties of loose materials are a natural cause for environmental pollution by dust and toxic gases as well as the migration of eroded materials and extracts of leachable substances. All of these problems are observed in energy sector where fossil fuels are combusted and oftentimes there are applied best available techniques (BAT) for production of energy and heat. The presented material constitutes an analysis of past industrial experience and the methods of solving these complicated environmental issues.

## 1. Wprowadzenie

Po 40 latach od opracowania i wdrożenia technologii zabezpieczania składowisk odpadów paleniskowych przed pyleniem, w ostatnich latach, prasa i środki komunikacji informują i protestują na występujące zaskakujące zapylenia terenów wokół składowisk odpadów paleniskowych [1,2] – rysunek 1.

Pierwsze zabezpieczenie przed pyleniem dokonano w 1972 roku na wyłączonym z eksploatacji składowisku w Elektrowni Łaziska, niestety nastąpiło ono nie z inicjatywy gospodarzy a bezpośredniego nacisku ówczesnego Wojewody Gen. J. Ziętka [3]. Zaledwie dwa miesiące później, kiedy trakt łączący Katowice z Krakowem stał się nieprzejezdny, dokonano w Elektrowni Jaworzno II drugiego wdrożenia.

W ten sposób w elektrowniach, na terenie całej Polski, rozpoczęto wieloletnie zabezpieczania składowisk przed pyleniem. W szczycie usług, jednego tylko roku, zabezpieczono 320 ha składowisk odpadów ze spalania węgla kamiennego, w tym celu włączono do realizacji usług dwa śmigłowce.

Opracowaną wcześniej technologię, w oparciu o doświadczenia górnictwa, rozwijano w zakresie:

- środków ograniczających pylenie popiołów lotnych i materiałów sypkich,
- sposobów preparowania popiołów lotnych z postaci pyłacej w nielotne,
- sposobów doprowadzania i rozpylania środków adhezyjnych, do lub na powierzchnię zabezpieczanych złóż,
- uzyskania warunków zgodności zabezpie-



czenia deponowanych popiołów lotnych z wymaganiami umożliwiającymi biologiczne procesy na składowiskach (zazielenianie, rekultywację),

- sposobów stabilizacji powierzchni pyłących gruntów.

Problemy te rozwiązywali i wdrażali Specjaliści, niejednokrotnie wyróżniani, z dawnego Zakładu Doświadczalnego Utylizacji Odpadów Elektrownianych i Przedsiębiorstwa Zagospodarowania Odpadów Elektrownianych w Katowicach, a następnie Specjaliści z ZPBE Energo pomiar w Gliwicach i Eco coal Consulting Center w Katowicach.

Jednocześnie rozwijano technologię przeciwdziałania pyleniu składowisk we współpracy z Akademią Rolniczą w Krakowie, Instytutem Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach i Instytutem Warzywnictwa w Skierniewicach oraz Biurem Projektowym Poltegor we Wrocławiu i Instytutem Transportu Samochodowego w Warszawie.

Dzisiaj, przynajmniej jak się wydaje, wymagania w zakresie ochrony środowiska i zabezpieczenia warunków bezpiecznego życia mieszkańców są ostrzejsze i muszą/powinny być dotrzymane i przestrzegane.

## 2. Rodzaje oddziaływania na środowisko magazynowanych surowców i odpadów w elektrowniach

We współczesnych elektrowniach opalanych paliwami kopalnymi problem zanieczyszczenia środowiska, z tytułu przyjmowania, składowania i stosowania, dotyczy następujących surowców i odpadów, w postaci:

- węgla i odpadów węglowych (muły węglowe, odpady poflotacyjne);
- młynowych odpadów węglowych;
- biomasy;
- związków wapnia (wapieni, wapno palone);
- odpadów paleniskowych (popioły lotne, żużle);
- produktów odsiarczania spalin (produkty poreacyjne, rea-gips); i w niedalekiej przyszłości ew.:
- sorbentów rtęci;
- peletu węglanu wapnia/węgla z technologii zagospodarowania CO<sub>2</sub> (wg Carbo Engineering).

Węgiel, muł węglowy i odpady poflotacyjne, to potencjalne źródło nie tylko zapylenia, ale również emisji CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S i H<sub>2</sub> oraz zanieczyszczania wód i gleb.

Młynowe odpady węglowe, pomimo, że występują w małych ilościach potrafią być bardzo niebezpieczne dla środowiska. W latach 80-tych, w kilku elektrowniach, wydzielano odpady zawierające duże ilości pirytów, ulegające samozagrzewowi i emisji dużych ilości SO<sub>2</sub>, silnie zatruwające wody i sąsiadujący drzewostan. Wprowadzenie odsiarczania węgla w kopalniach wpłynęło na zmiany składu i właściwości tych odpadów, które oprócz węgla zawierają kawałki skały płonnej i zanieczyszczenia mechaniczne – swoimi właściwościami przypominają niskokaloryczne węgiel.

Biomasa oprócz pylenia, może stanowić inne zagrożenia nie tylko wybuchowe, ale także biologiczne (procesy gnilne, odory itd.).

Wapienie w zależności od uziarnienia stanowią silne źródło pylenia itd.

Popioły lotne i żużle. W zależności od właściwości węgla i warunków jego spalania oraz rozwiązań układu oczyszczania spalin, powstające popioły lotne i żużle bardzo się różnią właściwościami i oddziaływaniem na środowisko. Generalnie to nie tylko pylenie stanowi problem, ale również wymywalność siarczanów, chlorków itp., które zanieczyszczają pobliskie wody i gleby. Nowy problem to popioły ze spalania biomasy.

Produkty odsiarczania spalin mogą być źródłem pylenia oraz zanieczyszczenia wód i gleb w skutek łatwej wymywalności siarczanów i chlorków.

Te właściwości surowców, odpadów i produktów z nich wytwarzanych, niejednokrotnie silnie ujemnie oddziałują na środowisko, pomimo stosowania tak zwanych bezpiecznych metod ich transportu i magazynowania/składowania. Wyeliminowanie/ograniczenie ich ujemnego oddziaływania na środowisko i na warunki bytu istot żywych wymaga często stosowania złożonych technologii, które powinny być wdrażane już na etapie projektowania obiektów energetycznych. Stosunkowa mała skuteczność w rozwiązywaniu tych problemów wynikają często z liberalnego stosunku gospodarzy obiektów przemysłowych i

### Literatura

- [1] Maliszewski G.; Mieszkańcy gminy Kleszczów skarżą się na pylenie ze składowiska Lubień. Najgorzej bywa, gdy jest sucho i wietrznie. Naszemiasto.pl. 2014-06-24;
- [2] Rogowska K.: Uciążliwe pyły. ebelchatow.pl. 12/07/2016
- [3] Przetwórnia popiołów jednak nie powstanie. 03.08.2013; Znow śmierdzi nawozem w Letnicy. 04.08.2012; Odpady z Elektrociepłowni zapyliły część Gdańska 16.-02.2012. Trójmiasto.pl
- [4] Hycnar J.J., Szczygielski T.: Zabezpieczenie materiałów sypekich i drobnociąstkowych przed erozją wietrzną i pyleniem. P&B. 2013, styczeń-luty
- [5] Hycnar J.J.: Zasady przeciwdziałania pyleniu materiałów pylistych w czasie ich transportu i składowania. Karbo 2001, nr 1
- [6] Żak M.: Przyczyny i sposoby przeciwdziałania pyleniu wtórnemu popiołów lotnych na składowiskach. II Konferencja NT. Problemy ochrony środowiska przy wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepłej. Bielsko-Biała 6-7.09.1989
- [7] Hycnar J.J.: Sposoby przeciwdziałania pyleniu popiołów elektrownianych. Ochrona Powietrza 1987, nr 3
- [8] ZN-77: Popiół lotny z węgla brunatnego jako nawóz wapniowy. ZPWBiE 13.04.1977
- [9] Kmieć J. i in.: Sposób sporządzania zawiesiny popiołów w wodzie oraz układ urządzeń do wytwarzania i transportu rurowego tej zawiesiny. Patent nr 134265
- [10] Słowiński R.: Nowy układ odpopielenia Elektrowni Pątnów. Wokół Energetyki 2003 sierpień
- [11] Beres J., Chowaniec J., Deja S., Hycnar J., Kałuża J.: Przeciwdziałanie samozagrzewem węgla i odpadów węglowych. XII Międzynarodowy Kongres Przeróbki Węgla. Kraków 1994, 23-27 maja
- [12] Hycnar J.: Utilization of crushed wastes in coal fired power plant. Symposium on the Utilization of Waste from Coal Mining and Preparation. UN-ECE. Tatabanya, Hungary 1983, 17-22 October
- [13] Hycnar J.J., Borowski G., Józefiak T., Malec A.: Granulowanie i brykietowanie stałych produktów odsiarczania spalin. XXIII Międzynarodowa Konferencja Popioły z Energetyki. Krynica Zdrój 21-23.10.2015





władz terenowych, które w swoich decyzjach posługują się często sloganem w postaci „pylenie ze składowisk ma charakter okresowy i występuje szczególnie w czasie wietrznej i suchej pogody”.



Rys. 1. Stan zapylenia atmosfery w okresie przed burzowym w rejonie Bełchatowa [1]

Jednocześnie z ujemnymi zjawiskami pylenia dla środowiska, w szeregu przypadkach dochodzi także do utraty ilości i degradacji jakościowej składowanych materiałów, szczególnie groźnych przy składowaniu niezabezpieczonych zwalów węgla.

### 3. Sposoby ograniczania ujemnego oddziaływania na środowisko magazynowanych materiałów i odpadów

Pylenie materiałów sypkich jest problemem ogólnoswiatowym i w zależności od miejscowych warunków aerohydrogeologicznych i pogodowych oraz rodzaju realizowanych przedsięwzięć gospodarczych, rejestrujemy różne rozwiązania techniczne i organizacyjne, wdrażane na etapie ich projektowania/uruchamiania, w czasie ich eksploatacji, ale również po ich wyłączeniu z eksploatacji.

Sposoby eliminowania i ograniczania pylenia mas sypkich i drobnoziarnistych (surowców i odpadów), ze względu na zasady ich działania, można podzielić na [3,4,5,18]:

- metody przetwarzania pylastej struktury materiałów w niepalącą;
- metody techniczne eliminowania i ograniczenia pylenia;
- metody zabezpieczenia materiałów przed pyleniem.

Niektóre z tych metod służą nie tylko do przeciwdziałania pyleniu materiałów sypkich,

ale również do ich przystosowania do transportu i procesów technologicznych.

#### 3.1 Metody przetwarzania pylastej struktury materiałów w niepalącą

W praktyce przetwarzania struktur, często materiały poddawane są przeróbce prowadzącej między innymi do:

- usuwania/zmniejszania udziału frakcji pylących w materiałach oraz wzbogacania materiałów w składniki wiążące (odsiewanie, mieszanie z materiałami neutralnymi, selektywny odbiór);
- tworzenia układów tiksotropowych „upakowanych” z udziałem fazy ciekłej (suspensje popiołowo-wodne, t.zw. Emulgat; „Paste and thickened tailing”, „Deep Cone Paste” i „Deep Cone Thickener”);
- zeskalania drobnych ziaren w konglomeraty drobno- i gruboziarniste z udziałem wody i ew. spoiw (aglomerowanie, granulowanie i brykietowanie);
- spiekania termicznego (aglomerat, kruszywa spiekane);
- wiązania pylastych materiałów w bloki i wylewki za pomocą spoiw (bloki stabilizujące brzegi morskie, rewitalizacja terenów zdegradowanych).

Gro tych metod wymaga dokładnej znajomości właściwości i składu chemicznego i fizycznego obrabianego materiału/odpadu i uwzględnienia zmian tych parametrów w funkcji czasu. Te uwagi są szczególnie istotne przy spalaniu węgla z różnych kopalń i pokładów oraz przy dokonywaniu zmian w technologiach ich spalania i oczyszczania spalin. Dodatkowym czynnikiem wyboru sposobu zabezpieczenia materiału/odpadu przed pyleniem jest ich rodzaj przeznaczenia do zagospodarowania.

#### 3.2. Metody techniczne eliminowania i ograniczenia pylenia

Do ochrony masowych materiałów występujących w dużych ilościach, stosowane są również rozwiązania techniczne oparte o następujące zasady:

- hermetyzację magazynów (zbiorniki czasowe, silosy);



- izolację chronionych materiałów od środowiska (elastyczne powłoki, zatapianie w wodzie);
- ekranowanie magazynów materiałów sypkich od środowiska (ekrany, mury, zielone pasy: krzewy i drzewa).

Na rozpowszechnienie tych rozwiązań duży wpływ wywarły ostre przepisy ochrony środowiska. W USA, coraz powszechniejsze jest stosowanie czasowych zbiorników w elektrowniach do magazynowania biomasy, węgla i wapieni. W kopalniach węgla kamiennego w Wielkiej Brytanii obowiązywało stosowanie ścian ekranowych.

### 3.3. Metody zabezpieczenia materiałów przed pyleniem

Wszędzie tam, gdzie nie rozwiązano problemu pylenia na etapie projektowania i budowy obiektów oraz gdy dochodzi do częstych wymian składowanych/magazynowanych surowców i odpadów, a ponadto, gdy występują awarie obiektów składowania i nadzwyczajne zaburzenia atmosferyczne, stosowane są doraźne metody przeciw działaniu pyleniu. Ze względu na istotę powierzchniowego działania można wyróżnić:

- nawilżanie materiałów (hydrofilnych wodą, hydrofobowych substancjami oleistymi);
- adhezyjne wiązanie ziaren łatwo ulegających erozji;
- tworzenie powłok na powierzchni chronionych materiałach;
- nanoszenie materiałów nie pyłących na pyłące.

Metody te należą do często stosowanych w przemyśle, robotach inżynierskich, gospodarce komunalnej oraz w stanach awaryjnych (burze pyłowe/piaskowe i deszczowe, powodzie, wypadki komunikacyjne, ochrona winorośli i innych roślin przed zanieczyszczeniem pyłami). Niestety, większość tych sposobów chroni materiały okresowo i w sposób nie trwały, wymagają powtarzania i uzupełniania. Do ich zalet należy możliwość powiązania ochrony przed pyleniem składowisk/zwałów/hałd z procesami zazielenienia, rekultywacji biologicznej i ich rewaloryzacji.

### 4. Krajowe i zagraniczne doświadczenia w zakresie ograniczania ujemnego oddziaływania na środowisko magazynowanych

#### surowców i odpadów w energetyce, hutnictwie i terminalach

W naszej krajowej energetyce i przemysłach surowcowych mamy praktycznie doświadczenia ze wszystkimi technologiami przeciwdziałania pyleniu paliw, wapieni, rud i odpadów. Problem polega jednak na tym, że nie dotyczy większej grupy obiektów oraz że, stosowane rozwiązania nie zawsze są dopracowane i właściwie eksploatowane. W takiej sytuacji, w awaryjnych stanach, pozostaje doraźne stosowanie środków błonotwórczych i gaszenie aktywnych źródeł pylenia.

Inwestycyjne rozwiązania przeciwdziałania pyleniu popiołów lotnych z elektrowni spalających węgiel brunatny było ich mieszanie i wspólne składowanie z nadkładem w wyrobiskach górniczych oraz aglomerowanie popiołów lotnych w granulacjach i następnie ich mieszanie z nadkładem. W jednej z elektrowni, wytwarzającej popioły rodzaju wapniowego na potrzeby rolnictwa, stosowano ich granulowanie dla zmniejszenia strat materiałowych przy ich rozsiewaniu [7].

Nowszym i skuteczniejszym rozwiązaniem jest składowanie popiołów lotnych i ich mieszanie z żużlem w konsystencji suspensji popiołowo-wodnej (Emulgat) [8,9]. Technologię zweryfikowaną w Elektrowni Łagiska i następnie wdrożoną w El. Łaziska i w mniejszym zakresie w El. Opole. Wszędzie tam zlikwidowano pylenie popiołu oraz uzyskano złoża popiołowe odporne na erozję wodną i wietrzną. Metoda jest rewelacyjna, ale wymaga przestrzegania podstawowych warunków tworzenia układów upakowanych, charakteryzujących się właściwościami tiksotropowymi. Nie przestrzeganie tych zasad, nie gwarantuje upakowania złoża i nie powoduje jego zeskalania (ew. z dużym opróżnieniem) oraz powoduje wydzielanie się wody nadmiarowej. Technologia w dużym zakresie stosowana jest w górnictwie węgla kamiennego, lecz z powodu nie przestrzegania warunków tworzenia suspensji, często jest uzupełniana dodatkiem cementu.

Konfrontując doniesienia techniczne o wdrożeniach technologii „pasty”, „pulpy”, „suspensji” do zabezpieczenia popiołów lotnych ze spalania węgla brunatnego z informacjami prasowymi [1] wynika, że jeszcze jest dużo do

- [13] Eimco: deep Cone Paste Thickener. FLSmidth 2002
- [14] Meggyes T., Debreczeni A.: Paste technology for tailings management. Land Contamination 2006, nr 14
- [15] Fourie A.B. Perceived and realized benefits of paste and thickened tailings for surface deposition. Journal of the Southern African of Mining and Metallurgy 2012, November.
- [16] Goodrich W.G., Charhut D.E.: High concentrated slurry system for fluidized bed boiler ash disposal. Power Gen. International, December 9-11, 2003
- [17] Pakzadeh B., Zbacnik R., Timmons D.: Developing a Fast, Preliminary Process Design for Wer FDG CCO Systems. Power Engineering 2015, nr 12
- [18] Longo, Sue: Paste and Ash Systems: Case Studies. Word of Coal Ash Conference in Nashville, TN - May 5-7 2015
- [19] Circumix ash handling technology with HX-Factor. GEA. 2015







zrobienia dla rozwiązania tego bardzo ważkiego problemu.

Nowym obszarem dla energetyki jest stosowanie biomasy i można zaobserwować chwalebne pociągnięcia inwestycyjne, budowy betonowych silosów o dużych objętościach.

Duże zróżnicowanie postępowania ze zwałami węgla, niejednokrotnie składowanych 6 miesięcy i więcej, można zaobserwować w poszczególnych elektrowniach, kopalniach i terminalach. W wielu z nich, nie dopuszcza się do pylenia i samozagrzewu paliwa poprzez ciągłe zagęszczanie i izolowanie mułami węglowymi. Przy aktualnych zmianach źródeł energii elektrycznej i bardziej zmiennych obciążeniach poszczególnych elektrowni węglowych oraz tendencji zwiększania ilości i czasu magazynowania węgla (szczególnie w jednostkach gospodarczych posiadających we władaniu również kopalnie) nieodzownym jest otworzyć się na stosowanie doraźnych środków izolacyjnych i błonotwórczych, potwierdzonych konkretnymi próbami przemysłowymi [10,11].

Jak zaznaczono na początku niniejszego opracowania, najbardziej rozpowszechnionymi sposobami zabezpieczenia przed pyleniem popiołów lotnych, suchych i mokrych składowisk są:

- nawilżanie korony obwałowań i utrzymywanie zwierciadła wody na złożu w składowisku. W jednej dużej elektrowni na Śląsku zabudowano sieć zraszaczy, które wyeliminowały pylenie plaży i obwałowań; skuteczność rozwiązania zależała w dużym stopniu od ilości rozpylanej wody i pory zraszania. Utrzymywanie wysokiego poziomu wody w składowisku jest skuteczne, ale kłopotliwe i niejednokrotnie ryzykowne (przepisy, awarie).

- nanoszenie powłok izolacyjnych lub/i błonotwórczych na aktywną powierzchnię składowiska. Najprostszym środkiem izolacyjnym jest żużel, piasek, torf (jeżeli składowisko ma być wyłączony z eksploatacji i rekultywowane). Dzisiaj dostęp do środków błonotwórczych jest powszechny i bardzo łatwy, większe trudności stanowi pozyskanie odpowiedniego sprzętu rozpylającego (odległość, gęstość i trwałość rozpylanego środka tworzącego błonę). Na początku wdrożeń stosowano emulsje wodno-asfaltowe, później roztwory żywic/klejów

fenolowych (zrezygnowano – trujące), mocznikowych, melaminowych, akrylowych itp.

Wymienione środki niestety są w większości sposobami okresowej ochrony złoża materiału składowanego.

W najbliższym okresie czasu potrzeby na sposoby zabezpieczenia przed pyleniem oraz erozją wodną i wietrzną czekają nas dla niezagospodarowanego re-a-gipsu. Przedłużone próby z brykietowanym gipsem [12] potwierdziły jego trwałość na warunki atmosferyczne w trzechletnim okresie weryfikacji.

Większe urozmaicenie rozwiązań i technologii dają obserwacje zagranicznych wdrożeń, tak w energetyce jak również w innych branżach. Generalnie większość rozwiązań ma na celu przeciwdziałanie pyleniu oraz uodpornienie złoża na wszelkiego rodzaju erozję.

Do składowania paliw rozpowszechniane jest stosowanie sferycznych (czasowych) zbiorników lekkiej konstrukcji. Brytyjska elektrownia Drax, w ramach odchodzenia od węgla, zbudowała na biopelaty dwa zbiorniki o średnicy 63 m i wysokości 52,3 m – rysunek 2. Natomiast, amerykańska elektrociepłownia ADM Clinton składowuje węgiel w zbiorniku cza-



Rys. 2. Drax Power Station



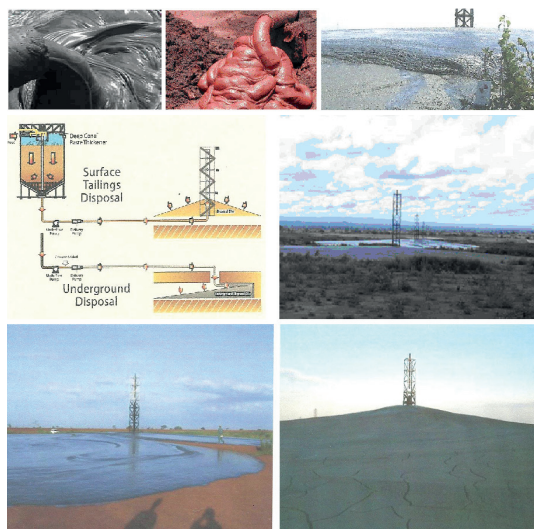
Rys. 3. ADM Clinton Cogeneration Plant

szowych – rysunek 3.

Technologia gęstej pulpy stosowana jest od wielu lat dla składowania odpadów ze wzb-



gacania rud metali i minerałów, w mniejszym stopniu do składowania odpadów powęglowych. Opracowane rozwiązania sporządzania i składowania „pasty” znacznie odbiegają od tradycyjnych rozwiązań, co ilustrują rysunek 4 [13,14,15].



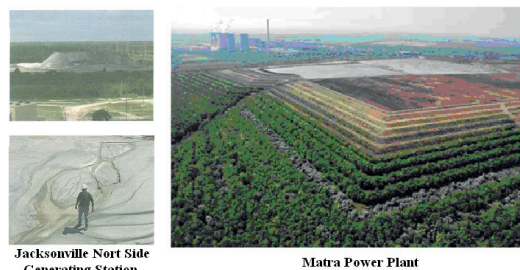
Rys. 4. Przykłady składowania odpadów przeróbki rud w technologii „pasty” [13,14,15]

Opracowana i po raz pierwszy wdrożona w Polsce technologia gęstej pulpy (emulgatu) [8], stosowana jest do transportu i składowania popiołów lotnych i żużli w wielu krajach, między innymi w USA, Indiach i Kanadzie. Na rozpowszechnienie tej techniki składowania popiołów w dużym stopniu przyczynili się specjaliści węgierscy, projektując i budując w USA instalację deponowania popiołów fluidalnych [16], a na Węgrzech mieszaniny popiołów lotnych z reagentem [17] – efekty ich działań dobrze ilustruje rysunek 5.

Pierwszą w USA instalacją wysoko zagęszczoną pulpy zbudowano na Florydzie w 2003 roku w elektrowni Jacksonville dla transportu i składowania popiołów fluidalnych. Zastosowany system Circumix DSS, od tego czasu, został zrealizowany na obiektach o mocy 6.000 MWe deponując przeszło 60 mln ton popiołów.

Składowanie popiołów w postaci zagęszczonej pulpy w Mátra Power Plant rozpoczęto w 1992 roku, a od 2000 roku do pulpy dodawana jest zawieszina reagentu. Składowisko uformowane z pulpy sporządzanej na stanowisku oddalonym o 6 mil. Pulpa o zawartości wody 50 % ulegała zestaleniu w czasie 24 do 72 godzin. Jedna warstwa na składowisku równa się jed-

nemu roku eksploatacji instalacji [19]



Rys. 5. Przykłady zastosowania technologii gęstej pulpy do transportu i składowania popiołów fluidalnych i mieszanin popiołów lotnych z zawieszinami reagentu [16,17,19]

Mátra Power Plant. Składowisko uformowane z pulpy mieszaniny popiołów lotnych z zawiesziną reagentu sporządzonej na stanowisku oddalonym 6 mil. Pulpa o zawartości wody 50 % ulegała zestaleniu w czasie 24 do 72 godzin. Jedna warstwa równa się jednemu roku eksploatacji instalacji [17].

## 5. Podsumowanie

Pylenie sypkich i drobnociarnistych surowców i odpadów stanowi zagrożenie dla organizmów żywych i środowiska naturalnego człowieka, walka z nim nie ogranicza się dzisiaj do wymogów estetyki, ale przede wszystkim do ochrony zdrowia ludzi. Pylenia nie ma charakteru tylko krajowego, ale jest problemem ogólnosiwiatowym.

W zależności od obowiązujących aktów prawnych ochrony środowiska, odpowiedzialności inwestorów i eksploatorów oraz umiejętności przewidywania skutków danej działalności, rejestrujemy różne poczynania w zakresie eliminowania/ograniczenia ujemnego oddziaływania materiałów pyjących w procesie ich wytwarzania, składowania, transportowania i deponowania w środowisku.

Najsukuteczniejszymi sposobami przeciwdziałania pyleniu surowców, produktów i odpadów jest ich rozwiązywanie na etapie projektowania przedsięwzięć przemysłowych i gospodarczych. W przypadkach istniejących obiektów przemysłowych, problemy tego rodzaju niejednokrotnie są znacznie trudniejsze do rozwiązania. Doświadczenia krajowe i zagraniczne jednoznacznie wskazują na możliwość skutecznego rozwiązania tego problemu, doraźnie, ale też docelowo.

