

Monika Wierzińska<sup>1</sup>, Alicja Szczotka<sup>1</sup>

## EMISJA ZANIECZYSZCZEŃ DO ATMOSFERY A NOWOCZESNE TECHNOLOGIE, NA PRZYKŁADZIE ELEKTROWNI JAWORZNO III W JAWORZNIE

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono przykładowe działania zmierzające do ograniczenia emisji zanieczyszczeń pyłowych i gazowych ze spalania paliw w Elektrowni Jaworzno III w Jaworznie. Produkcja energii oparta jest tu na bazie spalania mieszanki węgla kamiennego i biomasy w stosunku 9:1, co zmniejsza zawartość siarki w gazach odlotowych. Zmniejszenie emisji pyłów, SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> uzyskano dzięki modernizacjom technologicznym, a mianowicie uruchomieniu instalacji odsiarczania spalin, instalacji mokrego odzulfania, technologii redukcji tlenków azotu oraz instalacji podawania biomasy.

**Słowa kluczowe:** odsiarczanie, usuwanie tlenków azotu, odzulfanie, biomasa

### WSTĘP

Przedmiotem działalności PKE S.A. – Elektrownia Jaworzno III – Elektrownia III jest produkcja energii elektrycznej na bazie spalania mieszanki węgla kamiennego i biomasy w proporcji 90% węgla kamiennego i 10% biomasy w 6 kotłach parowych typu OP-650 o mocy cieplnej wprowadzanej w paliwie 560 MW<sub>t</sub>. Wartość opałowa węgla wynosi 17-23 MJ/kg, zawartość popiołu do 25% i siarki do 1,6%, zaś wartość opałowa biomasy wynosi 5-23 MJ/kg, zawartość popiołu do 12% i siarki do 1,2%. Do rozpalania kotłów wykorzystywany jest ciężki olej opałowy typu mazut o wartości opałowej około 40 MJ/kg, zawartości siarki do 1,5% i popiołu do 0,2% [2].

W tabeli 1 przedstawiono prognozę zużycia paliw do roku 2017.

**Tabela 1.** Prognoza zużycia paliw [2]

Paliwo	Prognoza zużycia paliw na lata 2008 – 2017 Mg/rok
Węgiel kamienny	3 500 000
Biomasa	525 000
Ciężki olej opałowy – mazut	15 000

<sup>1</sup> Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, e-mail: mwierzbinska@ath.bielsko.pl

## **GLÓWNE TECHNOLOGIE ELEKTROWNI JAWORZNO III – ELEKTROWNIA III**

W Elektrowni Jaworzno wypracowano system zgłaszania, oceniania i wdrażania projektów wynalazczych oraz wynagradzania ich twórców. Wysoką ocenę działalności wynalazczej w elektrowni potwierdza fakt, iż dzięki własnym, innowacyjnym rozwiązaniom znacznie poprawiła się wydajność pracy, podniosła się sprawność urządzeń, zmniejszono koszty produkcji, nastąpiła poprawa w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ochrony środowiska naturalnego [5].

W związku z powyższym w Elektrowni Jaworzno III wdrożono kilka technologii mających na celu ograniczenie emisji zanieczyszczeń do powietrza, w szczególności usuwanie tlenków azotu i związków siarki.

Do głównych technologii zastosowanych w Elektrowni Jaworzno zalicza się:

- instalację odsiarczania spalin,
- instalację mokrego odżużlania,
- technologię redukcji tlenków azotu,
- instalację podawania biomasy.

### **Instalacja odsiarczania spalin**

W Elektrowni III od 1996 roku pracuje instalacja odsiarczania spalin metodą mokrą wapienno-gipsową [3, 4]. Odsiarczanie spalin to jedyny sposób dla będących w eksploatacji konwencjonalnych kotłów pyłowych opalanych węglem kamiennym, który zapewnia tak wysoką redukcję dwutlenku siarki.

O wyborze tej metody zdecydowały następujące zalety:

- sprawdzona, technicznie dojrzała technologia,
- prostota układu technologiczno-konstrukcyjnego,
- możliwość dużego obciążenia,
- wysoka sprawność odsiarczania spalin > 95%,
- wysoka dyspozycyjność – większa niż kotłów,
- możliwość gospodarczego wykorzystania produktu ubocznego – gips syntetyczny przerabiany na materiały budowlane,
- duży stopień wykorzystania absorbentu, którym jest łatwo dostępny kamień wapienny [1].

Pomiary stężeń i efektywności instalacji odsiarczania, które zostały przeprowadzone przez niezależne instytucje specjalistyczne potwierdzają jej wysoką skuteczność:

Stężenie  $SO_2$  w oczyszczonych spalinach może trwale osiągać wartość poniżej  $200 \text{ mg/Nm}^3$ , a efektywność odsiarczania powyżej 95%,

- stężenie pyłu w oczyszczonych spalinach jest znacznie poniżej  $50 \text{ mg/Nm}^3$  (nie przekraczające zazwyczaj  $20 \text{ mg/Nm}^3$ ), a efektywność dodatkowego odpylania ok. 70-80%,
- efektywność usuwania związków fluoru i chloru, w co najmniej 50% [1, 2].

## Instalacja mokrego odżużlania

Osadnik, zlokalizowany na terenie Elektrowni w pobliżu zbiorników retencyjnych popiołu, składa się z dwóch komór osadczych, komór klarowania wody, komory wody drenażowej i komory wody powrotnej. Przy osadniku pracują dwie pompownie: wody drenażowej i wody powrotnej. Zadaniem osadnika jest oddzielanie żużla i szlamu z pulpy żużlowo-szlamowej oraz kierowanie wyklarowanej wody z powrotem do pompowni bagrowej.

Żużel z kotła spada do wanny odżużlacza i zostaje przy pomocy wygarniaka zgarnięty do kruszarki. Pod kruszarką zamontowany jest eżektor służący do hydraulicznego transportu żużla rurociągami do kanału spłucznego. Mieszanina żużla i wody jest transportowana kanałami spłucznymi do Pompowni Bagrowej Centralnej.

Z Pompowni Bagrowej Centralnej żużel, jako mieszanina wody i żużla, jest tłoczony za pomocą pomp bagrowych do rurociągów tłocznych i odprowadzany na miejsce czasowego magazynowania żużla - osadnik żużla. Osuszony żużel wraz z innymi odpadami jest wybierany za pomocą suwnicy i bezpośrednio ładowany na środki transportu odbiorców celem przekazania do dalszego wykorzystania [2].

Jest to technologia ekologiczna, niezanieczyszczająca środowiska. Wyłączenie z eksploatacji dotychczasowego miejsca magazynowania odpadów eliminuje wtórne pylenie, infiltrację wody nadosadowej do wód powierzchniowych i podziemnych [1].

W roku 2009 w Elektrowni Jaworzno III nastąpiło uruchomienie nowego osadnika żużla. Żużel z Centralnej Pompowni Bagrowej jest transportowany do dwóch betonowych osadników żużla zlokalizowanych na terenie Elektrowni III. W osadniku żużla następuje oddzielenie żużla z mieszaniny wodno-żużlowej. Woda nadosadowa z komory osadczej i komory klarowania osadników przepływa poprzez przelewy do komory wodnej oraz komory wody drenażowej skąd jest zwracana do procesu odżużlania. Transport wody powrotnej odbywa się za pomocą Pompowni Wody Powrotnej dwoma rurociągami  $\phi$  350 eksploatowanymi na zmianę. Odsączony żużel o wilgotności około 10% można załadowywać na samochody lub wagony kolejowe [2].

## Technologia redukcji tlenków azotu

System redukcji emisji tlenków azotu został zainstalowany w latach 1995 – 1998 na wszystkich sześciu kotłach. Zastosowano metodę pierwotną, wykorzystującą stopniowanie paliwa i powietrza poprzez utworzenie w komorze paleniskowej stref spalania. Zainstalowane zostały specjalne palniki niskoemisyjne oraz dysze wymuszające właściwy rozdział powietrza kierowanego do spalania.

System niskiej emisji  $\text{NO}_x$  gwarantuje:

- emisję/stężenie  $\text{NO}_x$  max. 170 g/GJ (tj. ok. 450 mg/Nm<sup>3</sup>),
- stężenie CO poniżej 100 ppm (tj. ok. 125 mg/Nm<sup>3</sup>),
- zawartość części palnych w popiele poniżej 5% [5].

## Instalacja podawania biomasy

Od 2009 roku jest uruchomiona na terenie Elektrowni Jaworzno III instalacja podawania biomasy. Koncesja pozwala na 10% udział wagowy biomasy w ogólnym strumieniu paliw. Biomasa jest dostarczana na teren elektrowni transportem samochodowym lub kolejowym. Dopuszczalne jest spalanie biomasy:

- pochodzenia leśnego,
- z upraw energetycznych,
- z odpadów i pozostałości z produkcji rolnej,
- z odpadów i pozostałości przemysłu przetwarzającego produkty rolne.

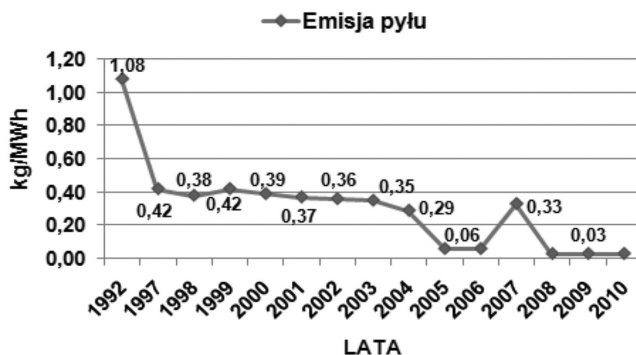
Instalacja jest przystosowana do spalania różnych rodzajów biomasy. W elektrowni wykorzystywana jest zarówno biomasa leśna, jak i agro w postaci m.in. zrębków, peletów i trocin. Biomasa dosypywana jest do węgla transportowanego do zasobników przykotłowych. Układ instalacji umożliwia podawanie do 50 t/h biomasy, która podawana jest w ilościach proporcjonalnych do ilości węgla, wartość ta jest wielkością nastawialną. Układ podawania biomasy oraz nawęglania elektrowni zostały wyposażone w wagi umożliwiające ciągłe pomiary ilości węgla i biomasy podawanej do kotłów oraz automatyczne próbopobieraki realizujące pobór próbek węgla i biomasy. Nad prawidłowością pracy instalacji czuwa komputerowy system sterowania, pomiarów i wizualizacji. Ilość wyprodukowanej energii elektrycznej z biomasy wyliczany jest automatycznie w pakiecie bilansującym systemu komputerowego. Na podstawie uzyskiwanych danych z instalacji biomasy, układu wag na węglu oraz parametrów paliw, generowane są stosowne raporty dobowe oraz raporty zbiorcze miesięczne [2].

Realizacja celów zawartych w ustanowionej i na bieżąco aktualizowanej Polityce PKE SA – Elektrowni Jaworzno III jest możliwa dzięki funkcjonowaniu systemu zarządzania zgodnego z wymaganiami normy PN-EN ISO 9001, PN-EN ISO 14001, PN-N-18001 oraz z Rozporządzeniem EMAS.

Elektrownia planuje budowę jednostki wytwórczej OZE (do 12.2012 r.), w wyniku czego efektem będzie zwiększenie produkcji energii elektrycznej oraz ciepła, jednocześnie nie powodując wzrostu emisji CO<sub>2</sub>. Następnym przedsięwzięciem będzie redukcja emisji tlenków azotu na sześciu blokach. Elektrownia w ramach tego ograniczenia przewiduje modernizację kotłów, w wyniku czego nastąpi zmniejszenie emisji NO<sub>x</sub> z 430 mg/Nm<sup>3</sup> do poziomu ≤ 190 mg/Nm<sup>3</sup> (do 12.2016 r.). Planuje również odzysk odpadów podekarbonizacyjnych oraz oszczędność wody, poprzez uruchomienie instalacji podawania ścieków zawierających te odpady do absorberów Instalacji Odsiarczania Spalin. W rezultacie pozwoli to na ograniczenie ilości ścieków przemysłowych, a zarazem ograniczenie zużycia wody o minimum 745 000 m<sup>3</sup>/rok. [1]

## EMISJA ZANIECZYSZCZEŃ DO POWIETRZA

Elektrownia III zrealizowała kompleks zadań ograniczających wielkości odprowadzanych zanieczyszczeń do środowiska, które spowodowały, że instalacja spełnia wymogi najlepszej dostępnej techniki i nie powoduje przekraczania wielkości granicznych. Warunki wprowadzania zanieczyszczeń do środowiska nie powodują przekraczania dopuszczalnych standardów jakości środowiska. Rysunki 1–3 przedstawiają emisje podstawowych zanieczyszczeń przypadających na jednostkę produkcji.



Rys. 1. Wskaźnik emisji pyłu w latach 1992-2010 [5]

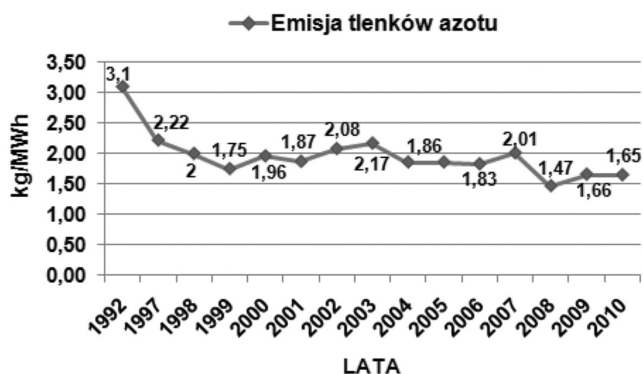
Fig. 1. Dust emission factor in period 1992-2010 [5]

Jak wynika z rysunku 1. w latach 1992–1997 nastąpił ponad dwukrotny spadek emisji pyłu do poziomu 0,42 kg/MWh. Tak znaczące obniżenie wynika z modernizacji sześciu kotłów OP-650-060. Każdy z nich został wyposażony w trzy trójstrefowe elektrofiltry, gwarantujące skuteczność odpylania powyżej 90%. W stosunku do największej odnotowanej w roku 1992 emisji pyłu na jednostkę produkcji wynoszącej 1,08 kg/MWh podjęte przez Elektrownię Jaworzno III działania pozwoliły na obniżenie tego wskaźnika do poziomu 0,03 kg/MWh.

W 2005 roku nastąpił prawie pięciokrotny spadek emisji pyłu w stosunku do roku ubiegłego, nastąpiło to w wyniku zmiany sposobu obliczania emisji. Po raz pierwszy w roku 2005 miesięczna emisja liczona była zgodnie z parametrami węgla spalonego na danym bloku. Węgiel o gorszych parametrach kierowany był na bloki pracujące na Instalacji odsiarczania spalin, natomiast węgiel lepszej jakości kierowany był na bloki, których emisja odprowadzana była przez komin. Tak dokładne rozdzielanie węgla o różnych parametrach na poszczególne bloki i wzięcie pod uwagę skuteczności oraz dyspozycyjności konkretnych bloków dało efekt w postaci zmniejszenia emisji pyłu.

W latach 2006–2010 nastąpiły wahania emisji pyłu, które były prawdopodobnie spowodowane:

- ilością spalanego węgla,
- jakością węgla (pod względem zawartości popiołu),
- produkcją energii elektrycznej oraz czasem pracy bloków w latach 2006–2010.

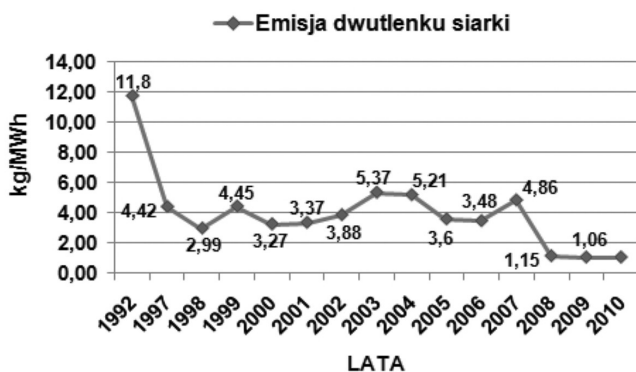


Rys. 2. Wskaźnik emisji tlenków azotu w latach 1992-2010 [5]  
 Fig. 2. Nitrogen oxides emission factor in period 1992-2010 [5]

Z rysunku 2 wynika, iż w 1998 roku poziom emisji tlenków azotu wyniósł 2,0 kg/MWh i jest półtora razy mniejszy w stosunku do roku 1992, w którym odnotowano najwyższy wskaźnik 3,1 kg/MWh. Wpływ na redukcję miał najprawdopodobniej system niskiej emisji tlenków azotu, zainstalowany w latach 1995–1998 na wszystkich sześciu kotłach. W latach 1998–2007 występowały niewielkie wahania emisji. W roku 2008 nastąpił znaczny spadek emisji tlenków azotu w porównaniu do roku ubiegłego. Wpływ na to miały prawdopodobnie następujące czynniki:

- mniejsze zużycie węgla w porównaniu z rokiem poprzednim,
- krótszy czas pracy bloków,
- spełnianie wymogów pozwolenia zintegrowanego, które obniżyło od 1.01.2008 r. dopuszczalny standard emisyjny dla tlenków azotu do poziomu 490 mg/Nm<sup>3</sup>.

Wykorzystana technologia redukcji tlenków azotu gwarantuje maksymalne stężenie tlenków azotu ok. 450 mg/Nm<sup>3</sup>, dzięki czemu w latach 1999–2010 wskaźnik nie przekraczał 2,01 kg/MWh.



Rys. 3. Wskaźnik emisji dwutlenku siarki w latach 1992–2010 [5]  
 Fig. 3. Sulfur dioxide emission factor in period 1992–2010 [5]

W latach 1992–1998 nastąpił znaczny spadek emisji dwutlenku siarki (rys. 3), w wyniku zbudowania na 4 blokach energetycznych instalacji odsiarczania spalin (IOS) metodą mokrą wapienno-gipsową. W latach 1998–2007 nastąpiły wahania emisji dwutlenku siarki, które były spowodowane:

- krótszym czasem pracy absorberów,
- spaliny z bloku nr 3 i 4 kierowane były przez cały rok do komina,
- zmianą jakości węgla pod względem zawartości siarki,
- krótszym o blisko 1000 godzin czasem pracy absorberów, co spowodowane było mniejszym zapotrzebowaniem na energię i w związku z tym pracowały tylko 3 bloki (głównie w okresie letnim).

W lipcu 2008 roku rozpoczął pracę trzeci ciąg IOS. Tym samym odsiarczaniem objęto wszystkie bloki Elektrowni III. Emisja siarki wynosi obecnie 1,06 kg/MWh. W zakresie ochrony powietrza zrealizowano następujące projekty:

- pierwotną metodę ograniczania emisji tlenków azotu utrzymującą stężenia średnie na poziomie 400–490 mg/Nm<sup>3</sup>,
- modernizację elektrofiltrów odpylających spaliny z kotłów; gwarantuje to osiągnięcie skuteczności odpylania powyżej 99%; osiągane stężenia w spalinach z kotłów OP-650 nie przekraczają 50 mg/Nm<sup>3</sup>,
- instalację odsiarczania spalin o skuteczności 95%. Średnie stężenie SO<sub>2</sub> nie przekracza 400 mg/Nm<sup>3</sup>.

W wyniku wyżej wymienionych działań w Elektrowni Jaworzno III nastąpiła znaczna redukcja pyłu oraz dwutlenku siarki.

## WNIOSKI

1. W Elektrowni Jaworzno III zastosowano następujące technologie, pozwalające znacznie ograniczyć emitowane do atmosfery zanieczyszczenia pyłowe i gazowe:
  - instalację odsiarczania spalin,
  - instalację mokrego odżużlania,
  - technologię redukcji tlenków azotu.
2. Zastosowanie współspalania biomasy z węglem (1:9), spowodowało zmniejszenie zawartości siarki zarówno w samym paliwie, jak i w spalinach.
3. Polityka środowiskowa Elektrowni Jaworzno III realizowana jest w oparciu o wdrożony system zarządzania środowiskowego, spełniający wymagania normy ISO 14001 i systemu EMAS.
4. Działania inwestycyjne i modernizacyjne Elektrowni Jaworzno III doprowadziły do skreślenia Zakładu z krajowej listy najbardziej uciążliwych zakładów dla środowiska. Zastosowane urządzenia i technologie pozwoliły na dotrzymanie norm ekologicznych zawartych w Pozwoleniu Zintegrowanym, jak również w wyprzedzeniem dostosowują Elektrownię do przyszłych wymagań emisyjnych wynikających z dyrektyw unijnych.

## LITERATURA

1. Błaszczak E, Wójcik J. 2011. Deklaracja środowiskowa EMAS.
2. Marszałek Województwa Śląskiego, 2008. Pozwolenie zintegrowane, Katowice.
3. Warych J. Procesy oczyszczania gazów. Problemy projektowo-obliczeniowe. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa.
4. Warych J. 1988. Oczyszczanie przemysłowych gazów odlotowych. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa.
5. Wydział ochrony środowiska.: Analiza wyników i kosztów związanych z ochroną środowiska w Elektrowni Jaworzno III w latach 2000-2011.

### **POLLUTANT EMISSION TO THE ATMOSPHERE AND HIGH-TECHNOLOGY ON THE EXAMPLE OF JAWORZNO III POWER STATION IN JAWORZNO**

#### **Abstract**

In this paper technologies of pollution elimination from waste gases in Jaworzno Power Station III are presented. Mixture of coal and biomass (9:1) is combusted there. In waste gases there are dust and gaseous pollutants which are eliminated using high-technology filters and technologies of desulfurization,  $\text{NO}_x$  elimination and deslagging. Changes in pollution quantities before and after Power Station modernization are presented on graphs.

**Keywords:** desulfurization,  $\text{NO}_x$  elimination, deslagging, biomass.