

Cena 14,00 zł
(w tym „0” VAT)

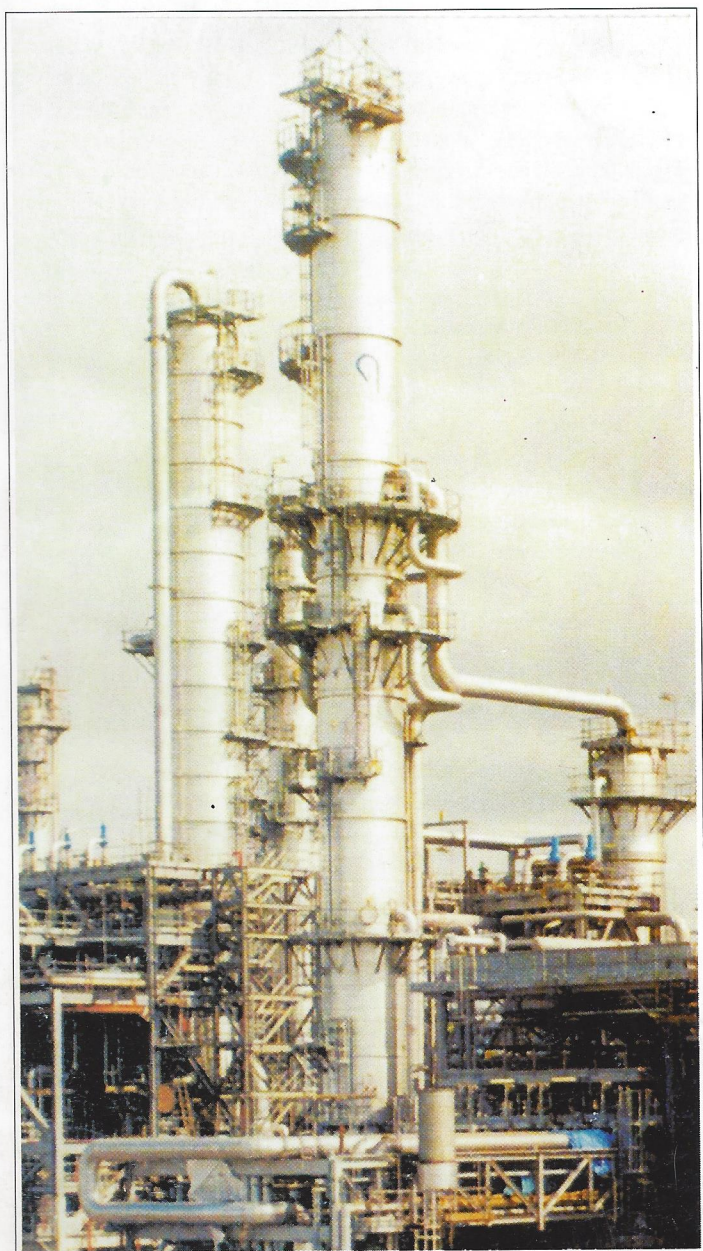


WYDAWNICTWO SIGMA X NOT
CZASOPISMO
STOWARZYSZENIA
ELEKTRYKÓW POLSKICH

GOSPODARKA Paliwami i Energią

ISSN 0017-2413

7 2003



W numerze m.in.:

- **Rozwój biopaliw płynnych w Polsce**
- **Czy energetyka będzie w stanie ograniczyć emisję CO₂?**
- **Czy modernizacje kotłów WR-25-014(13) dały spodziewane efekty?**

Czy modernizacje kotłów WR-25-014(13) dały spodziewane efekty?

1. WPROWADZENIE

Pierwsze konstrukcje kotła WR-25 sięgają lat sześćdziesiątych. Mimo postępu technicznego oraz wszędzie panujących warunków gospodarki rynkowej kotły te w wielu miejscach pracują nadal. Świadczy to o ich pozytywnych cechach. Jednak nowe, lepsze technologie i uwarunkowania ekonomiczne stworzyły nowe możliwości i zarazem potrzebę opracowania lepszych rozwiązań. Dlatego wiele kotłów tego typu zostało zmodernizowanych. Niekiedy na skutek potrzeby wymiany zużytych elementów zastosowano nowe elementy o zmienionej konstrukcji. Innym razem przeprowadzono modernizację bardzo szeroko, stosując na bazie starego kotła nowe rozwiązania. Biuro Techniki Kotłowej Sp. z o. o. Tarnowskie Góry jest autorem dokumentacji dla dwóch zakresów modernizacji tego kotła. Kotły na podstawie tej dokumentacji zostały w ostatnich latach zmodernizowane i uruchomione. Wykonano pomiary energetyczne kilku zmodernizowanych kotłów. Poniżej przedstawiono krótki opis oraz określone podczas pomiarów charakterystyki kotła WR-25-014S powstałego jako efekt głębokiej modernizacji pierwotnej wersji kotła WR-25 opartej na dostawach Fabryki Kotłów „RAFAKO” S.A. Racibórz. Dla porównania przytoczono charakterystyki kotłów będących w pierwotnej wersji oraz kotłów zmodernizowanych w mniejszym zakresie. Starano się odpowiedzieć na pytanie czy modernizacje kotłów WR-25-014(13) dały spodziewane efekty.

2. DWA ZAKRESY MODERNIZACJI, WPROWADZONE ZMIANY ORAZ SPODZIEWANE EFEKTY

Kocioł WR-25-014S jako rezultat szerokiej modernizacji – zmiany w porównaniu z wersjami poprzednimi

Kocioł WR-25-014S jest kotłem dwuciągowym. Jego sylwetka została przedstawiona na rys. 1. Ściany szczelne kotła tworzą przestrzeń komory paleniskowej i II ciągu. Zastosowanie ścian membranowych umożliwia uzyskanie szczelności w kanałach przepływu spalin i pozwala na zastosowanie lekkiej izolacji cieplnej z płyt wełny mineralnej, pokrytej blachą opancerzenia zewnętrznego. Odmiana konstrukcyjna 014S powstała w wyniku zmian modernizacyjnych kotła WR-25-014(13). Podstawowe zmiany wprowadzone w odmianie 014S to:

– zastosowanie ścian membranowych tworzących komorę paleniskową i ściany II ciągu,

- eliminacja rurowego podgrzewacza powietrza,
- zmiana lokalizacji wentylatorów podmuchu oraz zmiany w instalacji powietrza podmuchowego,
- zastosowanie nowego rozwiązania wdmuchu powietrza wtórnego (z przodu komory paleniskowej),
- zmiana typu i lokalizacji wentylatorów powietrza wtórnego,
- eliminacja dotychczasowej konstrukcji nośnej powyżej rusztu mechanicznego,
- likwidacja ciężkiego obmurza ścian kotła, obmurówka ogniotrwała ograniczona została do niezbędnego minimum (sklepienie nad rusztem i tylna przybudówka rusztu),
- zmiany w układach AKPiA.

Najważniejsze dane techniczne kotła WR-25-014S są podane w tablicy.

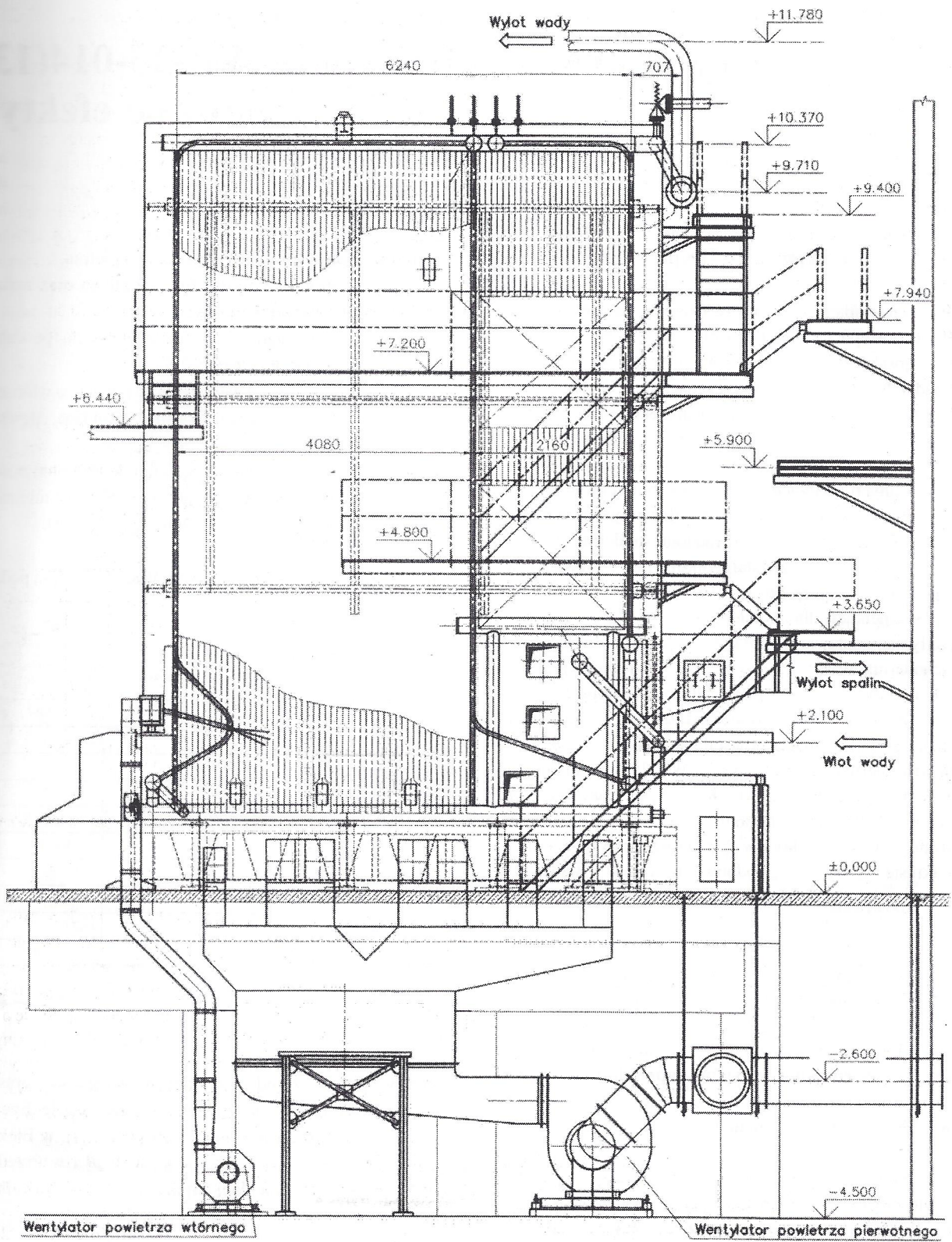
TABLICA. Dane techniczne kotła WR-25-014S

Wydajność maksymalna trwała	do 38,0 MW
Ciśnienie obliczeniowe	2,45 MPa
Temperatura wody na wlocie	70°C
Temperatura wody na wylocie	150°C
Nominalny przepływ wody przez kocioł	346 Mg/h
Minimalny przepływ wody przez kocioł	280 Mg/h
Opory przepływu wody w kotle	0,25 MPa
Sprawność obliczeniowa	84%
Pojemność wodna kotła	13,3 m ³
Ciśnienie wody na wylocie z kotła	1,0–1,15 MPa
Minimalne dopuszczalne ciśnienie wody na wylocie z kotła dla temperatury wylotowej 150°C	1,0 MPa

Pomiary kotłów zmodernizowanych w sposób opisany wyżej przeprowadzono między innymi w Zakładzie Energetycznym Częstochowa S.A. – kotły nr 1 [1] i 2 [4], w Elektrociepłowni OPEC Grudziądz Sp. z o.o. [2] i [5] i w Przedsiębiorstwie Energetyki Ciepłej Sp. z o. o. w Suwałkach [3] i [6].

Zakres przeprowadzonych zmian podczas modernizacji częściowej

Wspomniana modernizacja w ograniczonym zakresie polegała na zmianach w układzie powietrza podmuchowego połączonych z przeniesieniem wentylatora podmuchu (nowego) na



Rys. 1. Sylwetka kotła WR-25-014S

poziom odżużlania, zmianach w układzie powietrza wtórnego, zabudowie w miejsce podgrzewacza powietrza dodatkowego pęczka podgrzewacza wody, a także na zmianach w układzie pomiarów i automatyki. Nie obejmowała natomiast zastosowania ścian membranowych. Takiej modernizacji zostały poddane między innymi dwa kotły w Ciepłowni Racibórz Południe. Wyniki pomiarów tych kotłów podano w [8] dla kotła nr 1 i w [7] dla kotła nr 3.

Dla kotłów w wersji pierwotnej pomiary były wykonywane wielokrotnie np. [9 ÷ 14]. Cytowane pomiary zostały wykonane w latach 1986 ÷ 1990, a więc w czasach innej rzeczywistości ekonomicznej.

Spodziewane efekty modernizacji

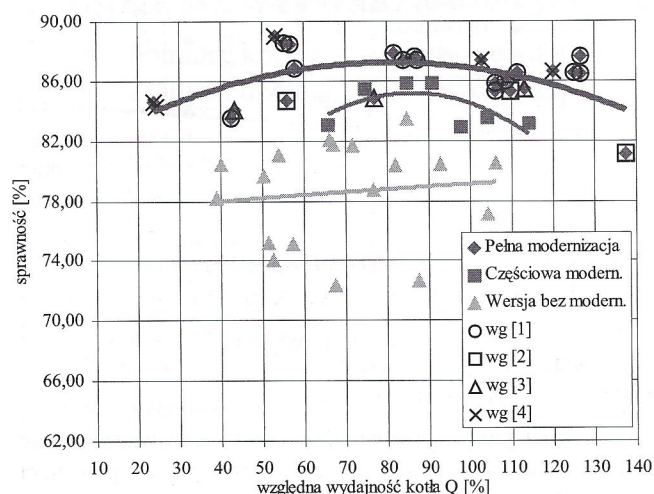
Zarówno przy jednym zakresie modernizacji jak i przy drugim oczekiwano podobnych efektów, a mianowicie:

- wzrostu wydajności maksymalnej kotła,
- wzrostu sprawności cieplnej,
- możliwie płaskiej charakterystyki sprawności w całym zakresie wydajności,
- zmniejszenia emisji zanieczyszczeń w spalinach – zgodnie z wymaganiami ochrony środowiska,
- poprawy regulacyjności i elastyczności pracy kotła,
- zwiększenia dyspozycyjności kotła i zmniejszenia wydatków na remonty i konserwacje.

3. WYNIKI POMIARÓW

Wydajność i sprawność kotła

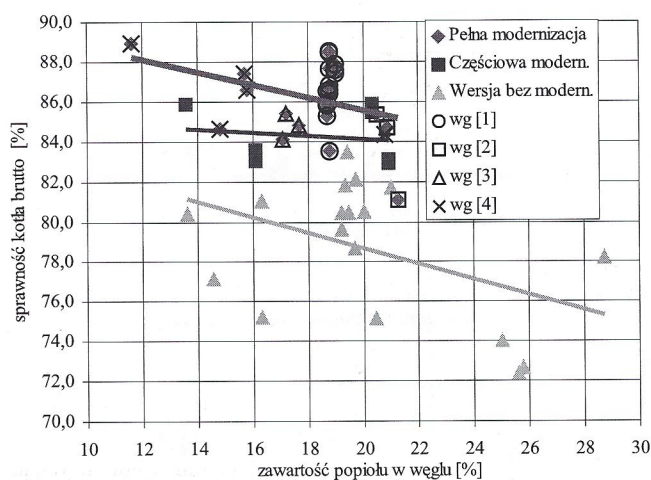
Kocioł WR-25-014S nr 1 w Zakładzie Energetycznym Częstochowa S.A. podczas pomiarów [1] pracował w bardzo szerokim zakresie wydajności od ok. 12,3 do 40 MW. Kocioł nr 2 w tym samym Zakładzie, dzięki zastosowaniu dodatkowych wentylatorów powietrza i spalin do pracy z minimalną wydajnością, pracował podczas pomiarów poprawnie od wydajności ok. 6,9 MW. Praca innych kotłów odbywała się w podobnym zakresie wydajności. Charakterystyka sprawności była płaska i w prawie całym zakresie wydajności sprawność zawierała się pomiędzy 85% i 88%. Kotły poddane częściowej modernizacji pracowały podczas pomiarów z wydajnością 19,1 ÷ 33,2 MW. Ich sprawność w tym zakresie wynosiła od ok. 83 do ok. 86%. Na rys. 2 pokazano zależność sprawności



Rys. 2. Sprawność kotła brutto dla kotłów w różnym stopniu zmodernizowanych

kotła brutto w zależności od względnej wydajności cieplnej przy przyjęciu wydajności maksymalnej przed modernizacją (29,075 MW czyli 25 Gcal/h) za 100%.

Parametry pracy osiągane przez kocioł w dużej mierze zależą od jakości węgla. Dlatego bardzo ważne jest zwrócenie uwagi na jakość węgla podczas poszczególnych serii pomiarowych. Wyżej wymienione wyniki pomiarów kotłów WR-25-014(013) w swojej wersji nie zmodernizowanej pochodzą z lat 1986 ÷ 1990. W okresie tym spalano węgiel znacznie gorszej jakości niż obecnie. Aby zobrazować wpływ jakości węgla na osiągniętą sprawność na rys. 3 pokazano wpływ zawartości popiołu na sprawność brutto kotła. Nie uwzględniając warunków pracy kotła widać, że zależność ta ma tendencję malejącą a więc wpływ ilości popiołu w węglu jest duży w porównaniu z innymi czynnikami. Sprawność kotła znacznie maleje przy pogarszaniu się węgla, a głównie przy wzroście ilości popiołu w węglu. Jednak dla paliw o porównywalnej jakości kotły zmodernizowane osiągają wyższe sprawności.



Rys. 3. Sprawność kotła w zależności od zawartości popiołu w paliwie

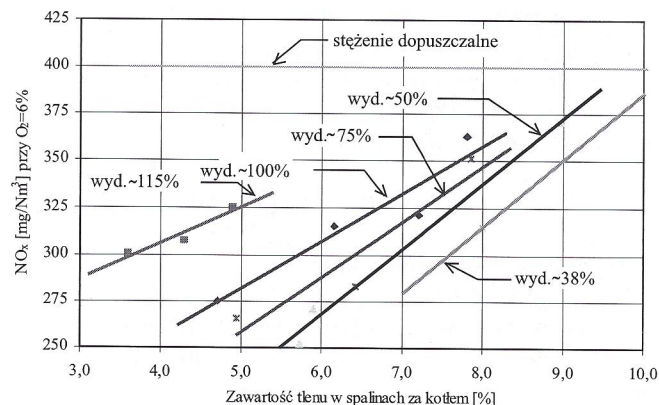
Czynniki wpływające na sprawność

Dzięki zastosowaniu ścian szczelnych oraz wyeliminowaniu zazwyczaj nieszczelnego podgrzewacza powietrza, praktycznie do minimum zredukowano podsysanie powietrza w drugim ciągu kotła. Natomiast przez zastosowanie zmienionego układu powietrza podmuchowego mającego dokładną regulację rozdziału na strefy podrusztowe i wentylatora o zmiennych obrotach, a także dzięki poprawieniu jakości stosowanych rusztów stała się możliwa praca kotła przy małych nadmiarach powietrza (rys. 4). Dlatego uzyskano niską stratę wylotową przy jednoczesnym zachowaniu niezbyt dużej straty niecałkowitego spalania w odpadach paleniskowych (suma strat w żużlu, przesypie i popiele) – rys. 5. Charakterystyczne jest to, że przy pracy z małą wydajnością dla układu powietrza z wentylatorem o zmiennych obrotach często w żużlu jest dość znaczna ilość części palnych co wiąże się ze zbyt małym ciśnieniem pod rusztem. Korzystniejsze w tym wypadku jest wyłączenie części rusztu poprzez odpowiednie zamykanie stref, niż doregulowanie powietrza obrotami wentylatora. W przypadku kotła nr 2 w Zakładzie Energetycznym Częstochowa S.A. [4] zastosowano dodatkowy wentylator powietrza podmuchowego oraz dodatkowy wentylator spalin dla wydajności minimalnej. Dzięki

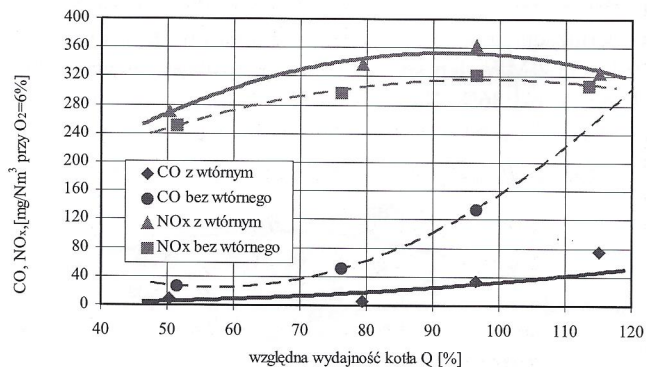
temu była możliwa poprawna praca z wydajnością odpowiadającą ok. 20% znamionowej.

Emisja NO_x i CO

Kotły zmodernizowane pozwalały uzyskać stężenia NO_x w spalinach mniejsze od 400 mg/m³ (w spalinach suchych przy zawartości tlenu 6%) i stężenia CO mniejsze od 250 mg/m³, czyli spełniały wymagania przepisów dawniejszych [16] i tym bardziej obecnych [15]. Opierając się na [1] na rys. 6 pokazano stężenia NO_x w zależności od obciążenia kotła przy różnych nadmiarach powietrza. Natomiast na rys. 7 na tej samej podstawie pokazano zależność stężeń NO_x i CO od obciążenia kotła przy pracy z czynnym powietrzem wtórnym i bez tego powietrza. Przy dużej wydajności dla utrzymania odpowiednich stężeń CO wskazana jest praca z powietrzem wtórnym, co jednak nieznacznie zwiększa stężenia NO_x. Dla kotłów zmodernizowanych częściowo wyżej podane wartości graniczne stężeń NO_x i CO w spalinach były zachowane.



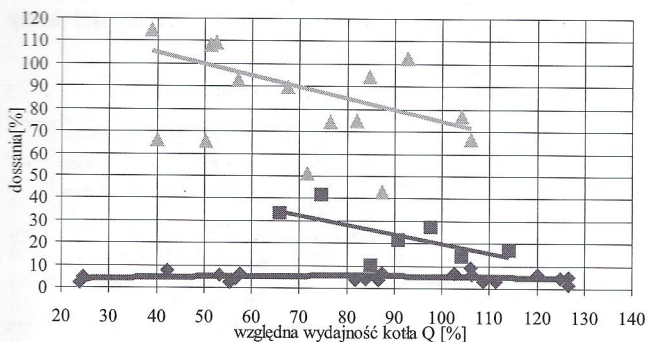
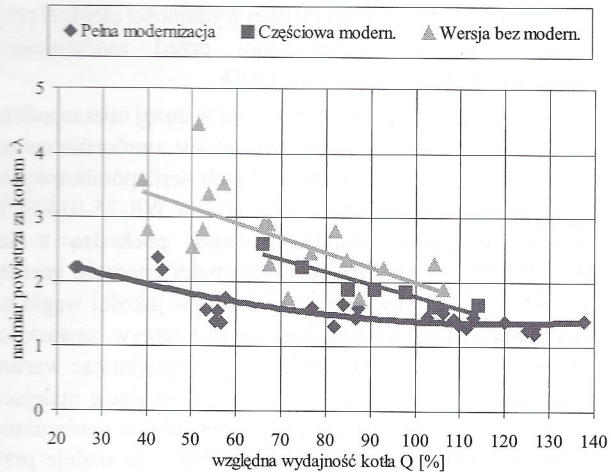
Rys. 6. Zależność stężenia NO_x i zawartości O₂ w spalinach za kotłem przy różnych wydajnościach kotła



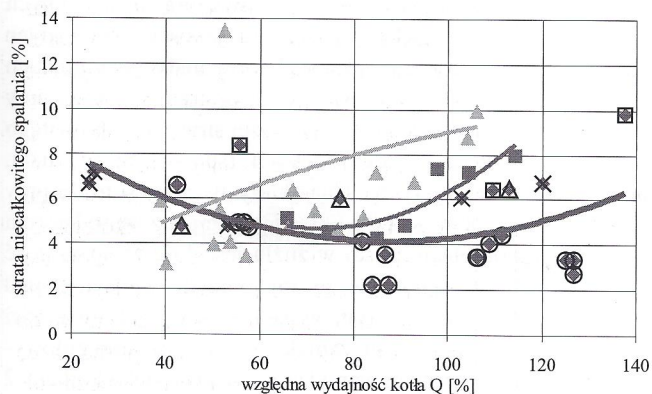
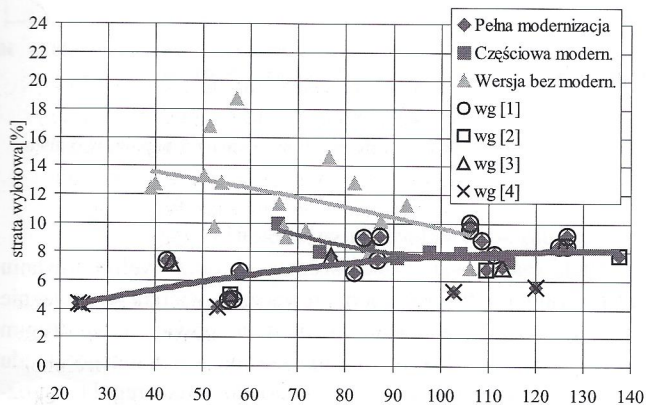
Rys. 7. Stężenie NO_x i CO w spalinach przy włączonym i wyłączonym wtórnym powietrzu [1]

4. PODSUMOWANIE

Zmiany w układzie powietrza podmuchowego i wtórnego, lepsze rozwiązania rusztu i stref podrusztowych, zastosowanie ścian szczelnych, wyeliminowanie podgrzewacza powietrza i zastosowanie dodatkowego podgrzewacza wody, a także poprawa układów pomiarowych i automatyki dały w sumie bardzo dobre rezultaty potwierdzone wyżej opisanymi pomiara-



Rys. 4. Nadmiar powietrza oraz przyrost nadmiaru w II ciągu kotła dla kotłów w różnym stopniu zmodernizowanych



Rys. 5. Strata niecałkowitego spalania w odpadach paleniskowych i strata wylotowa

mi przeprowadzonymi na kilku jednostkach. Kotły WR-25-014(13) poddane zarówno szerokiej modernizacji jak i modernizacji częściowej (bez stosowania ścian szczelnych) osiągnęły znacznie większe wydajności i sprawność niż przed modernizacją. Stężenia zanieczyszczeń w spalinach za kotłami spełniały wymagania obowiązujących przepisów [15]. Kotły mają płaską charakterystykę sprawności w szerokim zakresie wydajności. Są bardziej regulacyjne, pozwalają na elastyczne dopasowanie sposobu pracy do zaistniałych warunków odbioru ciepła przy zachowaniu wysokiej sprawności. Dodatkowo według opinii użytkowników kocioł WR-25-014S ma niskie zapotrzebowanie na energię elektryczną, ponadto jest tak skonstruowany, że zanieczyszczanie powierzchni ogrzewalnych w drugim ciągu kotła jest minimalne. Wobec powyższego na pytanie postawione w tytule można odpowiedzieć jednym zdaniem: modernizacje kotłów WR-25-014(13) dały oczekiwane efekty.

LITERATURA

- [1] Parys R.: Pomiary eksploatacyjne kotła WR-25-014S zainstalowanego w Ciepłowni Zawodzie Zakładu Energetycznego Częstochowa S.A., opracowanie INTROL-OPOLE nr ewid. 82/00, kwiecień 2000 r. (niepublikowane).
- [2] Czekalski B., Drózd W.: Sprawozdanie z badań energetycznych i emisji zmodernizowanego kotła typu WR-25 NR 4 zainstalowanego w Elektrociepłowni OPEC Grudziądz Sp. z o.o. w Grudziądzu, opracowanie Przedsiębiorstwa „EN-POL” S.C. Sosnowiec, listopad 2000 r. (niepublikowane).
- [3] Górnicki E., Radomski F.: Pomiary energetyczne zmodernizowanego kotła wodnego typu WR-25-014S oraz pomiary emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłu z kotła, zainstalowanego w Ciepłowni Głównej Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. w Suwałkach, opracowanie Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Gospodarki Energetycznej Oddział w Warszawie, nr ewidencyjny T-2209 listopad 2001 r. (niepublikowane).
- [4] Parys R.: Pomiary eksploatacyjne kotła WR-25-014S zainstalowanego w Ciepłowni Zawodzie Zakładu Energetycznego Częstochowa S.A., opracowanie BUTiH EKOKAL Kalety nr ewid. P-87/2003, luty 2003 r. (niepublikowane).
- [5] Parys R.: Nadzór nad przeprowadzeniem pomiarów gwarancyjnych kotła WR-25 w OPEC Grudziądz Część 2. Przeprowadzenie analizy uzyskanych wyników i uwagi do sprawozdania, opracowanie BUTiH „EKOKAL” Kalety, nr ewidencyjny P-53—II/2000, Kalety, grudzień 2000 r. (niepublikowane).
- [6] Parys R.: Nadzór nad przeprowadzeniem pomiarów gwarancyjnych kotła WR-25 w PEC Sp. z o.o. w Suwałkach Część 2. Przeprowadzenie analizy uzyskanych wyników i uwagi do sprawozdania, opracowanie BUTiH „EKOKAL” Kalety, nr ewidencyjny P-73—II/2001, Kalety, grudzień 2001 r. (niepublikowane).
- [7] Parys R.: Pomiary pomodernizacyjne kotła WR-25-013 nr 3 zainstalowanego w Ciepłowni Racibórz Południe, opracowanie INTROL-OPOLE nr ewid. 72/00, grudzień 1999 r. (niepublikowane).
- [8] Parys R.: Pomiary pomodernizacyjne kotła WR-25-013 nr 1 zainstalowanego w Ciepłowni Racibórz Południe, opracowanie INTROL-OPOLE nr ewid. 94/00, grudzień 2000 r. (niepublikowane).
- [9] Kuras S.: Badania cieplne zespołu kotłowego WR-25-013 nr 5 w Ciepłowni Włocławek – Wschód, opracowanie CBKK Tarnowskie Góry, nr archiwalny 8.1795, Tarnowskie Góry, marzec 1986 r. (niepublikowane).
- [10] Pająk S.: Pomiary gwarancyjne kotła WR-25-014 nr 6 w Ciepłowni Włocławek – Wschód, opracowanie CBKK Tarnowskie Góry, nr archiwalny 8.1848, Tarnowskie Góry, grudzień 1986 r. (niepublikowane).
- [11] Pająk S.: Pomiary gwarancyjne kotła WR-25-014 w Centralnej Ciepłowni w Olkuszu, opracowanie CBKK Tarnowskie Góry, nr archiwalny 8.1890, Tarnowskie Góry, maj 1987 r. (niepublikowane).
- [12] Parys R.: Badania przedmodernizacyjne i eksploatacyjne kotła WR-25 w FSM-Tychy, opracowanie CBKK Tarnowskie Góry, nr archiwalny 8.1905, Tarnowskie Góry, czerwiec 1987 r. (niepublikowane).
- [13] Pająk S.: Pomiary przedmodernizacyjne kotła WR-25 w Zakładzie Energetyki Ciepłej w Myszkowie, opracowanie CBKK Tarnowskie Góry, nr archiwalny 8.1954, Tarnowskie Góry, luty 1988 r. (niepublikowane).
- [14] Pająk S.: Pomiary gwarancyjne kotła WR-25-014 nr 7 w Ciepłowni Miejskiej w Belchatowie, opracowanie CBKK Tarnowskie Góry, nr archiwalny 8.2104, Tarnowskie Góry, czerwiec 1990 r. (niepublikowane).
- [15] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 lipca 2001 r. w sprawie wprowadzania do powietrza substancji zanieczyszczających z procesów technologicznych i operacji technicznych. Dz. U. Nr 87, poz. 957.
- [16] Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 8 września 1998 r. w sprawie wprowadzania do powietrza substancji zanieczyszczających z procesów i operacji technicznych. Dz. U. Nr 121, poz. 793 z 1998 r.



Biurow Usług Technicznych i Handlowych

„EKOKAL”

ul. Wiosenna 32, 42-660 Kalety

tel./fax 034/3578449, tel. 034/3578223,

e-mail: ekokal@go2.pl

**SZUKAMY DLA PAŃSTWA PIENIĘDZY TAM,
GDZIE SIĘ WYTWARZA I UŻYWA CIEPŁO:**

- pomiary kotłów, młynów węglowych, wentylatorów i innych urządzeń energetycznych,
- opracowywanie programów komputerowych na zamówienie,
- audyty energetyczne budynków i obiektów przemysłowych,
- dobór i dostawy urządzeń pomiarowych i regulacyjnych.

Pozostajemy do Państwa dyspozycji

EKOKAL każdemu dobrze życzy

Nowe instrumenty w polityce ekologicznej (Praca zbiorowa pod red. Czai S., wyd. Katedra Ekonomii Ekologicznej Akademii Ekonomicznej im. O. Langego we Wrocławiu, Wojnowice-Wrocław 2001, ISBN 83-85773-39-8, s. 374)

W książce zamieszczono teksty 32 prac z zakresu ekologii i ochrony środowiska. Oprócz podstawowych zagadnień techniczno-ekonomiczno-finansowych polityki ekologicznej wraz z jej modyfikacjami, przedstawiono również praktyczne aspekty zastosowania instrumentów polityki ekologicznej w przemyśle, rolę strategicznej oceny oddziaływania na środowisko, problematykę wdrażania i zintegrowanej analizy efektywności systemu zarządzania środowiskowego, ekoetykietowanie jako formę ekologizacji sprzedaży, narzędzia i czynniki globalnej polityki ekologicznej, a także kwestię opłat za emisję zanieczyszczeń wprowadzanych do powietrza. Opisano także ekologiczną ocenę cyklu życia (LCA), wskazując równocześnie na jej znaczenie w zarządzaniu środowiskiem.

ANDRZEJ WYCIŚLIK