

# Efekty ekonomiczne i energetyczne modernizacji węglowego rusztowego kotła wodnego typu WR10 w Miejskim Przedsiębiorstwie Energetyki Ciepłej Spółka z o.o. we Włocławku

The economic and energetic effects of modernization stoker-fired boiler WR10-type in the Municipal Heating Company Ltd. Włocławek

MICHAŁ PIETRASZEWSKI, ZYGMUNT KATOLIK

Realizacja projektów inwestycyjnych w każdym przedsiębiorstwie determinowana jest przez wiele czynników, jednak cel im przyświecający jest silnie związany z korzyściami i pozytywnymi efektami ekonomiczno-finansowymi, przede wszystkim dla samego inwestora. Innymi beneficjentami działań modernizacyjnych w wielu przypadkach są klienci, dostawcy, kooperanci i inne podmioty współpracujące z rozwijającym się przedsiębiorstwem. Branża energetyczna, a w konsekwencji i ciepłownicza, kreuje jeszcze dodatkowe efekty związane z parametrami technicznymi realizowanych przedsięwzięć rozwojowych oraz wpływa na szeroko pojęte zjawiska dotyczące społecznej odpowiedzialności biznesu i polityki zrównoważonego rozwoju. Ciepłownictwo zarówno w Polsce, jak i innych krajach Unii jest branżą regulowaną przez państwową administrację. Fakt ten implikuje w dużej części sam proces inwestycyjny oraz uzyskiwane w przyszłości efekty. Dodatkowo należy wspomnieć o coraz silniejszym piętnie, jakie odciskają przepisy środowiskowe na parametry planowanych inwestycji.

Większość obecnie realizowanych inwestycji w branży ciepłowniczej musi brać pod uwagę wspomniane powyżej czynniki kształtujące rynek ciepła systemowego. W niniejszym artykule omawiany jest przypadek typowej inwestycji modernizacyjnej w zakresie odbudowy wysoko-sprawnego węglowego kotła rusztowego o projektowanej mocy 17MW. Opisywany przykład jest odzwierciedleniem analiz związanych z procesem podejmowania decyzji w kontekście uruchomienia samego procesu inwestycyjnego oraz uwzględnienia w nim wszelkich parametrów techniczno – ekonomicznych, a także społeczno-środowiskowych, kształtujących ostateczny wynik samej inwestycji.

*Słowa kluczowe: zwrot z inwestycji, efektywność aktywów, efektywność energetyczna, zaktualizowana wartość netto, wewnętrzna stopa zwrotu, modernizacja węglowego kotła rusztowego, modernizacja źródła energii*

Realization of investment projects in every company is determined by many factors, but the purpose of the fundamental elements is strongly associated with the benefits and positive effects of economic and financial primarily for the investor. Other beneficiaries of modernization in many cases are customers, suppliers, partners and other actors working with developing company. Energy industry and consequently district heating sector creates additional effects which are associated with the technical parameters ongoing development projects and influences on the broader phenomenon of corporate social responsibility and sustainable development policy. Heating industry, both in Poland and other EU countries, is an industry regulated by the state administration, as a consequence, implies that a large part of the investment process and the results will be achieved in the future. In addition, we should mention the stigma that immensely imprints on the parameters of planned investments by the environmental legislation.

Most running investment projects in the heating sector must take into account the above-mentioned factors also affecting the market of district heating. In this article we discussed the case of a typical modernization investment in the reconstruction of highly-efficient stoker-fired boiler for the proposed power of 17MW. The described example is a reflection of analyzes related to the decision-making process in the context of mobilizing the investment process and the inclusion of the technical – economic parameters and socio-environmental factors shaping the final outcome of the investment itself.

*Keywords: Economic efficiency, assets productivity, modernization process, energy efficiency, NPV, IRR, return on investment, stoker-fired boiler modernizations, energy source modernizations*

dr Michał Pietraszewski – Prezes Zarządu Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. we Włocławku.

mgr Zygmunt Katolik – Prokurent-Kierownik Systemu Ciepłowniczego Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. we Włocławku.

Proces dekapitalizacji urządzeń produkcyjnych oraz ich fizyczne zużycie w okresie ich eksploatacji są naturalną konsekwencją realizacji podstawowej funkcji przedsiębiorstwa, jaką jest maksymalizacja dodatniego przepływu środków pieniężnych w długim okresie. Optymalne wykorzystanie aktywów jest kluczowym zagadnieniem dla zarządzających firmą. Zjawisku amortyzacji i dekapitalizacji oraz celowi, jakim jest optymalizacja towarzyszy prawo malejących przychodów, które wymusza na menedżerach każdego przedsiębiorstwa podejmowanie decyzji inwestycyjnych związanych z modernizacją wykorzystywanych aktywów, wdrażaniem innowacyjnych rozwiązań, których celem będzie utrzymanie zjawiska optymalizacji produkcji w długich przedziałach czasowych. Postęp technologiczny, wynikający z otoczenia makroekonomicznego oraz utrzymanie własnych przewag konkurencyjnych każdego z przedsiębiorstw, mającego ambicje posiadania przewagi technologicznej lub kosztowej nad konkurencją, obliuguje do realizacji nieprzerwanego procesu modernizacyjnego a nawet innowacyjnego. Dodatkowym elementem bodźcowym wymuszającym zmiany technologiczne w gospodarce europejskiej jest administracyjny przymus inwestowania w technologie spełniające coraz bardziej zaostrzone rygory emisyjne w zakresie szeroko pojętej ochrony środowiska, odzwierciedlonej w jednej z polityk horyzontalnych Unii Europejskiej, dotyczącej tzw. zrównoważonego rozwoju.

Zdefiniowane uwarunkowania makro-gospodarcze oraz cele podmiotu w skali mikro w nieunikniony sposób dotyczą każdego przedsiębiorstwa branży ciepłowniczej o profilu produkcyjnym, dystrybucyjnym czy mieszanym. Proces modernizacyjny w MPEC-Włocławek realizowany jest od kilkunastu lat. Dotyczy on zarówno prac związanych z unowocześnieniem źródła ciepła, jak i optymalizacji hydraulicznej ponad 100 km sieci dystrybucyjnej oraz ze szczególnym podkreśleniem działań podnoszących efektywność energetyczną procesu produkcyjnego, związanych z uwolnieniem w jak najtańszy i najefektywniejszy sposób energii pierwotnej przy jak najmniejszym zużyciu energii elektrycznej, niezbędnej do prowadzenia procesu wytwarzania ciepła.

Przykładem tego typu działań inwestycyjno-modernizacyjnych w Miejskim Przedsiębiorstwie Energetyki Ciepłej Spółka z o.o. we Włocławku była budowa nowoczesnego kotła rusztowego.

- Co modernizowano?
- Jakie przewidujemy efekty po zmodernizowaniu jednostki kotłowej?

- Co skłoniło zarządzających do podjęcia takiej decyzji a nie innej?

Na tak postawione pytania znajdziecie Państwo odpowiedź w niniejszym artykule, gdzie opisujemy zrealizowany w przedsiębiorstwie projekt inwestycyjny związany z sanacją kotła węglowego rusztowego oraz prezentujemy spodziewane efekty ekonomiczno-ekologiczne wywołane zaimplementowaniem nowoczesnych rozwiązań technologicznych w spółce ciepłowniczej [1].

### Charakterystyka zasobów produkcyjnych przedsiębiorstwa

Ciepło dla potrzeb mieszkańców miasta Włocławka i zakładów przemysłowych jest wytwarzane w ciepłowni spółki, w której pobudowano 8 jednostek kotłowych o zainstalowanej mocy cieplnej w wysokości 173 MW [2]. Podstawowe urządzenia produkcyjne w przedsiębiorstwie to kotły węglowe rusztowe typu WR-25 (4 szt.) i WR-10 (2 szt.). W procesie produkcji ciepła mogą również uczestniczyć dwa kotły gazowe płomieniowo-płomieniówkowe typu KOG-15, które przyjęły w przedsiębiorstwie rolę jednostek szczytowych. Od wielu lat kotły są sukcesywnie modernizowane z uwagi na rosnące zużycie fizyczne, wprowadzany postęp technologiczny oraz w celu przystosowania do nowych i wciąż rosnących wymagań ochrony środowiska i potrzeb przedsiębiorstwa [3]. Opisywany przypadek jest zwińczeniem prac modernizacyjnych podjętych przed dekadą, których celem była przebudowa wszystkich kotłów oraz zaimplementowanie w nich technologii ścian szczelnych przynoszących sprawność prowadzenia procesu produkcyjnego na poziomie 86%.

### Przesłanki i cele zamierzenia modernizacyjnego

Dobra sytuacja finansowa w przedsiębiorstwie oraz zaistniałe możliwości techniczne, prowadzące do wzrostu sprawności energetycznej, polepszenia wydajności oraz poprawy dyspozycyjności kotła typu WR-10 nr 1, skłoniły zarządzających przedsiębiorstwem do podjęcia decyzji o przeprowadzeniu ostatniej gruntownej modernizacji najstarszej jednostki kotłowej w ciepłowni MPEC-Włocławek.

### Stan przed modernizacją

W okresie niskiego sezonu na potrzeby ciepłej wody i technologii w przedsiębiorstwie pracuje zawsze jeden z będą-

cych w dyspozycji czterech kotłów węglowych typu WR-25. Zapotrzebowanie mocy cieplnej dla celów ciepłej wody w mieście oraz technologii dla jednego z zakładów przemysłowych we Włocławku jest zmienne w okresie doby i zawiera się w przedziale od 10 MW do 14 MW. Stan ten powodował eksploatację poszczególnych jednostek kotłowych przy małych obciążeniach w zakresie niskich przedziałów sprawności. Przy wskazanych potrzebach cieplnych odbiorców z terenu miasta każdy z pracujących kotłów typu WR-25 jest pod względem mocy cieplnej za duży, co powoduje, że jego praca jest nieoptymalna i z punktu technicznego oraz ekonomicznego nieracjonalna. Natomiast mniejsze jednostki kotłowe typu WR-10, będące w dyspozycji przedsiębiorstwa, są w stanie dać zbyt małą moc (do 12 MW) cieplną, aby w pełni zaspokoić potrzeby odbiorców. Należy jeszcze dodać, że rynek odbiorców ustawicznie ewoluuje w kierunku zwiększenia popytu na ciepłą wodę, który to trend wzięto pod uwagę planując proces modernizacji i kilkunastoletnią perspektywę eksploatacyjną.

### Charakterystyka projektowanej modernizacji kotła

Projektowana modernizacja polegała na budowie takiego kotła, który byłby jednostką energetyczną wydajniejszą od będących w dyspozycji przedsiębiorstwa kotłów typu WR-10, a mniejszą od kotłów typu WR-25 i zaspakajałby w pełni obecny i przyszłościowy popyt na ciepło w okresie trwania sezonu letniego. Zakres rzeczowy zmian modernizacji kotła przewidywał wymianę części ciśnieniowej kotła, nie zmieniając jej przeznaczenia i nie powodując wzrostu zagrożenia związanego z eksploatacją [4]. Z istniejącego układu części ciśnieniowej pozostała powierzchnia ogrzewalna III-ego ciągu, część rurociągów łączących oraz armatura odcinająca. Przewidziany do modernizacji kocioł WR-10 nr 1 jest kotłem wodnym o wymuszonym przepływie wody przez powierzchnie ogrzewalne. Instalację paleniskową kotła stanowią: ruszt mechaniczny wraz z instalacją powietrza podmuchowego pierwotnego i wtórnego oraz instalacja odprowadzania żużla i popiołu.

Kocioł WR10-M posiada trzy-ciągowy układ dla przepływu spalin. Pierwszy ciąg stanowi całkowicie ekranowana ścianami szczelnymi komora paleniskowa z rur  $\varnothing 57 \times 4$  mm, w kształcie prostopadłościanu. W drugim ciągu kotła został zabudowany pęczek konwekcyjny z rur  $\varnothing 32 \times 3,2$  mm. Wężownice pęczka konwekcyjnego dru-

giego ciągu tworzą dla przepływu spalin układ szeregowy, przeciwwądowy. Ściany II-go ciągu wykonane zostały także jako ściany szczelne. W celu obniżenia temperatury spalin i możliwości jej regulacji za kotłem na kanale spalin zabudowano dodatkowo, pionowy podgrzewacz wody III-go ciągu. W kotle został także zastosowany indywidualny rozdział powietrza pierwotnego na poszczególne strefy rusztu. Skrzynia powietrza podmuchowego pod ruszt podzielona została na 7 stref. Pozwoliło to uzyskać lepszy proces spalania węgla na ruszcie, przy stosunkowo niskim nadmiarze powietrza i odpowiedniej emisji gazów procesowych.

W celu uniknięcia zbyt niskich temperatur wylotowych z kotła, dla obniżonych wydajności cieplnych w kotle zastosowano obejście pęczka konwekcyjnego II-go ciągu. Rozwiązanie to pozwala na regulację temperatury spalin za kotłem przy całkowicie zamkniętym podgrzewaczu wody. Na rurociągach obejściowych przewidziano zawór regulacyjny oraz przepływomierz z blokadą minimalnego, bezpiecznego przepływu wody przez pęczek konwekcyjny z zachowaniem odpowiednich wymaganych prędkości wody w pęczku.

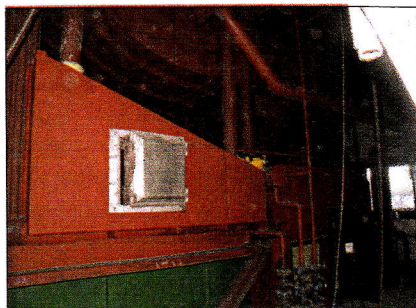
Według projektantów rozwiązanie to może być także stosowane w trakcie rozruchu kotła w celu uniknięcia niskich temperatur spalin wylotowych kotła zabezpieczających cyklodfiltr, a także istniejące baterie worków instalacji odpylania. Jest to rozwiązanie zaproponowane przez Biuro Techniki Kociołowej Spółka z o. o. sprawdzone i pracujące w innych tego typu obiektach w przedsiębiorstwach energetyki cieplnej. W gronie przedsiębiorstw ciepłowniczych, w których zostały wdrożone podobne rozwiązania konstrukcyjne kotłów wymienić można między innymi: MEC Szczecinek, MEC Koszalin, MPEC Nowy Sącz, PEC Gniezno oraz Ciepłownię w Policach

### Realizacja modernizacji kotła

W dniu 15 maja 2014 roku został przekazany plac budowy głównemu wykonawcy robót. Modernizacja kotła rusztowego typu WR-10 nr 1 obejmowała w mniejszym zakresie też roboty do wykonania przez inwestora przedmiotowej inwestycji to jest MPEC-Włocławek.

W ramach modernizacji kotła dla MPEC-Włocławek został przewidziany następujący zakres rzeczowy robót do wykonania:

- demontaż istniejących instalacji elektrycznych i AKPiA wraz z osprzętem,



Zdjęcie 1. Montaż części ciśnieniowej modernizowanego kotła

- montaż nowych instalacji elektrycznych i przetwornic częstotliwości do napędu: wentylatorów wywiewnych spalin, wentylatorów podmuchu, rusztu,
  - montaż nowych instalacji i osprzętu AKPiA zmodernizowanego kotła.
- Specjalistyczne roboty głównego wykonawcy obejmowały dziewięć kolejno następujących po sobie etapów realizacji prac modernizacji kotła. W pierwszym etapie modernizacji przewidziano zakres rzeczowy robót:
- wykonanie koncepcji modernizacji kotła z uzgodnieniem z MPEC-Włocławek,
  - wykonanie kompletnej dokumentacji technicznej modernizacji kotła z uzgodnieniem w Urzędzie Dozoru Technicznego,
  - wykonanie DTR i instrukcji eksploatacji, i konserwacji zmodernizowanego kotła.

Tabela 1 Sprawność kotła oraz zużycie opatu

PARAMETR	Praca kotła WR-25 przed modernizacją		Praca kotła WR-10-M po modernizacji		RÓŻNICA
	Jednostka miary	L A T O	Jednostka miary	L A T O	
Średnia moc kotła	MW	12,60	MW	14,50	
Czas pracy kotła	h	2 813	h	2813	
Produkcja ciepła	GJ	128 870	GJ	128 870	
Sprawność	%	83,61	%	85	
Zużycie miału węglowego	Mg	6 827,44	Mg	6 451,56	375,88

W drugim etapie robót zaplanowano demontaż istniejącego kotła i rusztu w zakresie wynikającym z dokumentacji technicznej. Trzeci etap realizacji robót stanowił dostawę elementów kotła i rusztu, rozładunek i transport na miejsce montażu. W czwartym etapie realizacji robót modernizacyjnych przewidziano roboty budowlane od montażu konstrukcji wsporczej pod ruszt i część ciśnieniową do wybudowania kotła wraz zabezpieczeniem antykorozyjnym jego elementów, kanałów spalin, rurociągów i podestów, z wykonaniem izolacji termicznej kotła.

Alkaliczne wygotowanie kotła, suszenie obmury, rozruch kotła, ruch próbny 72 godziny to zakres czynności do wyko-

nięcia w etapie piątym. Etap szósty obejmował sporządzenie poświadczenia na wykonane prace, dopełnienie formalności umożliwiających wydanie przez Urząd Dozoru Technicznego decyzji o dopuszczeniu zmodernizowanego kotła do ruchu. Odbiór zmodernizowanego kotła w ruchu przy udziale Urzędu Dozoru Technicznego przewidziano w etapie siódmym. Na etapie ósmym uwzględniono wykonanie odbiorczych badań energetycznych i emisyjnych kotła przy obciążeniach: 50%, 75%, 100% mocy znamionowej i mocy maksymalnej trwałej. Odbiór końcowy realizowanej modernizacji kotła typu WR-10 nr 1 stanowił etap dziewiąty. Został on przewidziany na dzień 15 grudnia 2014 roku. Terminy realizacji poszczególnych etapów przedmiotu umowy zostały określone w harmonogramie rzeczowo-finansowym realizacji zadania: „*Modernizacja kotła WR-10 nr K1 w ciepłowni MPEC we Włocławku Spółka z o.o.*” stanowiący załącznik nr 1 do umowy z wykonawcą robót.

### Spodziewane efekty modernizacji kotła

W efekcie inwestycji modernizacyjnej zakładane jest ograniczenie zużycia opatu w procesie produkcji ciepła, wzrost sprawności i wydajności kotła oraz zmniejszenie emisji szkodliwych substancji i pyłów do powietrza. W tabeli 1

zestawiono dane dotyczące sprawności kotła oraz poziomu zużycia opatu przed modernizacją i przewidziane po zaimplementowaniu rozwiązań modernizacyjnych w przedsiębiorstwie.

Po zrealizowaniu inwestycji w przedsiębiorstwie przewidujemy wzrost sprawności modernizowanego kotła. W zależności od jego obciążenia szacujemy, że wzrośnie ona z poziomu 83,61% do 85%, co oznaczałoby, że przy tej samej produkcji ciepła w odniesieniu do okresu sprzed modernizacji, zaoszczędzonych zostanie w ciągu sezonu letniego około 376 ton węgla, czyli 6 węglarek wypełnionych tym paliwem. Oszczędności finansowe szacowane z tego tytułu to około **112 800 złotych**. Przewidy-

**Tabela 2. Efekty ekologiczne oraz uniknięte opłaty za korzystanie ze środowiska**

Substancja emitowana do powietrza	Redukcja emisji w [kg/sezon letni]	Kwota opłat w [PLN]
Dwutlenek siarki SO <sub>2</sub>	6 016	2 888
Dwutlenek azotu NO <sub>2</sub>	564	271
Dwutlenek węgla CO <sub>2</sub>	713 320	185
Pył	1 880	601
Razem opłaty		3 945

**Tabela 3. Uniknięte opłaty za emisję CO<sub>2</sub> – EUETS**

Substancja emitowana do powietrza	Redukcja emisji w [kg/sezon letni]	Wartość jednostki BlueNext – EUA 01.08.2014	Kwota opłat w [PLN] Kurs wymiany NBP 01.08.2014
Dwutlenek węgla CO <sub>2</sub>	713 320	6,26 Euro Mg	18 836

wane efekty ekologiczne z tego tytułu zaprezentowano w tabelach 2 i 3.

Mniejsze zużycie węgla do produkcji ciepła oznacza mniejszą emisję trujących substancji do atmosfery ze źródeł produkcyjnych przedsiębiorstwa, co przyczyni się do wzrostu jego jakości oraz poprawy komfortu życia społeczności w regionie Kujaw. Efekt finansowy wynikający z krajowych opłat unikniętych za korzystanie ze środowiska to 3 945 zł, do których należy dodać koszt unikniętych zakupów jednostek uprawniających do emisji CO<sub>2</sub>, wynikających z międzynarodowych regulacji określonych w pakiecie EU ETS, wynikiem czego otrzymujemy całkowite potencjalne oszczędności w wysokości 22 781 zł.

Wyposażenie kotła w nowoczesny ruszt (2,5m x 7,0m) typu ciężkiego z napędem BNR2000 i instalację powietrza podmuchowego pozwala realizować proces spalania z minimalną emisją tlenków azotu, tlenku węgla i innych produktów nieprawidłowego spalania (smoła, sadza).

Przy zastosowaniu do opalania kotła węgla o odpowiedniej wartości opałowej i zawartości siarki <0,6%, także emisja SO<sub>2</sub> będzie ograniczona do poziomu niższego od obowiązujących obecnie norm. Oznacza to, że kocioł przy stosowaniu odpowiedniego węgla, właściwie eksploatowany i wyposażony w wysokosprawną instalację odpylania spalin będzie spełniał

obowiązujące obecnie normy emisji zanieczyszczeń.

Do prawidłowej pracy kocioł zostanie wyposażony w niezbędną armaturę kontrolno-pomiarową i automatykę AKPiA. Dla uzyskania wydajności maksymalnej trwałej 15 MW będzie zabudowany nowy wentylator wywiewny spalin wraz z przetwornikiem częstotliwości. Zakładamy, że zaprojektowana konstrukcja kotła zapewni jego długotrwałą eksploatację przy

minimalnych nakładach na jego utrzymanie, remonty i konserwację.

Kocioł będzie się charakteryzował niskimi oporami przepływu wody i spalin co spowoduje niski pobór energii elektrycznej na potrzeby własne. Przewidujemy znaczne ograniczenie zużycia energii elektrycznej w procesie produkcji ciepła z uwagi na to, że zmodernizowany kocioł WR-10-M – w porównaniu do kotła typu WR-25 – będzie posiadał mniejszą ilość urządzeń przykotłowych o:

- 1 wentylator spalin,
- 1 wentylator powietrza podmuchowego,
- 1 napęd rusztu,
- 1 napęd wanny.

Szacowane oszczędności z tytułu redukcji zużycia energii elektrycznej w przedsiębiorstwie w skali sezonu letniego będą się kształtować na poziomie 290 MWh, a koszt finansowy zaoszczędzonej energii elektrycznej wynosić będzie 58 870 złotych. Efekt ekologiczny spowodowany ograniczeniem zużycia energii elektrycznej w przedsiębiorstwie to nie wyemitowanie do atmosfery z instalacji energetycznej elektrowni w Polsce substancji szkodliwych zestawionych w tabeli nr 4.

**Tabela 4. Efekty ekologiczne z tytułu redukcji zużycia energii elektrycznej**

Substancja emitowana do powietrza	Jednostka miary	Redukcja emisji w sezonie letnim
Dwutlenek siarki SO <sub>2</sub>	[g]	2 639 000
Dwutlenek azotu NO <sub>2</sub>	[g]	870 000
Dwutlenek węgla CO <sub>2</sub>	[kg]	290 000
Pył	[g]	435 000

### Ocena opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego

Precyzyjnym narzędziem w analizie oceny opłacalności przedsięwzięć inwestycyjnych są dyskontowe metody rachunku

ekonomicznego. Dyskontowanie jest zabiegiem sprowadzającym nadwyżkę pieniężną z różnych lat do wartości bieżącej w roku bazowym, przez co uzyskuje się porównywalność w czasie [5]. Metody te uwzględniają w przeciwieństwie do prostych metod oceny, rozłożenie w czasie przewidywanych wpływów i wydatków związanych z badaniem inwestycji.

Ocenę opłacalności przedmiotowego przedsięwzięcia inwestycyjnego oparto na dyskontowych metodach rachunku ekonomicznego. Metody te pozwalają sprawdzić do porównywalności nakłady i efekty realizowane w różnych okresach. Wartość terażniejsza, zdyskontowana na moment przeprowadzenia oceny, stanowi podstawę do dalszego wnioskowania [6].

W ocenie niniejszego projektu inwestycyjnego wykorzystano dyskontowe metody rachunku ekonomicznego, takie jak:

- wartość zaktualizowaną netto (*net present value* – NPV),
- wewnętrzną stopę zwrotu (*internal rate of return* – IRR),
- zdyskontowany okres zwrotu (*discounted payback period* – DPP),
- prosty okres zwrotu nakładów inwestycyjnych.

W tabeli nr 5 zestawiono dane dotyczące poziomu nakładów inwestycyjnych oraz przewidywanych efektów finansowych jako konsekwencję wdrożenia

**Tabela 5. Poziom nakładów inwestycyjnych oraz efekty finansowe modernizacji**

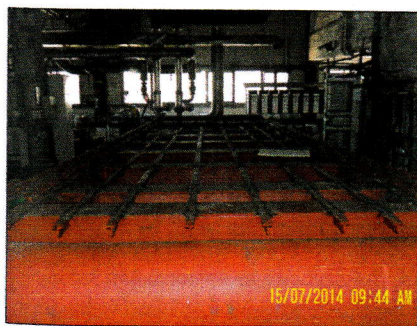
Lp.	Poziom nakładów i efektów z inwestycji	Poziom finansowy w [zł]
1	Nakłady inwestycyjne	
2	Amortyzacja	
3	Oszczędność energii elektrycznej	58 870
4	Oszczędność miału węglowego	112 800
5	Uniknięte opłaty za korzystanie ze środowiska	3 945
6	Uniknięte opłaty za emisję CO <sub>2</sub>	18 836
7	Osiągnięte efekty finansowe (2+3+4+5+6)	378 551

w przedsiębiorstwie modernizacji kotła. Ze względu na istnienie klauzuli poufności umów handlowych autorzy nie mogą ujawnić wysokości wartości nakładów inwestycyjnych związanych z realizacją analizowanego przedsięwzięcia.

### Założenia do oceny opłacalności przedsięwzięcia modernizacyjnego

Do oceny opłacalności projektu modernizacyjnego przyjęto poniższe założenia:

- współczynnik dyskontowy – 10%,
- stopę amortyzacji w wysokości – 7%,
- funkcjonowanie projektu 15 lat.



**Zdjęcie 2.**  
Ruszt modernizowanego kotła w budowie

Przy obliczaniu zdyskontowanej wartości netto NPV, wewnętrznej stopy zwrotu IRR oraz zdyskontowanego okresu zwrotu nakładów inwestycyjnych założono taką samą skalę generowanych korzyści w poszczególnych latach funkcjonowania projektu jak dla pierwszego roku po wdrożeniu modernizacji kotła w przedsiębiorstwie.

### Wartość bieżąca netto NPV

Zdyskontowaną wartość netto inwestycji definiuje się jako sumę zdyskontowanych, na określony moment, różnic wpływów i wydatków związanych z projektem inwestycyjnym [7]. Matematyczna formuła metody NPV wygląda następująco.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0$$

gdzie:

- NPV – wartość bieżąca netto,
- $CF_t$  – przepływy gotówkowe (netto) w okresie  $t$ ,
- $r$  – stopa dyskontowa,
- $I_0$  – nakłady początkowe,
- $t$  – kolejne okresy eksploatacji inwestycji.

Wartość NPV wyraża wzrost wartości firmy w wyniku realizacji inwestycji, uwzględniając cały okres amortyzacji inwestycji [8]. W tabeli nr 6 zestawiono dane do ustalenia zdyskontowanej wartości netto nadwyżki finansowej w okresie 15 lat funkcjonowania projektu, gdzie wskaźnik amortyzacji urządzeń kotłowych wynosi 7%.

Zaprojektowane przedsięwzięcie modernizacyjne kotła cechuje się dodat-

Tabela 6. Tablica rachunkowa do ustalenia zdyskontowanej wartości netto NPV

Czas	Nadwyżka finansowa w [PLN]	Współczynnik dyskontowy 10%	Zdyskontowana nadwyżka finansowa w [PLN]
0		1	-2 630 000
1	378 551	0,9091	344 141
2	378 551	0,9264	312 835
3	378 551	0,7513	284 405
4	378 551	0,6830	258 550
5	378 551	0,6209	235 042
6	378 551	0,5645	213 692
7	378 551	0,5132	194 272
8	378 551	0,4665	176 594
9	378 551	0,4241	160 543
10	378 551	0,3855	145 931
11	378 551	0,3505	132 682
12	378 551	0,3186	120 606
13	378 551	0,2897	109 666
14	378 551	0,2633	99 672
15	378 551	0,2394	90 625
NPV			249 259

nią wartością netto [9]. Dodatnia wartość netto NPV oznacza, że stopa rentowności tego przedsięwzięcia jest wyższa od stopy granicznej określonej poprzez przyjętą do rachunku stopę procentową.

odzwierciedla rzeczywistą stopę zysku przedsięwzięcia inwestycyjnego [10]. W tabeli nr 7 zestawiono dane do obliczenia wewnętrznej stopy zwrotu IRR przedsięwzięcia modernizacyjnego.

Tabela 7. Tablica rachunkowa do ustalenia wewnętrznej stopy zwrotu IRR

Czas	Przepływ środków pieniężnych	Stopa dyskontowa 11%		Stopa dyskontowa 12%	
		Współczynnik dyskontowy	Wartość bieżąca	Współczynnik dyskontowy	Wartość bieżąca
0	-2 630 000	1	-2 630 000	1	-2 630 000
1	378 551	0,9009	341 037	0,8929	338 008
2	378 551	0,8116	307 232	0,7972	301 781
3	378 551	0,7312	276 796	0,7118	269 453
4	378 551	0,6587	249 352	0,6355	240 569
5	378 551	0,5935	224 670	0,5674	214 790
6	378 551	0,5346	202 373	0,5066	191 774
7	378 551	0,4817	182 348	0,4523	171 219
8	378 551	0,4339	164 253	0,4039	152 897
9	378 551	0,3909	147 976	0,3606	136 505
10	378 551	0,3522	133 326	0,3220	121 893
11	378 551	0,3173	120 114	0,2875	108 833
12	378 551	0,2858	108 190	0,2567	97 174
13	378 551	0,2575	97 477	0,2292	86 764
14	378 551	0,2320	87 824	0,2046	77 452
15	378 551	0,2090	79 117	0,1827	69 161
NPV			92 085		-51727

Taki stan powoduje również, że inwestor oprócz inwestycyjnej stopy zwrotu, tj. zwrotu kosztu kapitału, ryzyka i dochodu minimalnego, po 15 latach uzyska jeszcze nadwyżkę finansową w wysokości 249 259 zł.

### Wewnętrzna stopa zwrotu IRR

Wewnętrzna stopa zwrotu z inwestycji IRR jest definiowana jako stopa zwrotu od zainwestowanych kapitałów, która przynosi wartość bieżącą netto (NPV) przedsięwzięcia inwestycyjnego równą zero.

Estymację wewnętrznej stopy zwrotu IRR przedsięwzięcia modernizacyjnego przeprowadzono dla stopy dyskontowej równej 11 i 12 punktów procentowych. Do obliczeń wewnętrznej stopy zwrotu IRR wykorzystano poniższy wzór.

$$IRR = i_0 + \frac{NPV_0}{NPV_0 + / - NPV_1} \times (i_1 - i_0)$$

$$IRR = 11 + \frac{92085}{92085 + / - 51727} \times 1 = 11 + 0,640 = 11,64\%$$

gdzie:

- $i_0$  – stopa procentowa, dla której wartość NPV projektu jest  $> 0$ ,
- $i_1$  – stopa procentowa, dla której wartość NPV projektu jest  $< 0$ ,
- $NPV_0$  – wartość bieżąca projektu dla  $i_0$ ,
- $NPV_1$  – wartość bieżąca projektu dla  $i_1$ .

Wyznaczona w podany sposób wewnętrzna stopa zwrotu nakładów

Średnioroczna wewnętrzna stopa zwrotu IRR przedsięwzięcia inwestycyjnego wynosi 11,64%. Jest ona większa od kosztu kapitału finansującego inwestycję (oczekiwanej) stopy zwrotu) o ponad 1,5 punktów procentowych. Stan ten oznacza, że inwestor oprócz inwestycyjnej stopy zwrotu tj. zwrotu kosztu kapitału, ryzyka i dochodu minimalnego uzyska dodatkowy zwrot wynoszący 11,64%.

### Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych

Splata nakładów inwestycyjnych z wygenerowanych zdyskontowanych oszczędności, które będą wynikiem wdrożenia modernizacji kotła w przedsiębiorstwie nastąpi po 12 latach i 6 miesiącach.

Prosty okres zwrotu nakładów inwestycyjnych oznacza czas, w jakim uzyskane dzięki realizacji inwestycji nadwyżki finansowe zrównają się z poniesionymi wydatkami inwestycyjnymi [11]. Dla tego projektu okres zwrotu poniesionych nakładów inwestycyjnych wynosi 6 lat i 11 miesięcy. Jak na warunki w ciepłownictwie są to dobre wskaźniki ekonomiczne. W zależności od charakteru zamierzeń inwestycyjnych przyjmuje się, że opłacalna inwestycja powinna zwrócić się w okresie nie dłuższym niż 10-16 lat. Im szybciej to nastąpi, tym lepiej dla inwestora, gdyż wcześniej odzyska zaangażowane środki w realizowane projekty inwestycyjne.

## Źródła finansowania przedsięwzięcia modernizacyjnego

Analiza wskaźników płynności finansowej z ostatnich kilku lat funkcjonowania Spółki MPEC-Włocławek wykazuje, że kształtują się one na akceptowalnym i stabilnym poziomie, co stawia przedsiębiorstwo w gronie wiarygodnych i bezpiecznych partnerów w biznesie zarówno dla dostawców jak i instytucji finansowych. Poziom wskaźników struktury finansowania świadczy o niskim ryzyku jego działalności oraz potwierdza siłę finansową i wysoką zdolność do samofinansowania swojej bieżącej działalności i będącego w dyspozycji przedsiębiorstwa majątku. Stabilna kondycja ekonomiczna powoduje, że przedsiębiorstwo jest wypłacalne wobec wierzycieli w każdym momencie w chwili zaistnienia takiego wymogu. Sytuacja finansowa Spółki wskazuje na istnienie nadpłynności, stwarzając większe zdolności w przedsiębiorstwie do samofinansowania swojej działalności rozwojowej. W efekcie takiego stanu przedsiębiorstwo stać na finansowanie całości realizowanego przedsięwzięcia inwestycyjnego kapitałem pochodzącym ze środków własnych, nie zwiększając jego kosztów o zobowiązania finansowe względem dostawców kapitałów.

## Badanie energetyczne i emisyjne kotła WR-10M

Badania energetyczne uwzględniały cztery poziomy wielkości obciążenia kotła w czasie pracy. Pomiary zostały wykonane przy następujących mocach cieplnych:

- niskiej – 6,056 MW
- średniej – 8,951 MW
- wysokiej – 11,818 MW
- maksymalnej trwałej – 15,112 MW

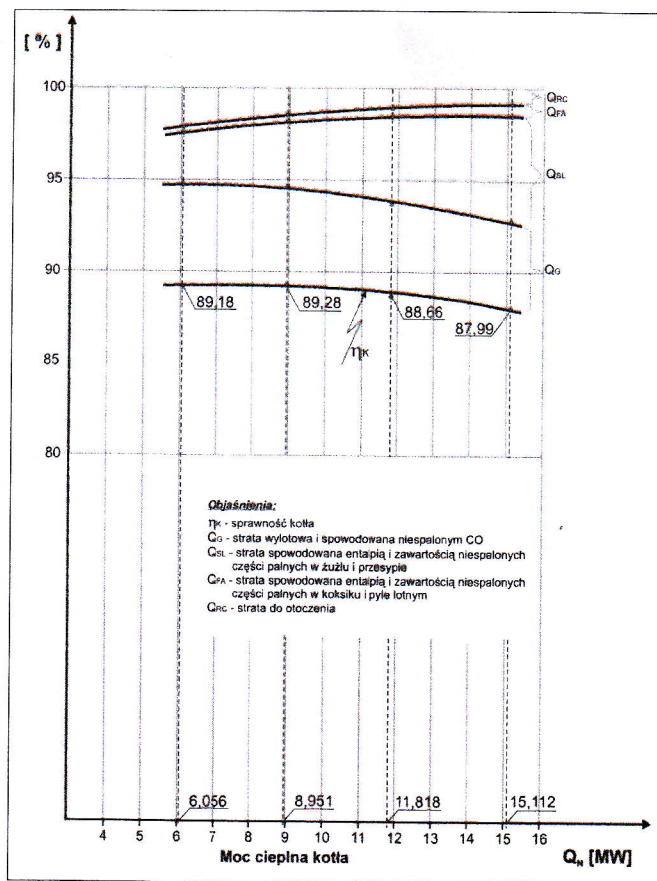
Uzyskane w czasie pomiaru sprawności kotła oscylowały w przedziale liczbowym od 87,99% do 89,29% i wynosiły odpowiednio przy obciążeniach:

- niskim – 89,18%
- średnim – 89,28%
- wysokim – 88,66%
- maksymalnym – 87,99%.

Osiągnięte sprawności, jak dla tego typu jednostki kotłowej, charakteryzowały się wysoką wartością. O jej poziomie decydowały w znacznym stopniu niskie straty ciepłe w spalinach wylotowych i niedopałach. Natomiast straty ciepła towarzyszące procesowi spalania i wymiany ciepła kształtowały się następująco [12]:

- strata wylotowa wynosiła odpowiednio: 5,53; 5,36; 5,01 i 4,76% (licząc od wydajności najniższej do najwyższej). Jest ona niska w całym mierzo-

Rysunek 1. Charakterystyka energetyczna kotła typu WR-10M [12]



nym przedziale. Temperatury spalin kształtujące tę stratę przyjmują wartości na poziomie projektowanym. Również nadmiary powietrza są utrzymywane na poziomie właściwym dla kotła warstwowego, na co ma wpływ dobry stan rusztów i systemów podmuchowych,

- strata spowodowana niespalonym CO przyjmuje wartości na minimalnym poziomie i zawiera się w przedziale liczbowym od 0,01% do 0,03%, co świadczy o właściwym procesie spalania w przestrzeni paleniskowej i skuteczności instalacji wtórnego powietrza,
- strata spowodowana entalpią i zawartością niespalonych części palnych w żużlu i przesypie wynosiła odpowiednio: 2,83; 3,57; 4,76 i 5,73%, co należy uznać za wielkości niskie dla tego typu jednostki kotłowej. Wpływ na wielkość tej straty miała akceptowalna zawartość części palnych w ww. niedopałach przy wszystkich obciążeniach cieplnych kotła,
- strata spowodowana entalpią i zawartością niespalonych części palnych w koksiku i pyłe lotnym, wynosząca odpowiednio: 0,21; 0,33; 0,47 i 0,67% nie stanowi istotnej pozycji w bilansie cieplnym,
- stratę do otoczenia wyznaczono za

pomocą wzoru zawartego w PN-EN dla wydajności maksymalnej kotła. Kształtuje się ona odpowiednio: 2,13; 1,44; 1,08 i 0,84%.

Badanie emisyjne obejmowało pomiar emisji zanieczyszczeń dla wymienionego źródła ciepła i rodzajów emisji, takich jak:

- pył zawieszony ogółem,
- dwutlenek siarki,
- tlenki azotu w przeliczeniu na dwutlenek azotu,
- tlenek węgla,
- dwutlenek węgla.

Na podstawie wykonanych pomiarów i badań zostały określone wielkości emisji zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery za odpylaczem kotła WR-10M. Po przeprowadzonych badaniach potwierdzono, że emisje wielkości stężeń zanieczyszczeń w spalinach odprowadzanych do powietrza z kotła WR-10M dla badanych zanieczyszczeń nie przekraczają wartości emisji dopuszczalnych dla: pyłu, tlenków azotu (w przeliczeniu na dwutlenek azotu) i dwutlenek siarki (w przeliczeniu na 6% zawartości tlenu w emitowanych spalinach) określonych w Decyzji [13].

W trakcie badań energetycznych zwerifikowano sprawność kotła w pełnym zakresie pracy oraz poziom emisji pyłowo-gazowych w spalinach. Pomiary potwierdziły osiągnięcie zakładanych parametrów technologicznych i emisyjnych. Wykazały,

że parametry wydajnościowe i sprawnościowe spełniają wielkości gwarantowane a wykonawca wywiązał się w pełni ze zobowiązań umownych.

## Podsumowanie

Przeprowadzona analiza opłacalności przedsięwzięcia modernizacyjnego kotła z bardzo wysokim prawdopodobieństwem prognozuję, że założone cele jakie wyznaczono projektując tę inwestycję zostaną w pełni osiągnięte. Należy jednak pamiętać, że czas 15 lat w branży energetycznej w Polsce określić należy jako bardzo długi okres, który może cechować się dużą zmiennością, a co za tym idzie i istotnym ryzykiem inwestycyjnym ze względu na bardzo niestabilne przepisy krajowe i międzynarodowe dotyczące problemów emisji gazów do atmosfery, a także niestabilnych parametrów rynku surowców energetycznych.

Wszelkie inwestycje w sektorze obarczone są wielkim ryzykiem regulacyjnym, które w kluczowy sposób mają wpływ na szacunki efektywności finansowej, ze względu na długie okresy eksploatacyjne urządzeń energetycznych.

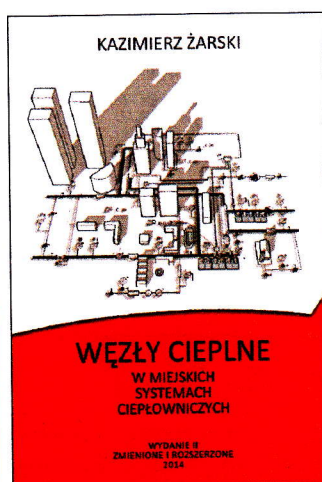
Cała inwestycja modernizacyjna prognozuje wymierne efekty w postaci podwyższenia bezpieczeństwa energetycznego miasta, zwiększenia mocy kotła, zwiększenia jego sprawności, zmniejszenia emisji zanieczyszczeń, ograniczenia zużycia energii elektrycznej, a także oszczędności opłat w przedsiębiorstwie. Należy także wskazać na konsekwentną politykę modernizacyjną MPEC-Wrocław, która przede wszystkim ma na celu ochronę ostatecznego odbiorcy w postaci wyhamowania wszelkich wzrostów parametrów rynku surowców energetycznych.

## LITERATURA:

- [1] M. Pietraszewski, Z. Katolik, Kocioł do poprawki, *Energetyka Ciepła i Zawodowa*, nr 7/2014, s.36-42.
- [2] Z. Katolik, D. Tomaszewski, *35 lat transformacji przedsiębiorstwa od ZEC-u do MPEC-u*, Wydawca, Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej we Wrocławiu, Wrocław 2006, s.80.
- [3] M. Pietraszewski, Z. Katolik, Modernizacja części ciśnieniowej kotła WR-25 z zastosowaniem ścian szczelnych w Miejskim Przedsiębiorstwie Energetyki Ciepłej we Wrocławiu – Materiały Konferencyjne, XIX Wiosenne Spotkania Ciepłowników, Zakopane 2012, s.116.
- [4] Opracowano pod rozdział na podstawie: T. Jaros, J. Wasylów, Opis techniczny modernizacji węglowego rusztowego kotła wodnego typu WR-10 Nr K1 zainstalowanego w ciepłowni MPEC Spółka z o.o.

- Wrocław, Biuro Techniki Kotlewej, Tarnowski Góry 2014.
- [5] E. Nowak, E. Pieliachy, M. Poszwa, *Rachunek opłacalności inwestowania*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1999, s. 257.
  - [6] Zob. M. Sierpińska, T. Jachna, *Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002, s. 210.
  - [7] Gostkowska-Drzewiecka T. (Red.), *Projekty Inwestycyjne, Finansowanie, Metody i procedury oceny*, Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr, Gdańsk 1999, s.116.
  - [8] H. Majchrzak, *Wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła na rynku Unii Europejskiej. Zagadnienia wybrane*, Wydawnictwo Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych Energetyka i Środowisko, Katowice, s. 122.
  - [9] E. Ostrowska, *Ryzyko projektów inwestycyjnych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2002, s. 72.
  - [10] A. Szkarowski, L. Łatowski, *Ciepłownictwo*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006, s.289.
  - [11] red. Cz. Skowronek, *Analiza Ekonomiczno-Finansowa przedsiębiorstwa. Zbiór przykładów i zadań*, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 2000, s. 268.
  - [12] Świerzy, *Sprawozdanie z pomiarów bilansowych kotła wodnego typu WR-10M nr ruch. K1 zainstalowanego w kotłowni Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej we Wrocławiu*, Przedsiębiorstwo „EN-POL” SC, Katowice 2014, s. 12.
  - [13] Bek, *Sprawozdanie Nr 138/2014 z pomiarów zanieczyszczeń do atmosfery dla kotła WR-10M nr 1 w Miejskim przedsiębiorstwie Energetyki Ciepłej we Wrocławiu*, Pracownia Specjalistyczna Ochrony Środowiska „SILECO”, Zabrze 2014, s. 23.

Artykuł przesłano do redakcji 22.12.2014 r.



Recenzowana książka pt. „Węzły ciepłownicze w miejskich systemach ciepłowniczych” stanowi kompendium nowoczesnej wiedzy z zakresu rozwiązań doprowadzenia ciepła z sieci ciepłych do budynków. Prezentowane rozwiązania uwzględniają wymagania racjonalnego gospodarowania energią, efektywności ekonomicznej i właściwej współpracy z systemem ciepłowniczym.

W książce przedstawiono w sposób logiczny, uporządkowany i przejrzysty całość zagadnień związanych z projektowaniem i eksploatacją współczesnych indywidualnych węzłów ciepłych, które poprzedzono przypomnieniem niezbęd-

nych podstaw teoretycznych. Zawarto w niej kolejno:

- podstawy teoretyczne z zakresu wymiany ciepła i masy w otwartych układach termodynamicznych,
- podstawy doboru i symulacji działania wymiennika ciepła,
- rodzaje i podstawowe schematy węzłów ciepłych,
- procedury projektowania węzłów ciepłych z podziałem na elementy wspólne i z uwzględnieniem specyfiki projektowania wielofunkcyjnych wymiennikowych węzłów ciepłych oraz węzłów zmieszania pompowego na cele ogrzewania,
- podstawowe rodzaje urządzeń pomiarowych, charakterystyki statyczne i dynamiczne urządzeń węzła ciepłego, stosowane w węzłach układy automatycznej regulacji oraz zasady doboru ich podstawowych elementów,

- najważniejsze zagadnienia współpracy węzła ciepłego z siecią ciepłowniczą, rzutujące na wzajemne racjonalne współdziałanie,
- wymagania dotyczące pomieszczeń węzłów ciepłych.

Utylitarnym podsumowaniem książki są przykłady obliczeń węzłów ciepłych wraz z przykładami obliczeń przy pomocy programu komputerowego WEZEL\_X.

W zakresie procedur projektowania i zagadnień współpracy węzła ciepłego z siecią ciepłowniczą Autor prezentuje wyniki własnych badań i przemyśleń. Książka stanowi, zgodnie z zapowiedzią, uwieńczenie i podsumowanie Jego dorobku z tego zakresu, choć, moim zdaniem, nie powinna jeszcze oznaczać zakończenia kariery naukowej i zawodowej.

Fragment recenzji  
prof.dr hab.inż. Haliny Koczyk  
Politechnika Poznańska

Książka została wydana w twardej oprawie w formacie B-5. Cena książki 68 zł + 5% VAT  
Zamówienia przyjmuje Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”  
02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14, tel. (22) 843-77-71, email: redakcja@informacjainstal.com.pl