

## Audyty energetyczne przedsiębiorstw

Tomasz Sumera

*Od 1 października 2016 r. obowiązuje nowa ustawa o efektywności energetycznej z 20 maja 2016 r. Jest to realizacja dyrektywy w sprawie efektywności energetycznej (2012/27/UE), która weszła w życie w grudniu 2012 r. Ustawa o efektywności energetycznej z 20 maja 2016 r. w rozdziale 5. wprowadziła obowiązek m.in. przeprowadzenia audytów energetycznych przedsiębiorstw. Artykuł przedstawia najważniejsze postanowienia prawne w tej dziedzinie. Pokazuje, na co zwrócić uwagę przy analizie stanu aktualnego przedsiębiorstwa oraz przedstawia efektywne metody przeprowadzania audytu energetycznego przedsiębiorstwa.*

**Słowa kluczowe:** audyt energetyczny, ustawa, energia elektryczna, energia cieplna, raport

*The Energy Efficiency Act of May 20<sup>th</sup>, 2016 has been in effect since October 1<sup>st</sup>, 2016. This is the implementation of The Energy Efficiency Directive (2012/27/EU) which has been adopted in December 2012. The Energy Efficiency Act of May 20<sup>th</sup> in its 5<sup>th</sup> chapter introduces the obligation for enterprises to conduct energy audits. The article describes the most important legal regulations in this field. It shows what to pay attention to during the analysis of the current state of a company and presents efficient methods of conducting an energy audit of a company.*

**Keywords:**

Od 1 października 2016 r. obowiązuje nowa ustawa o efektywności energetycznej z 20 maja 2016 r.<sup>1)</sup> Jest to realizacja dyrektywy w sprawie efektywności energetycznej (2012/27/UE)<sup>2)</sup>, która weszła w życie w grudniu 2012 r. W myśl dyrektywy, państwa członkowskie są zobowiązane do ustalenia orientacyjnych krajowych celów w zakresie efektywności energetycznej na rok 2020, wykorzystując zużycie energii pierwotnej albo zużycie końcowe.

W dyrektywie określono także prawnie wiążące przepisy obowiązujące użytkowników końcowych oraz dostawców energii m.in. obowiązkowe i regularne audyty energetyczne, przeprowadzane co najmniej co cztery lata w dużych przedsiębiorstwach, z wyjątkiem tych, w których wdrożono certyfikowane systemy<sup>3)</sup>.

Ustawa o efektywności energetycznej z 20 maja 2016 r. – jako wdrożenie w Polsce ww. dyrektywy – w rozdziale 5. wprowadza obowiązek m.in. przeprowadzenia audytów energetycznych przedsiębiorstw. Wymaganie to dotyczy dużych przedsiębiorstw niezależnie od branży. Zwolnione z obowiązku są mikro-, małe i średnie przedsiębiorstwa<sup>4)</sup>. Zwolnienie dotyczy też dużych przedsiębiorstw w przypadku wdrożenia przez nich:

– systemu zarządzania energią określonego w Polskiej Normie dotyczącej systemów zarządzania energią, wymagań i zaleceń użytkownika<sup>5)</sup>,

– systemu zarządzania środowiskowego, o którym mowa w art. 2 pkt 13 rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1221/2009 z 25 listopada 2009 r. w sprawie dobrowolnego udziału organizacji w systemie ekozarządzania i audytu we Wspólnocie (EMAS), uchylającego rozporządzenie (WE) nr 761/2001 oraz decyzje Komisji 2001/681/WE i 2006/193/WE<sup>6)</sup>, pod warunkiem jednak, że w ramach tych systemów przeprowadzono audyt energetyczny przedsiębiorstwa.

Definicję małego i średniego przedsiębiorstwa można znaleźć w rozporządzeniu Komisji Europejskiej (UE) nr 651/2014 z 17 czerwca 2014 r., uznającego niektóre rodzaje pomocy za zgodne z rynkiem wewnętrznym w zastosowaniu art. 107 i 108 Traktatu<sup>7)</sup>. Definicja MSP znajduje się w załączniku nr I do rozporządzenia<sup>8)</sup>.

Warto zwrócić uwagę na to, że w polskim prawie występują podobne w nazwie pojęcia:

- audyt energetyczny,
- audyt efektywności energetycznej,
- audyt energetyczny przedsiębiorstwa.

Objęte one jednak różne zagadnienia. Pojęcie audytu energetycznego pojawia się w ustawie z 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów.<sup>9)</sup> Zgodnie z ustawą (...) *audyt energetyczny – opracowanie określające zakres, oraz parametry techniczne i ekonomiczne przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, ze wskazaniem rozwiązania optymalnego, w szczególności z punktu widzenia kosztów realizacji tego przedsięwzięcia oraz oszczędności energii, stanowiące jednocześnie założenia do projektu budowlanego*<sup>10)</sup>. Ustawa jednak dotyczy wyłącznie budynków mieszkalnych zamieszkania zbiorowego oraz budynków będących własnością samorządów, a także lokalnych sieci ciepłowniczych i lokalnych źródeł ciepła, które je zasilają. Przedsięwzięcie termomodernizacyjne jest zdefiniowane w tej ustawie jako zmniejszające zapotrzebowanie na ciepło (...) *na potrzeby ogrzewania i podgrzewania wody użytkowej oraz ogrzewania do budynków mieszkalnych, budynków zbiorowego zamieszkania, oraz budynków stanowiących własność jednostek samorządu terytorialnego służących do wykonywania przez nie zadań publicznych*<sup>11)</sup>, a ponadto (...) *ulepszenie, w wyniku którego następuje zmniejszenie strat energii pierwotnej w lokalnych sieciach ciepłowniczych oraz zasilających je lokalnych źródłach ciepła*<sup>12)</sup>. Zatem, mimo podobnej nazwy, audyt energetyczny jest skierowany do zupełnie innej grupy odbiorców (budynki mieszkalne i będące własnością samorządów), a jego zakres jest ograniczony do ciepła potrzebnego do centralnego ogrzewania i ciepłej wody dla tych budynków.

Audyt efektywności energetycznej jest zdefiniowany w art. 2 pkt 1 ustawy o efektywności energetycznej z 20 maja 2016 r. jako (...)

Mgr inż. Tomasz Sumera (Tomasz.sumera@op.pl) – Eco-Doradztwo Tomasz Sumera, Tarnów

opracowanie zawierające analizę zużycia energii oraz określające stan techniczny obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, zawierające wykaz przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, a także ocenę ich opłacalności ekonomicznej i możliwej do uzyskania oszczędności energii<sup>13)</sup>. Jest to więc audyt dotyczący wszelkiego rodzaju obiektów instalacji i urządzeń zużywających energię w dowolnej formie – nie tylko w postaci energii cieplnej lub paliwa do jej uzyskania, ale również energii elektrycznej, paliw w transporcie itp. Zatem audyt efektywności energetycznej nie jest ograniczony tylko do energii cieplnej na potrzeby c.o. i c.w.u. Można go wykonać w dowolnym budynku, w zakładzie przemysłowym lub firmie – niezależnie od branży, którą reprezentuje.

Audyt energetyczny przedsiębiorstwa (art. 37 pkt 1 ww. ustawy) (...) jest procedurą mającą na celu przeprowadzenie szczegółowych i potwierdzonych obliczeń dotyczących proponowanych przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej oraz dostarczenie informacji o potencjalnych oszczędnościach energii<sup>14)</sup>. Zasadniczo różni się on od audytu efektywności energetycznej tym, że audyt efektywności energetycznej dotyczy dowolnego wycinka działalności przedsiębiorstwa, tam gdzie możliwa jest modernizacja. Audyt efektywności energetycznej może np. wykazywać oszczędności wynikające z wymiany silnika elektrycznego linii produkcyjnej czy pojazdu na nowy, bardziej oszczędny w zużyciu energii.

Audyt energetyczny przedsiębiorstwa wg art. 37 pkt 1 ustawy o efektywności energetycznej pkt 2. (...) zawiera szczegółowy przegląd zużycia energii w budynkach lub zespołach budynków, w instalacjach przemysłowych oraz w transporcie, odpowiadających łącznie za co najmniej 90% całkowitego zużycia energii przez to przedsiębiorstwo<sup>15)</sup> oraz pkt 3. (...) powinien opierać się, o ile to możliwe, na analizie kosztowej cyklu życia budynku lub zespołu budynków oraz instalacji przemysłowych, a nie na okresie zwrotu nakładów, tak, aby uwzględnić oszczędności energii w dłuższym okresie, wartości rezydualne inwestycji długoterminowych oraz stopy dyskonta.<sup>16)</sup>

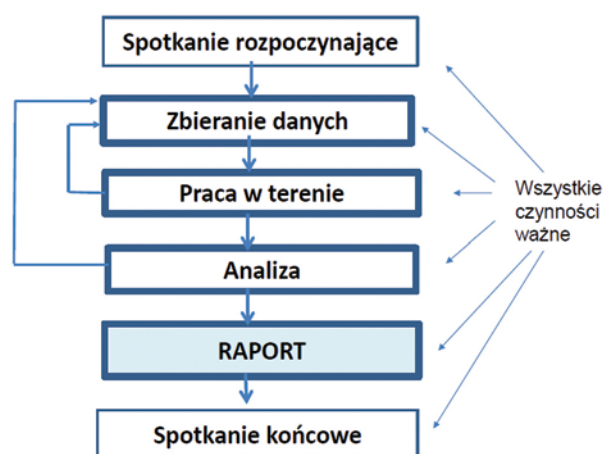
Zatem audyt energetyczny przedsiębiorstwa musi zawierać:

- bilans min. 90% energii używanej przez przedsiębiorstwo,
- analizę ekonomiczną modernizacji opartą nie na wyliczeniu prostego czasu zwrotu inwestycji (SPBT) ale na oszczędności dla całego okresu funkcjonowania proponowanych w audycie zmian z jednoczesnym wyliczeniem rezultatów ekonomicznych NPV po uwzględnieniu stopy dyskonta.

Niezmiernie ważne są też pozostałe postanowienia ustawy, mówiące o tym, że:

- (...) audyt należy przeprowadzać na podstawie aktualnych, reprezentatywnych, mierzonych i możliwych do zidentyfikowania danych dotyczących zużycia energii oraz, w przypadku energii elektrycznej, zapotrzebowania na moc (art.37 pkt. 1)<sup>17)</sup>,
- (...) Przedsiębiorca przechowuje, do celów kontrolnych, dane dotyczące audytu energetycznego przedsiębiorstwa, przez 5 lat (art. 37 pkt. 3).<sup>18)</sup>

Należy zatem spodziewać się konieczności wykonania dodatkowych, szczegółowych pomiarów, poprzedzających wykonanie audytu energetycznego w przypadku, gdy przedsiębiorstwo nie dysponuje rozbudowanym systemem pomiarów i zbierania danych z poszczególnych procesów wpływających na całkowite zużycie energii. Natomiast całkowite zużycie jest często dobrze udokumen-



Rys. 1. Procedury audytu energetycznego przedsiębiorstwa

towane przez jej dostawców pomiarami wykonanymi przez nich na granicy stron. Oczywiście i od tej zasady mogą być wyjątki, gdy przedsiębiorstwo ma własne źródła energii. Na przykład w zakładach stolarskich czy tartakach często kotłownia na biomasę spala odpady z produkcji, a przy oczyszczalniach ścieków funkcjonują czasem biogazownie itd.

### Przebieg audytu energetycznego przedsiębiorstwa

Działania w audycie i ich kolejność są sprecyzowane w normie PN-EN 16247.<sup>19)</sup> Norma europejska obowiązuje na terenie całej UE, co powoduje, że procedury audytu są ustandaryzowane we wszystkich krajach Unii. Ułatwia to ich ewentualne porównanie, a także przepływ usług w dziedzinie audytów. Norma składa się z następujących części<sup>20)</sup>:

- PN-EN 16247-1 Audyty energetyczne. Część 1: Wymagania ogólne,
- PN-EN 16247-2 Audyty energetyczne. Część 2: Budynki,
- PN-EN 16247-3 Audyty energetyczne. Część 3: Procesy,
- PN-EN 16247-4 Audyty energetyczne. Część 4: Transport,
- PN-EN 16247-5 (wersja angielska) Audyty energetyczne.

Część 5: Kompetencje audytorów energetycznych.

Założenia normy w dziedzinie procedur audytu najlepiej obrazuje graficznie rys. 1.<sup>21)</sup>:

### Analiza zużycia energii przez przedsiębiorstwo

Wypełniając część 1 audytu, tzn. obowiązkowy bilans 90% zużycia energii, warto już na tym etapie zastanowić się nad obszarami, gdzie należałoby podjąć działania modernizacyjne.

Już wstępna analiza rachunków może nasunąć pierwsze wnioski. Norma PN-EN 16247<sup>22)</sup> zwraca uwagę audytorów na działania, które można podjąć bezinwestycyjnie. Należą do nich dobór mocy zamówionej, właściwe zaprogramowanie istniejących sterowników (np. przerwy w cyrkulacji c.w.u. i przerwy w ogrzewaniu zarówno c.w.u. jak w ogrzewaniu lub klimatyzacji budynku, właściwa krzywa grzewcza kotła, dobrana do jego rodzaju i parametrów itp.).

### Energia elektryczna

#### Działania bezinwestycyjne

W dziedzinie energii elektrycznej analizę należy rozpocząć od sprawdzenia mocy zamówionej i jej wykorzystania. Zarówno przekroczenia mocy, jak i zbyt duża moc zamówiona powodują dodatko-

we opłaty za przekroczenie mocy lub moc, z której przedsiębiorstwo nie korzysta. Właściwy dobór mocy zamówionej jest zatem jednym z działań bezkosztowych, jakie można wykonać w audycie. Przy okazji, podobnie można przeanalizować relację rzeczywistości płaconej ceny energii elektrycznej do innych ofert rynkowych i wybrać najkorzystniejszą. Co prawda nie jest to działanie mające na celu oszczędność energii, ale wykonanie tego kroku może spowodować zmniejszenie kosztu energii elektrycznej rzędu 2–3%. Przy dużym zużyciu może to dawać znaczne oszczędności w wartościach bezwzględnych, które skierowane na finansowanie działań modernizacyjnych, wynikających z audytu, pozwolą przedsiębiorcy krok po kroku zwiększać oszczędności, w trakcie wdrażania poszczególnych działań. W ramach analizy można zastanowić się nad jednoczesnością działania urządzeń elektrycznych, których sumowanie się mocy może spowodować jej przekroczenie lub zbliżenie się do maksymalnego pułapu. Jeżeli jest możliwość rozsunęcia w czasie tych poborów, to jest to źródłem dalszej oszczędności kosztu energii przez stworzenie szansy na dalsze obniżenie mocy zamówionej. Czasem da się uzyskać ten efekt przez zmiany organizacyjne, np. przesunięcie godzin pracy niektórych wydziałów lub pracowników itp. Z praktyki audytów energetycznych przedsiębiorstw autora artykułu znany jest przypadek, gdy zmiana organizacyjna polegała na przesunięciu czasu pracy 2 osób – jednego rozpoczynającego pracę o 6.30 zamiast o 7.00. W czasie tych 30 minut załączał on sekwencyjnie najbardziej energochłonne urządzenia, m.in. wentylatory, by nie doprowadzić do jednoczesnego ich włączenia o 7.00 rano, czego konsekwencją byłoby znaczne przekroczenie mocy zamówionej. Drugi pracownik od 15.00 do 15.30 wyłączał te same urządzenia. Przykładów zmian organizacyjnych dałoby się zapewne wskazać więcej.

#### Działania niskokosztowe

Oczywiście proces opisany w powyższym przykładzie dałoby się zautomatyzować niewielkim kosztem, stosując odpowiednio zaprogramowane zegary sterujące, które zastąpiłyby ręczne włączanie wybranych urządzeń. Podobnie niewielkie inwestycje mogą wprowadzić inne inteligentne zabezpieczenia, np. wyłączniki priorytetowe wyłączają inne wyznaczone do tego obwody, gdy włącza się obwód główny, reprezentujący energochłonny proces. Zawsze znajdzie się grupa urządzeń elektrycznych, które chwilowo i w bezpieczny sposób można tak wyłączyć. Mogą to być np. ogrzewacze akumulacyjne c.w.u., sprężarki (być może w tym celu trzeba będzie powiększyć zbiorniki sprężonego powietrza, by w krótkim okresie wyłączenia go nie brakło), agregaty wody lodowej (jeśli wielkość bufora wody lodowej na takie wyłączenie pozwoli) itp. Tym samym przeszliśmy w sposób płynny od metod bezinwestycyjnych do metod niskokosztowych.

#### Inwestycje o krótkim czasie zwrotu

##### Modernizacja oświetlenia

Do takich inwestycji należą zwykle modernizacje oświetlenia. Zamiana oświetlenia jarzeniowego (świetłowodowego) na LED daje zwykle ok. 50% oszczędności energii. W przypadku zwykłych żarówek ten współczynnik jest znacznie wyższy, choć stosowanie obecnie żarówek zdarza się coraz rzadziej. Obliczenia sporządzone przez autora w wykonywanych przez niego audytach przedsiębiorstw pokazują, że czas zwrotu inwestycji jest zwykle na poziomie kil-

ku lat. Bywają jednak wyjątki. Ewentualna wymiana najnowszych lamp metahalogenowych w halach produkcyjnych na technologię LED zwykle okazuje się niecelowa. LAMPY metahalogenowe często mają na tyle duży strumień światła, że uzyskanie tego samego poziomu oświetlenia przy użyciu źródeł światła LED wiązałoby się ze znacznym zwiększeniem ich liczby. Podnosi to oczywiście koszt modernizacji.

Z drugiej strony, większa liczba źródeł światła w technologii LED powoduje, że łączna różnica mocy jest na poziomie ok. 20–25%. Po przeliczeniu okazuje się, że czas zwrotu inwestycji może być kilkunastoletni lub dłuższy, dlatego taka modernizacja jest niecelowa.

Technologię LED można stosować z powodzeniem do oświetlenia zewnętrznego, a zwykle duże przedsiębiorstwa mają oświetlone place i wewnętrzne drogi dojazdowe. Dobierając oprawy należy zwrócić uwagę na wymagania i typ opraw (wewnętrzny/oświetlenie zewnętrzne), stopień szczelności IP, a także wymagania specjalne np. oprawy w wykonaniu przeciwwybuchowym (Ex), umożliwiające zastosowanie w takich strefach – jeśli występują w przedsiębiorstwie. Podnosi to znacznie koszt modernizacji, co powoduje dłuższy czas zwrotu inwestycji. Z drugiej strony – na oszczędności ma wpływ nie tylko moc, ale i czas użytkowania energii.

Zatem modernizacja oświetlenia jest zdecydowanie bardziej opłacalnym działaniem, jeśli czas pracy jest dłuższy. W dotychczasowych audytach były przypadki, gdy dla firmy pracującej na 3 zmiany, w hali wymagającej sztucznego oświetlenia przez cały czas (mała powierzchnia okien), czas zwrotu inwestycji w oświetlenie LED był na poziomie ok. 2 lat (a nawet krócej). Istotną sprawą jest zachowanie bezpieczeństwa eksploatacji produktu, jakim jest oprawa oświetleniowa. Technicznie możliwa jest modernizacja, polegająca na wymianie samych źródeł światła. Wystarczy np. w oprawie świetłowodowej zastosować LED liniowy i zdemontować statecznik i starter, podać napięcie sieciowe na styki źródła światła LED i oprawa działa. Tu jednak pojawia się kwestia odpowiedzialności za produkt i jego przeróbkę. Producent, wprowadzając wyrób na rynek, oznaczył go znakiem CE. Dokonując przeróbek niezgodzonych z producentem, zdejmujemy z niego odpowiedzialność za wyrób. Dlatego należy w audytach proponować wymianę całych opraw na nowe, również mające znak bezpieczeństwa CE.

##### Kompensacja mocy biernej

Kolejne działanie charakteryzujące się krótkim czasem zwrotu inwestycji to kompensacja mocy biernej. Tam, gdzie wartość  $\text{tg}\phi$  przekracza dopuszczoną umową wartość (zwykle  $\text{tg}\phi=0,4$ ), należy zastosować kompensację mocy biernej. Pozwala ona zmniejszyć moc bierną tak, że  $\text{tg}\phi$  spadnie poniżej granicy dopuszczalnej umową z dystrybutorem. Tym sposobem można się pozbyć problemu dodatkowych opłat. Zastosowanie tej metody jest możliwe tam, gdzie analiza rachunku za energię elektryczną wskazuje, że problem występuje. Często dobór kompensatora musi być poprzedzony dodatkowymi, szczegółowymi pomiarami. Tam, gdzie może to przynieść wyraźne oszczędności, czas zwrotu inwestycji również nie przekracza kilku lat.

##### Energia cieplna

##### Działania bezinwestycyjne

W tym przypadku również można wskazać kilka działań, które powinny przynieść zauważalne oszczędności, niepociągające za sobą



inwestycji. W sytuacji odbioru energii cieplnej lub gazu od operatora, podobnie jak w przypadku energii elektrycznej, duże znaczenie ma dobór taryf i moc zamówiona. Wtedy również pojawia się możliwość zmiany dostawcy gazu i związana z tym szansa negocjacji ceny. Ponadto, jako audytor, autor natrafiał na przypadki, gdy zwykła zmiana organizacji pracy mogła przynieść oszczędności. Na przykład w kotłowni były 2 kotły gazowe z osobnymi układami pomiarowymi i indywidualnie dobraną taryfą W-4 i W-6. Mogłoby to sprawiać oszczędności, gdyby kocioł w taryfie W-6 był głównym źródłem ciepła, a drugi stanowił źródło szczytowe, uzupełniające moc przy dużych mrozach. Tymczasem było dokładnie odwrotnie. W większości był wykorzystywany kocioł pracujący w taryfie W-4 na droższy gaz, a kocioł z taryfą W-6, charakteryzującą się wyższymi opłatami stałymi, ale niższą ceną gazu, był ustawiony jako rezerwa.

Do działań bezinwestycyjnych należą też: ograniczenia czasu pracy ogrzewania – przerwy dobowe (np. w nocy, gdy zakład nie pracuje) i tygodniowe (weekendy). Inne propozycje to ograniczenia czasu pracy cyrkulacji oraz regulacja krzywej grzewczej i dostosowanie jej do parametrów budynków. Jeżeli spowoduje to utrzymanie niskiej temperatury obiegu grzewczego, nieprzekraczającej przez większość sezonu grzewczego +55°C, umożliwi to np. wzrost sprawności kotła kondensacyjnego lub zastosowanie pompy ciepła. Sama instalacja pompy ciepła jest już działaniem inwestycyjnym, ale mogącym przynieść dalsze znaczne oszczędności.

#### Działania inwestycyjne o krótkim czasie zwrotu inwestycji

Do takich działań w zakresie energii cieplnej należą:

- Zastosowanie ekonomizera do odzysku ciepła ze spalin. W przemyśle zwykle stosowane są kotłownie dużej mocy, zatem nawet odzysk na poziomie 3–5%, jaki może zapewnić ekonomizer, jest godny rozpatrzenia. Ważne jest, by uzyskać możliwie dużą różnicę temperatury na ekonomizerze, tak aby odzysk energii był największy. Odzyskiem mogą być objęte nie tylko kotły, ale i piece produkcyjne, jeśli w danej branży (np.: piekarnia, cukiernia, zakłady ceramiki itp.) takie urządzenie występuje. Ekonomizer nadaje się zatem do podgrzewania c.w.u., wody technologicznej, jeśli jest niskotemperaturowa np. do mycia elementów na produkcji, podgrzewania wody uzupełniającej kondensat w kotłowni.

- Zastosowanie regulatora węzła cieplnego dostosowującego parametry grzewcze do aktualnych potrzeb. Często takie regulatory mają możliwość sterowania kilkoma obiegami niezależnie, co powoduje dalsze możliwości oszczędności. Na przykład jeśli produkcja pracuje na 3 zmiany, a biuro od 7.00 do 15.00, to osobno sterowany obieg grzewczy biurowca pozwoli zaoszczędzić energię do c.o. bez szkody dla produkcji.

- Montaż głowic termostatycznych w przypadku ich braku.

#### Pozostałe działania modernizacyjne w zakresie energii cieplnej

Częstymi problemami występującymi w przedsiębiorstwach, szczególnie tych o dłuższej historii działania, są niska sprawność kotłowni oraz straty ciepła w rurociągach dostarczających energię cieplną do ogrzewania, c.w.u., ale też procesów produkcyjnych.

#### Obniżanie strat w rurociągach ciepłowniczych

W dużych zakładach produkcyjnych wewnętrzne sieci ciepłownicze między lokalną kotłownią zakładową a halami produkcyjnymi

i innymi budynkami, gdzie następuje odbiór energii, mogą mieć nawet wiele kilometrów długości.

Jednostkowe straty mocy określa wzór<sup>23)</sup>

$$q_s = u \cdot (t_{1sr} + t_{2sr} - 2 \cdot t_s) \text{ [W/m]}$$

przy czym:

$t_{1sr}$  – średnia temperatura wody w okresie ogrzewania w rurociągu zasilającym [°C],

$t_{2sr}$  – średnia temperatura wody w okresie ogrzewania w rurociągu powrotnym [°C],

$t_{zsr1}$  – średnia temperatura zewnętrzna w okresie ogrzewania [°C],

$t_{zsr2}$  – średnia temperatura zewnętrzna poza okresem ogrzewania, [°C],

$t_s$  – temperatura na zewnątrz rurociągu.

W przypadku, gdy rurociąg położony jest w gruncie  $t_s = 8^\circ\text{C}$ , w przypadku rurociągów napowietrznych  $t_s = t_{zsr1}$  (w okresie grzewczym) i  $t_s = t_{zsr2}$  (poza okresem grzewczym).

Ponieważ rzeczywista średnia temperatura zewnętrzna na sezon grzewczy, w przypadku gdy rurociąg jest napowietrzny, wynosi zwykle od +1 do 2,5°C – samo przeniesienie rurociągu do gruntu przy okazji jego wymiany już spowoduje spadek strat ciepła. Rurociągi powstałe np. 20–30 lat temu często były prowadzone estakadami zewnętrznymi i zbudowane na zasadzie: rura wewnętrzna, izolacja, np. wełna mineralna, osłona zewnętrzna blach. Często dokładne oględziny np. badanie kamerą termowizyjną pokazują zły stan izolacji. Występujący we wzorze  $u$  – współczynnik przenikania ciepła przez izolację, charakteryzujący rurociąg, [W/mK] określa się w następujący sposób<sup>24)</sup>

$$u = a \cdot u_o$$

gdzie:

$u_o$  wyznacza się na podstawie tab. I.

TABELA I. Początkowy współczynnik  $u_o$  przenikania ciepła przez izolację istniejącego rurociągu

$2 \times D_{nom}$ rurociągu [mm]	Współczynnik strat ciepła ( $u_o$ ) [W/mK]
20	0,2624
25	0,2909
32	0,3364
40	0,3481
50	0,3767
65	0,4453
80	0,4829
100	0,5269
125	0,5770
150	0,6209
200	0,7496
250	0,8409
300	0,9948
350	1,0299
400	1,1939
450	1,3100
500	1,3700

TABELA II. Wskaźnik pogorszenia izolacji z upływem czasu

Wskaźnik pogorszenia izolacji	Liczba lat eksploatacji rurociągu					
	0–5	6–10	11–15	16–20	21–25	powyżej 25
<i>a</i>	1	1,2	1,4	1,6	1,75	1,85

Wskaźnik *a* pogorszenia izolacji rurociągu (przed modernizacją), natomiast na podstawie wieku rurociągu można wyznaczyć na podstawie tab. II.

Wnioski są następujące:

- Po kilkunastu latach eksploatacji straty w istniejącym rurociągu rosną o 50% w stosunku do wartości początkowej, co już kwalifikuje go do wymiany.

- Współczynnik przenikania ciepła przez izolację *u* dla nowych rur preizolowanych jest zwykle o połowę niższy niż wartości podane w tab. I *u<sub>o</sub>* dla rurociągów eksploatowanych, co znacznie powiększa oszczędności wynikające z wymiany.

- Jak wspomniano wyżej, zagłębienie rur preizolowanych w ziemi dodatkowo zmniejsza straty ze względu na fakt, że w sezonie grzewczym temperatura gruntu jest wyższa niż powietrza.

Ponadto w zakładach przemysłowych, często ze względu na technologię, stosowane jest zasilanie parowe o wyższych niż w typowej sieci ciepłowniczej parametrach, co powoduje też wyższe straty w rurociągach, a ich ograniczenie daje z kolei większe oszczędności. Ze względu na powyższe, w audytach przeprowadzonych przez autora, czas zwrotu takiej wymiany był zwykle na poziomie kilku lat. W przypadku występowania ubytków wody ze względu na nieszczelność rurociągu, były to dodatkowy argument, gdyż woda uzupełniania musiałaby być grzana od poziomu zimnej, czyli ok. 10°C a nie temperatury wody powrotnej np. 70–80°C.

#### Wymiana kotłów

Przeprowadzenie analizy celowości wymiany kotłów prowadzi często do podobnych wniosków. Jeśli stary eksploatowany kocioł węglowy zamienimy na nowy gazowy, można podnieść sprawność wytwarzania z ok. 65–70% na ok. 90–95%. Dodatkowo pojawią się oszczędności w opłatach za korzystanie ze środowiska, pracy przy obsłudze kotłowni (stare kotły na paliwo stałe wymagają zwykle ciągłej pracy kilku osób, podczas gdy kotłownie gazowe działają automatycznie i wymagają jedynie dozoru). Przy kompleksowej modernizacji (termomodernizacja budynków, wymiana sieci ciepłowniczej, zmniejszenie energochłonności produkcji), jak wynika z praktyki autora, można osiągnąć zmniejszenie zużycia energii pierwotnej o ok. 50%, co powoduje, że koszty eksploatacji bardziej ekologicznej kotłowni gazowej, po gruntowej modernizacji energetycznej zakładu, mogą być niższe niż uprzednio w przypadku stosowanego, tańszego w zakupie węgla.

#### Modernizacja procesów produkcyjnych

W tym obszarze, zależnie od profilu produkcji, należy przeanalizować zastosowanie najlepszych praktyk z danej branży. Często okazuje się, że wprowadzenie najnowszych technologii produkcji powoduje, że wymiana linii produkcyjnej zwraca się w sensowym czasie z samej oszczędności energii, a firma zyskuje dodatkowo stabilność na rynku (np. przez możliwość bardziej elastycznego kształtowania ceny produktu), niezawodność i wysoką jakość produkcji, zmniejsze-

nie pracochłonności (dodatkowe oszczędności na kosztach pracy). W tej kwestii bardzo ważna jest przedstawiona w schemacie działań przy audycie współpraca pomiędzy audytorem a delegowanymi do współpracy z nim przedstawicielami przedsiębiorstwa. Trudno bowiem oczekiwać, że audytor energetyczny będzie jednocześnie wysokiej klasy specjalistą od technologii produkcji w dowolnej branży. Praktyka pokazuje, że inżynierowie z audytowanej fabryki sami często są w stanie wskazać właściwe dla nich rozwiązania, gdyż doskonale znają swoją branżę, a rola audytora sprowadza się do obliczenia czasu zwrotu inwestycji i zdyskontowanych oszczędności za okres eksploatacji nowej maszyny czy technologii. Często jednak sprawdzają się działania standardowe, do których należy opisywane przy okazji omawiania energii elektrycznej, zastosowanie falowników. Innym tego typu przykładem, tym razem z zakresu energii cieplnej, jest często spotykana sytuacja, gdy w zakładzie jednocześnie funkcjonuje instalacja chłodnicza w postaci chłodni wentylatorowych, zazwyczaj poprzedzonych agregatem chłodniczym schładzającym ciecz chłodniczą wracającą z produkcji. Jednocześnie występuje duże zapotrzebowanie na energię grzewczą do tej samej produkcji (często produkt jest schładzany, a procesy np. chemiczne wymagają do ich przebiegu ciepła) lub do ogrzewania budynków oraz c.w.u. i ciepłej wody technologicznej oraz wody uzupełnianej w kotłowni. Zastosowanie pompy ciepła odbierającej to ciepło na poziomie temperatur obiegu chłodniczego np. 25–30°C i podniesienie tej temperatury na wyjściu do poziomu użytecznego może spowodować znaczne oszczędności w bilansie energii.



Rys. 2. Instalacja pompy ciepła do odzysku ciepła z produkcji w zakładzie przemysłowym (fot. Tomasz Sumera)

Zasygnalizowane w artykule tematy stanowią próbę ukazania złożoności problemów, z jakimi musi się zmierzyć wykonawca audytu energetycznego przedsiębiorstwa. Równocześnie przedstawiają możliwości konkretnych działań, które są następstwem rzetelnie i dokładnie przeprowadzonego audytu. Korzyści wynikające z niego dowodzą, że audyt energetyczny przedsiębiorstwa to nie wyłącznie narzucony kolejny obowiązek dla firm, ale przede wszystkim szansa gruntownej analizy kosztów energetycznych przedsiębiorstwa i realnego obniżenia wydatków, a także jego znacznej modernizacji.

<sup>1)</sup> Ustawa o efektywności energetycznej z 20 maja 2016 r. (Dz.U.2016, poz. 831).

<sup>2)</sup> Dyrektywa 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchylenia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE, (Dz.Urz.U.E, L 315 z 14 listopada 2012, s. 1–56).

<sup>3)</sup> [www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/pl/FTU\\_5.7.3.pdf](http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/pl/FTU_5.7.3.pdf) Dokumenty informacyjne o Unii Europejskiej – 2016.

<sup>4)</sup> Ustawa o efektywności energetycznej z 20 maja 2016 r. (Dz.U.2016, poz. 831).

<sup>5)</sup> tamże.

<sup>6)</sup> Rozporządzenie nr 1221/2009 Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) z 25 listopada 2009 r. w sprawie dobrowolnego udziału organizacji w systemie ek zarządzania i audytu we Wspólnocie (EMAS), uchylające rozporządzenie (WE) nr 761/2001 oraz decyzje Komisji 2001/681/WE i 2006/193/WE, (Dz.Urz.U.E 2009, L 342/1 z 22 grudnia 2009 r.).

<sup>7)</sup> Rozporządzenie Komisji Europejskiej (UE) nr 651/2014 z 17 czerwca 2014 r. uznające niektóre rodzaje pomocy za zgodne z rynkiem wewnętrznym w zastosowaniu art. 107 i 108 Traktatu, (Dz.Urz.U.E 2014, L 187/1).

<sup>8)</sup> tamże.

<sup>9)</sup> Ustawa z 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów, (Dz.U.2008 nr 223, poz. 1459, tekst jedn. Dz.U.2014, poz. 712 z późn.zm.).

<sup>10)</sup> tamże.

<sup>11)</sup> tamże.

<sup>12)</sup> tamże.

<sup>13)</sup> Ustawa o efektywności energetycznej z 20 maja 2016 r. (Dz.U.2016, poz. 831).

<sup>14)</sup> tamże.

<sup>15)</sup> tamże.

<sup>16)</sup> tamże.

<sup>17)</sup> tamże.

<sup>18)</sup> tamże.

<sup>19)</sup> M. Robakiewicz. Audyty energetyczne według normy PN-EN 16247, Fundacja Poszanowania Energii, Warszawa 2016.

<sup>20)</sup> tamże.

<sup>21)</sup> tamże.

<sup>22)</sup> tamże.

<sup>23)</sup> Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 2007–2013. Priorytet IX. Infrastruktura energetyczna przyjazna środowisku i efektywność energetyczna Działanie 9.2. Efektywna dystrybucja energii metodyka szacowania zmniejszenia strat ciepła (sieci) Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

<sup>24)</sup> tamże.