
PODRĘCZNIK DOTYCZĄCY EFEKTYWNOŚCI
UŻYTKOWANIA ENERGII W MAŁYCH I ŚREDNICH
PRZEDSIĘBIORSTWACH PRZEMYSŁU
CHEMICZNEGO

NAJLEPSZE PRAKTYKI Z ZAKRESU
EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ

Projekt: CARE+ (Umowa o dofinansowanie IEE/07/827)
Wydanie: Ostateczna wersja D9, część WP5
Dnia: 30 listopada 2009 r.

Wyłączna odpowiedzialność za treść niniejszej publikacji leży po stronie jej autorów. Nie stanowi ona wyrazu opinii Wspólnot Europejskich. Komisja Europejska nie jest odpowiedzialna za zastosowanie informacji zawartych w niniejszej publikacji.

CARE+

Międzynarodowy przemysł chemiczny od wielu lat zdaje sobie sprawę, że odpowiedzialne zarządzanie środowiskiem stanowi element ogólnych obowiązków operacyjnych. Cefic, Europejska Rada Przemysłu Chemicznego, była stroną przewodząca wysiłkom przemysłu poprzez Inicjatywę Odpowiedzialność i Troska (Responsible Care Initiative). Projekt CARE+ to inicjatywa uzupełniająca, która ma za zadanie skupienie wysiłków na efektywnym wykorzystaniu energii w licznych małych i średnich przedsiębiorstwach chemicznych w całej Europie. CARE+ obejmuje:

- Opracowanie, sprawdzenie oraz oferowanie schematów efektywności energetycznej dla MŚP w europejskiej branży chemicznej,
- Rozpowszechnianie wśród MŚP informacji o efektywnych technologiach energetycznych oraz systemach zarządzania energią (np. najlepsze praktyki),
- Pokazanie MŚP poprzez szkolenie i prowadzenie audytów ich rezerw efektywności energetycznej oraz efektywności kosztowej ulepszonych praktyk i technologii,
- Stworzenie specjalnych planów inwestycyjnych, umożliwiających wdrożenie określonych działań zmierzających do zwiększenia efektywności w MŚP,
- Poprawa wyników w zakresie efektywności energetycznej.

Wysokie ceny energii oraz agresywne globalne współzawodnictwo stymulują efektywność energetyczną w przemyśle chemicznym, ponieważ energia stanowi istotny element struktury kosztów przemysłu chemicznego. Niemniej jednak, potencjał dla poprawy efektywności energetycznej pozostaje, szczególnie w MŚP, tam, gdzie zużycie energii nie zawsze jest postrzegane jako główny czynnik generujący koszty ani też nie jest identyfikowane jako priorytet. Dlatego też projekt został stworzony z myślą o wypełnieniu luki pomiędzy potencjalnymi możliwościami a obecną praktyką.

CARE+ jest finansowany i wspierany przez Komisję Europejską w ramach programu „Inteligentna Energia - Europa”.

Niniejsze Najlepsze praktyki w zakresie efektywności użytkowania energii, wraz z Przewodnikiem samodzielnego audytu energetycznego stanowią kluczowy element CARE+, jako że są głównymi narzędziami wsparcia dla MŚP w działaniach zmierzających do poprawy efektywności energetycznej.

Wstęp: Jak Pracować z Najlepszymi Praktykami w Zakresie Efektywności Użytkowania Energii 6

Najlepsze Praktyki 1	Jak wdrożyć Program zarządzania energią i jak z nim pracować.....	7
NP 1	1. Dlaczego stosować Program Zarządzania Energią?.....	7
NP 1	2. Jak wdrożyć Program Zarządzania Energią.....	7
NP 1	2.1 Wstęp.....	7
NP 1	2.3. Etap B: Analiza biznesowa	9
NP 1	2.4. Etap C: Zaangażowanie zarządu.....	9
NP 1	2.5. Etap D: Wdrażanie Programu zarządzania energią	10
NP 1	3. Jak pracować z Programem zarządzania energią.....	11
NP 1	3.1. Wstęp.....	11
NP 1	3.2. Etap 1: Ocena obecnego stanu zarządzania energią	11
NP 1	3.3. Etap 2: Ustalenie kierunków prowadzących do oszczędności energii	14
NP 1	3.4. Etap 3: Opracowanie planu działania	17
NP 1	3.5. Etap 4: Wdrażanie planu działania	18
NP 1	3.6. Etap 5: Monitorowanie i ocena osiągnięć.....	18
NP 1	3.7. Etap 6: Rozpoznawanie i przedstawianie osiągnięć	19
NP 1	3.8. Etap 7: Ponowna ocena programu zarządzania energią	19
NP 1	4. Dalsze informacje	19
Najlepsze Praktyki 2	Jak rozliczać i analizować zużycie energii.....	22
NP 2	2. Jakie informacje powinny być dostępne?	22
NP 2	3. Zrozumienie co zawierają rachunki za energię	22
NP 2	4. Ciepło spalania i wartość opału.....	23
NP 2	5. Rachunkowość energetyczna	23
NP 2	6. Standaryzacja różnych form energii	26
NP 2	7. Przeliczniki jednostek energetycznych	29
NP 2	7.1. Jednostki współczynników konwersji.....	29
NP 2	8. Co wymaga analizy i jak należy ją przeprowadzać?	30
NP 2	8.1. Wstęp.....	30
NP 2	8.2. Jednostkowe zużycie energii na jednostkę produktu końcowego lub tzw produkt-miks	31
NP 2	8.3. Jednostkowe zużycie energii względem wartości odniesienia w danym roku odniesienia	32
NP 2	8.4. Profile obciążenia służące do identyfikacji obciążeń szczytowych.....	32
NP 2	8.5. Zużycie energii w budynkach w zależności od temperatury zewnętrznej	33
Najlepsze Praktyki 3	Jak wdrożyć i obsługiwać system informacji energetycznej	36
NP 3	1. Wstęp	36
NP 3	1.1 Znalezienie odpowiedniego rozwiązania	36
NP 3	2. Oczekiwane rezultaty.....	36
NP 3	3. Elementy systemu informacji energetycznej	37
NP 3	4. Integralna część systemu automatyki zakładu przemysłowego	38
NP 3	5. Jakość gromadzenia danych	38
NP 3	6. Które dane energetyczne należy monitorować?.....	38
NP 3	7. Analiza danych energetycznych	38
Najlepsze Praktyki 4	Jak poprawić wydajność generacji pary	40
NP 4	1. Wstęp	40
NP 4	2. Granice obszarów działań, pomiary i definicje	40
NP 4	3. Oszczędności energetyczne w produkcji i dystrybucji pary.....	42
NP 4	3.1. Ciśnienie i temperatura, w których produkuje się parę.....	42
NP 4	3.2. Straty kominowe	42
NP 4	3.3. Potrzeby własne kotłowni	47
NP 4	3.4. Straty promieniowania	47
NP 4	3.5. Działanie odgazowywacza.....	48
NP 4	3.6. Odmulanie kotłów	48
NP 4	3.7. Wlot powietrza do spalania.....	49
NP 4	3.8. Dystrybucja pary	49
NP 4	3.9. Kondensat powrotny	49
NP 4	3.10. Kontrola i naprawa odwadniaczy	51

NP 4	3.11. Wykorzystanie zapotrzebowania na parę przy obciążeniu podstawowym dla generacji (części) potrzeb własnych energii elektrycznej	51
NP 4	3.12. Optymalizacja przygotowania wody	53
NP 4	4. Lista zalecanych działań	54
NP 5	1. Wstęp	57
NP 5	2. Gdzie wykorzystuje się sprężone powietrze w przemyśle produkcyjnym?	57
NP 5	3. Ocena obecnej produkcji i zużycia sprężonego powietrza w przedsiębiorstwie	57
NP 5	3.1. Opracowanie schematu blokowego z głównymi elementami układu sprężonego powietrza	58
NP 5	3.2. Ocena ilościowa zużycia sprężonego powietrza i energii elektrycznej	59
NP 5	3.3. Opracowanie profilu ciśnieniowego układu sprężonego powietrza	59
NP 5	3.4. Przygotowanie bilansu powietrza	60
NP 5	3.5. Jak ilościowo oceniać wycieki	60
NP 5	3.6. Usprawnienie czynności pomiarowych i rejestracji danych	61
NP 5	4. Określenie zużycia energii i kosztów układu sprężonego powietrza danego przedsiębiorstwa	61
NP 5	5. Możliwości zmniejszenia zużycia sprężonego powietrza	62
NP 5	5.2. Wykrywanie i naprawa wycieków	63
NP 5	5.3. Stosowanie bardziej efektywnych urządzeń sprężonego powietrza	63
NP 5	5.4. Optymalizacja zasilania w sprężone powietrze	63
NP 5	5.5. Optymalizacja pracy sprężarek powietrza	63
NP 5	5.6. Utrzymanie ciśnienia na minimalnym zadanym poziomie	64
NP 5	5.7. Regularne serwisowanie i konserwacja elementów układu sprężonego powietrza	64
NP 5	6. Inne możliwości oszczędności energii w układzie sprężonego powietrza	65
NP 5	8. Dalsze informacje	67
NP 6	1. Wstęp	68
NP 6	2. Pomiary i kształtowanie użytkowania energii w budynkach	68
NP 6	3. Czynniki oddziaływania i wskaźniki wydajności	68
NP 6	4. Praca ze stopniodniami	69
NP 6	5. HVAC	70
NP 6	5.1. Określenie zapotrzebowania na HVAC oraz jego optymalizacja	71
NP 6	5.2. Ocena obecnie pracujących systemów HVAC	71
NP 6	5.3. Przyzwyczajenia i poziomy komfort	71
NP 6	5.4. Sprawa konserwacji	71
NP 6	5.5. Optymalizacja działania	72
NP 6	5.6. Minimalizacja strat ciepła w budynkach	72
NP 6	5.7. Minimalizacja nadmiaru ciepła w budynkach	72
NP 6	5.8. Aspekty odzysku ciepła i inne możliwości oszczędności energii	72
NP 6	6. Użytkowanie energii elektrycznej - oświetlenie i sprzęt biurowy	74
NP 6	6.1. Użytkowanie energii elektrycznej w biurze do innych celów	74
NP 6	7. Lista zalecanych działań	74
NP 6	8. Dalsze informacje	78
	Najlepsze Praktyki 7. Jak poprawić efektywność użytkowania energii w silnikach i napędach ...	79
NP 7	1. Wstęp	79
NP 7	2. Charakterystyka eksploatacyjna silnika elektrycznego prądu zmiennego	79
NP 7	3. Klasy sprawności silnika i działania w ramach polityki UE w zakresie silników elektrycznych	80
NP 7	4. Program zarządzania zasobami silników	81
NP 7	4.1. Wykaz silników	82
NP 7	4.2. Profile obciążenia w czasie	82
NP 7	5. Główne obszary potencjalnych możliwości poprawy efektywności użytkowania energii	82
NP 7	5.1. Wymiana silników standardowych na silniki o wysokiej sprawności	83
NP 7	5.2. Analiza biznesowa dla silników EFF1	83
NP 7	6. Jak poprawić sprawność w przewymiarowanych systemach napędowych	83
NP 7	6.1. Zmniejszenie średnicy lub wymiana wirników w przewymiarowanych pompach	84
NP 7	6.2. Wymiana przewymiarowanego i niedociążonego silnika	85
NP 7	7. Technologie falownikowe	85
NP 7	7.1. Mechaniczne i hydrauliczne napędy bezstopniowe	86

NP 7	7.2. Wiroprądowe napędy bezstopniowe.....	86
NP 7	7.3. Silniki wielobiegowe.....	86
NP 7	7.4. Elektroniczne napędy VSD (przebiegniki częstotliwości, falowniki).....	87
NP 7	8. Możliwości i korzyści ze stosowania napędów bezstopniowych.....	88
NP 7	8.1. Zastosowania zmiennego i stałego momentu obrotowego.....	88
NP 7	8.2. Pompy.....	89
NP 7	8.3. Wentylatory.....	89
NP 7	8.4. Sprężarki.....	90
NP 7	10. Dalsze informacje.....	91
NP 7	10.1 Dodatkowa lektura.....	91
NP 8	1. Wstęp	93
NP 8	2. Obszary technologiczne z potencjałem poprawy efektywności użytkowania energii.....	93
NP 8	2.1 Destylacja.....	93
NP 8	2.2 Odparowanie.....	94
NP 8	2.3 Osuszanie.....	94
NP 8	3. Możliwości oszczędności energii przy wykorzystaniu technologii membranowej ...	94
NP 8	4. Urządzenia do odzysku ciepła.....	95
NP 8	5. Ocena możliwości odzysku ciepła przy wykorzystaniu analizy pinch.....	96
NP 8	5.1. Analiza minimalnych wymogów w zakresie poboru ciepła i obciążenia chłodniczego.....	97

Wstęp: Jak posługiwać Najlepszymi praktykami w zakresie efektywności użytkowania energii

Niniejsze Najlepsze Praktyki w zakresie efektywności użytkowania energii stanowią część Podręcznika dotyczącego efektywności energetycznej składającego się z dwóch części, które można traktować jako oddzielne dokumenty.

- Przewodnik samodzielnego audytu, który pomoże w wykonaniu audytów energetycznych oraz ocenie wykorzystania energii za pomocą prostego podejścia krok po kroku.
- Najlepsze Praktyki koncentrujące się na kluczowych obszarach efektywności energetycznej w MŚP przemysłu chemicznego oraz opisujące „najlepsze w swojej klasie” zastosowania efektywności energetycznej w różnych obszarach.

Przewodnik samodzielnego audytu energetycznego

Przewodnik samodzielnego audytu energetycznego (PSAE) zapewnia małym i średnim europejskim przedsiębiorstwom przemysłu chemicznego proste narzędzie do kontroli zarządzania energią, jej zużycia, a także efektywności energetycznej. Najlepsze zastosowanie znajduje w połączeniu z Najlepszymi Praktykami z zakresu efektywności energetycznej, w których można znaleźć wiele dodatkowych informacji, jakie mogą okazać się pomocne. Niezależnie od tego, PSAE może także być stosowany jako samodzielne narzędzie.

Najlepsze praktyki z zakresu efektywności energetycznej

Najlepsze praktyki koncentrują się na ośmiu obszarach, które uznaje się za rokujące największe możliwości w zakresie oszczędności energii w MŚP przemysłu chemicznego. Przedstawiają wzorzec tego, jak przedsiębiorstwo mogłoby idealnie zarządzać energią w danym obszarze i pokazują różne możliwości poprawy, poprzez wdrożenie dobrego zarządzania, przy niskich nakładach lub bezkosztowo, a także określają obszary gdzie można inwestować.

Ze względu na zróżnicowany charakter przemysłu chemicznego Najlepsze Praktyki skupiają się bardziej na typowych działaniach z zakresu efektywności energetycznej niż na specyficznych działaniach z zakresu usprawnień procesu. Jest to istotne z tego względu, że znaczącą oszczędność energii uzyskuje się poprzez działania z zakresu efektywności energetycznej, takie jak optymalizacja zużycia pary i sprężonego powietrza, monitoring i pomiar, poprawa izolacji cieplnej czy też stosowanie właściwego oświetlenia oraz kontroli ruchów powietrza.

Następujące obszary zostały objęte Najlepszymi Praktykami:

Najlepsze Praktyki 1	Jak wdrożyć i stosować Program Zarządzania Energią.
Najlepsze Praktyki 2	Jak rozliczać i analizować zużycie energii.
Najlepsze Praktyki 3	Jak ustawić i korzystać z systemu informacji o energii.
Najlepsze Praktyki 4	Jak poprawić proces wytwarzania pary.
Najlepsze Praktyki 5	Jak zredukować zużycie energii w systemie sprężonego powietrza.
Najlepsze Praktyki 6	Jak zredukować zużycie energii w budynkach.
Najlepsze Praktyki 7	Jak poprawić efektywność energetyczną silników i napędów.
Najlepsze Praktyki 8	Jak poprawić efektywność energetyczną w przedsiębiorstwie.

Modułowa struktura pozwala uzupełniać Podręcznik o dodatkowe rozdziały dotyczące kwestii najbardziej interesujących dla danego użytkownika. Jest to narzędzie elastyczne, można więc bez wahania korzystać z niego w taki właśnie sposób.

Najlepsze Praktyki 1 Jak wdrożyć Program zarządzania energią i jak z nim pracować

NP 1 1. Dlaczego stosować Program Zarządzania Energią?

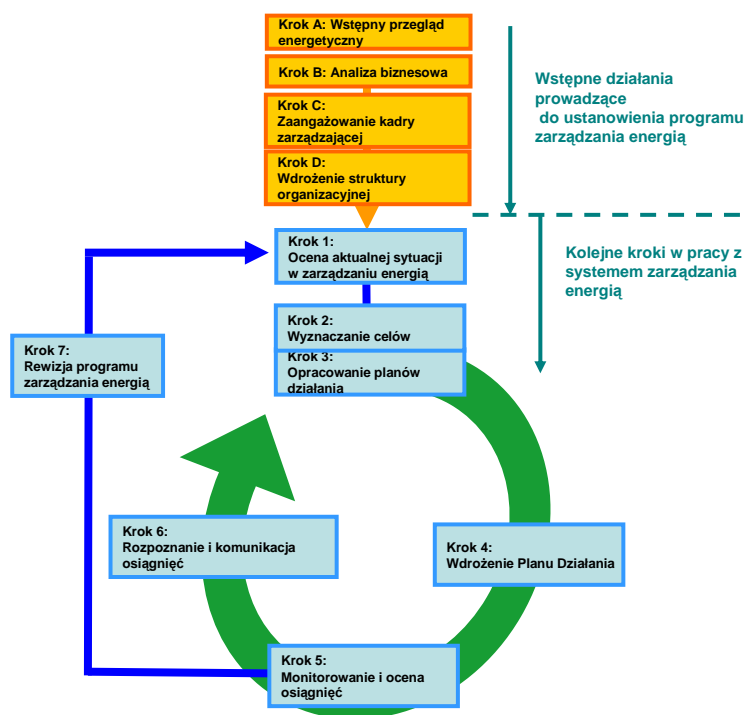
Zarządzanie energią, którego celem jest poprawa efektywności energetycznej i redukcja kosztów, oznacza ciągłą analizę użytkowania energii oraz kosztów energii. W związku z tym, powinno być ono wdrożone w strukturze organizacji przedsiębiorstwa oraz powinno stanowić integralną część codziennego zarządzania i działalności przedsiębiorstwa. Najlepszym sposobem osiągnięcia powyższego jest praca z Programem Zarządzania Energią. Dlatego właśnie pierwsza z Najlepszych Praktyk odnosi się do tej kwestii.

Schemat 1 przedstawia przegląd zarządzania energią:

- Etapy A, B, C i D obejmują fazę wdrożeniową programu zarządzania.
- Etapy od 1 do 7 włącznie opisują jak pracować z programem zarządzania energią.

Poniżej opisano poszczególne etapy w sposób bardziej szczegółowy. Proszę zauważyć, że w rzeczywistości przejście z jednego etapu do drugiego przy właściwych dla danego przedsiębiorstwa działaniach nie musi przebiegać ściśle według sposobu sugerowanego opisem.

RYSUNEK 1. ETAPY W ZARZĄDZANIU ENERGIĄ



Źródło: EPA EnergyStar.

NP 1 2. Jak wdrożyć Program Zarządzania Energią

NP 1 2.1 Wstęp

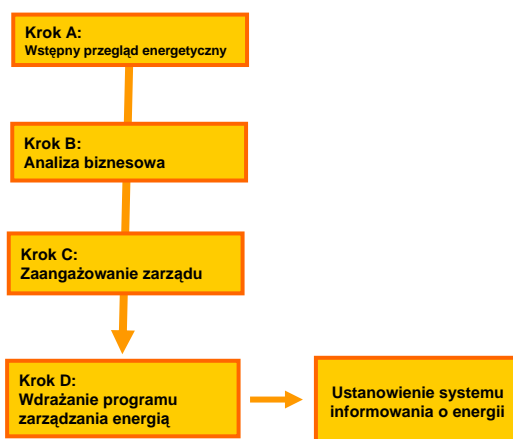
Wspólnym elementem pomyślnie realizowanych programów zarządzania energią jest zaangażowanie ze strony zarządu i personelu kluczowego przedsiębiorstwa, w zarządzanie zarówno użytkowaniem energii jak i kosztami energii w ciągłym procesie. Można osiągnąć to jedynie przy wykorzystaniu odpowiedniego programu zarządzania energią wdrożonego w pełni w codziennym zarządzaniu i działalności przedsiębiorstwa.

Dlatego też określenie programu zarządzania energią zaczyna się od działań przygotowawczych, których celem jest pozyskanie zaangażowania kierownictwa przedsiębiorstwa.

Rysunek 2 przedstawia różne etapy zmierzające do wdrożenia programu zarządzania energią. W odniesieniu do powyższego schematu każdy etap opisano w poszczególnych punktach.

RYSUNEK 2. WDRAŻANIE PROGRAMU ZARZĄDZANIA ENERGIĄ

Kolejne kroki wdrażania programu zarządzania energią



NP 1 2.2. ETAP A: WSTĘPNY PRZEGLĄD ENERGETYCZNY

Działania przygotowawcze zaczynają się od zorientowania się w bieżącej sytuacji energetycznej oraz jej oceny poprzez przeprowadzenie wstępnego przeglądu energetycznego przedsiębiorstwa. Ta wstępna ankieta odnośnie sytuacji energetycznej może być bardzo podobna do Audytu energetycznego, który został przedstawiony w Przewodniku samodzielnego audytu energetycznego CARE+. Przeprowadzając taki przegląd należy uwzględnić następujące zagadnienia:

- Obecny stan zarządzania energią w przedsiębiorstwie.
- Obecny stan opomiarowania, rejestracji i analizy danych energetycznych (więcej informacji na ten temat uzyskać można w 3 przykładzie Najlepszych Praktyk - Jak wdrożyć i obsługiwać system informacji energetycznej).
- Obecny stan zrozumienia i kontroli rachunków za energię elektryczną.
- Główne urządzenia i procesy energochłonne.
- Wpływ ustawodawstwa i opodatkowania na kwestie obejmujące energię elektryczną.
- Aktualne i z kilku ostatnich lat dane dot. energii elektrycznej (najlepiej z przynajmniej trzech ostatnich lat).
- Dane dotyczące produkcji obecnej i z okresu przeszłego (minimum z trzech ostatnich lat)

Aby przedstawić dane z zakresu energii we właściwych jednostkach, zaleca się stosowanie układu SI. Więcej informacji można znaleźć w rozdziale 2.7. o współczynnikach konwersji jednostek energii, w drugim przykładzie Najlepszych Praktyk.

Przewodnik do prowadzenia samodzielnego audytu zawiera listy kontrolne oraz arkusze danych, które ułatwią przeprowadzenie wstępnego przeglądu energetycznego.

Mając wyniki przeglądu można przeprowadzić pierwszy szacunek potencjału oszczędności energii. Można także zdefiniować punkty wyjściowe odpowiedniego programu zarządzania energią dla swojego przedsiębiorstwa. Niezbędne jest śledzenie przepływu co najmniej 80% energii zużywanej w zakresie tego gdzie, kiedy i jak jest ona użytkowana w zakładzie. Ponadto taki wstępny przegląd powinien dostarczyć informacji, która pozwoli przejść do następnego etapu, tj. przygotowania analizy biznesowej.

Wyniki pozwolą ocenić, czy urządzenia pomiarowo-rejestrujące parametry energii zainstalowane obecnie w zakładzie, pozwalają rozpocząć program zarządzania energią (więcej szczegółów dotyczących wymogów zakupu energii elektrycznej zawarto w trzecim przykładzie Najlepszych Praktyk).

NP 1 2.3. Etap B: Analiza biznesowa

W oparciu o informacje ze wstępnego przeglądu energetycznego można rozpocząć analizę biznesową wdrożenia programu zarządzania energią, który z kolei pozwoli uzyskać zaangażowanie zarządu, w celu uruchomienia programu.

W analizie biznesowej należy odnieść się do następujących kwestii:

- Ocenę potencjału oszczędności energii i (w konsekwencji) oszczędności finansowej wynikającej z realizacji programu zarządzania energią.
- Koncepcji programu zarządzania energią, który jest odpowiedni dla danej struktury organizacyjnej.
- Działań organizacyjnych wymaganych przy pracy z programem zarządzania energią.
- Narzędzi oceny i struktury danych potrzebnych do pomyślnej realizacji programu zarządzania energią.
- Oceny wymaganych nakładów inwestycyjnych i rocznych kosztów ponoszonych przy wdrożeniu i pracy z programem zarządzania energią.
- Oceny ekonomicznej stopy zwrotu z powyższego programu inwestycyjnego.
- Oceny harmonogramu wdrożenia programu.
- Wymaganego zaangażowania i decyzji zarządu dotyczących pracy z programem zarządzania energią.

Taka analiza biznesowa będzie także stanowić kryterium osiągnięć po wdrożeniu programu zarządzania energią. Proszę przyjrzeć się formatowi analizy przedstawionej w „Przewodniku samodzielnego audytu”, w którym zawarto więcej informacji odnośnie tego, jak taka analiza biznesowa powinna wyglądać.

NP 1 2.4. Etap C: Zaangażowanie zarządu

Na podstawie informacji z analizy biznesowej zarząd może podjąć decyzję o wdrożeniu programu zarządzania energią.

Zaangażowanie to powinno zaowocować:

- Konkretnym dokumentem dotyczącym polityki energetycznej oraz wyraźnie określoną strategią oszczędności energii.
- Wyznaczeniem managera ds. energii, który będzie odpowiedzialny za funkcjonowanie systemu zarządzania energią. W następnej części dot. etapu D szerzej opisano rolę i obowiązki managera ds. energii.
- Mianowaniem osób odpowiedzialnych za wdrażanie programu zarządzania energią.
- Zapewnieniem środków finansowych na wdrożenie i realizację systemu zarządzania energią.
- Promowaniem zachowań poprawiających efektywność energetyczną w przedsiębiorstwie.
- Decyzją regularnego umieszczania sprawozdawczości i oceny osiągnięć z zakresu efektywności energetycznej na porządku obrad zespołu zarządzającego.

Cała organizacja powinna zostać poinformowana o decyzji dotyczącej wdrożenia programu zarządzania energią, oświadczeniu przedsiębiorstwa o polityce energetycznej oraz jego długoterminowej strategii.

NP 1 2.5. Etap D: Wdrażanie Programu zarządzania energią

Następny etap obejmuje wdrożenie programu zarządzania energią oraz przygotowanie koniecznej struktury organizacyjnej. Na tym etapie kluczową rolę do odegrania ma Menedżer ds. Energii. Główne działania i obowiązki Menedżera obejmują:

- Koordynowanie i kierowanie programem zarządzania energią;
- Promowanie świadomości efektywności energetycznej w przedsiębiorstwie;
- Opracowywanie polityki energetycznej przedsiębiorstwa;
- Ocenę potencjalnych korzyści z zarządzania energią;
- Tworzenie zespołów audytu wewnętrznego i kierowanie nimi;
- Zapewnienie realizacji zobowiązań kadry kierowniczej przedsiębiorstwa;
- Opracowanie systemu informacji energetycznej;
- Koordynowanie procesu usprawnień;
- Koordynowanie procesu określenia wskaźników wydajności oraz ustalania celów;
- Kontrola wdrożenia uzgodnionych usprawnień;
- Szkolenie kluczowego personelu;
- Monitoring i ocena użytkowania energii;
- Raportowanie do zarządu;
- Narzędzia motywacji za osiągnięcia;
- Stałe udoskonalanie systemu zarządzania energią.

WSKAZÓWKA

Mimo że ważne jest posiadanie w przedsiębiorstwie wyraźnie określonego lidera zarządzania energią, należy unikać sytuacji, w której zarządzanie energią stałoby się kwestią „jednej osoby”.

W celu pomyślnej realizacji programu zarządzania energią manager ds. energii musi zorganizować:

- Systematyczne monitorowanie możliwości oszczędności energii wymaga identyfikacji priorytetów w zarządzaniu energią;
- Konieczne jest ustalenie zakresu zarządzania energią, np. organizacja pracy, technologia, urządzenia;
- Należy zidentyfikować i uzgodnić role i obowiązki dotyczące zarządzania energią kluczowych osób w organizacji. Rozważyć opcję utworzenia małego zespołu ds. energii składającego się z kluczowych pracowników organizacji, które wspierają codzienne decyzje w sprawach zarządzania energią;
- Ważnym działaniem jest wdrożenie pierwszego etapu systemu monitoringu energetycznego (zob. trzeci przykład Najlepszych Praktyk) poczynsz od struktury gromadzenia danych, która jest obecnie w użytku. Po zakończeniu pierwszego etapu system można usprawniać krok po kroku (zob. Etapy 3 i 4). System informacji energetycznej powinien zapewniać dokładne i spójne informacje, aby umożliwić rzetelne zarządzanie użytkowaniem energii oraz kosztami energii. Powinien także zapewniać informacje umożliwiające analizę osiągnięć z zakresu wydajności energetycznej.
- Należy stworzyć harmonogram oraz zdefiniować zasoby konieczne do wdrożenia programu zarządzania energią.

Wyłonienie struktury organizacyjnej winno być udokumentowane w ogólnym planie zarządzania energią. W celu zwiększenia świadomości należy zapoznać każdego w organizacji z polityką energetyczną oraz strategią oszczędności energii. Personel powinien

być informowany, należy mu dostarczać odpowiednich informacji oraz motywować do włączenia się w zwiększenie wydajności energetycznej.

Kiedy struktura organizacyjna jest już wdrożona, można zacząć pracę z programem zarządzania energią, aby ustalić cele oraz prowadzić działania z zakresu efektywności energetycznej.

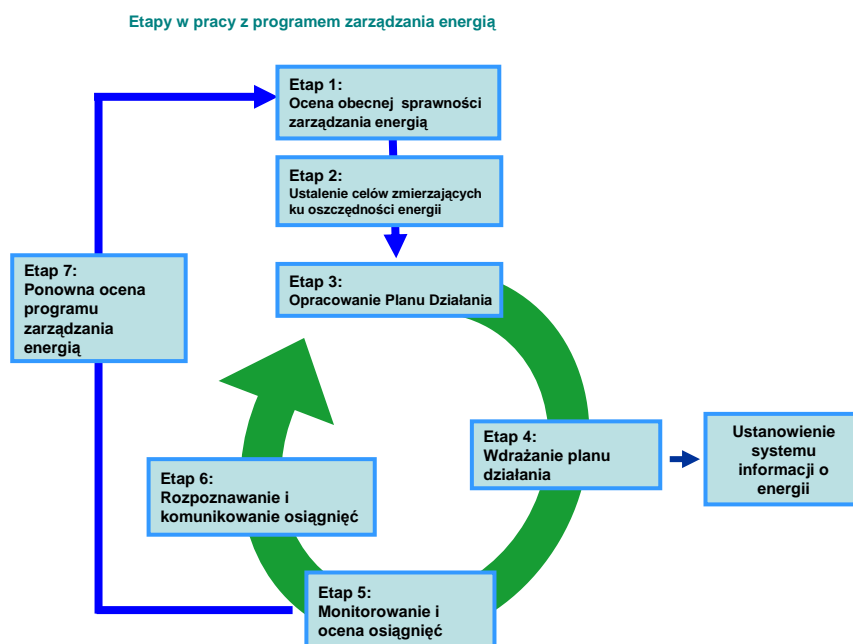
NP 1 3. Jak pracować z Programem zarządzania energią

NP 1 3.1. Wstęp

Po wdrożeniu programu zarządzania energią zachodzi potrzeba zagłębienia się w szczegóły, ustalenia celów, przygotowania planu oraz wdrożenia takich działań. Należy także monitorować i oceniać działania związane z efektywnością energetyczną, komunikować osiągnięcia oraz rewidować cele. Powyższa procedura odzwierciedla metodę codziennej pracy z programem zarządzania energią.

Jak pracować z Programem Zarządzania Energią przedstawiają etapy od 1 do 7 pokazane na Rysunku 3 poniżej w kole odwzorującym proces ciągły, który można powtarzać w zależności od potrzeb.

RYSUNEK 3. ALGORYTM PRACY Z PROGRAMEM ZARZĄDZANIA ENERGIĄ



NP 1 3.2. Etap 1: Ocena obecnego stanu zarządzania energią

Pierwszy etap pracy dotyczący zarządzania energią koncentruje się na zdobyciu szczegółowej wiedzy o obecnym użytkowaniu energii oraz opracowaniu istotnych wskaźników wydajności energetycznej. Podczas samego wdrażania Programu Zarządzania Energią zgromadzono i zebrano dużo informacji. Teraz należy określić czy konieczne jest wejście w szczegóły. Jeśli uznamy, że należy zdobyć więcej informacji, wówczas cały proces należy podzielić na dwa etapy:

- a zdobywanie danych oraz
- b określanie wskaźników wydajności energetycznej.

A) Zdobywanie danych na temat obecnego użytkowania energii i kosztów energii

Zdobywanie danych powinno dostarczyć szczegółowych informacji dotyczących tego gdzie, kiedy i jak energia jest użytkowana w przedsiębiorstwie. Powinno także dostarczyć informacji w zakresie kosztów energii. Gromadzenie danych powinno przebiegać w formie audytu energetycznego. „Przewodnik samodzielnego audytu” dostarcza wskazówek odnośnie tego, jak przeprowadzić taki audyt energetyczny, zawiera także szczegółową listę kontrolną tzw. check listę, według której należy dokonywać sprawdzeń.

Na tyle, na ile to możliwe, system monitoringu energii powinien być źródłem informacji. Trzeci przykład Najlepszych Praktyk dostarcza dalszych informacji dotyczących, tego jak taki system monitoringu energii powinien wyglądać. Jeśli na miejscu w przedsiębiorstwie nie ma takiego systemu, informację można uzyskiwać z takich źródeł jak:

- Faktury za energię elektryczną i umowy na zakup energii,
- Dokumentacja projektowa, powykonawcza i certyfikaty urządzeń i technologii, jak również instrukcje obsługi i konserwacji urządzeń.

Zebranie informacji wskazanych poniżej to konieczne minimum. Należy pamiętać, że pozycje od 1 do 8 powinny być zebrane podczas wstępnego przeglądu energetycznego. Dlatego też należy sprawdzić czy nie ma jakiś istotnych luk w dostępności danych, które należałoby uzupełnić. Pozycje 9-14 to już bardziej szczegółowe i złożone wytyczne dotyczące rodzaju danych, które należy zebrać, aby móc przeprowadzić szczegółową analizę zużycia energii oraz potencjału oszczędności.

1. Obecny stan zarządzania energią w przedsiębiorstwie.
2. Obecny stan opomiarowania, rejestracji i analiz danych energetycznych (więcej informacji na ten temat uzyskać można w trzecim przykładzie Najlepszych Praktyk (Jak wdrożyć i obsługiwać system monitoringu energii)).
3. Obecny stan zrozumienia i analizy rachunków za energię.
4. Główne urządzenia i procesy energochłonne.
5. Wpływ ustawodawstwa i opodatkowania na kwestie energetyczne.
6. Aktualne dane dotyczące energii oraz dane dotyczące energii z kilku ostatnich lat (najlepiej przynajmniej z trzech ostatnich lat).
7. Dane dotyczące produkcji obecnej i z okresu przeszłego (minimum z trzech ostatnich lat).
8. Miesięczne zużycie energii łącznie (energia elektryczna, paliwa itp.).
9. Miesięczny przepływ energii łącznie uzyskanej w procesie przemian na terenie zakładu (własna - wytwarzana w przedsiębiorstwie - energia elektryczna, para, gorąca woda itp.).
10. Miesięczne zużycie energii przez główne technologie oraz urządzenia.
11. Zużycie energii przy obciążeniu szczytowym.
12. Dane dotyczące produkcji miesięcznej oraz godzin pracy głównych procesów i urządzeń.
13. Dane dotyczące produkcji miesięcznej oraz godzin pracy głównych urządzeń takich jak: sprężarki, zespoły chłodnicze, wieże chłodnicze itp.
14. Inne czynniki wpływające na użytkowanie energii, takie jak temperatura otoczenia.

B) Określenie wskaźników energetycznych

Monitoring oraz poleganie wyłącznie na wartościach względnych użytkowania energii i kosztów energii dla programu zarządzania energią ma ograniczoną wagę. Użytkowanie energii oraz nakłady powinny być zawsze rozpatrywane wraz z głównymi czynnikami wpływającymi na to użytkowanie. Następujący przykład obrazuje sytuację.

TABELA 3. JEDNOSTKOWE ZUŻYCIE ENERGII JAKO WSKAŹNIK WYDAJNOŚCI

Rok		2005	2006	2007	2008
Zużycie gazu	m ³ x1000/rok	4990	4790	4690	5200
Wielkość produkcji	ton/rok	81000	75000	70000	85000
Jednostkowe zużycie gazu	m ³ /tonę prod	61,6	63,9	67,0	61,2

Tabela 3 przedstawia roczne zużycie gazu w ciągu 4 lat przez typowe średnie przedsiębiorstwo przemysłu chemicznego, którego roczny rachunek za energię mieści się w zakresie od 2 do 3 milionów EURO, plus łączna wielkość produkcji.

Roczne zużycie gazu na przestrzeni tych lat różni się, ale bez dalszych informacji nie można stwierdzić, co powodowało taką zmienność. Kiedy przepływ gazu rozpatruje się w odniesieniu do produkcji rocznej, jednostkowe zużycie energii mówi dużo więcej o zmianach w zużyciu energii.

Widać, że jednostkowe zużycie gazu jest niższe przy wyższych wielkościach produkcji, w związku z tym efektywność użytkowania energii w przedsiębiorstwie wzrasta wraz z wyższymi wielkościami produkcji. Rysunek 4 pokazuje jednostkowe zużycie gazu w odniesieniu do wielkości produkcji.

RYSUNEK 4. ZWIĄZEK MIĘDZY JEDNOSTKOWYM ZUŻYCIEM GAZU A WIELKOŚCIĄ PRODUKCJI



W programie zarządzania energią ta informacja zainicjuje dochodzenie przyczyny, dla której następuje taka zmiana efektywności oraz tego, co można zrobić, na przykład, aby poprawić efektywność energii przy obciążeniu częściowym. W związku z tym, należy nie tylko bezpośrednio monitorować zużycie energii, ale także opracować istotne wskaźniki wydajności energii. Należy je przygotować zgodnie z zakresem i priorytetami danego programu zarządzania przedsiębiorstwem wraz z odpowiednim monitoringiem osiągnięć przedsiębiorstwa w zakresie efektywności energetycznej. Powyższe działanie wymaga zbadania, które wskaźniki wpływają na zużycie energii w przedsiębiorstwie oraz jakie są zależności między różnymi wydziałami zakładu.

Poniższy zestaw wskaźników często okazuje się pomocny przy pracy z programem:

- Miesięczne całkowite jednostkowe zużycie energii (energia na jednostkę produktu lub różnych produktów).
- Miesięczne jednostkowe zużycie energii głównych odbiorców energii.
- Typowe krzywe obciążenia oraz zużycie energii przy obciążeniu szczytowym, dotyczące głównych odbiorców energii.
- Zużycie energii na ogrzewanie, wentylację oraz klimatyzację budynków.

Należy także opracować wskaźniki wydajności, które stosować mogą operatorzy urządzeń podczas codziennej pracy. W większości krajów europejskich warunki pogodowe mogą mieć znaczący wpływ na zużycie energii, mowa tu szczególnie o energii na ogrzewanie i oświetlenie pomieszczeń. W związku z powyższym ważna jest normalizacja wyników wskaźników wydajności ze względu na warunki pogodowe. Jak to zrobić wyjaśniono w drugim przykładzie Najlepszych Praktyk, który zawiera przykłady wskaźników wydajności.

C) Monitorowanie wskaźników wydajności

Wraz ze wskaźnikami wydajności można uwzględnić tendencje zmian wydajności energii z okresu przeszłego, wówczas możliwe staje się przeprowadzenie dogłębnej analizy efektywności użytkowania energii. Na początku należy określić rok odniesienia oraz wartości odniesienia dla wskaźników wydajności. Mając punkt odniesienia w przeszłości łatwo można wyznaczyć kierunek przyszłych usprawnień. Powszechnie rokiem odniesienia jest pierwszy rok pracy z programem zarządzania energią. Monitorowanie wskaźników wydajności dostarcza dowodów na to, jak trwale są osiągnięcia przedsiębiorstwa, a także użyteczne przy ustalaniu rzeczywistych celów. Ponadto można je także wykorzystać do prowadzenia dokładniejszej oceny przyszłego zużycia energii w odniesieniu do prognoz produkcji.

NP 1 3.3. Etap 2: Ustalenie kierunków prowadzących do oszczędności energii

Ustalanie celów wymaga systematycznego podejścia. Punktami wyjściowymi są określone wskaźniki wydajności energii oraz informacja dotycząca użytkowania energii i kosztów energii, uzyskana w poprzednim etapie. Cele muszą być wymierne. Powinny stanowić wyzwanie, możliwe do osiągnięcia. Należy unikać celów nierealnych, aby nie zatracić wiarygodności programu.

Aby określić wykonalne cele, należy oszacować zakres oszczędności energii. Ażeby to osiągnąć, należy uwzględnić poniższe działania:

- Ocenić potencjał poprawy efektywności energetycznej w różnych wydziałach zakładu.
- Określić, jakie usprawnienia techniczne są możliwe do wdrożenia w istniejących instalacjach i urządzeniach. Skonsultować to z innymi Najlepszymi Praktykami.
- Przeprowadzić „burzę mózgów” w różnych działach zakładu i z różnymi osobami w przedsiębiorstwie, aby ustalić, w jaki sposób mogą oni wnieść swój wkład w realizację oszczędności energii.
- Sprawdzić czy system monitorowania energii jest odpowiedni i dostarcza wymaganych informacji potrzebnych do przeprowadzania niezbędnych analiz.

Ustalając cele należy także wziąć pod uwagę wykonalność danego zamierzenia. Dlatego też wymagania inwestycyjne odgrywają ważną rolę w procesie decyzyjnym. W oparciu o nakłady finansowe można rozróżnić Cele Dobrego Gospodarowania, Cele Opłacalności oraz Cele Strategiczne. Zostaną one poniżej opisane bardziej szczegółowo.

A) Cele dobrego gospodarowania

Dotyczą one metod, które koncentrują się na wykorzystaniu i prowadzeniu istniejących instalacji w sposób najbardziej efektywny. Obejmują także poprawę w zakresie zakupu energii oraz kontrolę rachunków za energię. Opcje dobrego gospodarowania łatwo się wdraża, ponadto nie niosą one ze sobą konieczności ponoszenia nakładów finansowych, a jeśli już zachodzi taka potrzeba, to są to nakłady niewielkie. Przy uruchamianiu programu zarządzania energią, po raz pierwszy zalecane jest rozpoczęcie od działań z zakresu dobrego gospodarowania.

Na przykład celem z dziedziny dobrego gospodarowania przedsiębiorstwem może być osiągnięcie 5% redukcji ogólnego zużycia energii, poprzez obniżenie strat w układach parowych i kondensacyjnych.

Tabela 4 przedstawiona poniżej zawiera kilka przykładów celów dobrego gospodarowania, które koncentrują się na następujących obszarach:

- Ogólna praktyka eksploatacyjna zakładu przemysłowego;
- Obsługa instalacji technologicznej;
- Wytwarzanie i dystrybucja pary;
- Ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja i oświetlenie budynków;
- Instalacje sprężonego powietrza;
- Chłodzenie;
- Silniki elektryczne.

Bardziej szczegółowe informacje znajdują się w różnych Najlepszych Praktykach. Lepiej jest ustanawiać priorytety w ramach Celów Dobrego Gospodarowania niż zabierać się za wszystko na raz. Ustanawiać priorytety można według jednego z poniższych kryteriów:

- największa oszczędność;
- najszybsze wyniki;
- najmniejsze zakłócenia procesów produkcyjnych.

Listę potencjalnych działań z zakresu dobrego gospodarowania zawarto w Tabeli 4.

TABELA 4. DZIAŁANIA Z ZAKRESU DOBREGO GOSPODAROWANIA

Obszar	Opis	
Ogólnie	Wykonuje się regularne prace konserwacyjne urządzeń technologicznych oraz urządzeń energetycznych i użytkowych, procedury konserwacyjne są udokumentowane w instrukcjach obsługi i konserwacji.	
Procesy	Regularnie sprawdza się warunki pracy oraz nastawy urządzeń.	
	Regularnie kontroluje się użytkowanie energii.	
	Profile obciążenia monitoruje się w celu zbadania czy można wprowadzić zmiany zmierzające ku bardziej spłaszczonej krzywej obciążenia.	
	Obsługa procesów okresowych została zoptymalizowana pod względem zapotrzebowania na energię i zakupu energii, przeprowadzono kontrole kosztów energii w przypadku większego przyrostu zapotrzebowania na energię.	
Para	Przeprowadza się regularne, przynajmniej coroczne, kontrole i serwisowanie kotłów. Powinny być spełnione odpowiednie warunki dotyczące przeprowadzania badań kontrolnych. Od rodzaju kotła i jego paliwa zależy rodzaj i częstotliwość przeprowadzania kontroli, jakim koniecznie muszą zostać poddane palniki, ich utrzymanie, miejsca z gazami odlotowymi oraz parą wodną.	
	Ciśnienie pary w kotle ustawia się na minimalny dopuszczalny poziom zapewniający bezawaryjną dystrybucję pary do odbiorców. Zapotrzebowanie szczytowe na parę (regularne i nieregularne) dokładnie przeanalizowano i w miarę możliwości takiego zapotrzebowania się unika.	
	Sprawność kotła koryguje się co miesiąc.	
	Jeśli równolegle pracuje więcej niż jeden kocioł, wówczas stosuje się zarządzanie obciążeniem w celu optymalizacji efektywności całkowitej.	
	Straty kominowe kotła minimalizuje się poprzez zmniejszenie nadmiaru powietrza przy spalaniu do minimalnego wymaganego poziomu (z uwzględnieniem wystarczająco bezpiecznego marginesu zawartości O ₂ w spalinach). System spalania spełnia standardy bezpieczeństwa i jest regularnie sprawdzany, aby umożliwić optymalny poziom nadmiaru powietrza do spalania.	
	Izolacja kotła, jego orurowania i armatury (w tym izolacja zdejmowalna) jest w dobrym stanie	
	Chemiczne uzdatnianie wody kotłowej i kondensatu powrotnego jest na wymaganym poziomie, celem uniknięcia korozji i osadzania się kamienia, częstotliwość odmulanania kotła zmniejszona jest do wymogu minimalnego.	
	Ciśnienie odgazowywacza ustawione jest na minimalny dopuszczalny poziom potrzebny do usuwania gazów niekondensowalnych z wody zasilającej kotła. Regularnie sprawdza się pracę odgazowywacza	
	Odwadnianie systemu pary jest odpowiednio zaprojektowane, a praca odwadniaczy podlega regularnym kontrolom	
	Przeprowadza się kontrole na okoliczność wycieków pary i naprawia się takie wycieki	
	Przeprowadza się regularne kontrole i naprawy izolacji cieplnej orurowania	
	Powierzchnie wymienników ciepłych poddaje się regularnym inspekcjom na okoliczność osadzania się kamienia oraz występowania zanieczyszczeń, w razie potrzeby powierzchnie się oczyszcza	
	Sprężone powietrze	Sprawdza się regularnie system na okoliczność wycieków, naprawia się takie wycieki
		Unika się zbędnego użytkowania sprężonego powietrza, przygotowano 'check' listy dla użytkowników
Wymienia się zużyte elementy instalacji sprężonego powietrza (takie jak np. dysze)		
Ciśnienie w systemie nastawia się na minimalnym dopuszczalnym poziomie		

	<p>z uwzględnieniem profilu zapotrzebowania oraz pojemności zbiorników magazynowych</p> <p>Bada się ilość odbiorców wymagających wysokiego ciśnienia, dla których możnaby zastosować niezależne sprężarki i w ten sposób mieć możliwość redukcji ciśnienia w istniejącym systemie sprężonego powietrza.</p> <p>Sprawdza się pojemność zbiorników ciśnieniowych w odniesieniu do zapotrzebowania na powietrze (energię) w celu optymalizacji zużycia energii przez kompresor.</p> <p>Produkuje się suche, wolne od oleju sprężone powietrze.</p> <p>Osuszacze pracują według zadanego punktu rosy właściwego dla wymaganej jakości powietrza.</p> <p>Mierzy się ciśnienie i ilość powietrza.</p> <p>Mierzy się zużycie energii przez sprężarkę i odnosi się tę wartość do ilości powietrza.</p> <p>Sprawdzono optymalne sterowanie obciążeniem przy pracy wielu sprężarek.</p> <p>Sprawdzono zużycie energii do chłodzenia sprężarek.</p> <p>Urządzenia sprężonego powietrza regularnie się serwisuje łącznie z okresową wymianą filtrów.</p>
Chłodzenie	<p>Urządzenia chłodnicze pracują według temperatury zadanej.</p> <p>Sprawdza się regularnie system chłodniczy na okoliczność wycieków, naprawia się takie wycieki.</p> <p>Corocznie serwisuje się urządzenia chłodnicze.</p> <p>Regularnie uswa się lód z parowników.</p> <p>Kondensatory utrzymuje się w czystości.</p> <p>Izolację orurowania utrzymuje się w dobrym stanie.</p>
HVAC (ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja) i oświetlenie	<p>Przeprowadza się regularne, przynajmniej raz na rok, prace kontrolne i serwisowe kotłów.</p> <p>Przeprowadza się regularne prace konserwacyjne urządzeń.</p> <p>Na przykład regularnie czyści się wentylatory i kanały powietrzne oraz wymienia filtry.</p> <p>Parowniki i kondensatory instalacji klimatyzacyjnych czyści się i utrzymuje w dobrym stanie.</p> <p>Tam, gdzie znajdują zastosowanie, montuje się zawory termostatyczne na grzejnikach.</p> <p>Określono minimalne wymogi grzewcze dla poszczególnych stref w budynkach, termostaty pracują w pomieszczeniach według zadanych wartości dla regulacji cieplnej (ogrzewanie, chłodzenie, nawilżanie).</p> <p>Urządzenia klimatyzacyjne pracują według właściwych wartości zadanych, np. opcja jednoczesnego grzania i chłodzenia jest wykluczona.</p> <p>Sprawdza się metody oszczędności energii, takie jak izolacja cieplna oraz zewnętrzne zacienienie.</p> <p>Wyłącza się zbędne elementy grzewcze.</p> <p>Naprawia się zepsute okna a okna z podwójną szybą i wilgocią między nimi należy wymienić.</p> <p>Wyłącza się oświetlenie, które nie jest potrzebne.</p> <p>Do włączania i wyłączania oświetlenia stosuje się czujniki ruchu.</p> <p>Tam, gdzie znajdują zastosowanie, wymieniono standardowe żarówki wolframowe na bardziej efektywne kompaktowe żarówki fluorescencyjne.</p> <p>Tam, gdzie znajduje zastosowanie, uwzględnia się użycie układów wysokiej częstotliwości do oświetlenia fluorescencyjnego.</p> <p>Ogranicza się oświetlenie zewnętrzne jedynie do godzin nocnych.</p> <p>Oświetlenie zewnętrzne miejsc nieuczęszczanych utrzymuje się na poziomie minimalnym. Tam, gdzie znajdują zastosowanie, stosuje się czujniki ruchu do takiego oświetlenia.</p> <p>Rozważa się sekcjonowanie oświetlenia.</p>
Silniki i napędy	<p>Wyłącza się zbędne wentylatory, pompy itp.</p> <p>Bada się możliwość zastosowania „łagodnego startu” do urządzeń często uruchamianych celem uniknięcia niepotrzebnych mocy szczytowych.</p> <p>Bada się możliwość wprowadzenia wysokoefektywnych silników elektrycznych.</p> <p>W celu uzyskania oszczędności energii przy obciążeniu częściowym, bada się sterowanie częstotliwością silników elektrycznych (falowniki).</p>

B) Cele opłacalności

Te cele koncentrują się na modyfikacjach, np. procesów lub urządzeń, które można zrealizować przy zachowaniu akceptowalnej stopy zwrotu z inwestycji.

Będą one wymagały inwestycji i czasu do wdrożenia, ponadto ich realizacja powinna być możliwa poprzez zastosowanie normalnych procedur inwestycyjnych. Kryterium ekonomicznym często stosowanym przy inwestycjach tego rodzaju jest minimalna stopa zwrotu z inwestycji (IRR). Zazwyczaj przedsiębiorstwa przyjmują 15% (po opodatkowaniu) IRR lub wyższą w przypadku inwestycji energetycznych. Wartość ta odpowiada okresowi zwrotu z inwestycji krótszym niż 4 lata, choć może różnić się w zależności od przedsiębiorstwa.

Przewodnik samodzielnego audytu pomoże w określeniu działań priorytetowych, umożliwiających wysoką stopę zwrotu, ale skupia się on jedynie na samym okresie zwrotu. W przypadku skorzystania z Wewnętrznej Stopy Zwrotu z inwestycji jako środka dodatkowego, na końcu Najlepszych Praktyk znajduje się krótkie wprowadzenie dotyczące sposobu obliczania IRR.

Cele zwrotu z inwestycji mogą obejmować:

- Poprawę sprawności kotłów poprzez instalację ekonomizerów;
- Montaż silników energooszczędnych.

Zwykle wdraża się te rozwiązania, aby uzyskać dodatkową oszczędność energii już po udanym zastosowaniu działań z zakresu dobrego gospodarowania, które przyniosły oczekiwane oszczędności energetyczne.

C) Cele strategiczne

Te cele obejmują strategiczne inwestycje energetyczne, które dotyczą na przykład dopuszczeń do eksploatacji (zmiana paliwa, zastępowanie konwencjonalnych technologii i instalacji rozwiązaniami nowymi, wymiana kotłów ze względu na normy emisji spalin itp.) lub poważnych zmian dotyczących zużycia energii na terenie zakładu. Cele strategiczne odgrywają również rolę w decyzjach inwestycyjnych dotyczących nowych technologii oraz urządzeń. Przedsięwzięcia te wymagają zazwyczaj znaczących nakładów inwestycyjnych i mogą nie spełniać wymogu standardowej stopy zwrotu z inwestycji, ale inne czynniki przekonują do realizacji takiej inwestycji.

Cele tej kategorii mogą obejmować:

- Poprawę całkowitej sprawności poprzez montaż systemu powrotu kondensatu w instalacji;
- Instalację układu kogeneracji.

Klasyfikacja uwzględniająca nakłady pomoże określić cele danego przedsiębiorstwa. Należy pamiętać o bieżącej analizie i aktualizacji celów (patrz Etap. 5)

NP 1 3.4. Etap 3: Opracowanie planu działania

Po zdefiniowaniu celów przechodzi się do następnego etapu, w którym rozpoczyna się konkretne działania zmierzające do realizacji tych celów. Działania należy udokumentować w planie działania, co umożliwi monitoring i ocenę działań na dalszym etapie oraz pozwoli na bieżącą aktualizację planu działania.

Menedżer ds. Energii powinien koordynować planowanie działań i organizować konieczne zebrania i dyskusje, w czasie których decyduje się o dalszym kierunku prac. Należy to następnie udokumentować w planie działania. Aby sprawdzić poprawność prowadzenia bieżących działań ograniczających zużycie energii można odnieść się do informacji zawartej w Najlepszych Praktykach. Ponadto można wykorzystać inne źródła, które zawierają ważne informacje z zakresu Najlepszych Dostępnych Technologii.

Plan działania może zawierać następujące zagadnienia:

- Główne zamierzenia i cele.
- Obecne zużycie energii przez przedsiębiorstwo.

- Wartości typowe wskaźników dla przedsiębiorstw w sektorze.
- Lista wszystkich zaplanowanych działań, które ustalono dla realizacji planu działania, łącznie z wyznaczonymi zadaniami i obowiązkami.
- Krótki opis każdego działania usprawniającego z uwzględnieniem jego budżetu oraz terminu jego wdrożenia.
- Działania, które są zaplanowane w harmonogramie prac w celu optymalizacji zakupu energii.
- Działania, które są zaplanowane w celu przeszkolenia personelu.
- Wszelkie prace badawczo - studialne zaplanowane w harmonogramie prac dotyczące wprowadzanych rozwiązań technicznych i technologicznych w różnych częściach zakładu.

Plan działań powinien być zatwierdzony przez zarząd i na bieżąco aktualizowany. Zazwyczaj aktualizację planu działań przeprowadza się raz w roku, ale w okresie początkowym wdrażania programu zarządzania energią zalecane są częstsze aktualizacje.

NP 1 3.5. Etap 4: Wdrażanie planu działania

Po zatwierdzeniu planu działania można rozpocząć pracę nad różnymi projektami i działaniami. Menedżer ds. Energii powinien nadzorować postęp zaplanowanych działań i zadań oraz sporządzać regularne raporty z ich postępu. Ponadto powinien także koordynować następujące działania:

- Promować praktyki w zakresie efektywności użytkowania energii w strukturze przedsiębiorstwa.
- Szkolić kluczowy personel w zakresie efektywności użytkowania energii.
- Dostarczać informacji dotyczącej efektywności energetycznej kluczowych urządzeń i procesów.
- Monitorować co miesiąc postęp we wdrażaniu planu działania.
- Śledzić dane energetyczne i wskaźniki w wymaganych odstępach czasu.
- Organizować i pomagać przy realizacji polityki zakupu energii.

NP 1 3.6. Etap 5: Monitorowanie i ocena osiągnięć

Mając plan działania należy regularnie monitorować i oceniać postępy. Zgodnie z Dobrymi Praktykami należy dokonywać monitoringu przynajmniej raz w roku, a na wczesnym etapie programu nawet częściej.

Monitoring i ocena obejmują następujące etapy:

- stałą analizę rzeczywistego zużycia energii w przedsiębiorstwie, na przykład poprzez powtarzalne audytowanie instalacji (urządzeń).
- ocenę wyników działań energetycznych oraz funkcjonowania planu działania, ale także formalny przegląd, na przykład raz w roku, realizacji wyznaczonych celów.

Bieżąca analiza rzeczywistego zużycia energii w przedsiębiorstwie polega na codziennej analizie pracy urządzeń oraz zastosowaniu rozwiązań z zakresu dobrego gospodarowania. Analiza pozwoli także na wczesne wykrywanie degradacji pracy urządzeń (technicznych) oraz dostarczy operatorom urządzeń informacje pomocne w codziennej obsłudze urządzeń. Będzie także monitorować postęp we wdrażaniu rozwiązań dobrego gospodarowania. Menedżer ds. Energii powinien przeprowadzać obchody kontrolne w zakładzie produkcyjnym, aby sprawdzić prawidłowość działań z zakresu dobrego gospodarowania w zakresie energii. W przewodniku do samodzielnego audytu znajduje się lista kontrolna, którą można się posługiwać przy takich obchodach.

Postęp w realizacji planu działania wymaga regularnego monitorowania, na przykład raz w miesiącu. Robiąc przegląd planu działania należy uwzględnić następujące zagadnienia:

- Zorientować się w stopniu efektywności planu działania (tego, co się udało i nie udało).
- Udokumentować najlepsze praktyki, którymi można podzielić się z całą organizacją.

- Zidentyfikować konieczne działania naprawcze.
- Uzyskać informacje zwrotne od kluczowego personelu zaangażowanego w takie działania.

Formalny przegląd osiągnięć w zakresie efektywności użytkowania energii rozpoczyna się od analizy wymiernych wyników. Należy odnieść się do części drugiego przykładu Najlepszych Praktyk, aby dowiedzieć się jak taką analizę wykonać.

Analiza powinna dostarczyć następujących wyników:

- Wykresy miesięcznego zużycia energii i ilości zakupionej energii.
- Tendencje zmian wskaźników wydajności energii.
- Zrozumienie powodów wahań zużycia energii i efektywności zużycia energii.
- Listę osiągnięć w odniesieniu do założonych celów.
- Informację dotyczącą rozbitcia zużycia energii i kosztów energii na poszczególnych odbiorców.
- Weryfikację rachunków za energię oraz zakupu energii.

Menedżer ds. Energii powinien przedstawić raport z postępu prac zawierający wszystkie istotne informacje z oceny rocznej. Raport z postępu robót służyć będzie:

- Podejmowaniu decyzji dotyczących przyszłych projektów energetycznych.
- Ustalaniu nowych celów.
- Aktualizacji planu działania.
- Opracowaniu zaleceń dotyczących usprawnień programu zarządzania energią.

NP 1 3.7. Etap 6: Rozpoznawanie i przedstawianie osiągnięć

Zarówno nagradzanie, jak i otrzymywanie wyróżnień za osiągnięcia we wdrażaniu efektywności, jest bardzo ważne, aby podtrzymać ciągłość procesu poprawy zarządzania energią. W ramach organizacji przedsiębiorstwa, nagrody można przyznawać jednostkom, zespołom oraz zarządzającym.

Zarządzanie energią można także wykorzystać jako narzędzie marketingowe. Aby nasze osiągnięcia zostały docenione przez otoczenie, konieczna jest sprawne informowanie o osiągnięciach firmy, przekazywane na zewnątrz. Na pewnym etapie, kiedy program zarządzania energią osiągnie już pewien poziom, można wystąpić o ocenę do specjalistów, reprezentujących strony trzecie.

NP 1 3.8. Etap 7: Ponowna ocena programu zarządzania energią

Raz w roku Menedżer ds. Energii wraz z zespołem energetycznym powinien przeprowadzić ponowną ocenę programu zarządzania energią. Ocena ta obejmuje przegląd oraz uaktualnienie polityki energetycznej i jej celów, przegląd procedur zarządzania energią, narzędzi do analizy oraz form sprawozdawczości i ostatnią, ale nie mniej ważną, kwestię ponownego potwierdzenia zaangażowania zarządu stanowiącego podstawę dla kontynuacji działań energooszczędnych.

NP 1 4. Dalsze informacje

Przykład Najlepszych Praktyk – Program zarządzania energią

To jest Program Zarządzania Energią stworzony przez jedną z firm biorących udział w CARE+. Zapewnia on przedsiębiorstwu odpowiednią strukturę organizacyjną oraz długoterminowe planowanie na rzecz efektywności energetycznej.

PROGRAM ZARZĄDZANIA ENERGIĄ

1. Cele i zakres Programu

- Cel – nie mniej niż 6% oszczędności energii przez kolejne 3 lata
- Zakres – wszystkie stosowane rodzaje energii i wszyscy istotni użytkownicy energii

2. Struktura organizacyjna Systemu zarządzania energią

- Określanie ról i funkcji Menedżera ds. Energii
- Określanie ról i zadań innych uczestników Systemu Zarządzania Energią

3. Plan działania

- Cel: 6-7% oszczędności energii do końca 2012 roku:
 - Oszczędność energii w roku 2010 – 1,5%
 - Oszczędność energii w roku 2011 – 2,0%
 - Oszczędność energii w roku 2012 – 2,5%

NP 1 4.1. Wewnętrzna stopa zwrotu

W Przewodniku Samodzielnego Audytu do oceny ogólnej stosujemy okres zwrotu. Jednakże, stopa zwrotu to kolejny ważny czynnik, który można zechcieć wziąć pod uwagę przy ustalaniu priorytetów podczas wdrożenia działań dotyczących oszczędności energii. Porównuje on zyskowność różnych projektów inwestycyjnych.

Ogólnie mówiąc, im większa stopa zwrotu z inwestycji projektu tym bardziej jest wskazane jego wykonanie. Jako taki IRR może zostać użyty do klasyfikacji kilku potencjalnych projektów rozpatrywanych przez firmę. Zakładając, że wszystkie inne czynniki różnych projektów są sobie równe, projekt z najwyższym IRR zostanie prawdopodobnie uznany za najlepszy i rozpoczęty w pierwszej kolejności.

Koniecznym jest wykonanie analizy przepływu gotówki w określonym czasie. Dlatego potrzebna będzie sekwencja przepływów gotówki wraz z podaniem wstępnej inwestycji.

Mogą to być następujące wartości:

	Rok 1	Rok 2	Rok 3	Rok 4	Rok 5	Rok 6	Rok 7	Rok 8
Wstępna inwestycja	-333							
Oszczędności	650	650	650	650	650	650	650	650
Łączny przepływ gotówki	-2350	550	550	550	550	550	550	550

Stopa zwrotu z inwestycji: 14,1%

Należy zastosować poniższy wzór:

Przy podaniu par (okres, przepływ gotówki) (n, C_n), gdzie n jest dodatnią liczbą całkowitą, łącznej liczby okresów N i obecnej wartości netto NPV, stopa zwrotu z inwestycji jest określana przez r w:

$$NPV = \sum_{n=0}^N \frac{C_n}{(1+r)^n} = 0$$

Program Excel oferuje proste narzędzie do przeliczenia stopy zwrotu z inwestycji. Należy jedynie podać dane, wspomniane powyżej i zastosować funkcję "IRR" z narzędzi obliczeń finansowych.

NP 1 4.2. Lektura dodatkowa

1. Arkusz dotyczący zarządzania energią, materiały informacyjne Carbon Trust (Centrum informacji i promocji technologii zmniejszających emisję zanieczyszczeń do atmosfery) GIL136

www.carbontrust.co.uk

2. Praktyczne zarządzanie energią, materiały informacyjne Carbon Trust CTV023,
www.carbontrust.co.uk
3. Podręcznik z zakresu zarządzania energią, materiały informacyjne EPA EnergyStar,
www.energystar.gov/index
4. Podręcznik z zakresu stopniowego wdrażania zarządzania energią, podręcznik Bess
Projekt,
www.bess-project.info
5. Norma europejska EN 16001.2009 – Systemy zarządzania energią – wymagania wraz
z instrukcją zastosowania
<http://www.cen.eu>

Najlepsze Praktyki 2 Jak rozliczać i analizować zużycie energii

NP 2 1. Wstęp

W zarządzaniu energią bardzo ważne jest zrozumienie gdzie i jak jest zużywana energia. Jak opisano w PSA, osiąga się to poprzez prowadzenie regularnej analizy zużycia energii i jej kosztów. Takie analizy dostarczają informacji jakie oszczędności zostały uzyskane oraz jak są one trwałe.

Aby można było analizować informacje energetyczne należy stworzyć odpowiednią formę rachunkowości danych energetycznych. Ta część Najlepszych Praktyk przedstawia strukturę dla takiej rachunkowości.

Analizując zużycie energii należy nie tylko patrzeć na jej bezpośrednie zużycie, ale także na związek z czynnikami wpływającymi na to zużycie. Rozdział 8 niniejszych Najlepszych Praktyk opisuje wiele relacji, które w tej analizie można uwzględnić.

NP 2 2. Jakie informacje powinny być dostępne?

Dane energetyczne, które wymagają pomiarów i zapisu, to:

- Miesięczny pobór energii łącznie (energia elektryczna, paliwa itp.). Dostawca energii może być jedynym źródłem tej informacji lub części tej informacji. Należy uzgodnić z dostawcą, formę i sposób dostarczenia danych.
- Miesięczne faktury za energię od dostawców.
- Miesięczne ilości energii łącznie uzyskane w procesie przemian (własna - wytwarzana w przedsiębiorstwie - energia elektryczna, para, gorąca woda itp.).
- Miesięczne zużycie energii przez procesy technologiczne oraz urządzenia.
- Dane dotyczące zużycia energii w szczycie dla reprezentatywnego okresu czasu. Aby zmierzyć zużycie energii przy obciążeniu szczytowym, należy je mierzyć w krótszych odstępach czasu, np. w odczytach co pół godziny. Należy uzyskać od dostawców informację czy obecnie uzyskują te dane z mierników. Jeśli nie, należy rozważyć opcję użycia tymczasowych przenośnych mierników, aby uzyskać dane dotyczące obciążeń szczytowych (patrz Najlepsza Praktyka 3)
- Dane dotyczące produkcji miesięcznej oraz godzin pracy urządzeń technicznych w głównych procesach, takich jak: sprężarki powietrza, zespoły chłodnicze, wieże chłodnicze itp.
- Dane dotyczące innych czynników wpływających na użytkowanie energii, jak np. temperatura otoczenia.

NP 2 3. Zrozumienie co zawierają rachunki za energię

Faktury za energię oraz umowy na dostawę energii, szczególnie energię elektryczną i gaz, zawierają ważne informacje dla analizy zużycia energii.

Gaz ziemny, na przykład, mierzy się jako objętość gazu przepływającego przez miernik. Tak więc, aby obliczyć pobór energii należy także znać jakość gazu. Dostawca gazu powinien określić jego parametry.

Szczególnie w przypadku gazu ziemnego należy być świadomym różnicy między ciepłem spalania a wartością opałową (lub wartością kaloryczną netto), wartość opałowa jest ok. 10% niższa niż wartość ciepła spalania. Należy sprawdzić czy taka informacja jest zawarta na rachunku za energię, jeśli nie, należy poprosić o nią dostawcę. To samo dotyczy innych paliw takich jak olej opałowy czy węgiel.

Należy sprawdzić, jaki okres widnieje na rachunku za gaz (zużycie dzienne, miesięczne czy kwartalne). Ponadto rachunek powinien określać maksymalną ilość godzinową pobraną w danym miesiącu. Informacje te można wykorzystać do optymalizacji zapotrzebowania szczytowego i jego kosztów. Jeśli system informacji energetycznej danego przedsiębiorstwa

jest w stanie odbierać dane online, należy przedyskutować z dostawcą możliwość otrzymywania odczytów mierników.

Ilość energii elektrycznej mierzy się w kilowatogodzinach. Faktura zazwyczaj określa zapotrzebowanie szczytowe w danym miesiącu oraz moc bierną (związaną z współczynnikiem mocy), którą pobrano. Należy rozróżniać pomiędzy kW, kVA i kVAr na rachunku. Należy także orientować się w taryfach stosowanych przez dostawcę i sprawdzić czy są one prawidłowe. Należy sprawdzić wspólnie z dostawcą odstępy czasowe odczytu mierników. Zalecane są odstępy półgodzinne między odczytami. Przedyskutować z dostawcą możliwość udostępniania odczytów, bowiem umożliwi to analizę obciążeń szczytowych w zakładzie.

Aby uniknąć kar, należy upewnić się czy przedsiębiorstwo zmieściło się w określonych limitach wynikających z umów.

NP 2 4. Ciepło spalania i wartość opałowa

Zawartość energii w paliwach można wyrażać wartością ciepła spalania lub wartością opałową. Pierwsza uwzględnia także ciepło skraplania powstałe z H₂O przy spalaniu węglowodorów. Zwykle zawartość ciepła w paliwach dostawcy wyraża się jako ciepło spalania, z wyjątkiem gazu ziemnego. Zawartość energii w gazie ziemnym wyraża się powszechnie w MW wartości opałowej. Różnica dla gazu ziemnego pomiędzy wartościami ciepła spalania i wartości opałowej wynosi w przybliżeniu 10% (tj. 1 MWh ciepła spalania = 0,9 MWh wartości opałowej). Natomiast ceny rynkowe wyraża się w €/MWh wartości opałowej, podczas, gdy odczyt miernika jest w Nm³ (tj. pomiar przepływu z korektą ciśnienia i temperatury do normalnego m³).

Zaleca się w związku z tym wykonywanie wszelkich obliczeń na podstawie wartości opałowych. Tabela 5 przedstawia wymagane współczynniki konwersji dla gazu ziemnego.

TABELA 5. WSPÓŁCZYNNIKI KONWERSJI Z CIEPŁA SPALANIA NA WARTOŚĆ OPAŁOWĄ

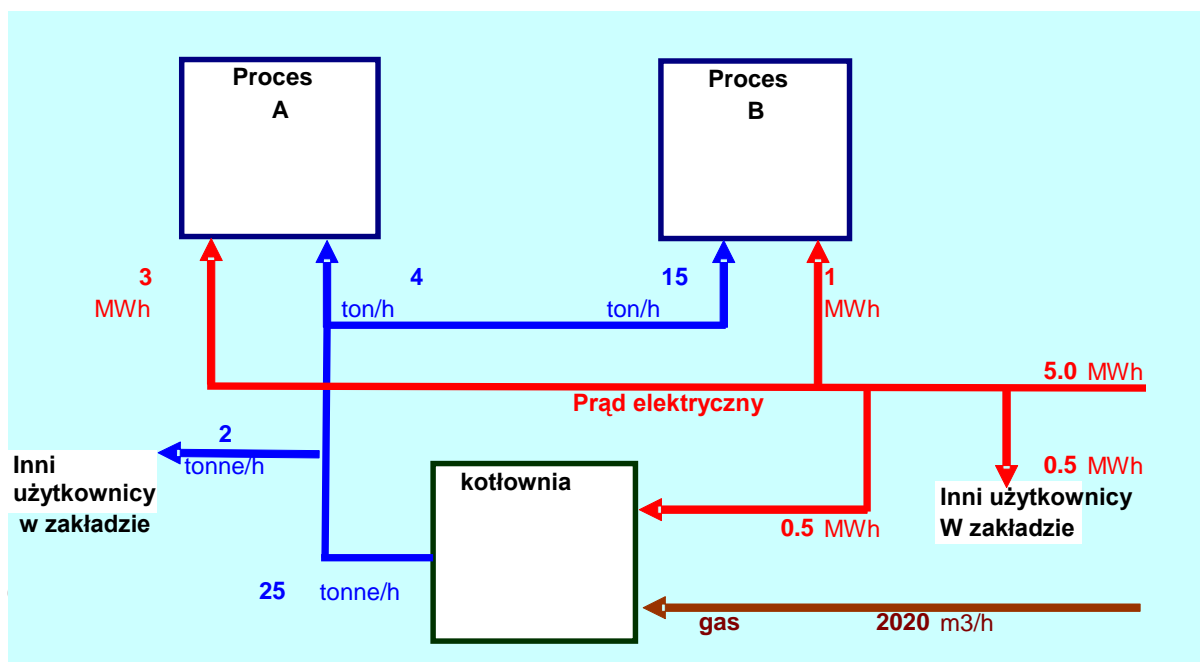
z ciepła spalania	na wartość opałową
1 MWh	0,9 MWh
	3,24 GJ
1 GJ	0,9 GJ

NP 2 5. Rachunkowość energetyczna

Wdrażając system rachunkowości energetycznej należy wybrać właściwe jednostki, w których wyrażana będzie energia. Zaleca się stosować jednostki z układu SI, np. dżul dla energii. Aby uzyskać więcej szczegółów na temat jednostek z układu SI, w Rozdziale 9.1 Najlepszych Praktyk znajdziesz zalecaną dodatkową lekturę odnośnie tego tematu.

Punktem wyjściowym wszystkich analiz jest przygotowywanie miesięcznych bilansów energii dla przedsiębiorstwa, określenie wszystkich współczynników przemian energii oraz ustalenie gdzie jest ona zużywana. Umożliwi to identyfikację i określenie głównych odbiorców energii w danym przedsiębiorstwie. Pełny zestaw arkuszy danych rachunkowości rozliczeniowej znajduje się w Przewodniku Samodzielnego Audytu.

Rysunek 5 zawiera przykład miesięcznej rachunkowości energetycznej średniego przedsiębiorstwa przemysłu chemicznego ilustrując uproszczony schemat przepływu dla analizowanego przedsiębiorstwa. W oparciu o dane z jednego miesiąca oraz godziny zużycia, można wyliczyć przepływ godzinowy. Jeśli nie ma możliwości przeprowadzenia dalszego podziału, można także użyć danych z miesiąca.

RYSUNEK 5. SCHEMAT PRZEPIŹYU DLA ANALIZOWANEGO PRZEDSIĘBIORSTWA

TABELA 6. MIESIĘCZNE DANE FINANSOWE

Miesięczne dane finansowe								
	Łączna produkcja	Koszty energii	Łączne koszty Produkcji	Przychody ze sprzedaży	Zysk brutto	Zwrot ze sprzedaży	Koszt energii / Łączne koszty	Koszty energii / Tona produkcji
	Tony	€	€	€	€	%	%	€
Styczeń	27.000	€ 140.912	€ 1.160.000	€ 1.000.000	-€ 160.000	-16,0%	12,1%	€ 5,22
Luty	28.000	€ 141.224	€ 1.130.000	€ 1.750.000	€ 620.000	35,4%	12,5%	€ 5,04
Marzec	28.000	€ 140.424	€ 1.140.000	€ 1.500.000	€ 360.000	24,0%	12,3%	€ 5,02
Kwiecień	28.000	€ 148.102	€ 1.190.000	€ 1.500.000	€ 310.000	20,7%	12,4%	€ 5,29
Maj	27.000	€ 147.900	€ 1.090.000	€ 1.000.000	-€ 90.000	-9,0%	13,6%	€ 5,48
Czerwiec	25.000	€ 153.071	€ 1.000.000	€ 1.000.000	€ -	0,0%	15,3%	€ 6,12
Lipiec	12.000	€ 128.255	€ 750.000	€ 900.000	€ 150.000	16,7%	17,1%	€ 10,69
Sierpień	20.000	€ 130.546	€ 1.000.000	€ 1.500.000	€ 500.000	33,3%	13,1%	€ 6,53
Wrzesień	25.000	€ 134.016	€ 1.100.000	€ 2.000.000	€ 900.000	45,0%	12,2%	€ 5,36
Źródło: CA	26.000	€ 134.576	€ 1.050.000	€ 1.500.000	€ 450.000	30,0%	12,8%	€ 5,18
Listopad	27.000	€ 140.736	€ 1.150.000	€ 1.000.000	-€ 150.000	-15,0%	12,2%	€ 5,21
Grudzień	20.000	€ 125.645	€ 900.000	€ 750.000	-€ 150.000	-20,0%	14,0%	€ 6,28
Łącznie	293.000	€ 1.665.407	€ 12.660.000	€ 15.400.000	€ 2.740.000	17,8%	13,2%	€ 5,68

TABELA 7. MIESIĘCZNE ROZLICZENIE ZAKUPU ENERGII - ELEKTRYCZNOŚĆ

	Elektryczność						
	Ilość (MWh)	Zapotrzebowanie (MWe)	Koszt	Inne opłaty	Łączny koszt (Euro)	Emisja CO2 (Tony)	
			jednostki (Euro) MWh	łącznie (Euro)			
Styczeń	402	0,94	€ 42,00	€ 1.500	€ 18.384	251,99	
Luty	410	0,94	€ 42,00	€ 1.500	€ 18.720	257,01	
Marzec	408	0,95	€ 40,00	€ 1.600	€ 17.920	255,75	
Kwiecień	399	0,90	€ 48,00	€ 1.400	€ 20.552	250,11	
Maj	380	0,90	€ 50,00	€ 1.400	€ 20.400	238,20	
Czerwiec	382	0,90	€ 45,00	€ 1.400	€ 18.590	239,46	
Lipiec	225	0,88	€ 43,00	€ 1.350	€ 11.025	141,04	
Sierpień	350	0,89	€ 48,00	€ 1.350	€ 18.150	219,40	
Wrzesień	388	0,91	€ 52,00	€ 1.400	€ 21.576	243,22	PSA
Pazdziernik	396	0,93	€ 52,00	€ 1.500	€ 22.092	248,23	
Listopad	410	0,94	€ 53,00	€ 1.500	€ 23.230	257,01	
Grudzień	325	0,95	€ 56,00	€ 1.600	€ 19.800	203,75	łóżka woda.
Łącznie	4475	ergii przeko	€ 47,58	€ 17.500	€ 230.439	2805,15	

TABELA 8. WIELKOŚĆ PRZEKSZTAŁCONEJ ENERGII – PRZYKŁAD KOTŁA NA PARĘ

KOCIOŁ NA PARĘ 2										
	Para		Entalpia MJ	Ciepło MWh		Ilość paliwa		Wydajność kocioła %	Łączny koszt pary €	Koszt pary na Tonę €
	Tony	Obliczona Para (jeśli nie określono) Tony				Nm3	MWh			
Styczeń		3.577	9.178.333	2.549,54		300.000	3.109,19	82,00%	€ 70.250	N/A
Luty		2.981	7.648.611	2.124,61		250.000	2.590,99	82,00%	€ 58.542	N/A
Marzec		3.577	9.178.333	2.549,54		300.000	3.109,19	82,00%	€ 70.250	N/A
Kwiecień		2.981	7.648.611	2.124,61		250.000	2.590,99	82,00%	€ 58.542	N/A
Maj		2.981	7.648.611	2.124,61		250.000	2.590,99	82,00%	€ 58.542	N/A
Czerwiec		2.981	7.648.611	2.124,61		250.000	2.590,99	82,00%	€ 58.542	N/A
Lipiec		1.192	3.059.444	849,85		100.000	1.036,40	82,00%	€ 23.417	N/A
Sierpień		2.385	6.118.889	1.699,69		200.000	2.072,79	82,00%	€ 46.833	N/A
Wrzesień		3.577	9.178.333	2.549,54		300.000	3.109,19	82,00%	€ 70.250	N/A
Październik		2.981	7.648.611	2.124,61		250.000	2.590,99	82,00%	€ 58.542	N/A
Listopad		2.981	7.648.611	2.124,61		250.000	2.590,99	82,00%	€ 58.542	N/A
Grudzień		2.981	7.648.611	2.124,61		250.000	2.590,99	82,00%	€ 58.542	N/A
Łącznie	0	35.177	90.253.612	25.070,45		2.950.000	30.573,72	82,00%	€ 690.792	N/A

przekonwertowanej, łącznie z danymi produkcji i innymi czynnikami wpływającymi na zużycie energii (zob. Tabelę 9). Przewodnik Samodzielnego Audytu Energetycznego CARE+ oferuje arkusze programu Excel pomagające w przejściu przez ten cały proces.

TABELA 9. RACHUNKOWOŚĆ MIESIĘCZNA W ZAKRESIE ZUŻYCIA ENERGII NA TERENIE PRZEDSIĘBIORSTWA

Data												Miesięczne rozliczenie zużycia energii			
Rok		2009													
Miesiąc		Luty													
Produkcja:				Jednostka											
Produkt A		15000 tony													
Produkt B		2000 tony													
Warunki pogodowe															
Stopniodni		250													
Średnia temp.		3 °C													
Produkcja	Zużycie całkowite	Jednostka	Jedn. 1		Jedn. 2		Jedn. 3		Unit 4		Bilans				
			Do	Z	Do	Z	Do	Z	Do	Z	Do/Z	%			
Produkcja		Np. tony		15000		2000									
Elektryczność	2000	MWh el	500	0	600	0	200	0	500	0	200	10.0			
Gaz ziemny	1100 39270	Nm ³ x 1000 GJ LHV	0 0	0 0	380 13566	0 0	720 25704	0 0	0 0	0 0	0 0	0.0 0.0			
Olej pędny	0 0	litry GJ LHV	0 0.0		0 0.0		0 0.0		0 0.0		0 0	0.0 0.0			
Para	14000 35000	tony GJ sec ²)	7000 17500		5000 12500			14000 35000	1000 2500		1000 2500	7.1 7.1			
Kondensat zwrotny	8000 3600	m ³ GJ sec ³)		6000 2700		2000 900	8000 3600			0 0	0 0	0.0 0.0			

Ilości energii określono zarówno w jednostkach pomiarowych nośników energii (np. tonach, Nm³ itp.) jak i energetycznych GJ. W takiej formie ilości różnych rodzajów energii nie można po prostu dodać, ponieważ ich rodzaj jest różny. Wprowadzono zatem zróżnicowanie między:

- energią pierwotną, która obejmuje wszystkie paliwa a
- energią wtórną, która obejmuje energię pochodzącą z przetworzenia energii z paliw. Aby formy energii wtórnej można było porównywać, trzeba przeliczyć je na odpowiednik energii pierwotnej. Część 2.6 niniejszej Najlepszej Praktyki wyjaśnia jak to zrobić.

Ostatni etap rachunkowości energetycznej to przeprowadzenie przeglądu ilości wszystkich rodzajów energii wyrażonych w ekwiwalencie energii pierwotnej, co ilustruje Tabela 10.

TABELA 10. RACHUNKOWOŚĆ ENERGETYCZNA ENERGII PIERWOTNEJ

Data												Wielkość zużycia energii w zakładzie w jednostkach energii pierwotnej (Jed. = GJ LHV)			
Rok		2009													
Miesiąc		Luty													
Produkcja:				Jedn.t											
Produkt A		15000													
Produkt B		2000													
Warunki pogodowe															
Stopniodni		250													
Średnia temperatura		3 °C													
Produkcja (n.p. tony)	Cały Zakład		Całkow zużycie	Jedn1		Jedn2		Jedn3		Jedn4		Uwaga			
	Do	Z		Do	Z	Do	Z	Do	Z						
Produkcja (n.p. tony)					15000		2000								
Prąd elektryczny	18000		18000	4500	0	5400	0	1800	0	4500	0	1)			
Gaz ziemny	39270		39270	0	0	13566	0	25704	0	0	0				
Olej napędowy	0		0	0		0		0		0					
Para			38889	19444		13889		38889	2778			2)			
Kondensat zwrotny			4000		3000		1000	4000			0	2)			
Suma	57270			23944	3000	32855	1000	31504	38889	7278	0				

Uwagi: 1) i 2) zob. część 2.6

NP 2 6. Standaryzacja różnych form energii

Jak pokazano wcześniej analizy energetyczne często dotyczą różnych form energii (energii elektrycznej, gazu ziemnego, pary, gorącej wody itp.). Można je sklasyfikować w dwóch grupach:

- różne paliwa jako formy energii pierwotnej,
- różne energie użytkowe, takie jak energia elektryczna i ciepło jako formy energii wtórnej.

Nie można bezpośrednio porównywać tych form energii, ponieważ ich rodzaj jest różny, a co za tym idzie, różna jest także ich cena. Na przykład 1kWh energii elektrycznej może kosztować 0,10 Euro za kWh, zaś 1kWh pary może kosztować 0,02 Euro za kWh pary. Główną przyczyną takiej różnicy jest ilość dostarczonej energii pierwotnej potrzebnej do wytworzenia różnych form energii wtórnej, takiej jak energia elektryczna i para.

Przeprowadzając analizy energetyczne należy uwzględnić ten fakt i przeliczyć formy energii wtórnej, takie jak energia elektryczna i ciepło, na odpowiednik przepływu energii pierwotnej. Współczynnik konwersji to standardowa sprawność, z którą poszczególne energia wtórna ma być wytworzona; tj. standardowa sprawność elektrowni w przypadku energii elektrycznej i standardowa sprawność kotłowni w przypadku pary. Po wykonaniu powyższego, przepływy energii są porównywalne i można je do siebie dodawać obliczając np. wskaźniki wydajności energetycznej.

Rysunek 5 w rozdziale 5 przedstawiony powyżej pokazuje jak to działa. Przykład podaje pobór energii dla zakładu przemysłowego z kotłownią centralną i dwoma głównymi obszarami technologicznymi. Schemat podstawowy pokazuje ilości pobieranej energii pierwotnej oraz dystrybucję wtórnej energii użytkowej. Przepływy energii w formie oryginalnej podsumowano w Tabeli 11.

TABELA 11. PRZEPIY W ENERGII NA GODZINĘ

Zmierzony przepływ energii w ciągu godziny:							
Forma energii	Jednostka	Zakup	Kotłownia wewnątrz	Kotłownia na zewnątrz	Proces A wewnątrz	Proces B wewnątrz	Inni użytkownicy wewnątrz
Gaz	Nm ³ /h	2020	2020				
Prąd	MWh	5,0	0,5		3	1	0,5
Para	tony/h			22	4	15	2

Ilości energii przedstawionej powyżej, nie są porównywalne, a przepływ pary jest wyrażony w t/h. Aby obliczyć zawartość ciepła w parze, kondensacie i c.w., należy znać temperaturę i ciśnienie tych mediów. Mając takie informacje można uzyskać wartość entalpii (kiedy kJ/kg=MJ/tonę). Powyższe dane można uzyskać w danych dotyczących własności wody/pary w jednostkach SI. W przeprowadzeniu tego wyliczenia pomogą również tabele Excela z Przewodnika Samodzielnego Audytu CARE+.

Znając wartości entalpii zawartość ciepła w danej ilości pary można obliczyć w GJ pary (w tym przykładzie entalpia 1 tony pary wynosi 2800MJ). Zamiast GJ można także używać MW, aby wyrazić zawartość ciepła, pod warunkiem, że ta jednostka zostanie zastosowana do wszystkich rodzajów energii.

Tabela 12 przedstawia ilość energii w GJ (zarówno energii pierwotnej jak i wtórnej) w odniesieniu do każdego przepływu energii z Tabeli 11.

TABELA 12. PRZEŁYWY ENERGII WYRAŻONE W POWSZECHNIE STOSOWANYCH JEDNOSTKACH¹

Forma energii		Zakup	Kotłownia wewnątrz	Kotłownia na zewnątrz	Proces A wewnątrz	Proces B wewnątrz	Inni użytkownicy wewnątrz
Gaz	Nm ³ /h	2020	2020				
Gaz	GJ/h	72,1	72,1				
Prąd	MWh	5,0	0,5		3,0	1,0	0,5
	GJ el/h	18,0	1,8		10,8	3,6	1,8
Para	tona/h			22	4	15	2
	GJ pary/h	0,0	73,9	61,1	11,2	42,0	5,6

Tabela 13 przedstawia łączną ilość energii w formie odpowiednika energii pierwotnej w GJ. Paliwa są już w formie przepływu energii pierwotnej, jedynym potrzebnym przeliczeniem jest przeliczenie z Nm³ na GJ. Dodatkowo energia zostaje przekonwertowana na energię pierwotną w GJ, przyjmując 90% efektywności (patrz tabela 14 dotycząca współczynników konwersji).

TABELA 13. PRZEŁYWY ENERGII W JEDNOSTKACH ENERGII PIERWOTNEJ

Forma energii		Zakup	Kotłownia wewnątrz	Kotłownia na zewnątrz	Proces A wewnątrz	Proces B wewnątrz	Inni użytkownicy wewnątrz
Gaz	GJprim/h	72,1	72,1				
Prąd	GJprim/h	45,0	4,5		27,0	9,0	4,5
Para	GJprim/h			68,4	12,4	46,7	6,2
Suma	GJprim/h	117,1	76,6	68,4	39,4	55,7	10,7

Efektem końcowym jest możliwość dodania przepływów energii jako energii pierwotnej, co będzie można wykorzystać do ustalania celów oraz analizy użytkowania energii w przedsiębiorstwie. Współczynniki konwersji zastosowane do przekształcenia energii wtórnej na energię pierwotną podsumowano w Tabeli 14.

TABELA 14. WSPÓŁCZYNNIKI KONWERSJI

Wzór obliczeniowy na przeliczenie energii el. i ciepła na energię pierwotną w GJ wartość opałowa			
	z formy wtórnej		na formę pierwotną
Elektryczność 1)	kWh el	x 9	MJ pierwot.
	1		9

¹ W przypadku gazu ziemnego zawartość energii w MJ na Nm³ zależy od jakości gazu. Należy zapytać dostawcę o specyfikację zawartości ciepła w paliwie. W tym przypadku entalpia pary wynosi 2800 MJ/tonę.

Para 2)	MJ pary			MJ pierwot.
	1	x 1.1		1,1
Kondensat 2)	MJ kondensatu			MJ pierwot.
	1	x 1.1		1,1
Gorąca woda 2)	MJ gorącej wody			MJ pierwot.
	1	x 1.1		1,1

Wzory:

1) W przypadku energii elektrycznej: sprawność 40%

$$1 \text{ kWh el} = 3.6 \text{ MJ el} = 3.6/0.4 = 9 \text{ MJ energii pierwotnej}$$

2) W przypadku ciepła (pary, wody gorącej itp.): sprawność 90%.

$$1 \text{ GJ pary} = 1/0.9 = 1.1 \text{ GJ energii pierwotnej}$$

Tę konwersję można łatwo wykorzystać do analizy informacji energetycznej. Dla celów praktycznych zaleca się stosować dwie sprawności konwersji:

- W przypadku energii elektrycznej: sprawność 40%,
- W przypadku ciepła (pary, wody gorącej itp.): sprawność 90%.

NP 2 7. Przeliczniki jednostek energetycznych

Energię wyraża się w wielu różnych formach. Dla wygody programu zarządzania energią zaleca się w miarę możliwości pracę na podstawowych jednostkach układu SI z uwzględnieniem pewnych odstępstw.

- W przypadku ciśnienia jednostka "bar" jest wygodniejsza niż "pascal" a
- W przypadku temperatury stosuje się "stopnie Celsjusza" zamiast "stopni Kelvina".

NP 2 7.1. Jednostki współczynników konwersji

Podstawową jednostką energii jest Joule (J). $1 \text{ J} = 1 \text{ Newton} \times \text{m}$.

Aby uniknąć długich ciągów liczb, „J” zazwyczaj poprzedza jakiś przedrostek jednostki miary. Minimalnym praktycznym poziomem jest kJ (=1000J).

Jednostka	Przedrostek	Wymiar
PJ	peta	10^{15} J 10^{12} kJ
TJ	tera	10^{12} J 10^9 kJ
GJ	giga	10^9 J 10^6 kJ
MJ	mega	10^6 J 10^3 kJ
kJ	kilo	10^3 J

Najbardziej popularne przeliczniki jednostek energetycznych:

z	na	przelicznik
kcal	kJ	4,19

Btu	kJ	1,055
Therm	MJ	105,5
kWh	kJ	3600

Zawartość ciepła w paliwach:

Poniższa tabela przedstawia typową zawartość ciepła w różnych paliwach. Może się ona różnić zależnie od dostawcy i pochodzenia paliwa, w związku z tym należy sprawdzić dane z rachunku za energię lub skonsultować się z dostawcą w kwestii specyfikacji paliwowej.

Paliwo	Jednostka ¹⁾	Zawartość energetyczna	Uwagi
Gaz	kJ/Nm ³ ²⁾	35670	
Gaz/olej Diesel	MJ/tonę	45500	litr/tona: 1155
LSFO ³⁾	MJ/tonę	43600	litr/tona: 1014
Coal	MJ/tonę	26900	

Uwagi:

1) Wszystkie dane dotyczące paliw podają wartość opałową

2) Nm³ = wystandaryzowane w temp. 25°C

3) Niskosiarkowe paliwo olejowe

Dowiedzieć się należy, w jakiej formie energia jest dostarczana i jak obliczane są rachunki za energię. Poniższa tabela wyszczególnia najbardziej powszechne formy energii oraz ich jednostki.

Forma energii	Jednostka	Uwagi
Energia elektryczna	MWh lub kWh	
Gaz ziemny	Nm ³ lub MWh HHV	1)
Ciepło	MWh lub GJ LHV	2)
Para	Tona lub MWh lub GJ LHV	3)
Olej opałowy	M ³	
Węgiel	Tona	

Uwagi:

1. HHV oznacza ciepło spalania. Zawartość energii w paliwie można wyrazić wartością ciepła spalania lub wartością opałową. W przypadku gazu ziemnego HHV jest w przybliżeniu 10% wyższa niż LHV.

2. Ciepło zwykle wyraża się w MW lub GJ w oparciu o LHV; 1MWh = 3,6GJ.

3. Parę można wyrazić w tonach lub w zawartości ciepła (MW lub GJ). Jeśli wyraża się ją w tonach, konieczna jest znajomość ciśnienia i temperatury, aby można było obliczyć zawartość ciepła.

NP 2 8. Co wymaga analizy i jak należy ją przeprowadzać?

NP 2 8.1. Wstęp

W poprzednich rozdziałach znajdują się podstawy do zgromadzenia i przygotowania

niezbędnych informacji do przeprowadzenia analizy. Ten rozdział koncentruje się na tym, co można zrobić z takimi informacjami i co dokładnie powinno zostać poddane analizie.

Analizy przeprowadzone do tej pory powinny zapewnić następujące wyniki:

- Tendencje wartości miesięcznego i rocznego zużycia energii i zakupionej ilości energii.
- Tendencje zmiany wskaźników efektywności energii.
- Zrozumienie powodów różnorodnego zużycia energii i efektywności energetycznej.
- Listę osiągnięć w odniesieniu do zakładanych celów.
- Informację dotyczącą rozdziału zużycia energii i kosztów energii dla jej głównych odbiorców.
- Weryfikację rachunków za energię oraz zakupu energii.
- Ustalenie celów dla redukcji zużycia energii.

Ta część opisuje wiele wskaźników efektywności, których wykorzystanie można uwzględnić w analizie. System informacji energetycznej powinien być w stanie wykonać wszelkie wymagane obliczenia i dostarczyć wyników analiz.

Poniższe wskaźniki szczegółowo opisują:

- zużycie energii na jednostkę produktu końcowego lub mieszanki produktów
- zużycie energii związane z daną wartością w danym roku
- profile obciążenia w celu zidentyfikowania obciążenia szczytowego
- zużycie energii w poszczególnych budynkach w związku z temperaturą panującą na zewnątrz

Możliwych jest wiele innych wskaźników, pomimo to, ich wybór oferuje dobry pomysł na to, co może zostać zrobione.

NP 2 8.2. Jednostkowe zużycie energii na jednostkę produktu końcowego lub tzw produkt-miks

Bezwzględna ilość użytkowanej energii jest związana z wielkością produkcji lub produkt-miks. Działania z zakresu efektywności energetycznej przyniosą zmniejszenie zużycia energii jednostkowej. W związku z tym wskaźnik ten jest idealny do obrazowania osiągnięć w zakresie efektywności energetycznej. Czasem zmiana jakości produktu może wywołać znaczące zmiany w zużyciu energii. W razie konieczności należy odpowiednio dopasować ten wskaźnik stosownie do takiego wpływu.

Wskaźnik efektywności można monitorować w różnych odstępach czasu (godzinnych, miesięcznych lub rocznych). Ten sam rodzaj wskaźnika można zastosować do głównych ciągów technologicznych i urządzeń.

PRZYKŁAD 1

Przedsiębiorstwo chemiczne wytwarza dwa produkty końcowe A i B. W procesie produkcyjnym każdego z produktów wykorzystuje się parę i energię elektryczną. Poniższa tabela przedstawia wartości godzinowego zużycia energii oraz wielkości produkcyjne.

Jednostkowe zużycie energii na tonę produktu to suma zużycia energii elektrycznej i pary wyrażona w odpowiednikach jednostkach energii pierwotnej, tj. 1MWh energii elektrycznej = 9GJ prim. [energii pierwotnej], a 1GJ pary = 1,1GJ prim.

			Produkt A	Produkt B	Produkt miks (A+B)
(liczby podane na godzinę)					
Energia dostarczona					
	Para	tona	5,0	20,0	25,0
		GJ pary	12,5	50	62,5
	Prąd	MWh	3,0	1,0	4,0
	Produkcja	tony	12	15	27

Całkowita energia dostarczona jako energia pierwotna				
	GJ prim	40,9	64,6	105,5
Jednostkowe zużycie energii				
	GJ/tonę	3,41	4,31	3,91

NP 2 8.3. Jednostkowe zużycie energii względem wartości odniesienia w danym roku odniesienia

Niniejszy wskaźnik efektywności określa się mianem Indeksu Efektywności Energetycznej (EPI). Wartość dla jednostkowego zużycia energii w danym roku odniesienia to 100%. Dla każdego następnego roku jednostkowe zużycie energii stanowi procent wartości odniesienia. W związku z powyższym EPI określa kierunek jednostkowego zużycia energii w latach. Tę samą procedurę można zastosować dla miesiąca, tygodnia, dnia itp.

PRZYKŁAD 2

Założmy, że jednostkowe zużycie energii dla produktu B w przykładzie 1 kształtuje się na przestrzeni wielu lat. Poniższa tabela przedstawia ten proces kształtowania w formie Indeksu Efektywności Energetycznej. Jest to jednostkowe zużycie energii porównane z wartościami roku odniesienia.

Jedn. zużycie energii przy produkcji B		
Rok	GJ prim/tonę	%
2000	5,40	100
2001	5,04	93
2003	4,68	87
2004	4,43	82
2005	4,25	79
2006	4,12	76
2007	4,07	75
2008	4,03	75

Program zarządzania energią od 2000.

NP 2 8.4. Profile obciążenia służące do identyfikacji obciążeń szczytowych

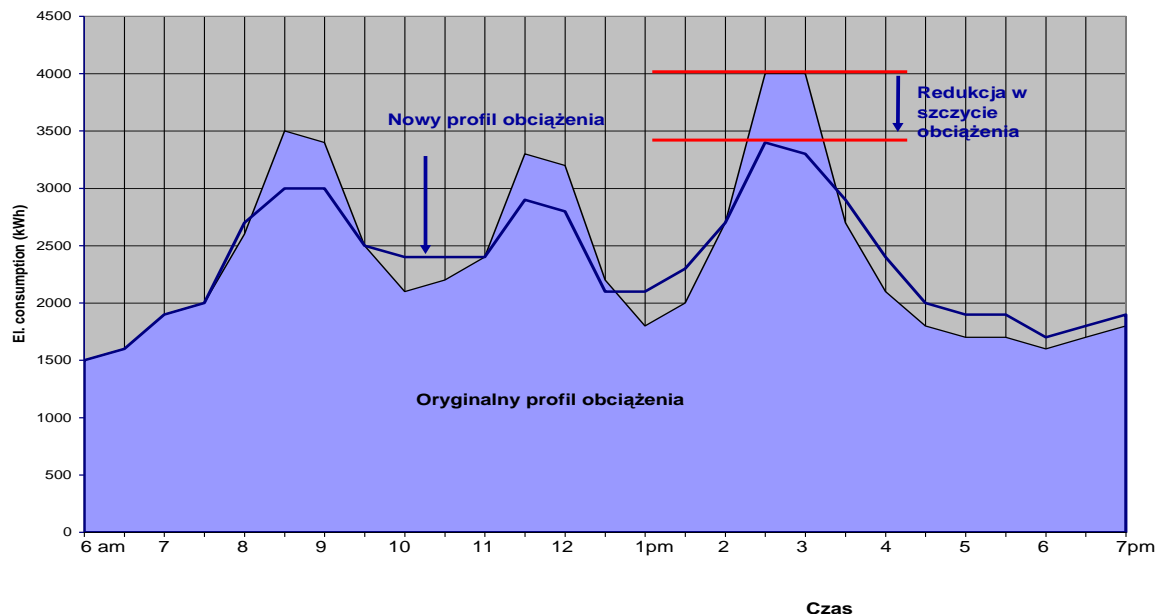
W produkcji przemysłowej obciążenia szczytowe mogą wystąpić przy poborze energii elektrycznej i pary na przykład w produkcji seryjnej. Obciążenia szczytowe powodują obniżenie efektywności, mogą także znacząco zwiększyć koszty zakupu energii. Dotyczy to zarówno zakupu energii elektrycznej jak i gazu ziemnego. W związku z tym unikanie obciążeń szczytowych lub ich eliminacja może przynieść znaczące oszczędności.

Aby zbadać profile obciążenia, potrzeba danych dotyczących poboru energii w wystarczająco krótkim odstępie czasu (np. odczyty co pół godziny). Należy nanieść dane energetyczne względem czasu na wykres, by zobrazować profil obciążenia i zbadać relację między procesem produkcyjnym a zużyciem energii, aby sprawdzić czy możliwe jest osiągnięcie redukcji obciążenia szczytowego. Na podstawie profili obciążenia można także zobaczyć (i być w stanie przeanalizować) inne czynniki, które mogą mieć wpływ na zużycie energii, jak np. zmiana w jakości produktu.

Rysunek 6 przedstawia zużycie energii w odstępach półgodzinnych przez małe przedsiębiorstwo przemysłu chemicznego w okresie jednego dnia przed i po wdrożeniu

środków zmierzających ku redukcji obciążenia szczytowego.

RYSUNEK 6. ZUŻYCIE ENERGII W PÓLGODZINNYCH ODSTĘPACH



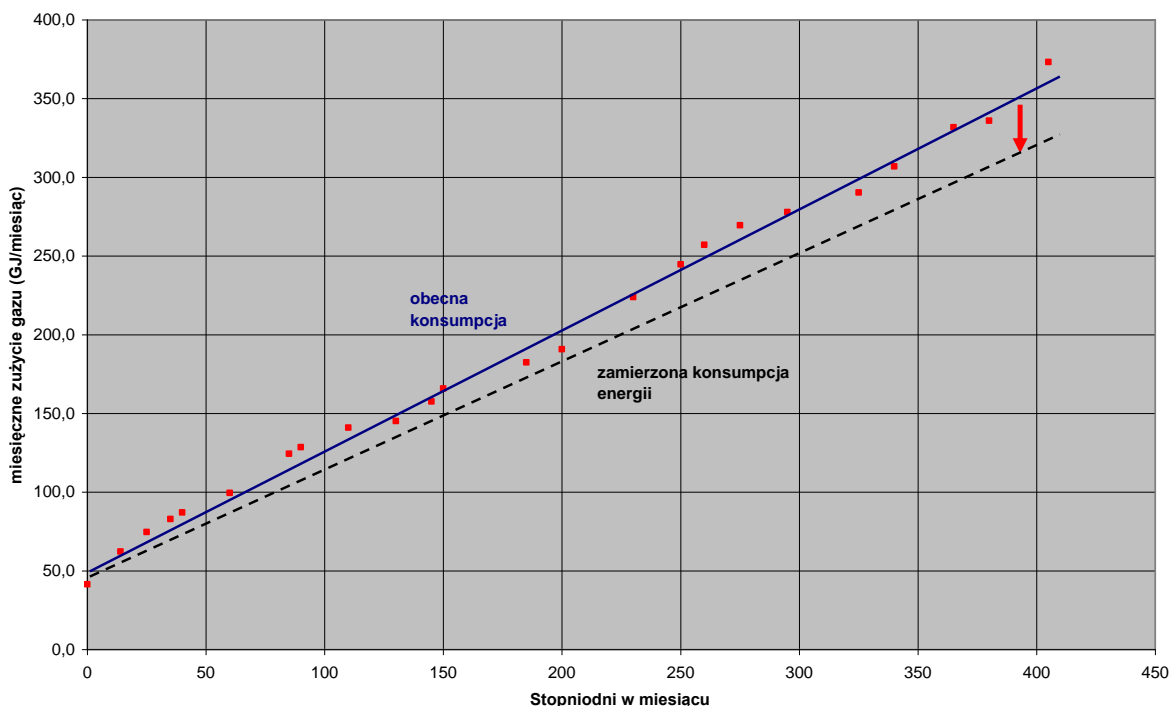
JAK WIDAĆ W NOWEJ SYTUACJI ZUŻYCIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ W OBCIĄŻENIU PODSTAWOWYM WZROSŁO, ALE OBCIĄŻENIE SZCZYTOWE ZNACZNIE ZMALAŁO.

NP 2 8.5. Zużycie energii w budynkach w zależności od temperatury zewnętrznej

Na zużycie energii dla celów grzewczych i klimatyzacyjnych (chłodzenie) wpływa temperatura zewnętrzna, ale to poziom izolacji i inne rozwiązania z zakresu oszczędności energii stosowane w budynkach warunkują takie zużycie. Wskaźnikiem dobrej efektywności dla zużycia energii w budynkach jest zużycie energii w odniesieniu do temperatury zewnętrznej, bardziej zaawansowanym podejściem jest zastosowanie metody stopniodni. Stopniodni to wskaźnik intensywności i czasu trwania zimnej pogody. Merytorycznie jest to podsumowanie przez pewien okres (zazwyczaj miesiąca) różnic między dzienną średnią temperaturą zewnętrzną a wewnętrzną temperaturą odniesienia. Im zimniejsza pogoda

w miesiącu, tym wyższa liczba stopniodni. Zatem pobór energii w budynkach można odnieść do stopniodni jak pokazano na rysunku 7. Wykres ten ilustruje zużycie energii w budynku przez okres 24 miesięcy w odniesieniu do stopniodni danego miesiąca. Niebieska linia to obecna relacja; linię kropkowaną można zastosować do ustalania celów w zakresie środków oszczędności energii w budynku.

RYSUNEK 7. UŻYCIE STOPNIODNI DO USTALANIA CELÓW



Aby móc skorzystać z tej metody, należy sprawdzić czy są dostępne codzienne informacje dotyczące temperatury w danym kraju, jeśli nie, można przeprowadzić porównanie zużycia energii z miesięcznymi średnimi temperaturami otoczenia, choć wynik będzie nieco mniej dokładny. Więcej informacji codziennych dotyczących temperatury można znaleźć w Najlepszych Praktykach 6.

NP 2 9. Dalsze informacje

Przykład Najlepszych Praktyk dotyczący wyjaśnienia i analizy zużycia energii.

Stosowanie licznika pomagającego monitorować zużycie energii wykazuje zazwyczaj oszczędność energii powyżej 5% a inwestycja ta często zwraca się po upływie jednego roku. (Carbon Trust)

Audyty przeprowadzone przez CARE+ wykazały, że bez odpowiedniego przeliczenia energii monitorowanie jej zużycia i dostrzeżenie możliwości jej oszczędzenia jest trudne. Jedna z firm przeprowadzających audyt CARE+ posiada kompletny ogólny system zarządzania utrzymujący pod kontrolą produkcję, działania techniczne i konserwacyjne, koszty zużycia energii oraz kwestie dotyczące jakości, środowiska, księgowości i administracji. Koordynacja zużycia energii elektrycznej przez różnego rodzaju urządzenia we wszystkich działach pozwala na uniknięcie na przykład kar za zużywanie szczytowych ilości energii, co nie byłoby możliwe bez dobrze rozwiniętego obliczania energii. Wspierało to wysiłki na rzecz efektywności użytkowania energii spółki w poprzednich latach i pomogło jej osiągnąć poziom oszczędności energii wynoszący 43%, na obciążeniu podstawowym.

NP 2 9.1. Lektura dodatkowa

1. Przewodnik samodzielnego audytu energetycznego CARE+ - szablony arkuszy Excel
www.cefic.org/careplus
2. Jak kontrolować zużycie energii, materiały informacyjne Carbon Trust GIL157

www.carbontrust.co.uk

3. Monitorowanie i pomiar; Techniki pomagające organizacjom w kontroli i zarządzaniu ich zużyciem energii, materiały informacyjne Carbon Trust CTG008;
www.carbontrust.co.uk
4. Système International d'unité – Bureau International des Poids et Mesures www.bipm.org

Najlepsze Praktyki 3 Jak wdrożyć i obsługiwać system informacji energetycznej

NP 3 1. Wstęp

Efektywność energetyczna zależy w dużej mierze od dostępnych danych na temat zużycia energii. Najlepsze Praktyki 1 i 2 odnosiły się do gromadzenia danych. Jednakże, te Najlepsze Praktyki wchodzą głębiej w szczegóły i polecają sposób na idealne gromadzenie i zarządzanie informacjami istotnymi dla efektywności energetycznej. Zadaniem systemu informacji energetycznej jest wspieranie programu zarządzania energią poprzez dostarczanie dokładnych i zgodnych informacji o aktualnym i przeszłym użytkowaniu energii w przedsiębiorstwie. Ma on także pokazywać jak poprawiają się zarówno, efektywność użytkowania energii jak i koszty energii. Dlatego też jest to element niezbędny w pracy z programem zarządzania energią.

NP 3 1.1 Znalezienie odpowiedniego rozwiązania

Istnieje wielka różnorodność systemów informacji energetycznej, od ręcznie odczytywanych pomiarów i prostych arkuszy kalkulacyjnych po zaawansowane systemy baz danych. Właściwości i elementy systemu informacji energetycznej powinny odpowiadać konkretnym potrzebom danego przedsiębiorstwa i danego programu zarządzania energią. Optymalne rozwiązanie zależy od:

- Danego zapotrzebowania na informacje zgodnie z planem zarządzania energią,
- Szczególnego charakteru danego zakładu przemysłowego, złożoności sytuacji energetycznej oraz procesów i urządzeń objętych programem,
- Łącznych kosztów energii w odniesieniu do łącznych kosztów produkcyjnych,
- Poziomu osiągalnych oszczędności zgodnie z szacunkową oceną programu zarządzania energią,
- Poziomu istniejącej infrastruktury danych, którą można zintegrować z systemem informacji energetycznej.

W wielu przypadkach optymalne rozwiązanie to kompromis między ograniczeniami budżetowymi a spełnieniem całkowitego zapotrzebowania na informację. Należy upewnić się czy kompromisowe rozwiązanie sprawdzi się i czy będzie jeszcze miejsce na stopniowy wzrost i postęp.

W przypadku przedsiębiorstw, które dopiero zaczynają pracę z systemem informacji energetycznej, zaleca się, by nie rozpoczynały pracy ze zbyt skomplikowanym systemem oraz by przygotowywały to narzędzie w sposób naturalny wraz z poszerzaniem zakresu zarządzania energią, po to by uniknąć ryzyka utracenia wiarygodności systemu. Oznacza to wyznaczanie priorytetów oraz określanie wskaźników efektywności energii w programie zarządzania energią, które powinny być w równowadze z tym, co można zmierzyć. Często, aby wybrać najbardziej odpowiednie rozwiązanie, warto jest skonsultować się z wykwalifikowanymi dostawcami systemów informacji energetycznej.

NP 3 2. Oczekiwane rezultaty

System informacji energetycznej powinien dostarczać następujących informacji:

- Aktualne informacje o bieżącej efektywności energetycznej procesów i urządzeń.
- Wczesne wykrywanie zmniejszającej się efektywności urządzeń.
- Informacje pomocnicze wykorzystywane do poprawy ustawień sterowania procesami.
- Wgląd w to, gdzie, kiedy i jak wykorzystywana jest energia, np. zestawienia zużywanej energii oraz kosztów w odniesieniu do produktu lub produkt-miks oraz części procesu.
- Analizę wydajności poprzedniej oraz rezultatów osiągnięć efektywnego użytkowania energii.
- Informacje pomocnicze wykorzystywane do efektywnego zakupu energii i kalkulacji kosztów.
- Informacje historyczne do przeprowadzania przeglądów energetycznych i audytów.

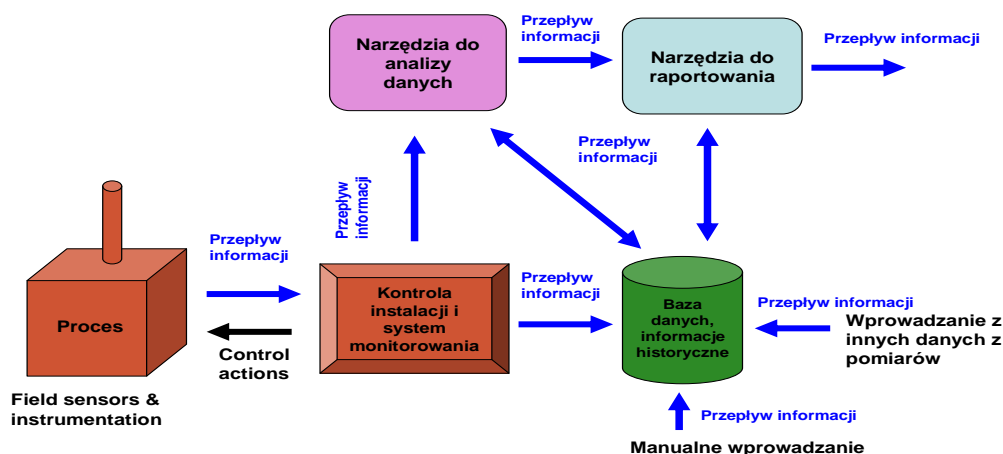
Aby system informacji energetycznej mógł dostarczać informacje, musi być wyposażony w odpowiednią bazę danych obejmującą przechowywane w pamięci systemu informacje historyczne dotyczące energii oraz dane dotyczące czynników wpływających na zużycie energii, takie jak wartości produkcyjne, warunki otoczenia itp.

NP 3 3. Elementy systemu informacji energetycznej

System informacji energetycznej łączy w sobie wiele składników zintegrowanych, aby stworzyć kompletny system monitoringu i sprawozdawczości danych.

Podstawowe elementy obejmują opomiarowanie zakładu, (patrz Rysunek 8). Są one podłączone do systemu monitoringu zbierającego wszystkie zmierzone wartości. Takie dane wejściowe zapisuje się w historycznej bazie danych. Narzędzia do analizy danych wykorzystują informację z bazy danych, aby zapewnić wszystkie analizy wskaźników efektywności energetycznej. Taką informację wykorzystuje się w narzędziu sprawozdawczości do generowania końcowego wyniku programu zarządzania energią.

RYSUNEK 8. PODSTAWOWY SCHEMAT SYSTEMU INFORMACJI ENERGETYCZNEJ



Może być tak, że istnieją już w obecnych działaniach pewne gotowe elementy systemu i że można je zintegrować. Czynnikiem ograniczającym jest często obecny poziom i jakość opomiarowania i monitoringu.

Aby móc to ocenić, należy przeprowadzić następujące działania:

- Sprawdzić czy obecne opomiarowanie oraz system monitoringu nadają się do wykonywania pomiarów, zapisu i archiwizowania danych wejściowych wymaganych do monitoringu wskaźników efektywności energetycznej oraz działań przynoszących oszczędność energii. Należy określić ilościowo, czego brakuje i jakie usprawnienia są konieczne.
- Sprawdzić, czy obecne narzędzia analizy danych nadają się do przeprowadzania wymaganych analiz oraz określić ilościowo, jakie usprawnienia są konieczne.
- Sprawdzić kluczową dokumentację technologiczną i aktualizować zgodnie ze „stanem istniejącym” w razie konieczności (elektryczne schematy jednofazowe, schematy technologiczne, schematy orurowania i opomiarowania itp.)

- Sprawdzić procedury kalibracyjne i konserwacyjne, aby zabezpieczyć dobrą jakość opomiarowania.
- Rozważyć możliwość zastosowania tymczasowych i przenośnych urządzeń pomiarowych. Na przykład przepływomierz typu „clip-on” do pomiaru przepływu gazu ziemnego oraz przepływu wody np. zasilającej wody kotłowej itp. Do pomiaru zużycia energii elektrycznej można zainstalować w pewnych miejscach prowizoryczne amperomierze. W ten sposób można szybko uzyskać dodatkowe informacje, które stanowią wsparcie dla działań zmierzających ku oszczędności energii.

Na podstawie takiej kontroli można opracować plan dla systemu informacji energetycznej, który krok po kroku usprawni elementy systemu tam, gdzie jest to konieczne.

NP 3 4. Integralna część systemu automatyki zakładu przemysłowego

Jak wskazano na Rysunku 8 system informacji energetycznej nie powinien być systemem oddzielnym, ale na tyle, na ile to możliwe, zintegrowanym z systemem (systemami) monitorowania i automatyki zakładu przemysłowego, co zapewni zgodność informacji z danymi operacyjnymi oraz doprowadzi to tego, że energia stanie się naturalnym elementem codziennych procesów.

NP 3 5. Jakość gromadzenia danych

Ważnym aspektem związanym z jakością opomiarowania w terenie oraz systemu monitorującego jest preferencja, by w systemie informacji energetycznej pracować z wykorzystaniem danych czasu rzeczywistego. Dane czasu rzeczywistego zbiera się automatycznie zgodnie z wcześniej ustalonymi odstępami czasu. Aby było to możliwe, opomiarowanie oraz system monitorujący muszą być wyposażone w odpowiednie przyrządy. Gromadzenie danych czasu rzeczywistego w połączeniu z dobrymi procedurami kalibracyjnymi i konserwacyjnymi zapewni spójne i dokładne dane wejściowe dla różnego rodzaju analiz.

NP 3 6. Które dane energetyczne należy monitorować?

To, które dane energetyczne ma dostarczać system informacji energetycznej należy określić w programie zarządzania energią. Częstotliwość gromadzenia danych zależy od konkretnego celu przeprowadzanych pomiarów i także powinna zostać określona w programie zarządzania energią.

System informacji energetycznej powinien być wystarczająco elastyczny, aby radzić sobie z różnymi ustawieniami częstotliwości różnych odczytów. Na przykład w przypadku linii technologicznej, która zużywa dużo energii i to w różnych ilościach - sprawozdawczość co 15 minut mogłaby być odpowiednia, natomiast w przypadku zespołu chłodniczego pracującego przy podstawowym obciążeniu sprawozdawczość raz w miesiącu byłaby wystarczająca. Ważny jest pomiar obciążenia szczytowego w użytkowaniu energii, dlatego też częstotliwość pomiaru powinna być wystarczająco krótka, by móc je zmierzyć.

NP 3 7. Analiza danych energetycznych

System informacji energetycznej musi dostarczać dane wymagane do analiz wyszczególnionych w programie zarządzania energią.

Oprócz analizy wartości chwilowych powinno być także możliwe wyciąganie wniosków o tendencjach z danych historycznych. Program zarządzania energią powinien określać, jakie informacje podlegają wnioskowaniu o tendencjach, ale system informacji energetycznej powinien być ustawiony w sposób, który zapewni wystarczającą elastyczność w zakresie wprowadzania żądanych relacji w ramach ograniczeń tego, co podlega pomiarom.

NP 3 8. Dalsze informacje

1. Systemy informacyjne zarządzania energią, Biuro ds. Efektywności Energetycznej Źródło

Naturalnych, Kanada.

<http://www.oeenrcan.gc.ca/publications/industrial/EMIS/index.cfm?attr=24>

Najlepsze Praktyki 4 Jak poprawić wydajność generacji pary

NP 4 1. Wstęp

Para jest jednym z najpowszechniej używanych nośników ciepła w przemyśle chemicznym, w związku z tym jest głównym celem oszczędności energetycznych.

Łączna wydajność układu parowego obejmuje:

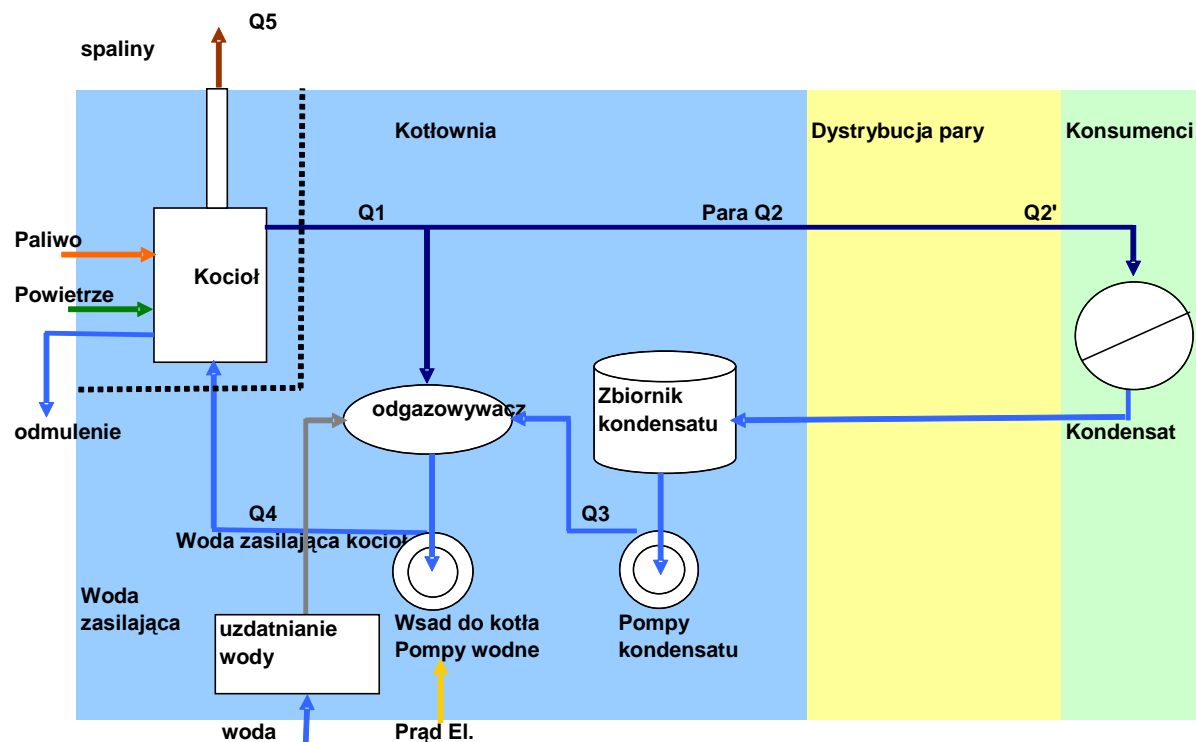
- produkcję pary w kotle;
- dystrybucję pary
- zużycie pary przez odbiorców końcowych.

Niniejsze Najlepsze Praktyki przedstawiają potencjalne usprawnienia efektywności użytkowania energii w zakresie produkcji pary oraz gromadzenia i ponownego wykorzystania kondensatu pochodzącego od odbiorców technologicznych. Możliwości oszczędności pary omawiają oddzielne Najlepsze Praktyki, które obejmują integrację ciepła i odzysk ciepła odpadowego.

NP 4 2. Granice obszarów działań, pomiary i definicje

Aby móc rozważyć cały zakres oszczędności energetycznych dla danego przedsiębiorstwa, należy mieć jasny obraz głównych przepływów energii związanych z produkcją pary. Ponadto, przydatne jest ustalenie granic poszczególnych obszarów, w celu pomiaru efektywności w jednolitych warunkach.

RYSUNEK 9. ENERGIA POBRANA I WYDATKOWANA Z KOTŁOWNI



Rysunek 9 pokazuje uproszczony schemat głównych przepływów energii dostarczanej do kotłowni i wydatkowanej z kotłowni. Wartość graniczną dla poszczególnych kotłów wskazuje linia kropkowana, zaś pole oznaczone na żółto określa dystrybucję pary. Odbiorcy znajdują się w zielonej części wykresu. W praktyce można do wyznaczenia szczegółowych wartości granicznych użyć Schematu Przebiegu Procesu.

Aby określić i zmierzyć poziom efektywności energetycznej w zakresie produkcji i dystrybucji pary, konieczny jest pomiar i oznaczenie ilościowe głównych przepływów energii biorących

udział w produkcji i wykorzystaniu pary. (Należy pamiętać, że w tej części cały czas pojawiają się odniesienia do Rysunku 9).

- Aby określić zawartość ciepła pary Q_1 (w GJ pary) wylotowej z kotła, należy zmierzyć objętościowe natężenie przepływu pary oraz ciśnienie i temperaturę w tym punkcie. Mając te dane można obliczyć ilość ton pary i entalpię (tony \times entalpia = GJ), aby obliczyć zawartość energetyczną pary.
- Zawartość ciepła pary wylotowej z kotłowni Q_2 to Q_1 minus wewnętrzne zużycie pary, jak np. przez odgazowywacz. Wariant minimalny to pomiar przepływu, ciśnienia i temperatury w punkcie Q_2 .
- Natomiast u odbiorców należy przynajmniej zmierzyć zużycie pary Q_3 głównych obszarów technologicznych. Często zużycie pary można także obliczyć na podstawie parametrów technologicznych i pomiarów przepływu kondensatu.
- Ciepło kondensatu powrotnego Q_3 (w GJ kondensatu), wprowadzanego do kotłowni, oblicza się na podstawie metrów sześciennych kondensatu oraz temperatury i ciśnienia kondensatu.
- Ilość ciepła w wodzie zasilającej kocioł (kotły) można obliczyć na podstawie pomiaru przepływu, ciśnienia i temperatury (są to zwykle ustawienia odgazowywacza).
- Mając bilans masowy i bilans energetyczny odgazowywacza można obliczyć ilość pary wykorzystywanej przez odgazowywacz.
- Zużycie energii elektrycznej (w kWh) obejmuje głównie pompy wody zasilającej kotła, wentylatory powietrza do spalania oraz pompy kondensatu. Zużycie energii elektrycznej przez kotłownię należy mierzyć oddzielnie.
- Stratę ciepła w spalinach Q_5 wychodzących z kotła oblicza się na podstawie przepływu spalin oraz temperatury spalin. Entalpia spalin jest proporcjonalna do tej temperatury. Przepływ spalin można uzyskać z pomiaru przepływu powietrza do spalania i przepływu paliwa. Jeśli zmierzony jest poziom O_2 w spalinach i znane jest zużycie paliwa, można obliczyć także ilość spalin przy wykorzystaniu tych parametrów (patrz także regulację nadmiaru powietrza).
- Powietrze do spalania mierzy się zazwyczaj przy wentylatorze powietrza.
- Przepływ paliwa lub przepływy w przypadku dwupaliwowego kotła należy zmierzyć dla każdego kotła oddzielnie, a skład paliwa i wartość opałowa powinny być znane.
- Pozostałe straty ciepła, które należy uwzględnić to:
 - Straty promieniowania kotłów, orurowania, zaworów i pozostałych urządzeń kotłowni;
 - System odmulania kotła.

Kroki te szczegółowiej omówione są w dalszej części. Proszę pamiętać, że analiza może odnosić się do jednego kotła lub do wszystkich kotłów, jakie znajdują się w przedsiębiorstwie.

W każdym z powyższych obszarów istnieją możliwości poprawy efektywności użytkowania energii powodujące w efekcie mniejsze zużycie paliwa na tonę generowanej pary. Jak już powiedziano Najlepsze Praktyki nie omawiają kwestii zapotrzebowania odbiorców na parę, ta kwestia jest omówiona w innym miejscu.

Aby ocenić możliwości poprawy, pomocne okazać może się zastosowanie następujących definicji sprawności:

Całkowitą sprawność kotłowni definiuje się jako:

$$\eta_{BH} = (Q_2 - Q_3) / \text{Paliwo}$$

Jednostkową sprawność kotła definiuje się jako:

$$\eta_B = (Q_1 - Q_4) / \text{Paliwo}$$

NP 4 3. Oszczędności energetyczne w produkcji i dystrybucji pary

W kolejnych punktach opisano wiele rozwiązań energooszczędnych. Większość z nich to działania z zakresu dobrego gospodarowania, które można wdrożyć od razu i które nie wymagają żadnych, lub tylko niewielkich, nakładów inwestycyjnych. Pozostałe rozwiązania wymagają inwestycji, ale zazwyczaj odznaczają się atrakcyjnym okresem zwrotu. Jednakże wymagają przeprowadzenia analizy biznesowej danego przedsiębiorstwa. Niektóre z nich mogą być wykonalne, tylko jeśli zachodzi konieczność zastąpienia konwencjonalnych technologii i instalacji rozwiązaniami nowymi, umożliwiając tym samym wprowadzenie bardziej strategicznych zmian.

Należy także zaznaczyć, iż konieczna jest regularna kontrola i serwisowanie urządzeń kotłowni oraz kotłów. Dobrze utrzymany układ parowy to warunek wstępny poszukiwań możliwości dla efektywnego użytkowania energii.

NP 4 3.1. Ciśnienie i temperatura, w których produkuje się parę

Sprawdzić czy kocioł pracuje przy możliwie minimalnym ciśnieniu i temperaturze. Należy zbadać następujące czynniki:

- Para opuszczająca kotłownię powinna być nieco przegrzana (20-30°C), aby uniknąć kondensacji w układzie dystrybucji pary oraz problemów na skutek erozji/korozji.
- Ciśnienie pary powinno być nastawione na minimalny wymagany poziom dla właściwej dystrybucji pary do wszystkich odbiorców, z uwzględnieniem także tego, jak steruje się dostawą pary do wymienników ciepła.
- Jeśli para generowana jest do zastosowania w turbinach parowych celem wygenerowania mocy lub w napędach mechanicznych, musi zachowywać odpowiednie ciśnienie i temperaturę dla optymalnego działania tych turbin.

Niższe ciśnienie pary zwiększy sprawność kotła. W większości przypadków ciepło skraplania pary wykorzystuje się w wymiennikach ciepła do podgrzania strumieni technologicznych. Należy dowiedzieć się od odbiorców jaki jest wymagany minimalny poziom temperatury w wymiennikach ciepła i zobaczyć czy można obniżyć ciśnienie pary.

W przypadkach częstej zmiany wielkości zapotrzebowania na parę może się okazać konieczne zamontowanie zaworów regulacyjnych za kotłem w układzie parowym oraz użycie kotła przy ciśnieniu wyższym niż jest to konieczne dla dystrybucji pary. Umożliwi to szybką reakcję kotła na zmiany w zapotrzebowaniu na parę, dzięki czemu uniknie się ryzyka samoczynnego wyłączenia kotła spowodowanego zbyt dużymi zmianami ciśnienia pary. Natomiast, jeśli można uniknąć zapotrzebowania o szczytowym obciążeniu, można obsługiwać kocioł przy niższym ciśnieniu i w związku z tym oszczędzać paliwo.

NP 4 3.2. Straty kominowe

W procesie spalania paliwo spala się z tlenem z powietrza do spalania, które dostarczają wentylatory powietrza do spalania. W komorze spalania spaliny przechodząc przez węzownicę oddają większość swego ciepła parze/wodzie. Ale część ciepła spalania opuszcza komin kotła wraz ze spalinami. Minimalizując straty kominowe można zaoszczędzić paliwo. Można to osiągnąć przy wykorzystaniu dwóch środków (które także wymagają rozważenia w następującej kolejności):

1. Odpowiednia regulacja palników oraz ustawienie mieszanki powietrzno-paliwowej na minimalną ilość powietrza w celu minimalizacji ilości spalin.
2. Odzysk ciepła niskotemperaturowego ze spalin.

Regulacja palników i ustawienie mieszanki powietrzno-paliwowej

Objętościowy przepływ spalin określa się ilością powietrza do spalania, które wykorzystuje się w kotle. Aby osiągnąć pełne spalanie, stosuje się w rzeczywistości dodatkową ilość

powietrza w porównaniu z ilością teoretycznie wymaganą do wystąpienia reakcji chemicznych (ilość stechiometryczną). Ten nadmiar powietrza wyraża się współczynnikiem n : $n = 1,15$ oznacza, że 15% więcej powietrza wykorzystuje się w procesie spalania w porównaniu z ilością stechiometryczną. Ta dodatkowa ilość powietrza do spalania jest balastem i należy ją zmniejszyć do minimum, aby przeprowadzić pełne i bezpieczne spalanie paliwa, tj. bez tworzenia niespalonych węglowodorów i CO w komorze paleniskowej kotła. Taki wynik można osiągnąć poprzez odpowiednią regulację mieszanki powietrzno-paliwowej w całym zakresie obciążenia kotła. Większość kotłów nie pracuje przy pełnym obciążeniu, dlatego też ważne jest sprawdzenie ustawienia mieszanki powietrzno-paliwowej przy obciążeniu częściowym. Kotły mogą mieć różne formy regulacji mieszanki powietrzno-paliwowej. Najprostsza z nich to rozwiązanie, w którym regulacja powietrza do spalania jest mechanicznie połączona z zaworem paliwowym. W takim przypadku stężenie mieszanki powietrzno-paliwowej jest zadane na cały zakres działania kotła. Należy regularnie serwisować ten układ regulacji, aby mieć pewność, że zadane stężenie jest właściwe. Bardziej zaawansowane układy regulacji pracują przy wykorzystaniu oddzielnych pomiarów przepływu paliwa i przepływu powietrza. Regulatory te umożliwiają zmniejszenie objętości powietrza do spalania na podstawie pomiaru zawartości O_2 i CO w spalinach.

Aby móc zmniejszyć stężenie mieszanki powietrzno-paliwowej na podstawie nadmiaru O_2 w spalinach, trzeba mieć:

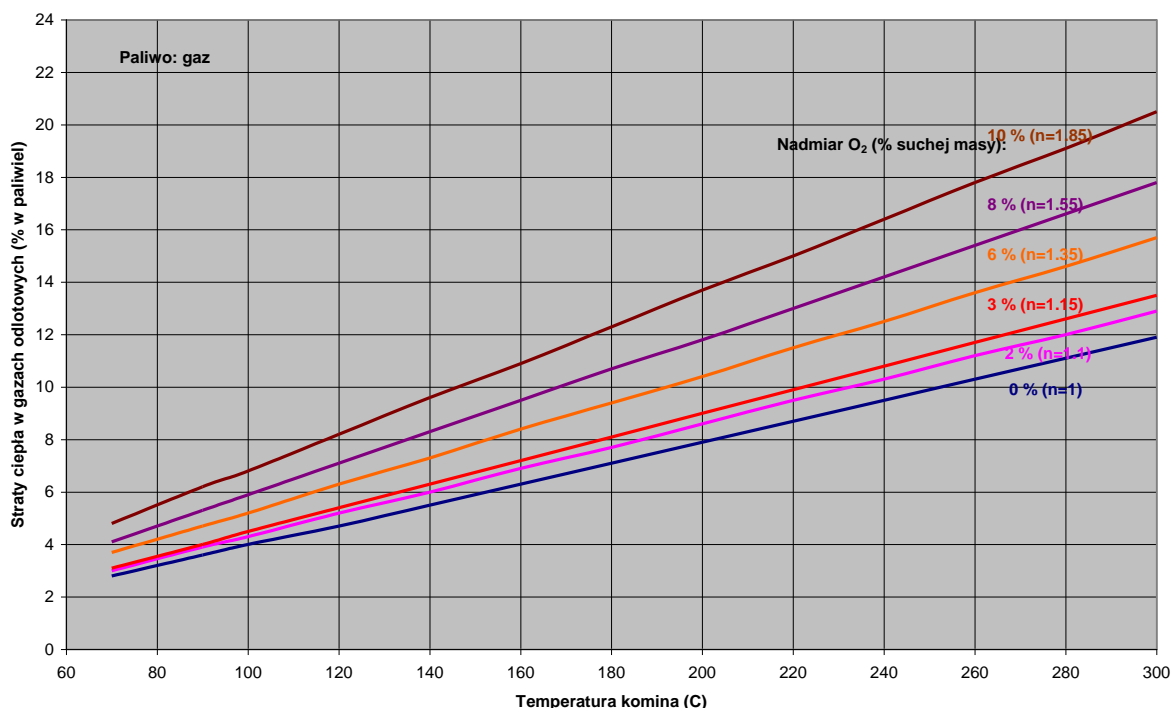
- Stały pomiar zawartości tlenu i CO w spalinach,
- Regulator przepływu powietrza zmniejszający do dopuszczalnego minimum zawartość O_2 i CO w spalinach.

RADA:

Bardzo istotne jest to, by kocioł był wyposażony w prawidłowo funkcjonujący system zarządzania palnikami oraz system stale nadzorujący regulację stężenia mieszanki powietrzno-paliwowej w celu zapewnienia bezpiecznego procesu spalania w każdych warunkach pracy.

Oszczędność paliwa, którą można uzyskać przy odpowiednim wyregulowaniu mieszanki powietrzno-paliwowej, zależy w znacznym stopniu od rodzaju paliwa i poziomu temperatury komina.

Rysunek 10 przedstawia wykres, na którym można ocenić oszczędności paliwowe uzyskane poprzez a) obniżenie nadmiaru powietrza do spalania (mniejsza ilość tlenu w spalinach) oraz b) dalszego odzysku ciepła (obniżenia temperatury komina). Przedstawia straty kominowe jako procent poboru paliwa oraz funkcję temperatury komina przy różnych wartościach procentowych zawartości O_2 (i współczynników powiązanych). W tym wykresie paliwem jest gaz ziemny.

RYСУNEK 10. STRATY KOMINOWE


Na przykład: Jeśli nasz kocioł pracuje z 8% nadmiarem O_2 a temperatura kominowa wynosi 240°C, można obniżyć te wartości odpowiednio do 3% O_2 i 180°C, osiągając w ten sposób zmniejszenie strat kominowych z 14% do 8% i obniżenie zużycia paliwa o 6%.

A) Obniżenie temperatury w kominie

Istnieje szereg różnych możliwości dalszego wykorzystania ciepła ze spalin zależnie od lokalizacji kotła oraz temperatury kominowa:

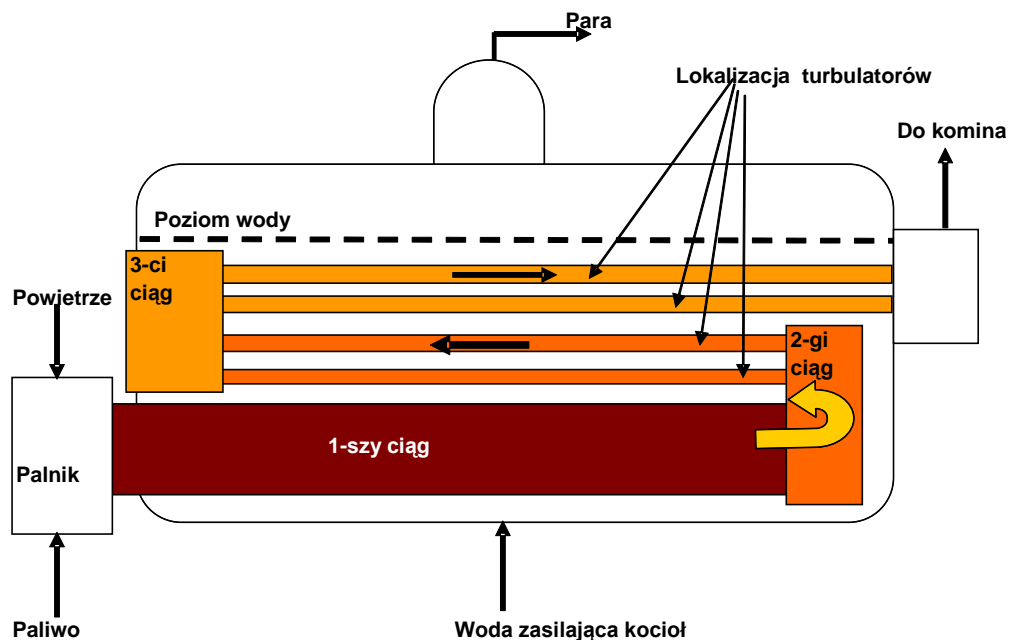
- Zastosowanie ekonomizera (jeśli dany kocioł jeszcze takowego nie posiada) do podgrzewania wody zasilającej kotły.
- Zamontowanie podgrzewacza wody uzupełniającej przed wprowadzeniem do odgazowywacza. Woda uzupełniająca ma temperaturę otoczenia, podczas gdy odgazowywacz działa przy temperaturze 105 lub 110°C lub wyższej (zależnie od rodzaju paliwa).
- Zamontowanie podgrzewacza do podgrzewania kondensatu przed wprowadzeniem do odgazowywacza. Jeśli różnica temperatury między kondensatem a odgazowywaczem jest większa niż 30°C, jest możliwość podgrzewania kondensatu bez narażania funkcjonowania odgazowywacza (patrz pod hasłem „Odgazowywacz”).
- Zastosowanie podgrzewacza powietrza do spalania (za wentylatorem powietrza). Rozwiązanie to może być w formie układu dwuwężownicowego składającego się z wymiennika ciepła w spalinach, obiegu wody/glikolu i wymiennika ciepła w powietrzu do spalania. System obiegu wody-glikolu pobiera ciepło ze spalin i dostarcza je do powietrza do spalania.

Kolejną interesującą możliwością w przypadku kotłów płomieniówkowych jest zainstalowanie w nich turbulatorów.

Gotowy kocioł płomieniówkowy (patrz Rysunek 11) jest najpowszechniej stosowanym rodzajem kotła w małych i średnich przedsiębiorstwach przemysłu chemicznego (maksymalna wydajność w przybliżeniu 25t/h i ciśnienie pary 20 bar). W kotłach płomieniówkowych gorące spaliny przechodzą przez długie kanały o małej średnicy

usytuowane w rejonie wody kotłowej. Ciepło przenika przez ściany kanału do wody kotłowej, z której następnie powstaje para. Kotły te dzieli się na kategorie według ilości ciągów, którymi spaliny wędrują przez powierzchnie wymiennika ciepła zanim opuszczą kocioł. Rysunek 11 przedstawia kocioł trójciągowy.

RYСУNEK 11. KOCIOŁ PŁOMIENIÓWKOWY



Gojące spaliny wchodzą do kanałów w przepływie turbulentnym, który przekształca się w przepływ laminarny tuż po wejściu do drugiego ciągu, gdzie powstaje laminarna warstwa przyścienna gazu chłodzącego spowalniając przenikanie ciepła do wody. Aby przywrócić przepływ turbulentny można zainstalować w kanałach tzw. turbulatory, które zwiększą wymianę ciepła. Turbulatory to spiralne pasy stalowe, które można umieścić na 3. i 2. ciągu. Mogą także pełnić funkcję bilansowania wymiany ciepła całkowitego między ciągami. Zwiększają sprawność kotła (zwiększenie ilości pary generowanej z określonej ilości paliwa oraz zmniejszenie temperatury komina).

Warto zauważyć, że jeśli wymagane jest większe ciśnienie pary, wtedy zostaną zastosowane kotły z ciągiem wodnym. Kotły z ciągiem wodnym różnią się od kotłów z ciągiem paliwowym w ten sposób, że woda krąży w środku ciągów z otaczającym je źródłem ciepła.

Poniżej przedstawiono przykład, w którym oszczędności paliwowe wynikają z zastosowania ekonomizera. Rysunek 12 ilustruje dwa rodzaje kotłów, które produkują 20t/h pary o ciśnieniu 10 bar i temp. 200°C. Jeden z nich nie jest wyposażony w ekonomizera, w takim przypadku woda zasilająca kocioł z odgazowywacza zasila bezpośrednio parownik. Natomiast w drugim przypadku woda zasilająca kotła jest podgrzewana do ok. 145°C. Temperatura w kotle bez ekonomizera wynosi 230°C, a z ekonomizerem 140°C.

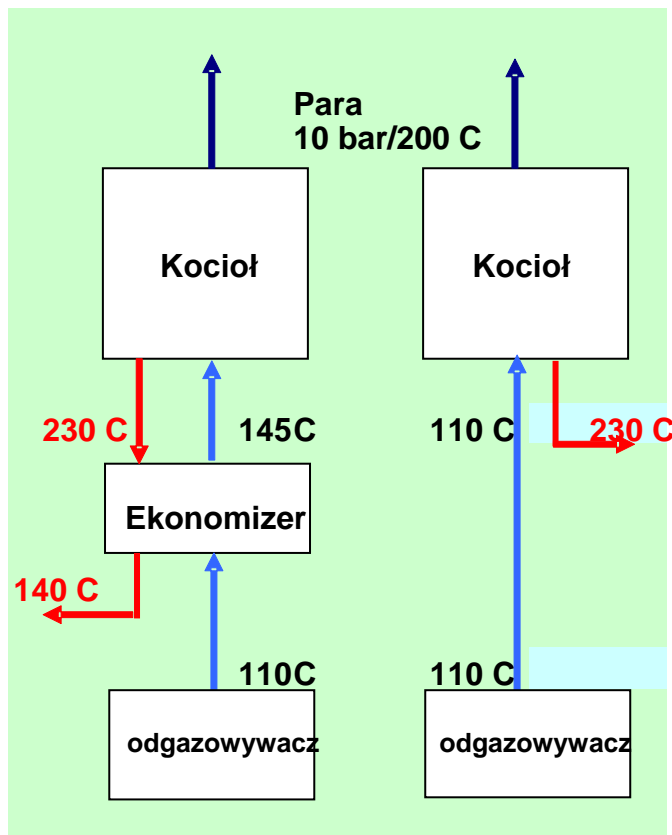
RYSUNEK 12. OSZCZĘDNOŚCI PALIWOWE PRZY ZASTOSOWANIU EKONOMIZERA


Tabela 13 przedstawia procentowo oszczędności paliwowe przy zastosowaniu ekonomizera dla kotła o wydajności 20t/h.

TABELA 13. OSZCZĘDNOŚCI Z EKONOMIZERA

		bez Eco	z Eco
Para	tony	20	20
	ciśnienie	bar	10
	temperatura	C	200
Woda zasil. kocioł:	tony	21	21
	temperatura	C	110
Temperatura na wylocie eco	C		145
Temp. komina	C	230	140
Sprawność kotła	%	86	90
Paliwo na tonę pary	GJ/tonę	2,750	2,6
% oszczędności paliwa	%		4%

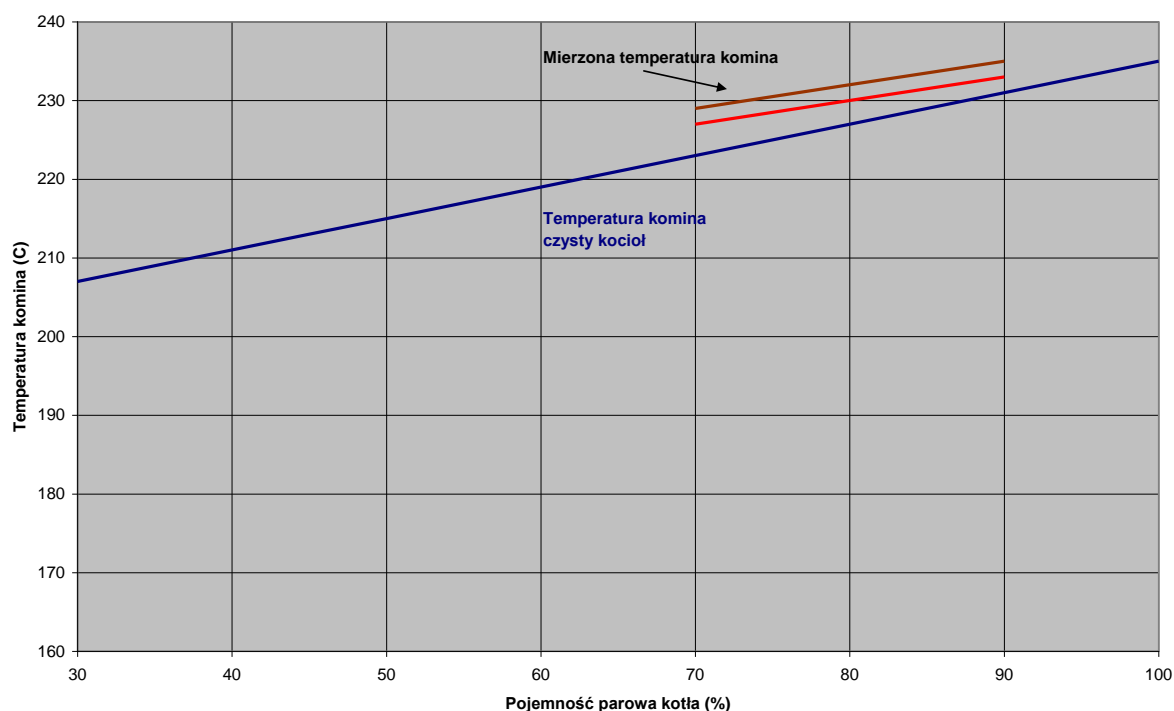
W przypadku opalania kotła paliwami zawierającymi siarkę, minimalna temperatura komina powinna być wyższa niż temperatura punktu rosy siarki (SO_2/SO_3) gazów spalinowych (woda zasilająca kocioł powinna mieć temp. powyżej 140°C). Natomiast w przypadku paliw nie zawierających siarki, takich jak gaz ziemny, aby uniknąć pojawienia się poważnej korozji w ekonomizerach i podgrzewaczach, temperatura ta powinna być wyższa niż punkt rosy wody gazów spalinowych (woda zasilająca kocioł powinna mieć temp. powyżej 70°C).

Stosując jako paliwo gaz ziemny można rozważyć instalację ekonomizerów kondensacyjnych ze stali nierdzewnej, które są w stanie odzyskać część ciepła skraplania tworzącej się w spalinach pary.

B) Zanieczyszczenie kotła a temperatura komina

Istotna jest znajomość zależności pomiędzy temperaturą spalin a produkcją pary w kotle. W przypadku występowania kamienia lub zanieczyszczeń w kotle temperatura ta będzie rosła, dając wyraźny sygnał do oczyszczenia kotła. Taką sytuację ilustruje Rysunek 13. przedstawia temperaturę spalin kotła za parownikiem (przed wejściem do ekonomizera).

RYСУNEK 13. TEMPERATURA SPALIN A SPRAWNOŚĆ KOTŁA



NP 4 3.3. Potrzeby własne kotłowni

Główni odbiorcy mocy to pompy wody zasilającej kotły oraz wentylatory powietrza do spalania. Ze względu na działanie istotnej funkcji stanu gotowości zazwyczaj 2x100% lub 3x50% wymaganej mocy pompy jest zużywana z uwzględnieniem strat dławienia. Aby zaoszczędzić energię wykorzystywaną przez pompy wody zasilającej kotły można rozważyć instalację przemiennika częstotliwości (falownika). Więcej informacji znajduje się w Najlepszych Praktykach 7 w zakresie napędów i silników z regulacją prędkości.

Należy sprawdzić sprawność różnych pomp w kotłowni. Jeśli pracują z niską sprawnością (poniżej 50%), należy zastanowić się, jakie można osiągnąć oszczędności zastępując istniejące pompy bardziej sprawnym agregatem pompującym, napędzanym bardziej sprawnym silnikiem.

NP 4 3.4. Straty promieniowania

Straty promieniowania dotyczą gorących powierzchni kotła oraz orurowania, zaworów, a także innych urządzeń takich jak zbiorniki i pompy. W przypadku dobrze utrzymanego kotła straty promieniowania stanowią w przybliżeniu 1% cieplnej wydajności kotła. Wartość ta jest stała bez względu na obciążenie kotła. Jako że większość kotłów pracuje z częściowym obciążeniem, nie należy ignorować strat promieniowania. Należy regularnie kontrolować stan izolacji i w razie konieczności przeprowadzać naprawy. Należy stosować zdejmowaną izolację na zaworach.

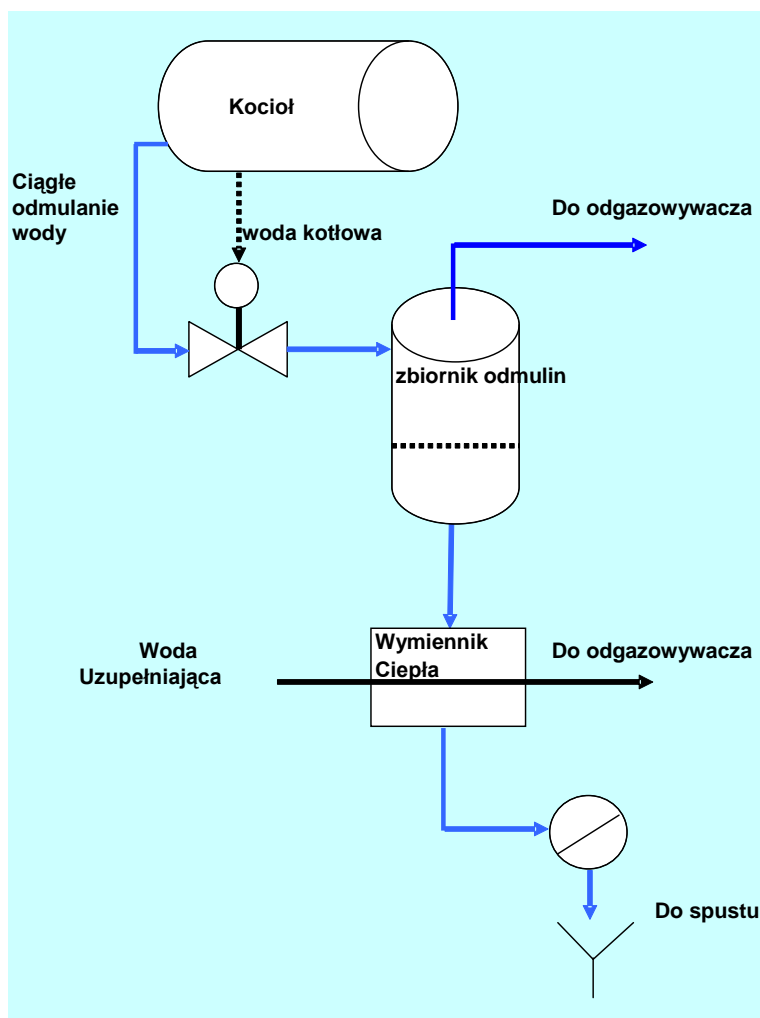
NP 4 3.5. Działanie odgazowywacza

Kondensat powrotny i wodę uzupełniającą doprowadza się do odgazowywacza w celu usunięcia tlenu i wolnego CO₂ z wody zasilającej kocioł, by uniknąć korozji w kotle. Przeprowadza się to wtryskując kondensat i wodę uzupełniającą do górnej części odgazowywacza. Tam, na skutek podgrzewania wody, gazy te z częścią pary usuwane są z odgazowywacza. Zwykle wystarczy wzrost temperatury wody wejściowej z 10 na 15°C, by uzyskać akceptowalną resztkową zawartość tlenu w wodzie zasilającej kocioł o stężeniu mniejszym niż 10ppb (ang. parts per bilion). Odgazowywacz pracuje przy stałym ciśnieniu (i stałej temperaturze nasycenia) dzięki doprowadzaniu do odgazowywacza kontrolowanej ilości pary. Ciśnienie zadane nie powinno być zbyt wysokie, ponieważ wymagałoby to zbyt dużej ilości pary do podgrzania wody wlotowej (co jest raczej nieskutecznym sposobem podgrzewania wody zasilającej kocioł). Normalne ciśnienie zadane powinno mieścić się w zakresie od 1,2 do 1,5 bar (temperatura od 105 do 110°C).

NP 4 3.6. Odmulanie kotłów

Aby uniknąć gromadzenia się zanieczyszczeń takich jak: chlorki, siarczany itp. w wodzie kotłowej konieczne jest ciągłe i regularne odmulanie pewnego procentu wody kotłowej w celu poprawy jej jakości. Zadany stopień odmulania można zminimalizować poprzez prawidłowe przygotowanie wody kotłowej (więcej szczegółów w Części A3.12). Ciepło wody spustowej powinno być wykorzystane. Można je odzyskać w przedmuchiowym zbiorniku impulsowym. Parę impulsową można zastosować w odgazowywaczu. Zaś ciepło reszty wody z przedmuchiwania można wykorzystać do podgrzewania wody uzupełniającej. Schemat efektywnego energetycznie systemu odmulania przedstawia Rysunek 14.

RYSUNEK 14. ODMULANIE CIĄGŁE



NP 4 3.7. Wlot powietrza do spalania

W przypadku kotłów znajdujących się wewnątrz budynków, czerpnia powietrza powinna znajdować się na szczycie kotłowni, aby pobierać ciepłe powietrze. Jeśli jest jeszcze możliwość dalszego obniżenia temperatury gazów spalinowych, można rozważyć montaż podgrzewacza powietrza w celu podgrzewania powietrza do spalania. W ten sposób zwiększy się sprawność kotła.

PORADA

Zgodnie z zasadą: każdy wzrost temperatury powietrza do spalania o 20°C zmniejsza zużycie paliwa w kotle o 1%.

NP 4 3.8. Dystrybucja pary

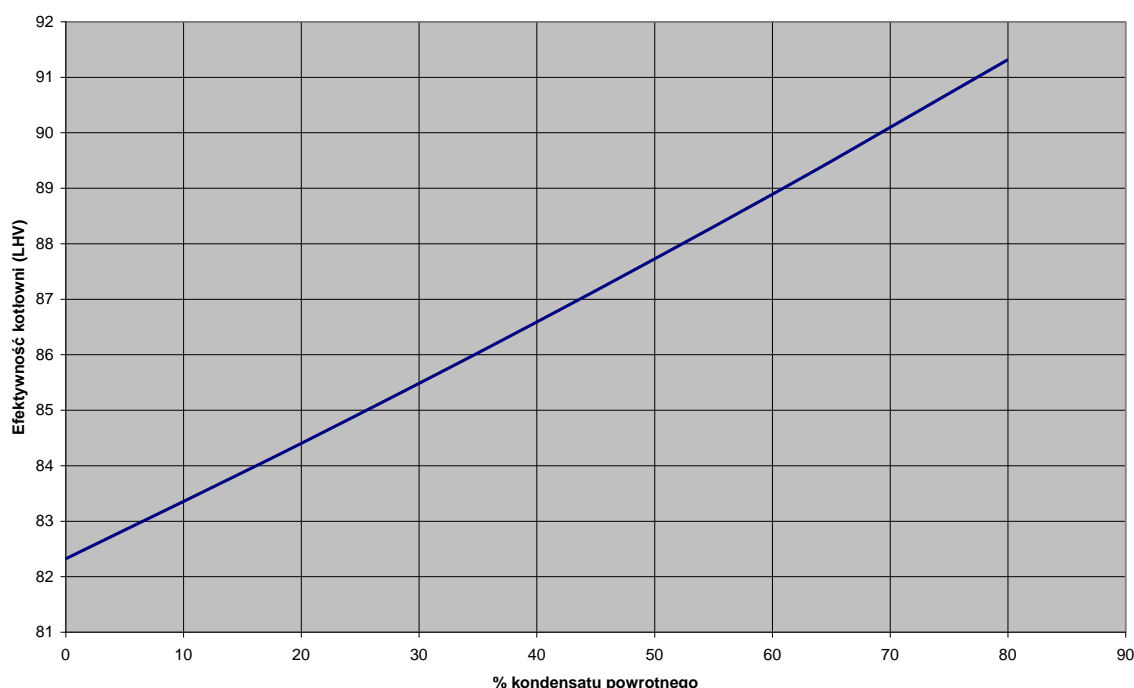
Zadanie: dostarczyć odbiorcom suchą i czystą parę. Rurociągi doprowadzające powinny być prawidłowo zaprojektowane celem uniknięcia zbyt dużych spadków ciśnienia w całym systemie oraz ryzyka wystąpienia erozji/korozji na skutek zbyt dużych szybkości. Konstrukcja wsporcza rur wymaga odpowiedniego zaprojektowania ze względu na występowanie rozszerzalności cieplnej. Rurociągi doprowadzające powinny być prawidłowo zaizolowane, powinny być wyposażone w wystarczającą ilość odwadniaczy, aby można było szybko usuwać wszelki powstały w nich kondensat. Należy odciąć nieużywane części systemu dystrybucji pary od reszty systemu, za pomocą odpowiednio rozmieszczonych zaworów izolacyjnych.

NP 4 3.9. Kondensat powrotny

Gromadzenie i kierowanie kondensatu z powrotem do kotłowni często przynosi znaczną oszczędność energii. Należy, jednakże wiedzieć, skąd pochodzi kondensat powrotny oraz czy jest wolny od zanieczyszczeń, takich jak związki organiczne, chlorki itp., aby móc ponownie wykorzystać go bez ryzyka wystąpienia korozji w danym kotle. Monitoring jakości kondensatu, szczególnie pod względem obecności związków organicznych, stanowi ważny środek ostrożności.

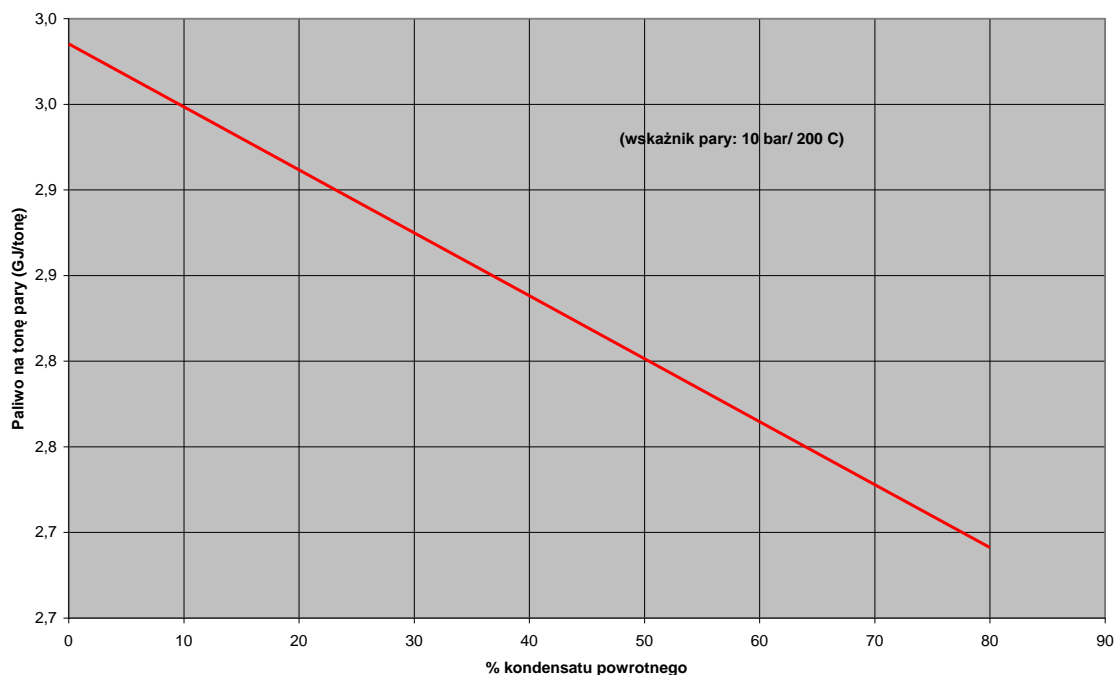
Rysunek 15 ilustruje pozytywny wpływ powrotu kondensatu na sprawność kotłowni.

RYSUNEK 15. POPRAWA SPRAWNOŚCI KOTŁOWNI DZIĘKI KONDENSATOWI POWROTNEMU



Jak widać całkowitą sprawność kotłowni można zwiększyć o 10 punktów procentowych przy odzysku 80% kondensatu. Działanie to przynieść może znaczącą oszczędność paliwową, co zilustrowano na Rysunku 16.

RYSUNEK 16. ZMNIJSZENIE ZAPOTRZEBOWANIA NA PALIWO NA TONĘ WYGENEROWANEJ PARY DZIĘKI KONDESATOWI POWROTNEMU



Najważniejszym elementem umożliwiającym gromadzenie i ponowne użycie kondensatu jest odpowiedni projekt systemu odprowadzania i doprowadzania powrotnego kondensatu. Słabe odprowadzanie kondensatu może przynieść słabą wydajność wymienników ciepła, a także erozję/korozję oraz uderzenia wodne w układzie kondensatu.

Przedstawienie szczegółowego projektu oraz przewodnika technologicznego dotyczącego układów kondensatu leży poza zakresem niniejszego przykładu najlepszych praktyk. Poniżej przedstawiono podsumowanie powszechnych najlepszych praktyk projektowych:

- Należy upewnić się czy odwadnianie i układ kondensatu jest prawidłowo zaprojektowany. Rurociągi powrotne kondensatu wymagają zaprojektowania na zasadzie dwufazowego przepływu (woda+ para impulsowa).
- Zastosować właściwy odwadniacz dla danego rurociągu. Skonsultować się z autoryzowanymi dostawcami, aby upewnić się co do słuszności wyboru.
- Nigdy nie grupować regulowanych indywidualnie wymienników ciepła na tym samym odwadniaczu, można z łatwością doprowadzić do zatkania się przewodów i wadliwego działania wymienników ciepła.
- Należy upewnić się czy kondensat łatwo odprowadza się z wymiennika ciepła oraz czy nie dochodzi do zaczopowania kondensatu: odwadniacz powinien mieć właściwy rozmiar, wymagana jest wystarczająca różnica ciśnień w odwadniaczu umożliwiająca wypchnięcie z niego kondensatu.
- Należy upewnić się czy układ rur wokół wymienników ciepła (instalacja przerywaczy próżni oraz przewodów wyrównujących ciśnienie itp.) umożliwia swobodne odprowadzenie kondensatu.
- Należy upewnić się czy ciśnienie układu parowego, regulacja obciążenia wymienników ciepła oraz ciśnienie w systemie kondensatu są właściwe by umożliwić właściwe odprowadzanie i powrót kondensatu.
- Podłączenie rurociągów odprowadzania kondensatu powinno być zawsze na górze linii powrotu kondensatu.

NP 4 3.10. Kontrola i naprawa odwadniaczy

Para pracująca w wymiennikach ciepła jest kondensowana do fazy skroplonej. Odwadniacze stosowane w układach parowych i przy wymiennikach ciepła służą do usuwania kondensatu. Odwadniacze występują w różnych rodzajach. Ważne jest użycie odpowiedniego odwadniacza do danego zastosowania. Należy skonsultować się z dostawcą odwadniaczy, aby upewnić się czy użyte odwadniacze są właściwego rodzaju oraz czy zostały odpowiednio zamontowane. Można skorzystać z rozległej literatury dotyczącej tej tematyki. Należy regularnie sprawdzać poprawność działania odwadniaczy, ponieważ jeśli zawiodą, para świeża ucieka do systemu kondensacyjnego lub do atmosfery bądź, jeśli się zaczopują, mogą wystąpić niebezpieczne uderzenia hydrauliczne w systemie przesyłowym para/kondensat.

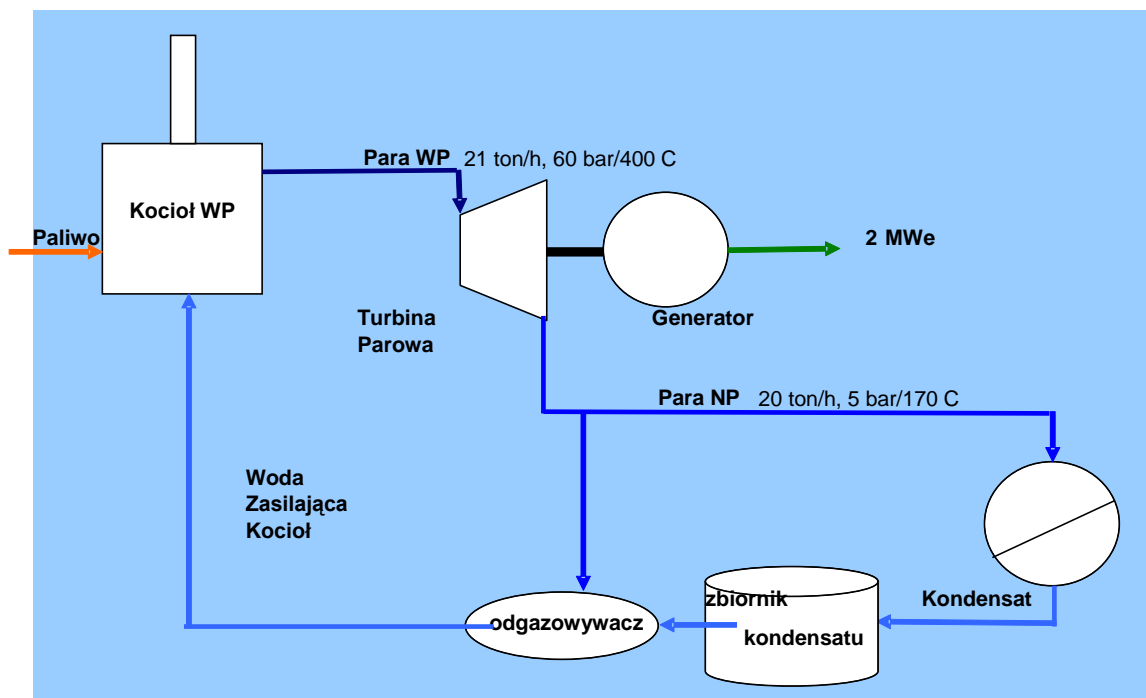
Zaczopowanie można wykryć poprzez pomiar temperatury powierzchni odwadniacza w kierunku za zaworem regulacyjnym pary i tuż przed odwadniaczem. Jeśli zauważy się poważne dochłodzenie (o ponad 20°C), może to być oznaką wadliwego działania.

Wyciek pary można często wykryć przeprowadzając oględziny odwadniacza. Można także użyć detektora ultradźwiękowego. Większość odwadniaczy działa cyklicznie, więc stosując metodę ultradźwiękową można usłyszeć czy działają one prawidłowo.

NP 4 3.11. Wykorzystanie zapotrzebowania na parę przy obciążeniu podstawowym dla generacji (części) potrzeb własnych energii elektrycznej

W zakładach przemysłu chemicznego większość wykorzystywanej pary to para niskoprężna (NP), tj. o ciśnieniu do 10 bar. W przypadkach, w których występuje zapotrzebowanie na parę NP w podstawie obciążenia wielkości 15 ton/h lub więcej przez 6 000 godzin można rozważyć wykorzystanie takiego zapotrzebowania na parę do generowania energii elektrycznej. Przeprowadzić to można jedynie poprzez instalację kotła parowego wysokociśnieniowego oraz turbosespołu przeciwprężnego. Kocioł WP produkuje parę, która jest doprowadzana do turbiny, gdzie rozpręża się do pary NP, którą doprowadza się następnie do systemu dystrybucji pary (patrz zilustrowany przykład na Rysunku 18). Energię pary WP wykorzystuje się w turbosespole do produkcji energii elektrycznej. Produkcja pary WP zamiast NP wymaga jedynie marginalnie większej ilości paliwa, dzięki czemu energia elektryczna produkowana jest z wysoką wydajnością i w rezultacie przy niskich kosztach zmiennych. W analizie biznesowej tej możliwości trzeba ocenić tę opcję wobec wymaganej inwestycji w kocioł WP i turbogenerator. W nowobudowanych układach jest to z pewnością interesujące rozwiązanie z zakresu efektywności energetycznej.

Rysunek 17 ilustruje takie rozwiązanie. Pokazuje sytuację, w której wykorzystuje się 20 ton/h pary o ciśnieniu 5 bar. Parę produkuje się w kotłowni przy 60 bar i 400°C. Para WP rozpręża się w turbinie parowej przeciwprężnej do pary o ciśnieniu 5 bar. Turbogenerator może wytworzyć 2 MWe.

RYSUNEK 17. TURBINA PAROWA PRZECIWPŁĘŻNA


W tabeli 16 porównuje się sytuację w przypadku niezainstalowania turbiny parowej.

TABELA 16. KORZYŚCI Z ZASTOSOWANIA TURBINY PAROWEJ

		bez turbiny	turbina
Warunki odbiorców pary			
para	ton/h	20	20
ciśnienie	bar	5	5
temperatura	C	170	170
entalpia	MJ/tonę	2789	2789
Warunki pary kotłownia:			
para	tonnes	20,5	20,5
ciśnienie	bar	7	60
temperatura	C	190	400
entalpia	MJ/tonne	2821	3180
Produkcja elektryczności:			
zdolności prod.	kW		2000
moc wyjściowa	kWh/h		2000
	kWh/tonne		100
zużycie paliwa:			
Paliwo	GJ/h	56,4	64,6
Dodatkowe paliwo do elektryczności:			
Paliwo do elektryczności	GJ/h		8,2
Sprawność elektr.	%		88

W wariantcie z turbiną zużywa się więcej paliwa, ponieważ produkowana jest para z większą entalpią. W porównaniu z wariantem bez turbiny ta dodatkowa ilość wykorzystywanego

paliwa to 8,2GJ/h. Przy zużyciu tego dodatkowego paliwa można wyprodukować 2MWh energii elektrycznej, zatem sprawność energetyczna wynosi $(2 \text{ MWh} = 2 \times 3,6 \text{ GJ el})/8,2 \text{ GJ}$ paliwa) 88%. Załóżmy, że wykorzystywanym paliwem jest gaz ziemny w cenie €6/GJ, wówczas koszty zmienne tak uzyskanej energii elektrycznej wynoszą €25/MWh. Jeśli uniknie się kosztów zakupu energii elektrycznej wielkości €80/MWh roczne koszty oszczędności przy 7000 godzinach operacyjnych mogą sięgnąć $(80 - 25) \times 2 \times 7,000 = €770,000/\text{rocznie}$

Warto zauważyć, że zainstalowanie sprzętu do generacji mocy w przedsiębiorstwie będzie wymagać dokładnej analizy technicznej i finansowej oraz prawdopodobnie skorzystania z rady specjalisty. Będzie to wymagać dodatkowych inwestycji, ale zaowocuje korzystnymi zwrotami.

NP 4 3.12. Optymalizacja przygotowania wody

W obiegu wodno-parowym wymagana jest stała dostawa wody (wody uzupełniającej), aby skompensować straty pary i kondensatu, np. jeśli kondensat jest zbyt zanieczyszczony, by można było go ponownie wykorzystać lub kiedy para jest wykorzystywana w technologii itp. Nie przygotowana woda surowa zawiera zanieczyszczenia takie jak: wapń, magnez, chlorki i rozpuszczone gazy takie jak O_2 i CO_2 , które spowodowałyby poważną korozję i problemy z osadzaniem kamienia w kotle i systemie kondensacyjnym. Przygotowanie wody zasilającej kocioł i przygotowanie wody kotłowej są w związku z tym bardzo ważne w procesie niezawodnej i efektywnej produkcji pary.

Następujące parametry obiegu wodno-parowego wymagają regularnej kontroli, aby wykluczyć zjawisko korozji w obiegu wodno-parowym i zapewnić niezawodną produkcję pary.

- Odpowiednie pozbycie się twardości wody uzupełniającej; sole wodorowęglanowe Ca- i Mg- to główne przyczyny osadzania się kamienia w kotle. Można je usunąć z wody uzupełniającej w urządzeniu do zmiękczenia wody, w którym woda przechodzi przez filtr kationowy, który wymienia Ca i Mg na Na, usuwając w ten sposób twardość wody. Zazwyczaj w przypadku kotłów parowych wystarczy ciśnienie wielkości 20bar. W przypadku kotłów na wyższe ciśnienie często wymagana jest dalsza demineralizacja wody uzupełniającej.
- Należy utrzymać przewodność wody kotłowej poniżej odpowiedniego dla danego kotła standardu. W wyparce kotła, produkowana jest czysta para i pozostają wszystkie zanieczyszczenia z wody kotłowej, . Aby uniknąć zbyt dużych stężeń tych składników, a szczególnie chlorków i Na, pewna ilość wody kotłowej jest stale odprowadzana przez system odmulania. Parametrem kontrolującym jest przewodność wody kotłowej, która jest dobrym miernikiem poziomu zanieczyszczenia. Należy sprawdzić w normach dotyczących wody czy stopień odmulania działa na właściwej wartości zadanej.
- Należy utrzymać pH wody kotłowej w zadanym zakresie alkaliczności. Woda kotłowa musi być wystarczająco alkaliczna, aby utworzyć ochronną warstwę magnetytową na przewodach stalowych, aby zapobiec korozji kwasowej w kotle. Można to osiągnąć dozując niewielkie ilości NaOH.
- Kontrolować należy proces usuwania CO_2 i O_2 w odgazowywaczu: O_2 i wolne CO_2 zawarte w kondensacie i wodzie uzupełniającej usuwane się w odgazowywaczu. Pozostała ilość O_2 w wodzie zasilającej kocioł powinna być poniżej właściwego dla danego kotła standardu.
- Sprawdzić środki ochrony przed korozją kwasową układu kondensatu powrotnego: dwuwęglany ($-HCO_3$) w wodzie zasilającej kocioł przechodzą przez odgazowywacz i rozkładają się w wyparce na CO_2 i wodę. CO_2 opuszcza kocioł wraz z parą i może

spowodować korozję kwasową w systemie kondensacyjnym, jeśli nie zostaną podjęte żadne kroki. Żeby tego uniknąć dodaje się do wody alkaliczne związki lotne, takie jak amoniak.

- Sprawdzić kondensat powrotny na okoliczność występowania zanieczyszczeń, szczególnie związków organicznych, które spowodowałyby korozję lub zanieczyszczenie kotła. Sprawdzenie obecności substancji organicznych to funkcja nadzorująca. Jeśli kondensat jest zanieczyszczony, musi zostać usunięty.

Jeśli w danym przedsiębiorstwie brak jest wiedzy i doświadczenia w zakresie przygotowania wody, można uwzględnić zlecenie przygotowanie wody wyspecjalizowanym przedsiębiorstwom.

NP 4 4. Lista zalecanych działań

Poniżej znajduje się podsumowanie działań z zakresu dobrego gospodarowania, o których była mowa w powyższych Najlepszych Praktykach:

- Regularnie kontrolować pracę i serwisować kotły oraz inne urządzenia kotłowni, przynajmniej raz w roku.
- Regulować sprawność każdego z kotłów przynajmniej raz na miesiąc w odniesieniu do produkowanej pary.
- Jeśli w przedsiębiorstwie pracuje równolegle wiele kotłów, należy zastosować zarządzanie obciążeniem, aby zoptymalizować całkowitą sprawność układu.
- Zapewnić bezpieczne i pełne spalanie w kotłach za pomocą systemu sterowania palnikami.
- Mierzyć nadmiar O_2 w spalinach kotła i zmniejszać stężenie mieszanki powietrzno-paliwowej do dopuszczalnego minimum ilości nadmiarowego powietrza do spalania w celu minimalizacji strat kominowych.
- Sprawdzać i naprawiać w razie konieczności izolację kotłów, rurociągów i zaworów.
- Dopilnować, by przygotowanie wody zasilającej kocioł i wody kotłowej oraz kondensatu powrotnego spełniało stosowne normy i prawidłowo funkcjonowało. Należy dopilnować regularnych analiz próbek wody.
- Sprawdzić ustawienia stopnia odmulania z jakością wody kotłowej.
- Sprawdzić czy odgazowywacz działa na zadanym ciśnieniu minimalnym.
- Sprawdzić działanie odwadniaczy.
- Sprawdzić układ para/kondensat na okoliczność występowania wycieków.
- Regularnie sprawdzać kotły na okoliczność występowania kamienia i zanieczyszczeń.
- Regularnie sprawdzać powierzchnie wymienników ciepła na okoliczność występowania kamienia i zanieczyszczeń

Dodatkowa lista zalecanych działań mogących wykraczać również poza "dobre gospodarowanie" znajduje się poniżej.

Generowanie ciepła

Niskokosztowe, "szybkie" działania	
Możliwości zaoszczędzenia energii	Działanie do sprawdzenia
1. Zredukowanie do minimum nadmiaru powietrza spalania	1. Pomiar CO_2/O_2
2. Maksymalizacja kompletności spalania	2. Pomiar sadzy/CO
3. Utrzymanie czystości kotła (sadza /kamień)	3. Monitorowanie wzrostu temperatury gazu w przewodzie kominowym
4. Naprawa (wymiana) izolacji kotła	4. Okresowa inspekcja stanu izolacji kotła.
5. Izolacja zbiornika z wodą zasilającą i zbiornika przykrywającego	5. Sprawdzenie możliwych strat temperatury zbiornika z wodą zasilającą
6. Izolacja przewodów zwrotnych kondensatu	6. Sprawdzenie możliwych strat ciepła z przewodów zwrotnych kondensatu.
7. Optymalizacja jakości wody składowej i wody zasilającej	7. Monitorowanie jakości wody składowej i wody zasilającej: twardości, kwasowości, zawartości O_2 .

8. Minimalizacja wydmuchu	8a. Monitorowanie nagromadzenia rozpuszczalnych ciał stałych w wodzie kotła. 8b. Usprawnienie urządzeń kontrolujących wydmuch
9. Utrzymanie dysz, krat, ciśnienia/temperatury dostarczanego paliwa w specyfikacjach producentów	9a. Upewnienie się, że specyfikacje są dostępne i gotowe do użytku. 9b. Regularna kontrola i resetowanie/utrzymanie.
10. Maksymalizacja temperatury powietrza spalania	10. Wpuścić powietrze z najwyższego punktu do kotłowni.
11. Zredukowanie ciśnienia pary tam, gdzie przekracza wymagania systemu/procesu.	11. Sprawdzenie potrzeb systemu/procesu; dostosowanie urządzeń kontrolnych.
12. Zastosowanie przewodu dla napływu cieplejszego powietrza spalania	12. Zainstalowanie przewodu z miejsca napływu powietrza spalania do wyższych części pokoju.
13. Zainstalowanie zautomatyzowanego urządzenia do wykrywania wycieku gazu.	-
14. Naprawa przecieków w sieci przewodów pary.	-
Wyższy koszt / możliwości długoterminowe	
Możliwości zaoszczędzenia energii	Działanie do sprawdzenia
1. Dla nagle zróżnicowanego zapotrzebowania, przebudować jeden lub więcej kotłów w żywy akumulator (zbiornik zabezpieczający).	1. Monitorowanie/ocena zmiany schematów zapotrzebowania.
2. Zmiana przyrządów kontrolnych na "Wysoki-Niski-Wyłączony" lub "Modulujący-Niski-Wyłączony"	2. Monitorowanie/ocena zmiany schematów zapotrzebowania.
3. Zainstalowanie błyskawicznego odzysku ciepła z pary	3. Do rozważenia przy sytuacjach z dużą wydajnością (ciągły/częsty) wydmuchu.
4. Ulepszenie urządzeń kontrolnych spalania.	4a. Zapewnienie odpowiedniego wkładu ciepła, aby spełnić zapotrzebowanie. 4b. Minimalizacja paliwa/zanieczyszczenia. 4c. Ochrona personelu/sprzętu.
5. Odzysk ciepła z odpadów	5a. Podgrzewacz 5b. Podgrzewacz powietrza (odzysknic)?
6. Zainstalowanie odzysku ciepła kotła wydmuchu.	6. Do rozważenia przy sytuacjach z dużą wydajnością (ciągły/częsty) wydmuchu.
7. Zastosowanie integracji procesu	7. Połączyć jednostki procesowe mające znacznie różne wymagania dot. ciepła (tj. pochłaniający proces produkcji pozostawienia pary o niskim ciśnieniu zamiast pary o wysokim ciśnieniu)

Źródło: www.bess-project.info

NP 4 5. Dalsze informacje

Przykład Najlepszych Praktyk dotyczący sposobu na ulepszenie działań generowania pary

Jeden z uczestników audytu CARE+ zainstalował nowy kocioł z urządzeniami do odzysku ciepła (podgrzewaczem), zyskując rocznie 12% energii zaoszczędzonej na rachunkach za zużycie paliwa naturalnego (około 120 000 euro rocznie). Wskazuje to na 2,05-letni okres zwrotu.

NP 4 5.1. Lektura dodatkowa

1. Para i ciepła woda o wysokiej temperaturze, przedstawienie możliwości zaoszczędzenia energii dla przedsiębiorstw, materiały informacyjne Carbon Trust CTV018 Przegląd technologii;
www.carbontrust.co.uk

2. Ulepszenie działania systemu dot. pary, Podręcznik ze źródłami dla przemysłu, US DOE, Biuro ds. efektywności energetycznej i energii odnawialnej,
www.eere.energy.gov
3. Możliwość oceny systemu dot. pary dla pulpy i papieru, przemysł produkcji artykułów chemicznych i przemysł naftowy, US DOE, Biuro ds. efektywności energetycznej i energii odnawialnej,
www.eere.energy.gov

Najlepsze Praktyki 5 Jak zredukować zużycie energii w układzie sprężonego powietrza

NP 5 1. Wstęp

Sprężone powietrze należy do najbardziej energochłonnych mediów wykorzystywanych w przemyśle chemicznym. W związku z tym warto jest rozważyć możliwość efektywnej generacji i wykorzystania sprężonego powietrza. Wygoda i łatwość użytkowania sprężonego powietrza sprawia, że jest ono często nadużywane i wybierane do zastosowań, do których bardziej efektywnie energetycznie i ekonomicznie byłoby zastosowanie innych rozwiązań. Ludzie często postrzegają sprężone powietrze jako towar darmowy i nie są świadomi stosunkowo wysokich kosztów z nim związanych. Dlatego też środki oszczędności energii nie tylko koncentrują się na sprawnej produkcji sprężonego powietrza, ale także na tym, jak zminimalizować wykorzystanie sprężonego powietrza i zmienić ludzkie zachowanie dotyczące jego użytkowania.

Niniejsza Najlepsza Praktyka porusza następujące kwestie:

- Ocenę obecnego wykorzystania sprężonego powietrza, której celem jest znalezienie możliwości redukcji tego wykorzystania.
- Określenie zużycia energii i kosztów energii dla układu sprężonego powietrza w danym przedsiębiorstwie.
- Możliwości redukcji zużycia sprężonego powietrza.
- Możliwości optymalizacji dostawy sprężonego powietrza.
- Inne możliwości oszczędności energii w układach sprężonego powietrza.

NP 5 2. Gdzie wykorzystuje się sprężone powietrze w przemyśle produkcyjnym?

Ogólnie mówiąc sprężone powietrze znajduje wielorakie zastosowanie w przemyśle produkcyjnym:

- Jako powietrze przeznaczone do transportu towarów, do łożysk powietrznych w urządzeniach precyzyjnych itp.
- W pewnych procesach sprężone powietrze wykorzystuje się bezpośrednio w samym procesie np. do suszenia.
- Szeroko rozpowszechnionym zastosowaniem w technologiach próżniowych jest realizacja wielu czynności transportowych, takich jak przenoszenie elementów w inne miejsca, pakowanie produktów itp. wytwornice podciśnienia wykorzystują sprężone powietrze do utworzenia niezbędnej próżni do różnego rodzaju czynności.
- Jako powietrze sterownicze w różnych działaniach regulacji technologicznych.
- Jako powietrze napędowe np. do napędu narzędzi produkcyjnych itp.
- Może być także wykorzystywane do celów szczególnych jako powietrze do oddychania na zanieczyszczonych obszarach.

NP 5 3. Ocena obecnej produkcji i zużycia sprężonego powietrza w przedsiębiorstwie

Należy zbadać, gdzie na terenie przedsiębiorstwa wykorzystuje się sprężone powietrze i jakie są warunki zasilania w odniesieniu do ciśnienia i punktu rosy. Punktem rosy nazywamy temperaturę przy określonym ciśnieniu, przy którym para wodna ulega kondensacji w powietrzu. Zwykle punkt rosy definiuje się jako ciśnieniowy punkt rosy przy określonym ciśnieniu zasilania. Kontrola punktu rosy sprężonego powietrza jest ważna, ponieważ pozwala uniknąć kondensacji w układzie sprężonego powietrza, która mogłoby spowodować poważne problemy w systemie rozdziału oraz odbioru sprężonego powietrza.

Klasy jakości powietrza wyszczególnia norma ISO 8573-1. Sprężone powietrze powinno być generowane w sprężarkach bezolejowych, aby unikać zanieczyszczeń w postaci śladowych ilości olejów smarnych w powietrzu, co mogłoby doprowadzić do błędów opomiarowania i problemów u odbiorców końcowych. Odolejanie sprężarek olejowych i tłokowych nigdy nie jest w 100% bezpieczne i wymaga dość intensywnego nadzorowania i serwisowania.

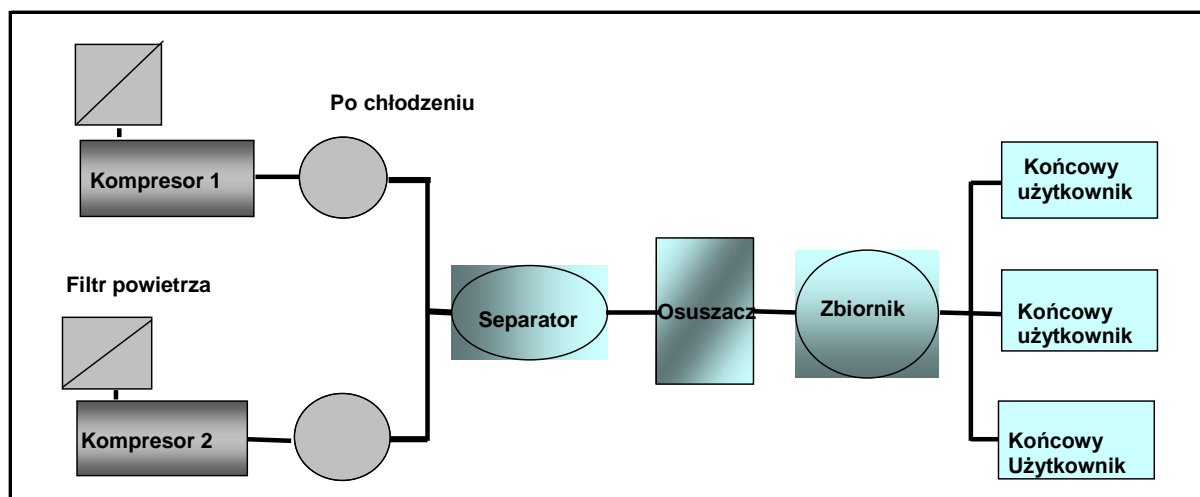
NP 5 3.1. Opracowanie schematu blokowego z głównymi elementami układu sprężonego powietrza

W analizie obecnie stosowanego układu sprężonego powietrza przydatne będzie opracowanie schematu blokowego wskazującego główne elementy tego układu wraz z ich wydajnością. Ponadto schemat blokowy powinien zawierać informacje z zakresu:

- wydajności głównych elementów (sprężarek, osuszaczy, zbiorników);
- warunków doprowadzenia powietrza (ciśnienie i punkt rosy);
- miejsc, gdzie prowadzi się pomiary przepływu i ciśnienia;
- maksymalnego, średniego i minimalnego wykorzystania przez odbiorców końcowych wyrażonego w Nm³/h.

Rysunek 18 przedstawia uproszczony schemat głównych elementów w układzie sprężonego powietrza.

RYСУNEK 18. SCHEMAT BLOKOWY UKŁADU SPRĘŻONEGO POWIETRZA



Istnieją wiele rodzajów sprężarek powietrza. Do najczęściej używanych zalicza się: sprężarki tłokowe, sprężarki śrubowe i sprężarki odśrodkowe. Sprężarki tłokowe i śrubowe są dostępne w wersji olejowej i bezolejowej (suchej). W przypadku wersji olejowej potrzebny jest separator powietrzno-olejowy, którego rolą jest usunięcie jak największej ilości oleju ze sprężonego powietrza. Dla niezawodnego działania układu sprężonego powietrza zaleca się stosowanie sprężarek bezolejowych, ponieważ śladowe ilości oleju mogą nagromadzić się w układzie sprężonego powietrza i spowodować poważne zakłócenia w funkcjonowaniu odbiorców końcowych (np. w oprzyrządowaniu). Sprężone powietrze opuszczające sprężarkę jest wciąż gorące i wymaga ochłodzenia. Przy redukcji temperatury powietrza para wodna ulega kondensacji w powietrzu. Tak powstały kondensat oddziela się i odprowadza z układu. Powietrze opuszczające filtr/separator jest nadal nasycone. Aby uniknąć dalszej kondensacji w układzie powietrze osusza się w osuszaczach. Ich zadaniem jest regulacja punktu rosy sprężonego powietrza poprzez usunięcie pary wodnej ze sprężonego powietrza. Zadany ciśnieniowy punkt rosy określa jaki rodzaj osuszacza należy zastosować.

Najpopularniejsze ich typy to:

- Osuszacze chłodnicze, których z powodu ich ograniczonego zakresu punktu rosy (nie poniżej 2°C) nie można używać w instalacjach, które pracują w temperaturach zamarzania.
- Regeneracyjne osuszacze adsorpcyjne wykorzystują porowaty środek osuszający, który adsorbuje wilgoć w powietrzu. Zwykle składają się z dwóch oddzielnych urządzeń. Sprężone powietrze, które ma być osuszone, przepływa przez jedno urządzenie, podczas gdy w drugim urządzeniu regenerowany jest środek osuszający.

Stosowane są także osuszacze higroskopijne. Wykorzystują one do absorpcji środków osuszających, co oznacza, że środek osuszający jest zużywany do końca, aż zmieni się z ciała stałego w ciecz i nie można go poddać dalszej regeneracji. Ten rodzaj osuszaczy może osiągać ciśnieniowe punkty rosy do -40°C .

- Osuszacze membranowe wykorzystują membrany, gdzie przez półprzepuszczalne membrany przechodzą cząsteczki powietrza (ciśnieniowy punkt rosy sięga -20°C).

NP 5 3.2. Ocena ilościowa zużycia sprężonego powietrza i energii elektrycznej

Dokładność oceny ilości powietrza i powiązanego zużycia energii elektrycznej zależy od rodzaju pomiarów wykonywanych w danym układzie sprężonego powietrza.

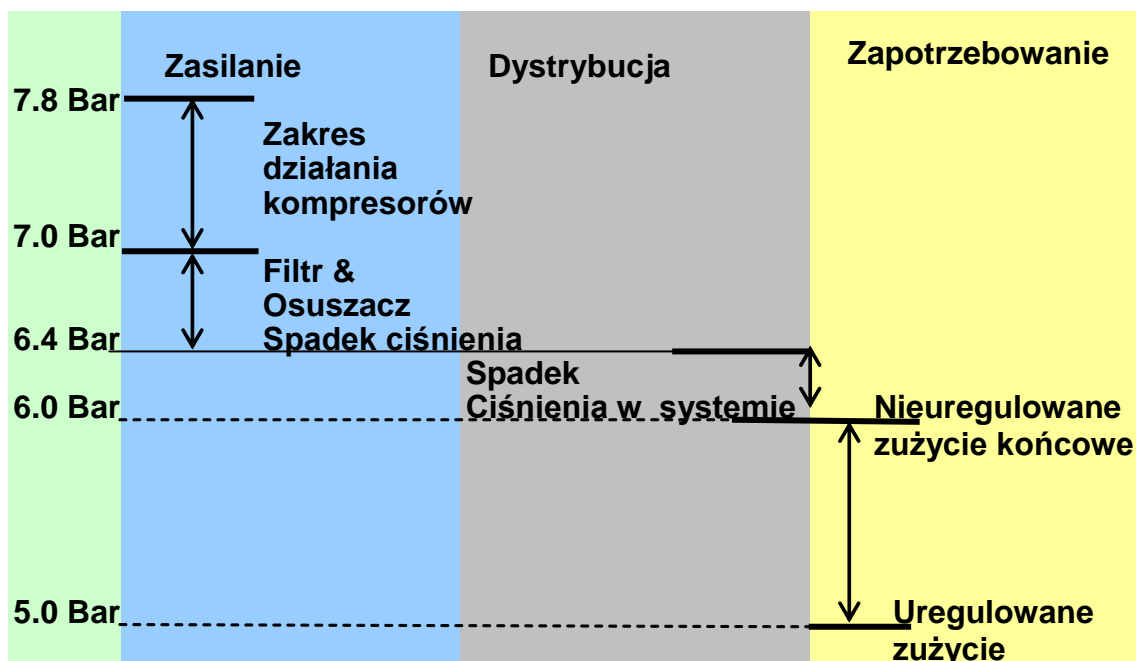
- W przypadku posiadania zainstalowanych mierników przepływu na liniach doprowadzających powietrze oraz przeprowadzania pomiarów zużycia energii elektrycznej przez sprężarki wyniki takich pomiarów zapewniają informacje wymagane w zakresie ilości dostarczonego powietrza oraz powiązanego zużycia energii elektrycznej.
- W przypadku braku mierników przepływu zainstalowanych na liniach doprowadzających powietrze oraz braku pomiarów energii elektrycznej, można uzyskać wartości orientacyjne dotyczące ilości doprowadzanego powietrza i powiązanego zużycia energii elektrycznej na podstawie zarejestrowanych godzin pełnego obciążenia sprężarek i (znanych) wydajności ze specyfikacji dostawcy sprężarki (Nm^3/h , i Nm^3/min) oraz zużycia energii elektrycznej przez sprężarki. Jeśli odnotowano godziny pracy bez obciążenia, można uwzględnić tę informację w obliczeniach zużycia energii elektrycznej.

Dla kontroli, można wykonać orientacyjny pomiar zużycia energii elektrycznej i wykorzystać do pomiaru proste amperomierze

NP 5 3.3. Opracowanie profilu ciśnieniowego układu sprężonego powietrza

Kolejnym pomocnym narzędziem do analizy układu sprężonego powietrza jest sporządzenie profilu ciśnieniowego układu. Pokazuje on spadki ciśnienia w całym układzie przy danym przepływie. Informacja ta zapewni dane wejściowe do regulacji i monitoringu spadków ciśnienia w filtrach, schładzaczach i osuszaczach. Przykład przedstawiono na Rysunku 19.

RYСУNEK 19. PROFIL CIŚNIENIOWY UKŁADU SPRĘŻONEGO POWIETRZA



Działanie to wymaga wielu pomiarów ciśnienia i spadku ciśnienia:

- Ciśnienia powietrza wlotowego do sprężarek;
- Ciśnienia na wylocie ze sprężarki (w przypadku sprężarek wielostopniowych zalecane są także pomiary międzystopniowe);
- Ciśnienia różnicowego po kondycjonowaniu w schładzaczach, filtrach i osuszaczach;
- Ciśnienie w odpowiednich punktach systemu rozdziału i u odbiorców końcowych.

Należy także przeprowadzić pomiary ciśnienia w różnych momentach czasu, aby zorientować się jak działa dany układ. Preferuje się użycie rejestratorów danych do dokładnego oszacowania profili przepływów i ciśnień powietrza w układzie. Informacja ta pomoże w optymalizacji profilu obciążenia sprężarki, a w konsekwencji ograniczy zużycie energii elektrycznej.

NP 5 3.4. Przygotowanie bilansu powietrza

Trzecim etapem oceny zastosowania sprężonego powietrza może być przygotowanie bilansu powietrza, który dostarczy informacje istotne dla możliwości wprowadzenia ewentualnych usprawnień. Przykład bilansu powietrza przedstawiono w Tabeli 17.

TABELA 17. BILANS SPRĘŻONEGO POWIETRZA

1) Produkcja sprężonego powietrza					
		Wydajność	Godziny pracy miesięcznie	Produkcja miesięczna	
		Nm ³ /h		Nm ³	
Sprężarka 1		
Sprężarka 2		
Produkcja łącznie				X	
2) (Szacunkowe) zużycie sprężonego powietrza					
Obszar zakładu	Rodzaj użytkownika	Ilość	Jednostkowe zużycie dla danego typu	Godziny tygodniowo	Zużycie miesięczne
			Nm ³ /h		Nm ³
Proces A	Dysza rozpylająca	10	12	30	3600
	System próżniowy	1	20	40	800
Proces B				
				
.....					
Zużycie łącznie					Y
3) Bilans					X - Y

W bilansie należy uwzględnić także minimalne wymagane ciśnienie powietrza i punkt rosy u odbiorców.

NP 5 3.5. Jak ilościowo oceniać wycieki

Bilans w Tabeli 17 obejmuje także straty spowodowane wyciekami. Wycieki można wykrywać np. poprzez pomiar ultradźwiękowym detektorem. Ilościowa ocena wycieków jest bardziej skomplikowana. Jedną z możliwości jest wykonanie testu szczelności na jednej ze sprężarek, podczas gdy wszyscy odbiorcy są odłączeni (przynajmniej ci, dla których zużycie powietrza nie może być określone bezpośrednio). Podczas tego testu rejestrowany jest czas, w którym sprężarka powietrza pracuje, by przywrócić dane ciśnienie powietrza. Jeśli na

przykład sprężarka pracuje przez 10 minut w ciągu 1 godziny przy pełnej wydajności, aby przywrócić ciśnienie powietrza, wyciek stanowi 1/6 wydajności sprężarki. Bardziej dokładny pomiar można przeprowadzić podczas tego testu szczelności, jeśli mierzony jest przepływ powietrza. Kolejną możliwością to pomiar czasu, w jakim ciśnienie w zbiorniku magazynującego układu spada o 1 lub 2 bary, przy wyłączeniu sprężarek i odłączeniu wszystkich prawnych użytkowników powietrza. Objętość wyciekową oblicza się wówczas według wzoru:

$$VL = VS \times (p1 - p2)/t$$

Gdzie: VL = objętość wyciekowa (m³/min)

VS = objętość zbiornika magazynującego (m³)

p1 = ciśnienie początkowe w zbiorniku magazynującym (bar)

p2 = ciśnienie końcowe w zbiorniku magazynującym (bar)

t = czas (minuty)

NP 5 3.6. Usprawnienie czynności pomiarowych i rejestracji danych

Należy rozważyć korzyści z usprawnienia systemu pomiarowego. Alternatywnie można rozważyć zastosowanie prowizorycznych pomiarów przepływu i amperomierzy do monitorowania produkcji sprężonego powietrza w pewnych okresach.

NP 5 4. Określenie zużycia energii i kosztów układu sprężonego powietrza danego przedsiębiorstwa

Koszty energii stanowią główną część łącznych kosztów związanych ze sprężonym powietrzem. Zazwyczaj można je podzielić następująco:

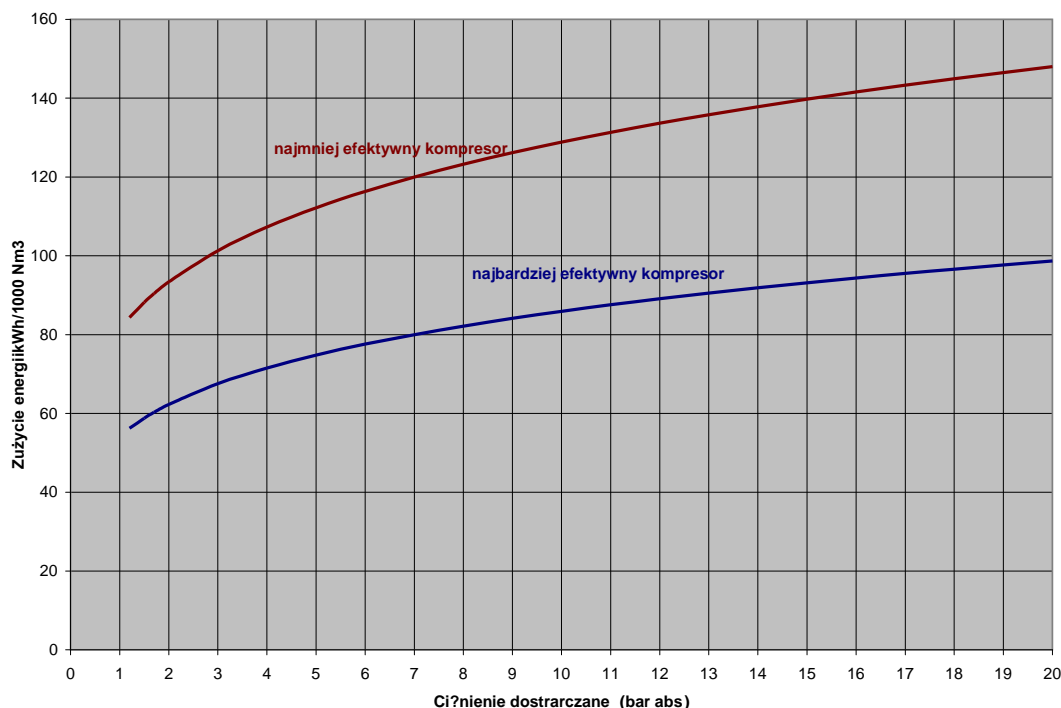
- Koszty za energię: 75% łącznych kosztów sprężonego powietrza
- Nakłady inwestycyjne: 13%
- Konserwacja i inne koszty: 12%

Jeśli nie wiadomo jeszcze, jakiego zużycia energii i kosztów za energię wymaga dane zasilanie w sprężone powietrze, należy takie dane uzyskać.

Znając metodologię opisaną w Najlepszej Praktyce 2 można ocenić ilościowo zużycie energii elektrycznej w kWh na Nm³ (lub kWh na 1000 Nm³) sprężonego powietrza. Jest to najważniejszy dla oceny efektywności energetycznej sprężonego powietrza wskaźnik wydajności energetycznej. Bardziej szczegółowe informacje dotycząc wskaźników wydajności energetycznej znajdują się w rozdziale 8.3 Najlepszej Praktyki 2.

Ilość energii potrzebnej do produkcji, powiedzmy, 1000 Nm³, sprężonego powietrza zależy od rodzaju sprężarki i jej sprawności oraz ciśnienia generowanego powietrza. Ilość sprężonego powietrza wyraża się często w normalnych metrach sześciennych (Nm³). Jest to standardowa objętość przy ciśnieniu 1,013bar i temperaturze 0°C.

Rysunek 20 przedstawia orientacyjny zakres zużycia energii elektrycznej na 1000 Nm³ sprężonego powietrza dla sprężarek jako funkcję ciśnienia powietrza.

RYСУNEK 20. ZUŻYCIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ DO PRODUKCJI 1000 NM³ SPRĘŻONEGO POWIETRZA


Jak widać istnieje istotna motywacja dotycząca energii (oraz kosztów) do pracy przy niższych wartościach ciśnienia powietrza.

Znajomość ilości energii i kosztów produkcji sprężonego powietrza stanowi podstawy tworzenia świadomości poprawy efektywności energetycznej.

NP 5 5. Możliwości zmniejszenia zużycia sprężonego powietrza
NP 5 5.1. Rozważenia alternatywnego wykorzystania sprężonego powietrza

Często rozwiązania alternatywne są bardziej efektywne energetycznie. Oto przykłady potencjalnie niewłaściwego użycia sprężonego powietrza:

- Przedmuchiwanie otwartym strumieniem: dmuchanie sprężonym powietrzem przez otwarty nieregulowany przewód lub rurę w celu suszenia, sprzątania, czyszczenia taśm produkcyjnych itp. Często można uniknąć tego wykorzystując rozwiązania alternatywne.
- Stosowanie sprężonego powietrza do zasysania, rozpylania, dmuchania itp. W większości tych przypadków alternatywnym rozwiązaniem będzie zastosowanie bardziej efektywnej niskociśnieniowej dmuchawy.
- Stosowanie sprężonego powietrza do wewnętrznego transportu materiałów. W tym przypadku także alternatywnym rozwiązaniem będzie zastosowanie niskociśnieniowej dmuchawy.
- Stosowanie sprężonego powietrza do generowania próżni. W tym zastosowaniu sprężone powietrze w połączeniu ze strumienicą stosuje się do wytworzenia próżni dla wszystkich rodzajów transportu wewnętrznego. Generatory próżniowe mogą spowodować poważne obciążenia szczytowe w zapotrzebowaniu na sprężone powietrze powodując nieefektywne działanie sprężarki. Do generowania próżni przy obciążeniu podstawowym (przez ponad 30% czasu) rozwiązaniem alternatywnym mogłoby być użycie specjalnej pompy próżniowej, która jest bardziej efektywna i często bardziej niezawodną w wytwarzaniu właściwych warunków próżniowych.
- Stosowanie sprężonego powietrza w otwartych ręcznych pistoletach pneumatycznych lub lancach. Nie należy używać, także z powodów bezpieczeństwa, nieregulowanych

ręcznych urządzeń pneumatycznych. Należy używać tylko pistoletów pneumatycznych, które spełniają normy bezpieczeństwa, a ich używanie powinno być ograniczone tylko do naprawy koniecznego zakresu.

- Stosowanie narzędzi powietrznych zamiast bardziej efektywnych energetycznie narzędzi elektrycznych.
- Niekontrolowane użytkowanie krańcowe. W systemie dystrybucji sprężonego powietrza należy zainstalować regulator ciśnieniowy blisko odbiorcy końcowego, aby zmaksymalizować ciśnienie użytkowania krańcowego, w przeciwnym razie wykorzystane zostanie ciśnienie całego układu, co stanowi potencjalną przyczynę problemów z układem sprężonego powietrza i może doprowadzić do znaczących problemów z wydajnością sprężarki.

NP 5 5.2. Wykrywanie i naprawa wycieków

Wykrywanie wycieków można przeprowadzać w czasie godzin przestoju, kiedy wycieki można usłyszeć. Wykrywanie wycieków za pomocą detektora ultradźwiękowego również jest metodą opłacalną, z której można korzystać w czasie pracy urządzeń. W przypadku braku prawidłowej konserwacji instalacji sprężonego powietrza można stracić przez wycieki znaczną ilość wyprodukowanego sprężonego powietrza (20% lub nawet więcej). Najbardziej powszechne rejony wycieków to: złączki, węże, przewody, łączniki, połączenia rurowe, szybkozłączki, i urządzenia odbiorów końcowych.

NP 5 5.3. Stosowanie bardziej efektywnych urządzeń sprężonego powietrza

- Sprężone powietrze stosuje się często do chłodzenia, suszenia i czyszczenia. Należy używać sprawnych dysz i regularnie serwisować dysze strumieniowe, aby oszczędzać sprężone powietrze.
- Sprawdzać okres pracy (żywość) każdego z odbiorów końcowych. Zużyte narzędzie często pochłania nadmierną ilość sprężonego powietrza i często wpływa negatywnie na związane z nim procesy.
- Zapytać dostawców czy procesy produkcyjne można przekonfigurować w celu zwiększenia efektywności.

NP 5 5.4. Optymalizacja zasilania w sprężone powietrze

Główne obszary optymalizacji obejmują:

- Sterowanie pracą sprężarek powietrza (tj. regulacja obciążenia pojedynczych sprężarek).
- Utrzymanie ciśnienia na minimalnym zadanym poziomie.
- Regularne serwisowanie i konserwacja elementów składowych układu sprężonego powietrza.

NP 5 5.5. Optymalizacja pracy sprężarek powietrza

Dopasowanie zapotrzebowania do wydatku sprężonego powietrza przy zachowaniu stabilnego ciśnienia dla różnych obciążeń stanowi cel naszych działań. Jak efektywne może ono być zależy od rodzaju zainstalowanych sprężarek, rodzaju regulacji obciążenia oraz profilu zapotrzebowania dla użytkowników sprężonego powietrza. W związku z tym optymalizacja działania sprężarki musi uwzględniać wszystko: regulację, składowanie oraz zarządzanie zapotrzebowaniem.

A) Magazynowanie sprężonego powietrza

Duże chwilowe zapotrzebowanie na sprężone powietrze spowodowałoby wahania ciśnienia powietrza, a konsekwencji rozchwianie pracy sprężarki. Wahania zapotrzebowania można zmniejszyć umieszczając w systemie rozdziału sprężonego powietrza, możliwie najbliżej dużych chwilowych odbiorców, zbiorniki magazynujące powietrze, co umożliwi sprężarkom pracę przy bardziej wygładzonej krzywej obciążenia. Żądana objętość zbiornika magazynującego stanowi funkcję okresowego zapotrzebowania na powietrze w danym okresie i dopuszczalnego spadku ciśnienia w układzie sprężonego powietrza. Do wyliczenia żądanej objętości zbiornika magazynującego można zastosować poniższy wzór:

$$V_s = v_i \times t / (\Delta p)$$

Gdzie:

V_s = objętość zbiornika magazynującego (m^3)

v_i = chwilowe zużycie powietrza (m^3/min)

t = czas trwania chwilowego zużycia (min)

Δp = dopuszczalny spadek ciśnienia (bar)

B) Regulacja obciążenia sprężarki

Układy sprężonego powietrza zazwyczaj złożone są z wielu sprężarek. Średnio rocznie wszystkie pracują częściowo obciążone, ponieważ maksymalna wydajność opiera się na sprostaniu zapotrzebowaniu szczytowemu (często w koncepcji (n-1), co oznacza, że zawsze jedna sprężarka jest w stanie gotowości). Tak więc każda ze sprężarek działa z pewną formą regulacji wydajności. Sprężarki charakteryzują się różnymi rodzajami regulacji obciążenia:

- Start/stop, cykl regulacji wydajności składa się z okresu pracy na pełnym obciążeniu i okresu przestoju.
- Tryb obciążenia/jałowy, sprężarka pracuje bez przerwy, a jej wydajność reguluje się poprzez obciążanie i zdejmowanie obciążenia po stronie ssania, tak by okresowo nie dostarczała ona powietrza.
- Praca przy obciążeniu częściowym, sprężarka pracuje bez przerwy i wyposażona jest w regulator modułowy wydajności strony ssającej.
- Regulacja bezstopniowa, sprężarka ma stałą regulację wydajności poprzez zmiany prędkości sprężarki.

Regulacja bezstopniowa z wykorzystaniem falownika stanowi najbardziej efektywną formę regulacji obciążenia. W przypadku pozostałych rodzajów regulacji, bieg jałowy zużywa 25% do 30% energii elektrycznej pełnego obciążenia. Jaki rodzaj regulacji sprawdzi się w danym przedsiębiorstwie zależy od rodzaju stosowanych sprężarek.

Przy działaniu wielu sprężarek należy zoptymalizować wspólny profil pracy sprężarek, aby zminimalizować całkowite zużycie energii elektrycznej. Osiągnąć to można za pomocą głównego układu regulacji, który zarządza podziałem obciążenia oraz godzinami pracy wszystkich sprężarek.

NP 5 5.6. Utrzymanie ciśnienia na minimalnym zadanym poziomie

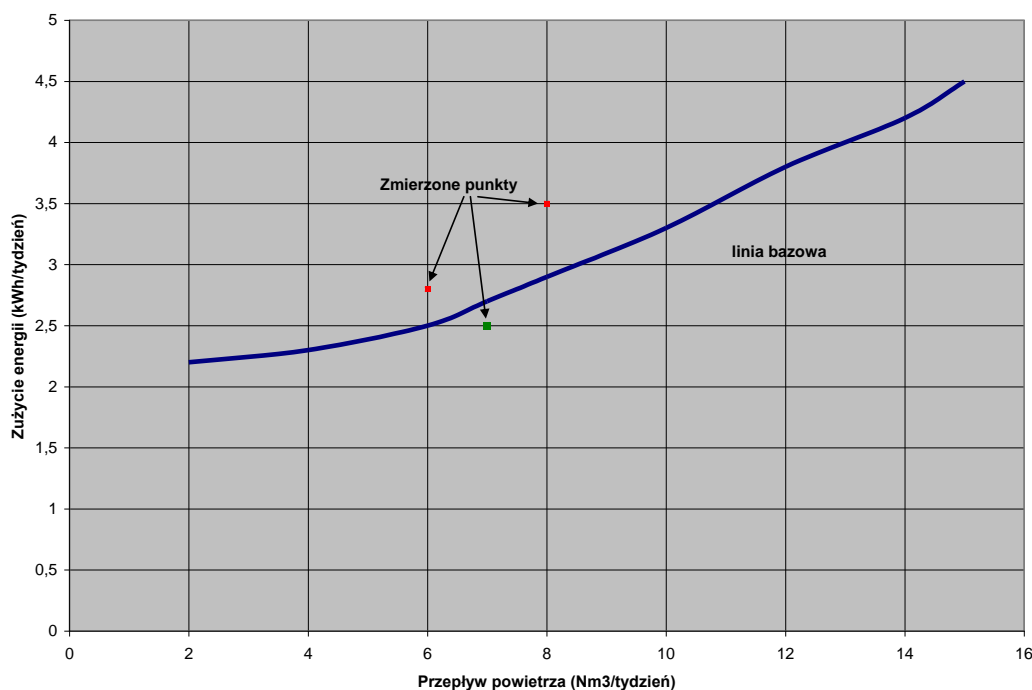
Jak już wcześniej pokazano, niższe ciśnienie powietrza znacznie obniży zapotrzebowanie energii elektrycznej sprężarek.

- Jeśli wymagane ciśnienie powietrza jest wysokie ale jego potrzebna ilość niewielka wtedy można rozważyć zainstalowanie tzw. boostera, czyli autonomicznej sprężarki by odciążyć główny system od konieczności generacji wysokiego ciśnienia tylko na niewielkie chwilowe potrzeby
- Jeśli ciśnienie danego układu sprężonego powietrza musi radzić sobie z okresowym wysokim zapotrzebowaniem na sprężone powietrze, można rozważyć zainstalowanie dodatkowym zbiorników magazynujących przy tych okresowych użytkownikach, aby umożliwić obniżenie ciśnienia całego układu oraz zredukować wahania ciśnienia.

NP 5 5.7. Regularne serwisowanie i konserwacja elementów układu sprężonego powietrza

Układy sprężonego powietrza wymagają regularnych kontroli i okresowych prac konserwacyjnych w celu utrzymania elementów układu w dobrym stanie. Wymaga to dbałości o sprzęt i natychmiastowej reakcji na zachodzące zmiany w profilu zapotrzebowania i sprawności. Dzięki temu układ będzie działał z wysoką sprawnością. Niewłaściwa konserwacja oraz brak regularnych kontroli może zwiększyć zużycie energii na skutek mniejszej sprawności sprężania, istniejących wycieków powietrza itp. Może także doprowadzić do wyższych temperatur roboczych powietrza, a w konsekwencji do słabej regulacji wilgotności w osuszaczach.

- Opracować program regularnych i dobrze zorganizowanych kontroli oraz prac konserwacyjnych zgodnie ze specyfikacjami technicznym producenta. Należy samemu ocenić czy wskazane będzie przeprowadzanie częstszych kontroli, np. filtrów i schładzaczy, w celu optymalizacji sprawności układu.
- Zmierzyć spadki ciśnienia w częściach składowych układu kondycjonowania powietrza takich jak filtry, schładzacze i osuszacze. Filtry należy czyścić lub wymieniać w przypadku spadku ciśnienia o ponad 0,5 bar.
- Zmierzyć temperaturę wlotową przed osuszaczem. Nie powinna przekraczać zalecanego poziomu dla danego rodzaju osuszaczy dla sprężarki pracującej na pełnym obciążeniu. Jeśli temperatura jest zbyt wysoka, zmierzyć temperaturę wylotową z osuszacza i w razie potrzeby oczyścić wymiennik ciepła.
- Dobrym sposobem sprawdzenia czy dany układ sprężonego powietrza działa efektywnie jest opracowanie charakterystyki dla tygodniowego zużycia energii elektrycznej dla sprężonego powietrza (kWh/tygodniowo) w funkcji tygodniowej produkcji powietrza ($\text{Nm}^3/\text{tygodniowo}$) i dla kolejnych pomiarów umieszczać wyniki na takim wykresie, aby porównać, jaka jest różnica pomiędzy konkretnym pomiarem a funkcją odniesienia. Przykład takiej analizy przedstawiono na Rysunku 21.

RYСУNEK 21. WYDAJNOŚĆ OPERACYJNA SPRĘŻONEGO POWIETRZA

NP 5 6. Inne możliwości oszczędności energii w układzie sprężonego powietrza

- Pobór powietrza z zimnej lokalizacji: Im niższa temperatura pobieranego powietrza, tym mniej mocy potrzebuje sprężarka, by sprężyć powietrze do zadanego ciśnienia. Jeśli sprężarki powietrza znajdują się w budynku, można rozważyć przeprowadzenie przewodów do poboru powietrza na zewnątrz budynku, aby móc pobierać chłodniejsze powietrze z zewnątrz.
- Regularnie sprawdzać stan filtrów wlotowych: Brudne bądź zacinające filtry redukują przepływ powietrza i zwiększają moc potrzebną do produkcji powietrza.
- Wykorzystanie ciepła chłodzenia ze sprężarki i wychodzącego ze schładzacza: Prawie 90% energii pobieranej do cyklu sprężania zostaje zmienione na ciepło, które musi być odprowadzone. Ciepło to można wykorzystać do produkcji ciepła niskotemperaturowego (w kolejności od 50 do 70°C gorącej wody). Niektóre rodzaje sprężarek wykorzystują ciepło gorącego powietrza odprowadzanego ze sprężarek do regeneracji osuszaczy.

NP 5 7. Lista zalecanych działań

Poniżej wymieniono działania z zakresu dobrego gospodarowania, których celem jest redukcja zużycia energii w układach sprężonego powietrza:

- Sprawdzać regularnie układ na okoliczność występowania wycieków.
- Sprawdzać czy nie występuje zbędne i niewłaściwe zastosowanie sprężonego powietrza oraz sporządzić listę użytkowników.
- Wymieniać zużyte urządzenia powietrzne (takie jak dysze rozpylające).
- Nastawić ciśnienie układu na minimalny dopuszczalny poziom, uwzględniając profil zapotrzebowania oraz objętość zbiorników magazynujących.
- Rozważyć czy w celu obniżenia ciśnienia całego systemu ma sens wykorzystanie boostera (autonomicznej sprężarki) dla małych odbiorców wymagających wysokiego ciśnienia.
- Sprawdzać pojemność zbiorników magazynujących w odniesieniu do wzorca zużycia w celu optymalizacji zużycia energii przez sprężarki.
- Sprawdzać czy temperatura powietrza wlotowego nie przekracza wartości wyznaczonej dla osuszaczy i sprawdzać czy wszystkie osuszacze działają prawidłowo.
- Rozważyć polepszenie opomiarowania ciśnienia i przepływu powietrza w układzie.
- Mierzyć zużycie energii przez sprężarki i odnosić wyniki pomiaru do wyprodukowanej objętości powietrza.
- Opracować algorytm optymalnego dociążania sprężarek pracujących w systemie w celu minimalizacji zużycia energii.
- Zbadać możliwość odzysku ciepła ze sprężarek.
- Sprawdzać czy są prowadzone regularne kontrole pracy urządzeń i ich serwisowanie oraz czy regularnie wymieniane są filtry.

Poniżej znajduje się dodatkowa lista użytecznych działań, które można zastosować również poza zakresem „dobrego gospodarowania”.

Sprężone powietrze

Niski koszt / możliwości krótkoterminowe	
Możliwości zaoszczędzenia energii	Działanie do skontrolowania
1. Wyłączanie przy każdej możliwej okazji.	-
2. Zainstalowanie niedrogich solenoidowych zaworów w przewodach dostarczających powietrze do pojedynczych maszyn. Wyłączanie dostawy sprężonego powietrza zaraz po wyłączeniu maszyny.	-
3. Regularne czyszczenie filtrów napływowych	-
4. Stosowanie możliwie najniższego ciśnienia operacyjnego. Zredukowanie, jeśli to możliwe, ciśnienia na poziomie lokalnym.	-
5. Stosowanie możliwie najniższej temperatury powietrza napływowego.	-
6. Zastosowanie silników o 2 prędkościach.	-
7. Naprawa wycieków	-
8. Regularna kontrola prawidłowego ustawienia ciśnienia.	-

Wyższy koszt / możliwości długoterminowe	
Możliwość zoszczędzenia energii	Działania do skontrolowania
1. Zastosowanie małego (jockey) kompresora, aby sprostać zapotrzebowaniu pozaszczytowemu.	-
2. Poprowadzić napływ powietrza kanałem dla zapewnienia możliwie najchłodniejszego powietrza.	-
3. Zastosowanie przepływu powietrza i mierników kWh do monitorowania zużycia mocy i powietrza.	-
4. Zainstalowanie nowoczesnych urządzeń kontrolnych na instalacjach wielokompresorowych.	-

5. Zastosowanie standardowej jednostki odzysku ciepła.	-
6. Wstępne chłodzenie powietrza.	-
7. Jeśli <u>kilkoro</u> użytkowników stosuje powietrze o niskim ciśnieniu (2,5 - 3 barów), należy zainstalować dwa oddzielne systemy.	-
8. Zastosowanie kontroli częstotliwości dla kompresora.	-
9. Zastosowanie pojedynczej dostawy sprężonego powietrza dla specjalnych aplikacji.	-
10. Zastąpienie narzędzi pneumatycznych elektrycznymi	-

Źródło: www.bess-project.info

NP 5 8. Dalsze informacje

Przykład Najlepszych Praktyk dotyczący sposobu zredukowania zużycia energii w systemie sprężonego powietrza

MŚP sektora chemicznego posiada ciśnienie sprężonego powietrza na poziomie przekraczającym 8,5 bar, jednak najwyższe wymagane ciśnienie dla linii produkcyjnych wynosi 6,5 bar.

Logicznym krokiem jest zatem zredukowanie ciśnienia, co nie wymaga nawet dodatkowej inwestycji. Obniżenie ciśnienia o 1 bar może prowadzić do zaoszczędzenia energii w wysokości ponad 14 000 euro lub niemal 300 MWh w skali roku. Oszczędzanie energii i kosztów może być aż tak proste!

NP 5 9. Lektura dodatkowa

1. Sprężone powietrze, Przedstawienie możliwości zaoszczędzenia energii dla przedsiębiorstw, materiały informacyjne Carbon Trust CTV017, Przegląd technologii www.carbontrust.co.uk
2. Ulepszanie działań systemu sprężonego powietrza, Przewodnik ze źródłami dla przemysłu, US DOE, Materiały informacyjne Biura EERE i wiele innych źródeł informacyjnych http://www.eere.energy.gov/industry/bestpractices/compressed_air.html

Najlepsze Praktyki 6 Jak zredukować zużycie energii w budynkach przedsiębiorstwa

NP 6 1. Wstęp

Zazwyczaj istnieje znaczny potencjał redukcji zużycia energii w budynkach. Oszczędności energii na tych obszarach mają bezpośredni wpływ na zwiększenie zysków netto danego przedsiębiorstwa.

- Ogrzewanie, wentylacja i klimatyzacja (HVAC) odpowiadają za większość zużywanej energii w budynkach i w związku z tym stanowią podstawowy obszar działania przy wdrażaniu efektywności energetycznej. Przegrzewanie zimą i chłodzenie latem to główne przyczyny marnowania energii.
- Drugą ważną kategorią jest używanie energii elektrycznej w budynkach do celów oświetleniowych i zasilania urządzeń biurowych.

NP 6 2. Pomiary i kształtowanie użytkowania energii w budynkach

Aby monitorować zużywanie energii w budynkach i oceniać oszczędności osiągnięte poprzez zastosowanie środków efektywnego zużywania energii, konieczna jest możliwość pomiaru i zapisu zużycia energii elektrycznej oraz ciepła czy paliw w budynkach. Należy sprawdzić czy takie pomiary i zapis są przeprowadzane.

Sprawdzić, jakie dane historyczne są dostępne (z poprzednich lat) dotyczące zużycia energii oraz czy te informacje są wystarczające by opracować bazę odniesienia dla wdrażania efektywności użytkowania energii.

NP 6 3. Czynniki oddziaływania i wskaźniki wydajności

W Najlepszej Praktyce 2 opisano wykorzystanie wskaźników wydajności energetycznej. Czynniki, które oddziałują na użytkowanie energii w budynkach to warunki otoczenia, zadane poziomy komfortu wewnętrznego, wewnętrzne obciążenie cieplne oraz charakterystyka budynku. Warunki otoczenia wywierają znaczący wpływ na użytkowanie energii (zarówno do ogrzewania jak i chłodzenia) bez możliwości wpływu na nie przez człowieka. W związku z tym, aby przeprowadzić sensowną ocenę użytkowania energii w budynkach, należy zneutralizować wpływ warunków otoczenia. Można to zrobić wykorzystując metodę stopniodni. Stopniodni są miarą dotkliwości i czasu trwania zimnej i gorącej pogody. W istocie jest to podsumowanie na skali czasu (zazwyczaj miesiąca) różnicy między średnią dzienną temperaturą zewnętrzną i wewnętrzną temperaturą odniesienia (często 18°C). Można wprowadzić rozróżnienie między stopniodniami grzania, które oblicza się kiedy temperatura na zewnątrz jest poniżej wewnętrznej temperatury odniesienia, a stopniodniami chłodzenia, kiedy temperatura na zewnątrz jest powyżej wewnętrznej temperatury odniesienia. Im zimniejsza pogoda w miesiącu tym wyższa będzie liczba stopniodni.

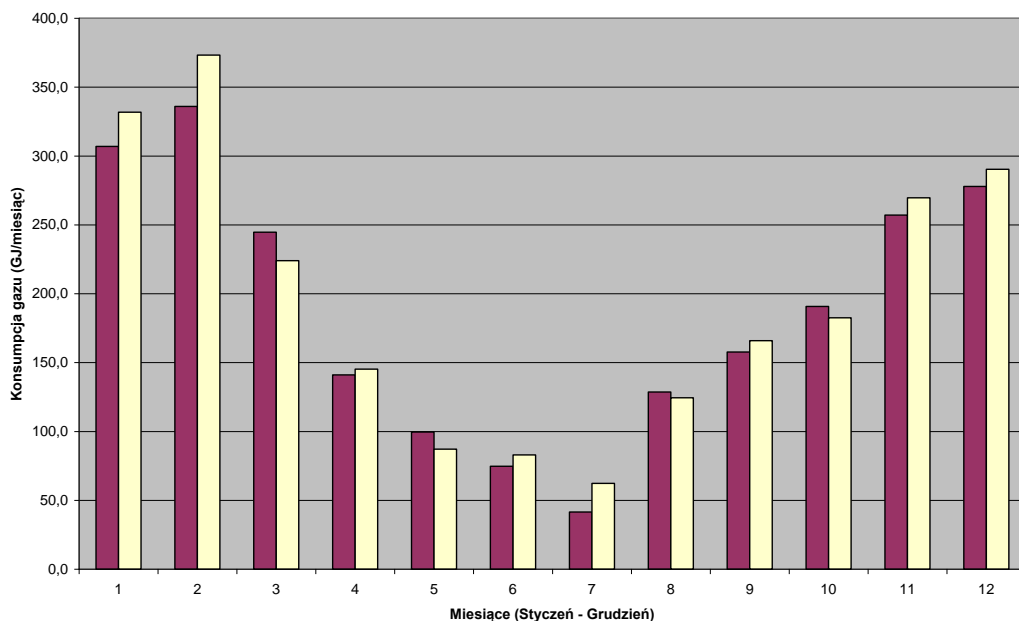
I tak wskaźniki dobrej wydajności w zakresie zużycia energii w budynkach obejmują:

- Zużycie energii w okresie grzewczym w odniesieniu do stopniodni grzania. Zależnie od systemu grzewczego monitorować będzie się zużycie paliwa lub zużycie wody gorącej oraz energii elektrycznej.
- Zużycie energii w okresie chłodzenia w odniesieniu do stopniodni chłodzenia. Monitorować będzie się zazwyczaj głównie zużycie energii elektrycznej, ponieważ większość urządzeń chłodzących jest na energię elektryczną.
- Zużycie energii przy obciążeniu podstawowym. Często wiosną i jesienią jest okres, który nie wymaga ani ogrzewania ani chłodzenia. Ten okres może być wykorzystany do przeprowadzenia analizy użytkowania energii elektrycznej przy podstawowym obciążeniu w budynkach przedsiębiorstwa.
- Zużycie energii (zarówno energii elektrycznej jak i ciepła) w budynkach w godzinach wolnych. To zużycie może być wskaźnikiem zbędnego użytkowania energii. Powinna istnieć możliwość prześledzenia zużycia energii.

NP 6 4. Praca ze stopniodniami

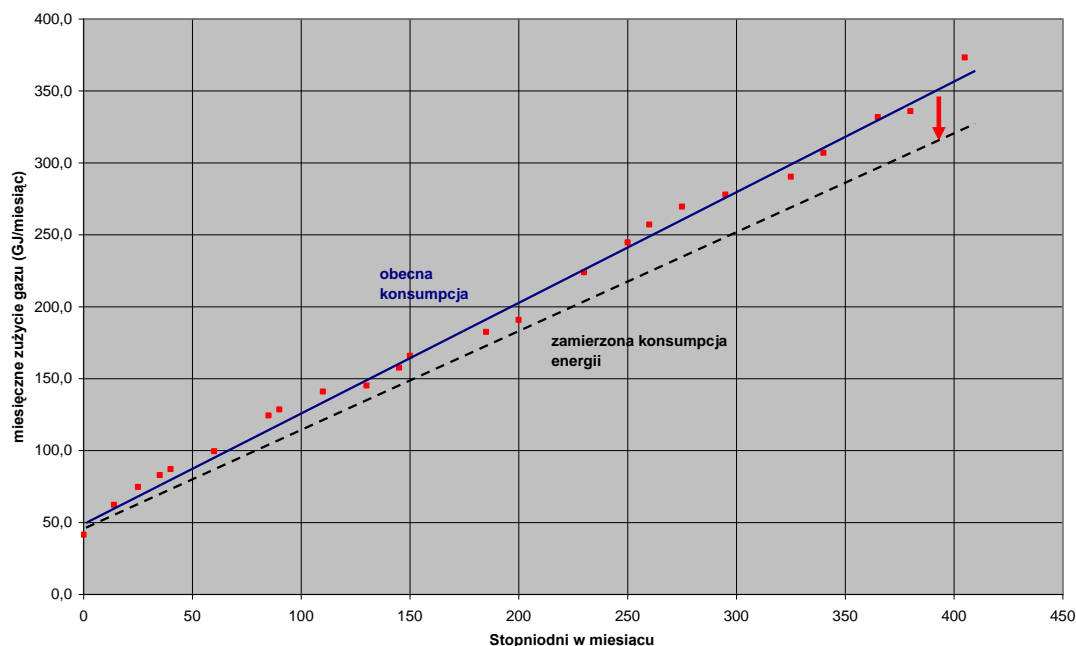
Przykład pracy ze stopniodniami przedstawiono na Rysunkach 22 i 23. Rysunek 22 ilustruje miesięczne zużycie gazu na ogrzewanie budynku przez dwa kolejne lata. Z tego schematu wywnioskować można jedynie, że zimniejsze miesiące wymagają więcej paliwa, ale nie wiadomo dlaczego w tym samym miesiącu w pierwszym roku potrzebowano więcej paliwa niż w drugim. Co więcej, nie jest jasne jaką wartość wzorcową należy przyjąć dla tego budynku.

RYСУNEK 22. MIESIĘCZNE ZUŻYCIE GAZU NA OGRZEWANIE



Na Rysunku 23 miesięczne zużycie gazu jest przedstawione na wykresie względem stopniodni grzania danego miesiąca. Tutaj widać, że jest to związek zrozułniały. Linia niebieska to związek obecny, linię wykropkowaną można zastosować do ustalania celów w zakresie przedsięwzięć oszczędności energii w budynkach.

RYСУNEK 23. PRZYKŁAD METODY STOPNIODNI (DLA STOPNIODNI GRZANIA)



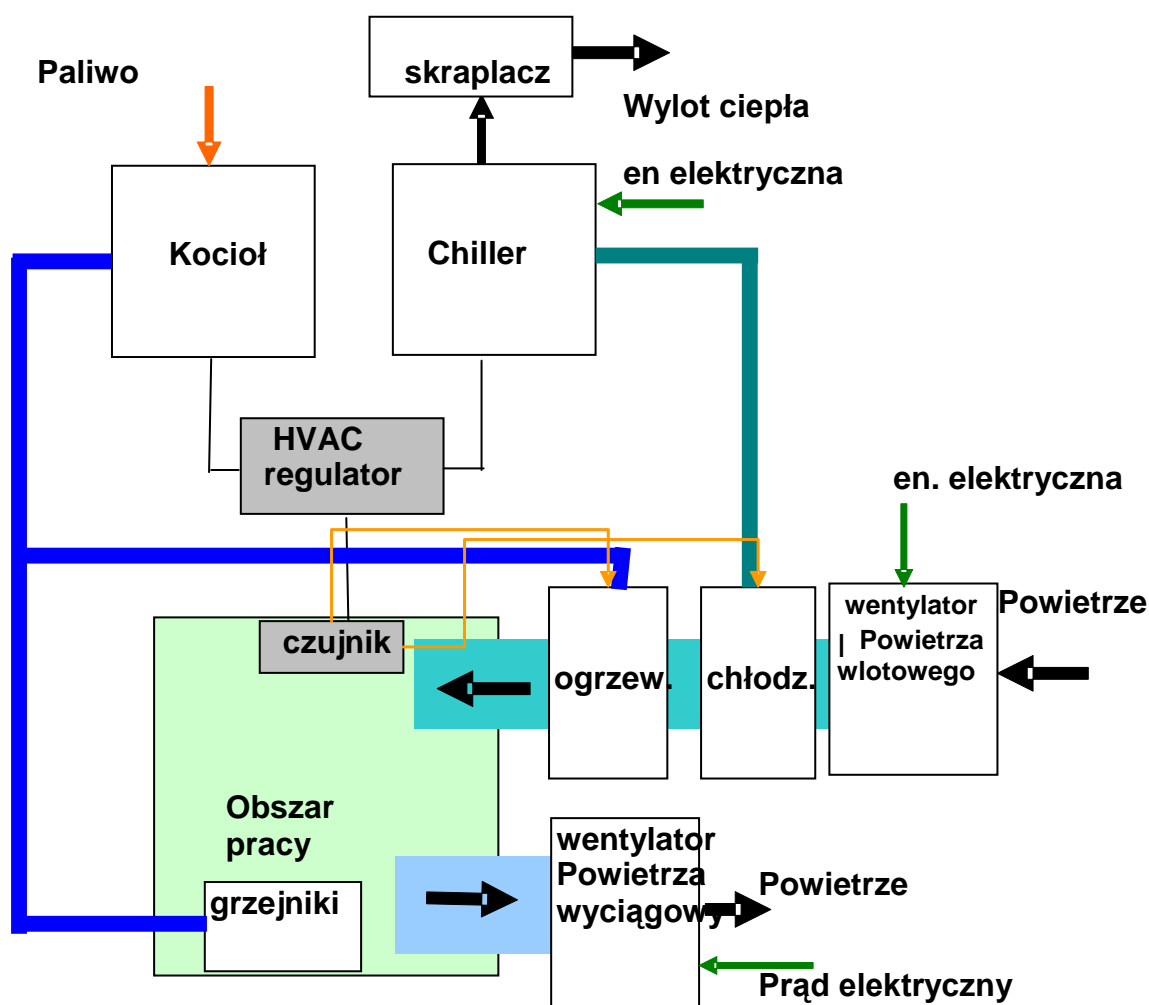
Większość krajów UE zapewnia informacje dotyczące stopniodni. Aby móc skorzystać z tej metody, należy sprawdzić czy dane są dostępne w danym kraju. Jeśli nie, można opracować własne informacje z zakresu stopniodni, o ile ma się informacje dot. dziennej średniej temperatury zewnętrznej. Mniej dokładnym rozwiązaniem kompromisowym, jeśli informacje o stopniodniach nie są dostępne, jest porównanie tygodniowych lub miesięcznych średnich temperatury otoczenia z wewnętrzną temperaturą odniesienia. Użytecznym może być sprawdzenie Eurostatu, serwisu statystycznego Komisji Europejskiej, który bezpłatnie oferuje statystyki dotyczące stopni w danych dniach.

(<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/database>)

NP 6 5. HVAC

Systemy HVAC przeznaczone są do regulacji klimatu wewnątrz budynków poprzez wyrównywanie straty ciepłej oraz zbyt dużego napływu ciepła, także poprzez zapewnienie wystarczającej ilości świeżego powietrza. Systemy HVAC znacznie różnią się między sobą w zakresie samego układu, od systemów zapewniających jedynie ogrzewanie zimą wyposażonych w wytwornicę gorącej wody i grzejniki rozmieszczone w pomieszczeniach, po systemy z pełną klimatyzacją obejmująca ogrzewanie, chłodzenie i nawilżanie powietrza.

RYSUNEK 24. SCHEMAT PODSTAWOWY SYSTEMU HVAC



Działania w zakresie efektywności użytkowania energii należy rozpocząć od zrozumienia i oceny parametrów systemów HVAC, aby określić:

- ich typ i funkcję;
- ich jakość techniczną;

- obecny sposób pracy i regulacji oraz
- stan konserwacji i serwisowania.

Warto, dla dobrego zrozumienia, mieć schemat funkcjonalny systemów HVAC taki, jak zaprezentowano na Rysunku 25 powyżej.

Cztery istotne czynniki określają użytkowanie energii w systemach HVAC:

- Wymagane parametry klimatyzacyjne wewnątrz budynku.
- Wewnętrzne powstawanie ciepła (np. z oświetlenia i innych urządzeń ciepło emitujących).
- Projekt, układ i jakość izolacji w budynku.
- Techniczna jakość i stan obecny sprzętu HVAC .

Mając wszystkie cztery czynniki można wyznaczyć zakres poprawy efektywności użytkowania energii w swoim budynku.

NP 6 5.1. Określenie zapotrzebowania na HVAC oraz jego optymalizacja

Działania w zakresie efektywności użytkowania energii należy rozpocząć od sprawdzenia, jakie warunki są rzeczywiście wymagane w różnych halach produkcyjnych, pomieszczeniach magazynowych, miejscach pracy personelu itp., aby określić punkty wyjściowe dla systemów HVAC. Typ systemu HVAC oraz sposób jego pracy ma duży wpływ na zużycie energii. Szczególnie dużo energii może być zużywane na chłodzenie i nawilżanie powietrza. W związku z tym należy krytycznie spojrzeć na zapotrzebowanie w HVAC oraz sprawdzić czy istnieją rozwiązania alternatywne dla systemów klimatyzacyjnych.

NP 6 5.2. Ocena obecnie pracujących systemów HVAC

Następnie należy zbadać, do jakiego stopnia dane systemy HVAC zaprojektowano w zgodzie z założeniami i gdzie konieczne byłoby przeprowadzenie adaptacji systemu. Mając takie informacje można przeprowadzić analizę biznesową dotyczącą koniecznych zmian i zaplanować te działania. Równolegle można zbadać, jakie możliwe działania z zakresu dobrego gospodarowania można zastosować, aby usprawnić obecny system i jego obecne działanie. Wykaz możliwych środków dobrego gospodarowania podano na końcu niniejszego dokumentu.

NP 6 5.3. Przyzwyczajenia i poziomy komfortu

Zmiana ludzkich przyzwyczajeń często prowadzi do poprawy efektywności użytkowania energii oraz obniżenia kosztów energii. Dlatego tak ważne jest zwiększenie świadomości tego, jak wpływ może mieć każdy pracownik na poziom zużywanej energii. Można skorzystać z wielu pozytywnych i twórczych działań, aby zwiększyć i utrzymać świadomość w zakresie efektywności użytkowania energii.

NP 6 5.4. Sprawa konserwacji

- Źle utrzymany kocioł może zużywać ponad 10% paliwa więcej niż potrzeba. W związku z tym kotły wymagają serwisowania przez specjalistyczną firmę serwisującą przynajmniej raz w roku. Przy każdym serwisowaniu należy przeprowadzać regulację układu spalania, a powierzchnie wymienników ciepła i grzałki należy oczyszczać.
- To samo dotyczy systemów klimatyzacyjnych. Należy upewnić się czy są one prawidłowo konserwowane.
- Należy sprawdzać ustawienia układu regulacji urządzeń HVAC w tym ustawienia termostatów i regulatorów czasowych oraz resetować rozregulowane nastawy.
- Nie dopuszczać do oblodzenia wyparek urządzeń klimatyzacyjnych i oczyścić skraplacze.
- Wymieniać i czyścić filtry oraz upewnić się czy kłapy w systemie kanałów powietrznych mogą swobodnie się przemieszczać.
- Dopilnować, by kanały gorącego i zimnego powietrza były dobrze izolowane i nie miały

nieszczelności. Czyścić regularnie kanały powietrzne. Z czasem kanały mogą się zabrudzić powodując nie tylko pogorszenie jakości powietrza, ale także dodatkowy opór zmniejszający wydajność wentylatora powietrza.

- Regularnie sprawdzać grzejniki na okoliczność wtargnięcia powietrza do systemu gorącej wody i w razie potrzeby, odpowietrzyć grzejniki.
- Regularnie czyścić powierzchnie wymiany ciepła i nie zakrywać ich.
- Zamykać otwory wlotowe chłodzenia urządzeń klimatyzacyjnych w okresie zimy, jako że chroni to przed wlotem zimnego powietrza przez te otwory.

NP 6 5.5. Optymalizacja działania

- Sprawdzić nastawy układu klimatyzacyjnego (termostatów i regulatorów czasowych) w odniesieniu do liczby osób w budynku oraz sprawdzić możliwość regulacji ustawień względem godzin obecności osób w budynku.
- Sprawdzić możliwość ustawienia różnych parametrów ogrzewania dla konkretnych obszarów budynku, a to dlatego że obszary magazynowania nie wymagają takiego samego poziomu ogrzewania jak obszary zajmowane przez ludzi .
- Rozważyć montaż samoregulatorów w systemach wentylacyjnych w celu wyłączenia systemów na noc.
- Sprzęgnąć ze sobą regulatory urządzeń ogrzewania i chłodzenia, aby nie dopuścić do jednoczesnego ogrzewania i chłodzenia.
- Rozważyć zastosowanie termostatów z ustawieniami czasowymi do włączania i wyłączania grzejników w przypadku pracy zmianowej, aby unikać pozostawienia włączonych grzejników po zakończeniu pracy zmianowej.
- Korzystać z pomiarów temperatury zewnętrznej, aby ustawić wartość zadaną temperatury wody doprowadzanej do grzejników i spiral grzewczych gorącej wody. W porównaniu ze średnim zapotrzebowaniem na ciepło zimą, temperatury wody wiosną i latem mogą być znacznie niższe, co zaoszczędzi zużycie paliwa w kotle. Efekt ten można uzyskać wykorzystując pomiar temperatury zewnętrznej do regulacji wartości zadanej temperatury gorącej wody.

NP 6 5.6. Minimalizacja strat ciepła w budynkach

Straty można minimalizować poprzez:

- Poprawę izolacji budynków.
- Naprawę zepsutych okien.
- Podniesienie standardu okien, zastosowanie okien dwu- lub trójszybowych.
- Unikanie przeciągów.
- Rozważenie samozamykających klap na wlotach powietrza oraz wylocie z wentylatorów, aby nie dopuszczać do ciągu wstecznego do budynku, kiedy urządzenia są wyłączone.

NP 6 5.7. Minimalizacja nadmiaru ciepła w budynkach

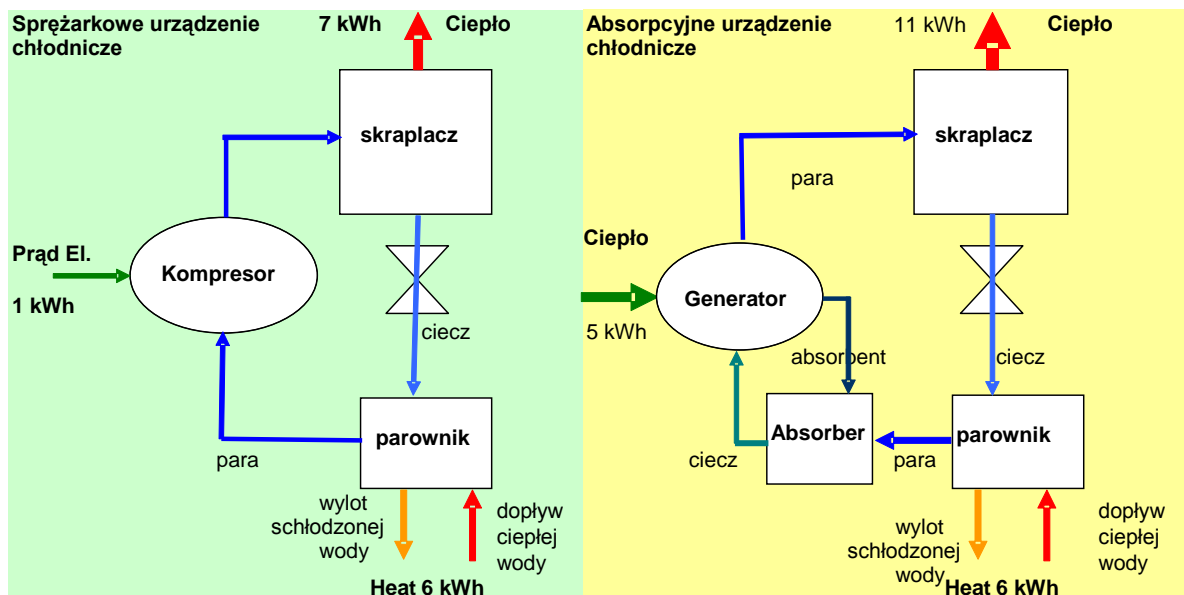
- Poprawa izolacji budynków i stosowanie zewnętrznego zacienienia przed słońcem.
- Redukcja oświetlenia tam, gdzie jest to możliwe i wyłączanie zbędnego oświetlenia.
- Rozważenie większego wykorzystania światła dziennego tam, gdzie jest to możliwe.
- Izolacja urządzeń generujących ciepło.

NP 6 5.8. Aspekty odzysku ciepła i inne możliwości oszczędności energii

1) Sprawdzić, czy możliwe jest ograniczenie zużycia energii na kondycjonowanie powietrza wlotowego poprzez odzyskiwanie części energii (ciepła i zimna) z powietrza wylotowego do podgrzewania powietrza wlotowego. Poniżej przedstawiono różne rodzaje metody odzyskiwania ciepła:

- Recyrkulacja części powietrza wylotowego. Częściowa recyrkulacja jest opłacalna, jeśli podgrzewa się powietrze i powietrze wylotowe jest cieplejsze niż powietrze wlotowe. To samo odnosi się do chłodzenia. Rozwiązanie to jest możliwe tylko, jeśli zachowana jest odpowiednia jakość powietrza wylotowego.

- Obrotowe podgrzewacze powietrza: Ciepło lub zimno jest odzyskiwane z powietrza wylotowego i przenoszone do powietrza wlotowego za pomocą obrotowego wymiennika ciepła.
 - System rurek ciepłych: Do przenoszenia energii z powietrza wylotowego na wlotowe wykorzystuje się płyn pośredniczący.
 - Stacjonarne wymienniki powietrze/powietrze.
 - Pętla wymiany ciepła woda/glikol do przenoszenia ciepła z powietrza wylotowego na wlotowe.
 - Systemy oparte na zastosowaniu pomp ciepłych: Powietrze wylotowe jest wpompowywane na wyższy poziom temperaturowy do ponownego użytku.
 - Każde z powyższych rozwiązań ma swoje wady i zalety, dlatego wymaga analizy dla konkretnych warunków.
- 2) Sprawdzić czy używane są elektryczne grzejniki oporowe, a jeśli tak, ponownie rozważyć konieczność ich używania. Spróbować rozważyć problem panującego komfortu cieplnego, być może da się uniknąć używania grzejników marnujących energię. Jeśli nie można z nich zrezygnować, należy wyposażyć je w regulatory czasu, aby wyłączały się automatycznie, kiedy ich działanie jest zbędne.
 - 3) Można rozważyć zastosowanie alternatywnych źródeł ciepła, takich jak energia słoneczna oraz, jeśli są na to naturalne warunki układu pompy ciepła korzystającego z wód gruntowych.
 - 4) Rozważyć zastosowanie absorpcyjnych urządzeń chłodniczych. Większość chłodziarek to sprężarkowe urządzenia chłodnicze. Do transportu ciepła pobieranego przez wyparkę do skraplacza, skąd jest ono wypromieniowane do otoczenia, wykorzystują sprężarkę z napędem elektrycznym (patrz Rysunek 25 przedstawiający schemat uproszczony).

RYСУNEK 25. SPRĘŻARKOWE I ABSORPCYJNE URZĄDZENIA CHŁODNICZE


W sytuacji, gdy w zakładzie dostępne jest ciepło odpadowe o temperaturze powyżej 95°C w formie wody gorącej lub pary niskociśnieniowej, można rozważyć zastosowanie absorpcyjnego urządzenia chłodniczego zamiast sprężarkowego do pracy w podstawie. W takim przypadku można zaoszczędzić na zużyciu energii elektrycznej i wykorzystać bezpłatną energię do zasilania absorpcyjnego agregatu chłodniczego.

Rysunek 25 ilustruje najistotniejszą różnicę między sprężarkowymi a absorpcyjnymi urządzeniami chłodniczymi. Absorpcyjne urządzenie chłodnicze wykorzystuje absorbent (zazwyczaj roztwór wodny bromku litu) do absorpcji ciepła (w formie niskociśnieniowej pary) z parownika. Z absorbera ciecz jest przepompowywana do generatora, gdzie ciepło

odpadowe jest wykorzystywane do odparowania pary z absorbentu. Para przepływa do skraplacza, gdzie ulega kondensacji, zaś ciepło kondensacyjne jest emitowane do atmosfery. Stężony absorbent przepływa z powrotem przez generator do absorbera, a skroplona woda odprowadzana jest pod ciśnieniem z powrotem do parownika, aby przejąć ciepło z ciepłej wody wlotowej.

Sprawność urządzenia chłodniczego wyraża jego „współczynnik wydajności chłodniczej” (COP-coefficient of performance). Jest to ilość ciepła, jaka może być usunięta przez agregat chłodniczy na jednostkę pracy. Tak więc COP o wartości 6 dla sprężarkowego urządzenia chłodniczego oznacza, że na 1 kWh pobieranej przez sprężarkę energii elektrycznej 6 kWh ciepła może być usunięte w parowniku z wody lodowej (zob. Rysunek 26). Sprężarkowe urządzenia chłodnicze są bardziej wydajne niż absorpcyjne urządzenia chłodnicze (zazwyczaj współczynnik COP=6 dla urządzeń sprężarkowych, a dla urządzeń absorpcyjnych COP=1,2). Dla porównywalnego obciążenia chłodniczego agregaty chłodnicze absorpcyjne są większe i potrzebują więcej wody chłodzącej ze skraplacza. Ponadto, wymagają większych nakładów inwestycyjnych. W związku z tym stosuje się je typowo do chłodzenia przy obciążeniu podstawowym, tam gdzie dostępne jest bezpłatne „ciepło odpadowe”.

NP 6 6. Użytkowanie energii elektrycznej - oświetlenie i sprzęt biurowy

Jest wiele sposobów obniżenia zużycia energii przez oświetlenie bez narażania komfortu świetlnego pomieszczenia. Kluczowe tematy brane pod uwagę to:

- Jakiego typu oświetlenie jest obecnie stosowane w budynku?
 - Czy stosowane są standardowe lampy żarowe? Są one bardzo niewydajne i należy je wymienić na kompaktowe żarówki jarzeniowe (gazowe), które zużywają do 75% mniej energii elektrycznej.
 - Jakiego rodzaju świetlówki są stosowane? Jeśli nadal stosowane są konwencjonalne świetlówki, należy rozważyć instalację układu o wysokiej częstotliwości do oświetlenia fluorescencyjnego (jarzeniowego), które jest w przybliżeniu o 25 do 30% bardziej efektywne i eliminuje efekt migotania.
- Czy lampy, osprzęt i oświetlenie sufitowe są czyste?
 - Należy je regularnie czyścić, aby utrzymywać właściwe poziomy oświetlenia w pomieszczeniach.
- Czy zewnętrzne oświetlenie jest zawsze wyłączone, kiedy nie jest potrzebne?
 - Zewnętrzne oświetlenie powinno być ograniczone tylko do godzin nocnych. Rozważyć instalację czujników ruchu w miejscach bez dozoru na produkcji.
- Czy oświetlenie jest sekcjonowane.
 - Rozdzielenie grup lamp na sekcje wyłączane włącznikiem zwiększy stopień regulacji oświetlenia.

NP 6 6.1. Użytkowanie energii elektrycznej w biurze do innych celów

Obsługa sprzętu biurowego, takiego jak: komputery i fotokopiarki, stanowi integralną część codziennych czynności. Należy być więc świadomym ile energii mogą one zużyć. Jest kilka zasad, które pozwolą kontrolować zużycie energii przez ten sprzęt:

- Czy komputer posiada wbudowany i włączony tryb pracy oszczędnościowej ?
- Czy komputery i monitory są wyłączane na noc?
- W miarę możliwości nie należy ustawiać fotokopiarek w miejscach klimatyzowanych.
- Czy fotokopiarki są wyłączane na noc?

Dzięki tym kilku prostym środkom można znacznie zmniejszyć zużycie energii elektrycznej oraz emisję ciepła, a konsekwencji chłodzenie budynków.

NP 6 7. Lista zalecanych działań

Poniższa lista kontrolna przedstawia zakres działań z zakresu dobrego gospodarowania, które mogą zmniejszyć zużycie energii w budynkach

System HVAC

- Zapewnić regularną kontrolę i serwisowanie grzejników/kotłów oraz urządzeń klimatyzacyjnych.
- Dopilnować regularnego czyszczenia wentylatorów powietrza i kanałów powietrznych oraz regularnej wymiany filtrów.
- Dopilnować, by parowniki i skraplacze urządzeń klimatyzacyjnych były czyste i dobrze utrzymane.
- Określić minimalne wymagania grzewcze dla poszczególnych rejonów budynku i dopilnować, by termostaty w pomieszczeniach działały według właściwych nastaw (ogrzewania, chłodzenia i nawilżania).
- Dopilnować, by sterowniki czasowe termostatów działały i miały właściwe ustawienia.
- Tam, gdzie to możliwe, rozważyć instalację zaworów termostatycznych na grzejnikach.
- Rozważyć możliwość zastosowania środka zachowania energii takiego jak izolacja, a także zewnętrznego zacienienia.
- Wyłączać wszelkie zbędne elementy grzewcze.
- Naprawić zepsute okna.
- Dopilnować, by sterowania kotłów działały i to według właściwych ustawień.
- Usunąć wszelkie przeszkody przed promiennikami lub grzejnikami.
- Unikać jednoczesnego działania grzejników i urządzeń klimatyzacyjnych w tym samym miejscu ¹⁾
- Sprawdzić czy nie ma żadnych skarg dotyczących niewłaściwych temperatur w pomieszczeniach (zbyt ciepło w czasie grzania, zbyt zimno przy włączonej klimatyzacji)
- Sprawdzić czy używane są przenośne grzejniki elektryczne ²⁾
- Sprawdzić jak doprowadzana jest gorąca woda ³⁾
- Sprawdzić czy okna i drzwi są zamknięte, kiedy włączone jest ogrzewanie lub klimatyzacja
- Sprawdzić czy pojawiają się przeciągi przez okna lub drzwi

Oświetlenie

- Wyłączyć oświetlenie w pomieszczeniach, w których się nie przebywa.
- Wyłączyć oświetlenie, kiedy światło dzienne jest wystarczające.
- Czyścić lampy, osprzęt i oświetlenie sufitowe.
- Wymienić tradycyjne lampy żarowe na kompaktowe lampy jarzeniowe
- Rozważyć zastosowanie układów o wysokiej częstotliwości do lamp jarzeniowych, tam, gdzie to możliwe.
- Ograniczyć oświetlenie zewnętrzne do godzin nocnych.
- Utrzymać oświetlenie w miejscach bez dozoru na minimalnym poziomie, gdzie to stosowne zainstalować czujniki ruchu do włączania takiego oświetlenia.
- Rozważyć sekcjonowanie oświetlenia.
- Stosować czujniki ruchu do włączania światła.

Użytkowanie energii elektrycznej (silniki, pompy, wentylatory itp.)

- Wyłączać urządzenia, których nikt nie używa.
- Rozważyć instalację silników energooszczędnych.
- Sprawdzić, gdzie zastosować można napędy z regulowaną częstotliwością (falowniki).

Użytkowanie energii elektrycznej w biurze

- Przechodzić na tryb oszczędności energii komputera, jeśli się go nie używa
- Wyłączać monitory, jeśli się ich nie używa

Uwagi:

- 1) Należy tego unikać, ponieważ jest to marnowanie energii. Aby tego uniknąć, należy ustawić strefę nieczułości o wartości 5°C między ogrzewaniem a chłodzeniem.
- 2) Korzystanie z przenośnych grzejników elektrycznych może być drogie. Sprawdzić czy można tego uniknąć, jeśli jest na nie zapotrzebowanie, wyposażyć je we włączniki czasowe, aby mogły same wyłączać się po pewnym czasie.
- 3) Rozważyć instalację miejscowych podgrzewaczy wody, tam, gdzie potrzebne są małe ilości wody, zamiast dostarczać wodę z systemu centralnego. Jeśli nie, zastosować izolację do wszystkich zbiorników gorącej wody i rur doprowadzających.

Poniżej znajduje się alternatywna lista możliwości zaoszczędzenia energii w budynku, które mogą również wychodzić poza ramy zwykłego „dobrego gospodarowania”.

Utylizacja ciepła dla ogrzania przestrzeni

Niski koszt/możliwości krótkoterminowe	
Możliwości zaoszczędzenia energii	Działania do skontrolowania
1. Używać ogrzewania tylko, kiedy korzysta się z tego obszaru	-
2. Dla wygody ustawić termostaty na minimum	-
3. Zminimalizować utraty ciepłego powietrza	-
4. Czyste i efektywne grzejniki	-
5. Utrzymanie izolacji rur w obszarach nieogrzewanych	-
6. Sprawdzanie pułapek kondensatorów	-
7. Wentylowanie powietrza z systemów gorącej wody	-
8. Przełączniki czasowe	-
9. Tam, gdzie to możliwe urządzenia kontrolne obsługiwane ręcznie	-
Wyższy koszt/możliwości długoterminowe	
Możliwości zaoszczędzenia energii	Działania do skontrolowania
1. Zainstalowanie większej ilości/skuteczniejszych termostatów	-
2. Zastosowanie zaworów z silnikiem do podziału budynku na różne strefy	-
3. Zastony powietrzne	-
4. Zmiana źródła energii	-
5. Zmiana systemu ogrzewania, gdzie: <u>Izolacja</u> <u>Wentylacja</u> <u>Zastosowanie</u> Dobra Wysoka Ciepło promieniowania Słaba Niska Ciepło konwektywne	-
6. Ulepszenie izolacji budynku	-

Oświetlenie

Możliwości zaoszczędzenia energii	Działanie do skontrolowania
1. Zastosowanie najwydajniejszych lamp zgodnych z wymaganymi poziomami oświetlenia i oddania koloru	-
2. Efektywne zastosowanie wydajności świetlnej lamp.	-
3. Utrzymanie lamp i elementów instalacji w czystości przed blokującym światło kurzem i brudem.	-
4. Wyłączanie świateł, gdzie oświetlenie nie jest konieczne.	-
5. Rozważenie automatycznych urządzeń kontrolujących oświetlenie (zegary czasowe i/lub fotokomórki).	-
6. Jak najlepsze korzystanie ze światła dziennego.	-
7. Unikanie pochłaniania światła przez otoczenie (ściany, sufity, podłogi pomalowane jasnym kolorem)	-
8. Zastąpienie lamp, które przekroczyły swoją określoną żywotność.	-
9. Stosowanie naklejek "wyłącz" i "oszczędź" jako narzędzie dobrego gospodarowania.	-

10. Rozważenie nowych technologii, aby obniżyć koszty instalacji, takie jak przełączniki na podczerwień.	-
11. Podział systemu oświetleniowego dużej powierzchni na małe, niezależne grupy oświetlenia.	-
12. Stosowanie przełączników wykrywających obecność...	-
13. Stosowanie systemu oświetleniowego, który jest niezmiennie urozmaicany (np. wysokiej częstotliwości oświetlenie fluorescencyjne).	-

Elewacja budowlana

Niski koszt/możliwości krótkoterminowe	
Możliwość zaoszczędzenia energii	Działanie do skontrolowania
-	-
Wyższy koszt/możliwości długoterminowe	
Możliwość zaoszczędzenia energii	Działanie do skontrolowania
1. Izolacja cieplna podłogi	-
2. Izolacja cieplna ścian	-
3. Izolacja cieplna dachu	-
4. Zastosowanie okien z podwójnymi szybami lub okien o przyciemnianych szybach.	-

Klimatyzacja

Niski koszt/możliwości krótkoterminowe	
Możliwość zaoszczędzenia energii	Działanie do skontrolowania
-	-
Wyższy koszt/możliwości długoterminowe	
Możliwość zaoszczędzenia energii	Działanie do skontrolowania
1. Zastosowanie systemów przechowujących energię cieplną (np. zasobniki zimna)	-
2. Stosowanie urządzeń zacieniających dla okien	-

Centralne ogrzewanie

Niski koszt/możliwości krótkoterminowe	
Możliwość zaoszczędzenia energii	Działanie do skontrolowania
1. Zastosowanie urządzenia kontrolującego zależnego od pogody regulującego temperaturę wody kotła w odniesieniu do temperatury na zewnątrz.	-
2. Zainstalowanie zaawansowanego timera dla planu operacyjnego kotła.	-
3. Izolacja systemu rur	-
4. Izolacja zbiorników przechowujących gorącą wodę	-
Wyższy koszt/możliwości długoterminowe	
Możliwość zaoszczędzenia energii	Działanie do skontrolowania
1. Podział dużych przestrzeni wewnętrznych na mniejsze obszary.	-
2. Zastosowanie ogrzewania promieniowania w przypadkach, gdzie wymaga się wysokich wskaźników wentylacji	-
3. Zastosowanie wentylacji przenośnej w przypadku, gdzie ogrzewane obszary wewnętrzne mają wysokość większą niż 6 metrów.	-

System wentylacyjny

Niski koszt/możliwości krótkoterminowe	
Możliwość zaoszczędzenia energii	Możliwość zaoszczędzenia energii
-	-
Wyższy koszt/możliwości długoterminowe	
Możliwość zaoszczędzenia energii	Możliwość zaoszczędzenia energii
1. Odzysk ciepła z wydychanego powietrza za pomocą napędu obrotowego.	
2. Jak największe zredukowanie ilości wentylowanego powietrza poprzez instalację: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Przełącznika czasowego; ▪ Czujnika wykrywającego obecność; ▪ Jakość powietrza; ▪ Urządzenie kontrolujące częstotliwość na głównym silniku grzałki 	
3. Zapobieganie przenikaniu powietrza przez drzwi za pomocą: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Izolacji cieplnej ▪ Zastłon przeciwko przeciągowi ▪ Poduszce powietrznej ▪ Drzwiom automatycznym ▪ Drzwiom suwanym ▪ Gumowej uszczelce pomiędzy drzwiami i progami zamiast szczoteczek lub braku uszczelki. 	

Źródło: www.bess-project.info

NP 6 8. Dalsze informacje
Najlepsza Praktyka dotycząca sposobu zredukowania użytkowania energii w budynku

W pomieszczeniach z dobrze kontrolowanymi systemami rachunki za ogrzewanie mogą być o 15-35% niższe niż w słabo kontrolowanych budynkach. Podobnie, korzystanie ze światła dziennego może obniżyć koszty za oświetlenie o 19% w typowym biurze. W połączeniu z działaniami personelu, zastosowanie automatycznych urządzeń kontrolnych może zapewnić, że te oszczędności zostaną osiągnięte. (Carbon Trust)

Na przykład jedna z firm, w których przeprowadzono audyt CARE+, stosuje specjalne lampy i obniża oświetlenie w granicach fabryki, które nie obejmują stanowisk pracy. Prowadzi to do zaoszczędzenia energii z oświetlenia na poziomie 50%.

NP 6 9. Lektura dodatkowa

1. Carbon Trust www.carbontrust.co.uk

Przykłady:

- a) Ogrzewanie, wentylacja i klimatyzacja, oszczędzanie energii bez kompromisowej wygody, CTV003,
- b) Przegląd technologii oświetleniowej CTV 021
- c) Arkusz dot. oszczędzania energii, Klimatyzacja, GIL 120
- d) Arkusz dot. oszczędzania energii, Wentylacja, GIL 130
- e) Jak utrzymać swój system ogrzewania, GIL 156
- f) Wspomaganie użytkowania energii w swoim budynku, CTL 003
- g) Stopnie w dniach dla zarządzania energią, CTG 004

2. Stopnie w dniach: strona internetowa Eurostat

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/database>

Najlepsze Praktyki 7. Jak poprawić efektywność użytkowania energii w silnikach i napędach

NP 7 1. Wstęp

W przemyśle chemicznym wykorzystuje się układy silnikowe i napędowe do wszelkiego rodzaju transportu płynów i transportu materiałów. Pochłania to stosunkowo dużą część całkowitej energii zużywanej w zakładzie (głównie energii elektrycznej). W związku z tym badanie potencjału poprawy efektywności użytkowania energii jest ekonomicznie uzasadnione, jako że może przynieść całkiem spore oszczędności finansowe.

Zbadanie potencjału poprawy efektywności użytkowania energii powinno polegać nie tylko na bliższym przyjrzeniu się samemu silnikowi lub napędowi, ale całej pracy takiego układu, w tym także urządzeniom napędzanym oraz temu, w jakich warunkach technicznych układ taki musi pracować.

Niewątpliwie najpowszechniej używanym rodzajem napędu w przemyśle chemicznym (i przemyśle w ogóle) jest elektryczny silnik klatkowy AC (prądu przemiennego). Ten rodzaj silnika jest faworyzowany z powodu stosunkowo niskich kosztów, wysokiej niezawodności i dostępności oraz małym wymogom konserwacyjnym. Inne rodzaje silników elektrycznych, takich jak silnik DC (prądu stałego), stosuje się do specjalnych celów. Niniejszy dokument koncentruje się na tym, jakie metody polepszenia efektywności użytkowania energii można zastosować przy stosowaniu silnika indukcyjnego prądu przemiennego. Niniejsza Najlepsza Praktyka nie obejmuje innych napędów, takich jak: silnik spalinowy tłokowy lub turbina parowa przeciwprężna, ponieważ nie są powszechnie używane w przemyśle chemicznym.

Niniejszy dokument opisuje wiele możliwości poprawy efektywności użytkowania energii, których wykorzystanie w danym przedsiębiorstwie można rozważyć. Oto one:

- Korzyści z programu zarządzania pracą silników i jak go wdrożyć;
- Decyzje o naprawie lub wymianie;
- Środki zmierzające do złagodzenia gorszej sprawności w przewymiarowanych układach napędowych;
- Korzyści z silników o wysokiej sprawności;
- Możliwości i korzyści z napędów częstotliwościowych (VSD-variable speed drives);
- Jak usprawnić system rozdziału mocy na terenie zakładu
- Różne środki dobrego gospodarowania dla układów napędowych.

NP 7 2. Charakterystyka eksploatacyjna silnika elektrycznego prądu zmiennego

W silniku indukcyjnym prądu zmiennego prąd zmienny doprowadzany do uzwojenia stojana wytwarza w stojanie magnetyczne pole wirujące. Magnetyczne pole wirujące indukuje prądy w przewodach wirnika, co w rezultacie generuje pole magnetyczne wirnika. Pole magnetyczne w wirniku podąża za polem magnetycznym stojana i tak tworzy się moment obrotowy, który napędza silnik. Są dwa typy silników indukcyjnych. Jeden z nich to silnik elektryczny asynchroniczny (lub ang. slip motor – silnik, którego wirnik obraca się z „poślizgiem”). Są także silniki synchroniczne, takie jak silnik z magnesem trwałym. Ten typ silnika wykorzystuje magnesy trwałe w wirniku, które śledzą magnetyczne pole wirujące stojana dokładnie z prędkością synchroniczną. W zasadzie prędkość silnika indukcyjnego warunkowana jest częstotliwością zasilającego prądu zmiennego (w Europie 50Hz), a także liczbą biegunów silnika oraz - w mniejszym stopniu - obciążeniem silnika. Silnik z 4 polami wiruje z połową prędkości silnika dwubiegunowego.

Najważniejszymi cechami eksploatacji określającymi wybór danego silnika elektrycznego są: moc, która ma być doprowadzona, zadana prędkość wirnika, zadany moment obrotowy oraz napięcie zasilania. Sprawność silnika zmienia się wraz z obciążeniem. Jest raczej stabilna przy obciążeniu wielkości 70% i 80%, nieco spada przy obciążeniu od 80% do obciążenia pełnego oraz od 70% do 50%. Poniżej 50% obciążenia, sprawność znacznie się pogarsza.

Prędkość elektrycznego silnika indukcyjnego prądu zmiennego zależy od częstotliwości sieci energetycznej (50Hz), liczby biegunów oraz charakterystyki poślizgowej między polami magnetycznymi stojana i wirnika (poślizg przy pełnym obciążeniu może zmieniać się od <1% do 5%). Zwykłe prędkości synchroniczne to: 3 000 obr/min (2 bieguny); 1 500 obr/min (4 bieguny); 1 000 obr/min (6 bieguny) i 750 obr/min (8 bieguny).

Wiele zastosowań wymaga prędkości innych od tych standardowych. Dlatego też silniki, a także urządzenia napędzane silnikiem, są zazwyczaj połączone za pomocą specjalnego urządzenia do dopasowania prędkości, takiego jak: skrzynka przekładniowa, napęd pasowy lub napęd częstotliwościowy. Ten ostatni może być sprzęgłem wiroprądowym, sprzęgłem hydraulicznym lub elektronicznym napędem częstotliwościowym (przełącznikiem częstotliwości). Sam silnik elektryczny może być wykonany jako silnik wielobiegowy dzięki zastosowaniu oddzielnych uzwojeń w samym stojanie lub zewnętrznego przełącznika, który może zmieniać ilość biegunów.

Układ zasilania powinien być wystarczająco silny, by dostarczać wymagany prąd, utrzymując napięcie zasilania na akceptowalnym poziomie. Sprawność silnika znacznie się zmienia, kiedy silnik pracuje przy napięciu +/-10% lub większym w porównaniu z napięciem znamionowym.

NP 7 3. Klasy sprawności silnika i działania w ramach polityki UE w zakresie silników elektrycznych

W ostatnich latach pojawiły się na rynku silniki elektryczne prądu zmiennego o wysokiej sprawności, które oferują znaczną oszczędność energii po rozsądnych kosztach zakupu. Dla zakresu mocy do 90kW Komisja Europejska oraz CEMEP, Europejski Komitet Producentów Maszyn. Elektrycznych i Urzędzeń Energoelektrycznych (europejskie stowarzyszenie handlowe zajmujące się silnikami) uzgodniło schemat klasyfikacji sprawności silników, który rozróżnia trzy kategorie sprawności znane jako: EFF1, EFF2 i EFF3 obejmujące silniki dwu- i czterobiegowe. Wszyscy producenci, którzy podpisali umowę, będą umieszczać stosowne logo sprawności na swoich silnikach umożliwiając tym samym łatwą identyfikację sprawności silnika.

Tabela 18 prezentuje klasy sprawności. Sprawności dotyczą projektowanego obciążenia oraz obciążenia 75% całkowicie zamkniętych, chłodzonych wentylatorem (IP 54 lub IP 55) silników klatkowych trójfazowych prądu zmiennego.

TABELA 18. KLASY SPRAWNOŚCI SILNIKÓW W UE

kW	EFF3 2- & 4-bieg (%)	EFF2 2- & 4-bieg (%)	EFF1 2-bieg (%)	EFF1 4-bieg (%)
1,1	< 76,2	≥ 76,2	≥ 82,2	≥ 83,8
1,5	< 78,5	≥ 78,5	≥ 84,1	≥ 85,0
2,2	< 81,0	≥ 81,0	≥ 85,6	≥ 86,4
3	< 82,6	≥ 82,6	≥ 86,7	≥ 87,4
4	< 84,2	≥ 84,2	≥ 87,6	≥ 88,3
5,5	< 85,7	≥ 85,7	≥ 88,6	≥ 89,3
7,5	< 87,0	≥ 87,0	≥ 89,5	≥ 90,1
11	< 88,4	≥ 88,4	≥ 90,5	≥ 91,0
15	< 89,4	≥ 89,4	≥ 91,3	≥ 91,8
18,5	< 90,0	≥ 90,0	≥ 91,8	≥ 92,2
22	< 90,5	≥ 90,5	≥ 92,2	≥ 92,6
30	< 91,4	≥ 91,4	≥ 92,9	≥ 93,2
37	< 92,0	≥ 92,0	≥ 93,3	≥ 93,6
45	< 92,5	≥ 92,5	≥ 93,7	≥ 93,9

55	< 93,0	≥ 93,0	≥ 94,0	≥ 94,2
75	< 93,6	≥ 93,6	≥ 94,6	≥ 94,7
90	< 93,9	≥ 93,9	≥ 95,0	≥ 95,0

Więcej informacji można znaleźć w:

- "Definition of Standards for High Efficiency Electric Motors" (Określenie standardów dla silników elektrycznych o wysokiej sprawności), maj 2004, OPET Network Słowenia
- Bazy danych Euro-DEEM (zob. <http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/eurodeem/>).

IEC (Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna) wydała normę IEC 60034-30 "Efficiency classes of single-speed three-phase cage induction motors (IE-code)" (Klasy sprawności jednobiegowych trójfazowych silników klatkowych) (kod IE), która rozróżnia cztery klasy sprawności silników elektrycznych od 0,75 kW do 375 kW: Tabela 19 przedstawia zwięzłe porównanie dwóch klasyfikacji.

TABELA 19. PORÓWNANIE KLASYFIKACJI IEC I UE

Klasa IEC	Klasa UE EFF	Opis
IE1	EFF2	Silnik standardowy
IE2	EFF1	Silnik o wysokiej sprawności
IE3		Silnik o sprawności Premium
IE4		Silnik Super Premium

Sprawności klasy IE3 ustawione są na 15-20% niższe straty w porównaniu z limitami klasy IE2 (tj. EFF1). Klasa IE4 nie jest jeszcze określona, ale przewiduje się kolejne wydania Normy IEC. Dane sprawności IE1,2 i 3 można znaleźć w/w normie IEC. Ponadto Przewodnik Motor MEPS zawiera informacje o klasach sprawności IE1,2 i 3 (Boteler, et al., Zürich 2009, patrz przewodnik na www.motorsystems.org).

Ostatnio Komisja Europejska ustanowiła nowy przepis, który będzie wyznaczał obowiązkowe normy minimalnej sprawności energetycznej dla silników elektrycznych klatkowych prądu zmiennego. Przepis ten bazować będzie na normie IEC 60034-30 (patrz wyżej) i obejmować będzie następujące rozwiązania:

- Do 2011: zakaz sprzedaży silników o sprawności poniżej IE2.
- Do 2015: większe silniki muszą spełniać wymogi klasy IE3 lub IE2, jeśli silnik posiada napęd częstotliwościowy.
- Do 2017: wszystkie silniki muszą spełniać wymogi klasy IE3 lub IE2, jeśli silnik posiada napęd częstotliwościowy.

Przemysł chemiczny uznaje ten cel za bardzo ambitny. Obecnie producenci silników mają trudności z uzyskaniem sprawności większej niż IE2 bez znaczących zmian projektowych lub stosując większe rozmiary ram.

NP 7 4. Program zarządzania zasobami silników

Mając program zarządzania zasobami silników można z wyprzedzeniem planować wymianę silników i napędów w oparciu o wiedzę i przegląd obecnie stosowanych w przedsiębiorstwie silników i napędów, uwzględniając ich zastosowanie i jakość. Będzie to narzędzie pomocne w ocenie oszczędności energii i kosztów, zmniejszy także czas postoju oraz zminimalizuje przerwy w pracy na skutek awarii silnika.

Program zarządzania zasobami silników składa się z dwóch części:

- Wykazu silników i
- Profili obciążeniowo-czasowych.

NP 7 4.1. Wykaz silników

Aby sporządzić ten wykaz, należy podzielić zakład na obszary logiczne i spisać wszystkie silniki, począwszy od tych o największej mocy. Należy ustanowić własne progi minimalne dotyczące mocy i godzin pracy, przy czym bardzo małe silniki i silniki o niewielkiej użyteczności wyklucza się z tego przeglądu. Wykaz powinien zawierać wszelkie istotne informacje o silnikach, takie jak:

- Dane identyfikacyjne pojedynczego silnika i informacje z jego tabliczki znamionowej
- Funkcja i rodzaj działania (np. pompa wody zasilającej kocioł, działanie ciągłe lub nieciągłe)
- Prędkość silnika i zasilanego urządzenia
- Typ regulacji częstotliwościowej, jeśli znajduje zastosowanie
- Sprawność obliczeniowa
- Napięcie robocze, prąd w amperach i współczynnik mocy
- Średnie roczne godziny pracy
- Średnie obciążenie silnika i średnia sprawność silnika
- Ilość i rodzaj napraw

W zależności od wieku silnika nie wszystkie z powyższych informacji mogą być bezpośrednio dostępne (takie jak np. dane z zakresu sprawności oraz współczynnik mocy). Jeśli taka jest sytuacja, należy skontaktować się z producentem, aby uzupełnić brakujące informacje.

Jeśli rzeczywiste obciążenie silnika nie zostało jeszcze określone, można przeprowadzić pomiar napięcia, prądu, współczynnika mocy oraz prędkości wykonując pomiary tymczasowe w celu ustalenia średniego obciążenia i średniej sprawności silnika.

Poniżej wymienia się wymagane pomiary dla każdego silnika (w systemie trójfazowego zasilania):

- Napięcie międzyfazowe między wszystkimi trzema fazami
- Wartości natężenia w amperach dla wszystkich trzech faz
- Współczynnik mocy we wszystkich trzech fazach
- Prędkość robocza silnika i obciążenie

Pomiary te powinien wykonać uprawniony elektryk.

NP 7 4.2. Profile obciążenia w czasie

Drugim użytecznym narzędziem będzie przygotowanie profili obciążeniowo-czasowych dla grupy większych silników, aby zebrać więcej szczegółowych informacji na temat godzin pracy w ciągu roku oraz obciążeń i sprawności. Wymaga to serii pomiarów opisanych już przy okazji wykazu silników, ale wykonywanych na różnych zmianach, w czasie różnych pór roku w celu dostarczenia niezbędnych danych wejściowych. Profile obciążenia w czasie mogą okazać się pomocne przy podejmowaniu decyzji o wymianie niesprawnie działających i/lub przewymiarowanych silników i ocenie napędów częstotliwościowych wykorzystywanych w przedsiębiorstwie.

NP 7 5. Główne obszary potencjalnych możliwości poprawy efektywności użytkowania energii

Mając powyższe podstawowe informacje, można zbadać możliwości usprawnień systemów silnikowych i napędowych. W tym celu należy przyjrzeć się czterem obszarom:

- Wymianie standardowych silników na silniki o wysokiej sprawności;
- Wymianie przewymiarowanych silników na mniejsze silniki o wysokiej sprawności;
- Instalacji napędów częstotliwościowych w roli regulatorów oraz
- Środkom dobrego gospodarowania z wykorzystaniem systemów napędowych.

Każdy z powyższych obszarów jest szczegółowo omówiony w następujących punktach.

NP 7 5. 1. Wymiana silników standardowych na silniki o wysokiej sprawności

Wymianę standardowego silnika na silnik o wysokiej sprawności (HE) można rozważyć w sytuacji, gdy:

- silnik wymaga wymiany, ponieważ skończył się jego okres żywotności;
- silnik się zepsuł i wymaga naprawy bądź
- oszczędności kosztów tworzą sprzyjające warunki do wymiany.

Awarie silnika często wynikają z nieprawidłowości izolacji uzwojenia stojana. Przewijanie i regeneracja silnika to powszechna praktyka. Alternatywą mogłaby być wymiana silnika standardowego na silnik wysokosprawny oraz korzystanie ze zwiększonej sprawności.

Średnio silniki wysokosprawne są o ok. 2 punkty procentowe sprawniejsze niż nowe standardowe silniki elektryczne. Silniki przewijane tracą jednak trochę sprawności (ok. 0,5 punktu procentowego po każdej naprawie). Inwestycja w silnik wysokosprawny w standardowej obudowie oznacza sprawność wyższą o ok. 4%.

Wymiana starego silnika na silnik wysokosprawny zamiast standardowego silnika, może być tak korzystna jak pokazano w poniższym przykładzie.

NP 7 5. 2. Analiza biznesowa dla silników EFF1

Roczne oszczędności można obliczyć na podstawie poniższego wzoru:

$$\text{Oszczędności} = \text{hrs} \times \text{kW} \times \%FL \times (\text{€/kWh}) \times (100/\eta_{\text{standard}} - 100/\eta_{\text{HE}})$$

Gdzie:

Oszczędności = roczne oszczędności kosztów energii elektrycznej [€/rocznie]

Hrs = godziny pracy rocznie (godziny)

kW = moc znamionowa silnika (kW)

%FL = średnia sprawność znamionowa, z którą pracuje silnik (%)

€/kWh = koszt energii elektrycznej (€/kWh)

η_{standard} = sprawność istniejącego silnika (%)

η_{HE} = sprawność silnika wysokosprawny (%)

Informacja dotycząca %FL powinna być dostępna na podstawie wykazu silników i profili obciążeniowo-czasowych. Jeśli nie zna się sprawności istniejącego silnika, wskaźnikiem może być górny poziom EFF3. Jeśli dany silnik był naprawiany, należy uwzględnić dodatkową stratę wielkości 0,5 punktu procentowego za każdą naprawę.

Przykład

Załóżmy, że czterobiegunowy silnik o mocy 22kW pracuje przy 75% obciążeniu przez 6000 godzin rocznie, przy kosztach za energię elektryczną wielkości 0,08 €/kWh. Jakie będą roczne oszczędności po wymianie tego silnika na silnik wysokosprawny? Standardowa sprawność to 90%, natomiast sprawność silnika wysokosprawnego klasy EFF1 to 92,6%. Roczne oszczędności wyniosą:

$$\text{Oszczędności} = 6\,000 \times 22 \times 0,75 \times 0,08 \times (100/90 - 100/92,6) = 247 \text{ €/rocznie.}$$

Inwestycja w silnik wysokosprawny może być rzędu 700€. Prosty okres zwrotu inwestycji to okres 2,8 lat.

NP 7 6. Jak poprawić sprawność w przewymiarowanych systemach napędowych

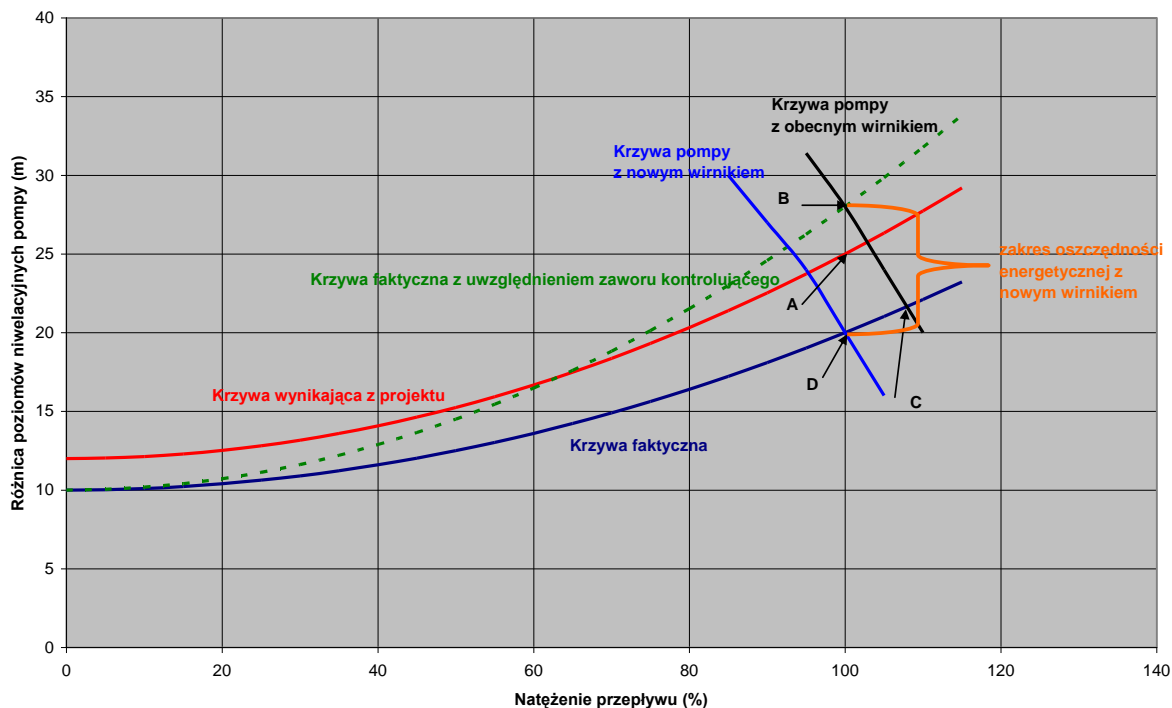
W wyniku konserwatywnych praktyk inżynierskich systemy napędowe są zazwyczaj znacznie większe niż potrzeba. Na przykład pompy odśrodkowe są często przewymiarowane z powodu marginesów bezpieczeństwa, stosowanych na różnych etapach projektowych, począwszy od projektu technologicznego po specyfikację zakupu oraz projekt producenta. Wszystko po to, by mieć pewność, że produkt spełni warunki gwarancji. Ponadto warunki pracy urządzeń w zakładzie mogły się zmienić powodując przewymiarowanie systemów. W konsekwencji napędzane urządzenia i silnik elektryczny pracują poza swoim optymalnym obszarem sprawności. Jeśli taka jest sytuacja, można rozważyć kilka sposobów poprawy.

NP 7 6.1. Zmniejszenie średnicy lub wymiana wirników w przewymiarowanych pompach.

Jeśli pompa pracuje w warunkach zupełnie odmiennych od jej znamionowego punktu pracy, na przykład dlatego, że ciśnienie w systemie okazuje się być dużo niższe od przewidywanego w projekcie i w związku z tym wysokość podnoszenia pompy jest dużo mniejsza niż oczekiwano. Spowoduje to stratę energii na skutek regulacji wydatku przez dławienie przepływu lub wykorzystanie regulacji obejściowej.

Przy tego rodzaju pracy urządzenia, można rozważyć albo zmniejszenie średnicy albo wymianę wirnika pompy. Zmniejszenie średnicy oznacza obróbkę skrawaniem takiego wirnika w celu zmniejszenia jego wymiarów. Można to wykonać jedynie po konsultacji z producentem pompy, aby zachować akceptowalne technicznie wymiary wirnika. Jeśli zmniejszenie średnicy nie jest możliwe, można rozważyć wymianę wirnika na wirnik z mniejszą średnicą. Rysunek 26 ilustruje wykres charakterystyki pracy pompy.

RYSUNEK 26. EFEKT WYMIANY WIRNIKA POMPY



- Punkt A to oryginalnie projektowany punkt pracy na wykresie charakterystyki zaprojektowanego układu.
- Punkt B to rzeczywisty punkt pracy pompy.
- Sterowanie poprzez dławienie zaworem (dławienie przepływu od punktu C do B) wprowadzają dodatkowe straty na krzywej układu (patrz wykropkowaną linię).
- W oparciu o rzeczywistą krzywą układu – bez strat z powodu dławienia – punkt D stanowi punkt idealny dla pracy pompy (oczywiście z pewnym marginesem na odchylenia przepływu).

Obniżenie mocy z nowym wirnikiem można obliczyć za pomocą poniższego wzoru:

$$P_2 = P_1 \times (H_2 \times Q_2) / (H_1 \times Q_1) \times (\eta_1 / \eta_2)$$

Gdzie:

Q = natężenie przepływu (m³/h)

H = wysokość podnoszenia pompy (m słupa cieczy)

- η = sprawność hydrauliczna pompy (%)
1 = z wirnikiem oryginalnym
2 = po modyfikacji

Jeśli natężenie przepływu się nie zmienia ($Q_1 = Q_2$) wzór wygląda następująco:

$$P_2 = P_1 \times (H_2 / H_1) \times (\eta_1 / \eta_2)$$

PRZYKŁAD

Założmy, że pompę o mocy 110kW pracującą 6 000 godzin rocznie wyposaży się w nowy wirnik, który zmniejszy wysokość podnoszenia pompy z 28 na 20 m, po to by przepompować ten sam strumień cieczy, natomiast sprawność polepszy się z 60% na 70%. Wobec tego moc pobierana przez pompę z nowym wirnikiem zmniejszy się odpowiednio:

$$P_2 = 110 \times (20/28) \times (60/70) = 67 \text{ kW}$$

Roczne oszczędności wyniosą $(110 - 67) \times 6\,000 = 258\,000$ kWh. Jeśli 1 kWh kosztuje 0,08 €/kWh, roczne oszczędności wyniosą 20 640 €.

NP 7 6.2. Wymiana przewymiarowanego i niedociążonego silnika

Z tych samych powodów co wyżej wymienione, silniki rzadko pracują na pełnym obciążeniu. Silniki pracujące poniżej 50% ich mocy znamionowej nie stanowią wyjątków w przemyśle chemicznym. Sprawności silników są stosunkowo stałe przy obciążeniu w granicach od 70 do 80%, przy obciążeniu 80% i większym oraz obciążeniu od 50% do 70% sprawność silników nieco spada. Poniżej 50% obciążenia sprawność zaczyna się znacznie pogarszać.

Korzystając z przygotowanego wykazu silników można sprawdzić, które silniki pracują na niskich obciążeniach i jaka jest ich sprawność. Silniki, które pracują na obciążeniach niższych niż 50% ich mocy znamionowej przez ponad 2 000 godzin rocznie, nadają się do modernizacji. Mając takie silniki należałoby przeprowadzić ekonomiczną analizę wymiany istniejącego silnika na mniejszy silnik wysokosprawny lub sporządzić harmonogram remontu generalnego takiego silnika. Aby dokładnie skalkulować rzeczywiste oszczędności należy skonsultować się ze specjalistą elektrykiem oraz producentem silników, aby uwzględnić wszystkie aspekty elektryczne takiej modyfikacji. Niemniej ważne są efekty dotyczące prędkości obrotowej silnika wysokosprawnego w porównaniu z wymienionym silnikiem standardowym. Rzeczywista prędkość robocza silnika indukcyjnego jest nieco mniejsza (1-5%) niż prędkość synchroniczna. Tę różnicę w prędkości określa się mianem „poślizgu”. Silniki wysokosprawne często pracują ze zredukowanym poślizgiem. Różnica ta może okazać się znacząca przy obliczaniu oszczędności z modernizacji silnika, ponieważ zużycie mocy zmienia się proporcjonalnie do trzeciej potęgi prędkości.

Sprawność roboczą i obciążenie silnika określa się na podstawie pomiarów w zakładzie oraz informacji zawartej na tabliczce znamionowej urządzenia. Aby obliczyć obciążenie częściowe silnika należy zmierzyć napięcie, prąd i współczynnik mocy dla wszystkich trzech faz. Obciążenie silnika można następnie obliczyć za pomocą następującego wzoru:

$$P = \text{Voltage}_{avg} \times \text{Amp}_{avg} \times \text{PF}_{avg} \times \sqrt{3}$$

Gdzie:

- P = obciążenie silnika
Voltage_{avg} = średnie napięcie z trzech faz
Amp_{avg} = średnie natężenie prądu z trzech faz
PF_{avg} = średni współczynnik mocy z trzech faz

NP 7 7. Technologie falownikowe

Regulacja przepływu w urządzeniach takich jak pompy, wentylatory i sprężarki, napędzanych elektrycznym silnikiem indukcyjnym oraz pracujących ze stałą prędkością obrotową przeprowadza się często poprzez dławienie, przy pomocy zaworów regulacyjnych od strony

łocznej lub ssącej urządzenia lub poprzez regulację obejściową. W takim przypadku część przepływu jest zawracana bezpośrednio do strony ssącej obchodząc użytkowników końcowych.

W przypadkach, gdy jest zapotrzebowanie na przepływ zmienny oraz na stosunkowo małą statyczną wysokość podnoszenia, napędy wykorzystujące przemiennik częstotliwości w połączeniu z silnikami indukcyjnymi prądu zmiennego mogą okazać się skutecznym i ekonomicznym rozwiązaniem alternatywnym dla dławieniowej regulacji przepływu, czy też regulacji obejściowej, bądź dla regulacji typu włącz/wyłącz. Zapotrzebowanie na moc zmienia się proporcjonalnie do trzeciej potęgi prędkości silnika pompy czy sprężarki. Jednakże w zastosowaniach, w których wymagany jest bardziej stały przepływ i/lub statyczna wysokość podnoszenia stanowi istotną część całkowitej wysokości podnoszenia, napęd częstotliwościowy nie będzie ekonomicznym sposobem sterowania przepływem.

Na rynku jest duża różnorodność napędów częstotliwościowych. Do starszych typów regulatorów prędkości należą:

- Mechaniczny i hydrauliczny regulator bezstopniowy;
- Wiroprądowy regulator bezstopniowy;
- Silnik elektryczny wielobiegowy.

Obecnie elektroniczny napęd częstotliwościowy (często zwany przemiennikiem częstotliwości, falownikiem) staje się coraz bardziej powszechnie stosowanym rozwiązaniem do regulacji prędkości, dzięki swoim możliwościom regulacyjnym i z powodu wyższej sprawności jest zwykle bardziej ekonomiczny i może być wykorzystywany w szerokim zakresie mocy użytecznej.

NP 7 7.1. Mechaniczne i hydrauliczne napędy bezstopniowe

Mechaniczne napędy bezstopniowe wykorzystują mechanizm koła pasowego z regulowaną prędkością pasa jako przekładni bezstopniowej między silnikiem i urządzeniem napędzanym do przekształcenia stałej prędkości wyjściowej na zmienną prędkość wyjściową. Hydrauliczne napędy bezstopniowe wykorzystują typ sprzęgła hydraulicznego między silnikiem a napędzanym urządzeniem, w którym moment obrotowy jest przekazywany poprzez olej hydrauliczny. Prędkość wyjściową reguluje się kontrolując poślizg między dwoma częściami sprzęgła hydraulicznego (tj. element prędkości stałej od strony silnika i element prędkości zmiennej od strony napędzanego urządzenia). Sprzęgłem hydraulicznym steruje hydrauliczny układ olejowy z pompami i chłodnicami.

NP 7 7.2. Wiroprądowe napędy bezstopniowe

Jak w przypadku sprzęgła hydraulicznego wiroprowadowy napęd bezstopniowy jest także rodzajem regulatora prędkości wykorzystującym zmianę poślizgu. Składa się z bębna połączonego z wałem obracającym się ze stałą prędkością, który otacza wirnik połączony z wałem obracającym się ze zmienną prędkością oraz małego kołpaka powietrznego między bębniem a wirnikiem. Tworzy się zmienne pole magnetyczne, przez które moment obrotowy jest przekazywany z bębna do wału obracającego się ze zmienną prędkością. Sprawność napędu wiroprowadowego zależy od wilkości „poślizgu” (tj. różnicy między prędkością przy pełnym obciążeniu a prędkością roboczą). Na przykład przy 80% prędkości sprawność napędu może mieścić się w zakresie 76-80%. W porównaniu z nowoczesnymi elektronicznymi napędami VSD napędy wiroprowadowe są mniej sprawne. W porównaniu z elektronicznymi napędami VSD mają stosunkowo wysokie straty mechaniczne.

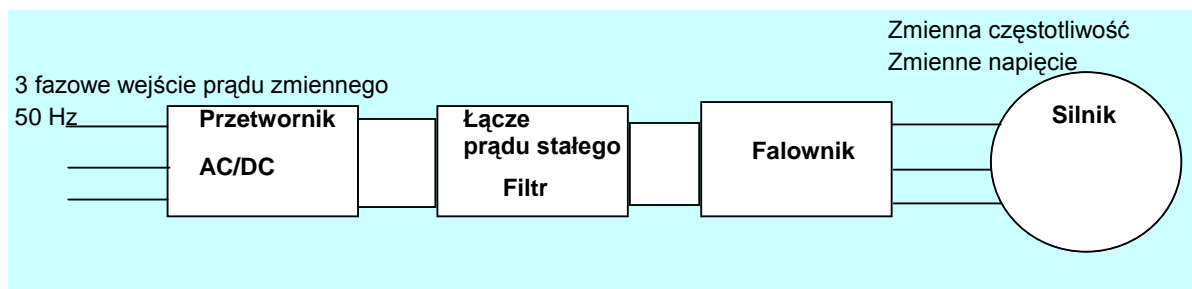
NP 7 7.3. Silniki wielobiegowe

Silniki indukcyjne prądu zmiennego mogą być wyposażone w różne konfiguracje uzwojeń, by silnik mógł pracować na dwóch lub czterech biegach. Silniki wielobiegowe stosuje się najczęściej w sytuacjach, gdzie wymagana jest stopniowa regulacja przepływu. Do typowych przykładów zastosowań należą systemy wentylacyjne z wentylatorami wież chłodniczych.

NP 7 7.4. Elektroniczne napędy VSD (przezienniki częstotliwości, falowniki)

Zwykły silnik prądu zmiennego pracuje ze stałą prędkością określoną częstotliwością zasilania (50Hz). Wirujące pole magnetyczne indukowane w silniku jako siła napędowa jest bezpośrednio związane z częstotliwością napięcia zasilania. Technologia elektronicznego VSD umożliwia przekształcenie stałej częstotliwości w częstotliwość zmienną. Jak pokazano na Rysunku 27 VSD składa się z przetwornika AC/DC, który przetwarza prąd zmienny na prąd stały, filtra prądu stałego do utworzenia właściwego prądu stałego i z przetwornika DC/AC, który przekształca napięcie prądu stałego na zmienne napięcie prądu zmiennego, przy zmiennej częstotliwości. Następnie moc wyjściową prądu zmiennego doprowadza się do silnika.

RYСУNEK 27. OGÓLNA KONFIGURACJA ELEKTRONICZNEGO VSD



Rozważając zastosowanie VSD należy uwzględnić kilka aspektów:

- Może okazać się, że obecny silnik elektryczny prądu zmiennego nie nadaje się do zastosowania z elektronicznym VSD, z powodu kształtu wynikowej krzywej napięcia. Najprawdopodobniej będzie trzeba wymienić taki silnik na silnik wysokosprawny.
- Napędy VSD mogą generować wyższe harmoniczne w układzie zasilania, co może wpłynąć na innych użytkowników. W takim przypadku trzeba także zainstalować filtry harmonicznych.
- Z powodu konieczności zasilania układów elektronicznych, napędy VSD należy umieszczać w miejscach czystych i suchych.

Etapy konwersji w VSD z prądu zmiennego na prąd stały i na wynikowy prąd zmienny wymagają dostarczenia energii. Napędy VSD mają zazwyczaj sprawność rzędu 92-95%. Występujące straty należy uwzględnić w ogólnej ocenie ekonomicznej.

VSD mają możliwość „miękkiego” uruchomienia silnika (tzw. soft startu) unikając przy tym wysokich prądów rozruchowych i zmniejszając spadki napięcia w układzie.

Ostatnie rozwiązania techniczne polegają na integracji VSD z silnikiem. Ma to wiele zalet, takich jak: niskie koszty instalacji oraz eliminacja problemów spowodowanych interferencją elektromagnetyczną itp. Przykład zintegrowanego VSD ilustruje Rysunek 28.

RYSUNEK 28. ZINTEGROWANY VSD


Źródło: Siemens

Obecnie wykorzystuje się VSD w niższych zakresach mocy (do ok. 15 kW). Jest wiele różnych rodzajów elektronicznych napędów VSD, zatem aby wybrać najwłaściwszy należy skonsultować się z dostawcą.

NP 7 8. Możliwości i korzyści ze stosowania napędów bezstopniowych.
NP 7 8.1. Zastosowania zmiennego i stałego momentu obrotowego

Oceniając możliwość zastosowania napędu bezstopniowego ważne jest także określenie rodzaju momentu obrotowego wymaganego dla konkretnego napędzanego urządzenia. Przy maszynach wirowych, takich jak pompy, wentylatory powietrza i sprężarki ciśnienie na wylocie pompy, wentylatora lub sprężarki składa się z części statycznej (statycznej wysokości podnoszenia) i części dynamicznej. Część statyczną określa ciśnienie w punkcie zasilania, np. ciśnienie w zbiorniku lub ciśnienie użytkowników końcowych w układzie sprężonego powietrza. Część dynamiczna to tarcie przepływu cieczy, które kumuluje się w układzie od punktu zasilania do punktu użytkownika końcowego i zmienia się proporcjonalnie do drugiej potęgi prędkości przepływu płynu.

Zastosowania, w których statyczna wysokość podnoszenia stanowi stosunkowo dużą część całkowitego ciśnienia zasilania, wymagają niemal stałego momentu obrotowego w całym zakresie regulacji przepływu (zmienny przepływ przy stałym ciśnieniu). Do przykładów powyższych zastosowań zalicza się sprężarki powietrza, miksery i przenośniki. Zastosowania ze stosunkowo dużą częścią ciśnienia dynamicznego, wymagają bardziej zmiennego momentu obrotowego przez cały zakres sterowania przepływem (zmienny przepływ przy zmiennym ciśnieniu). Do przykładów powyższych zastosowań zalicza się wentylatory powietrza i układy pompujące.

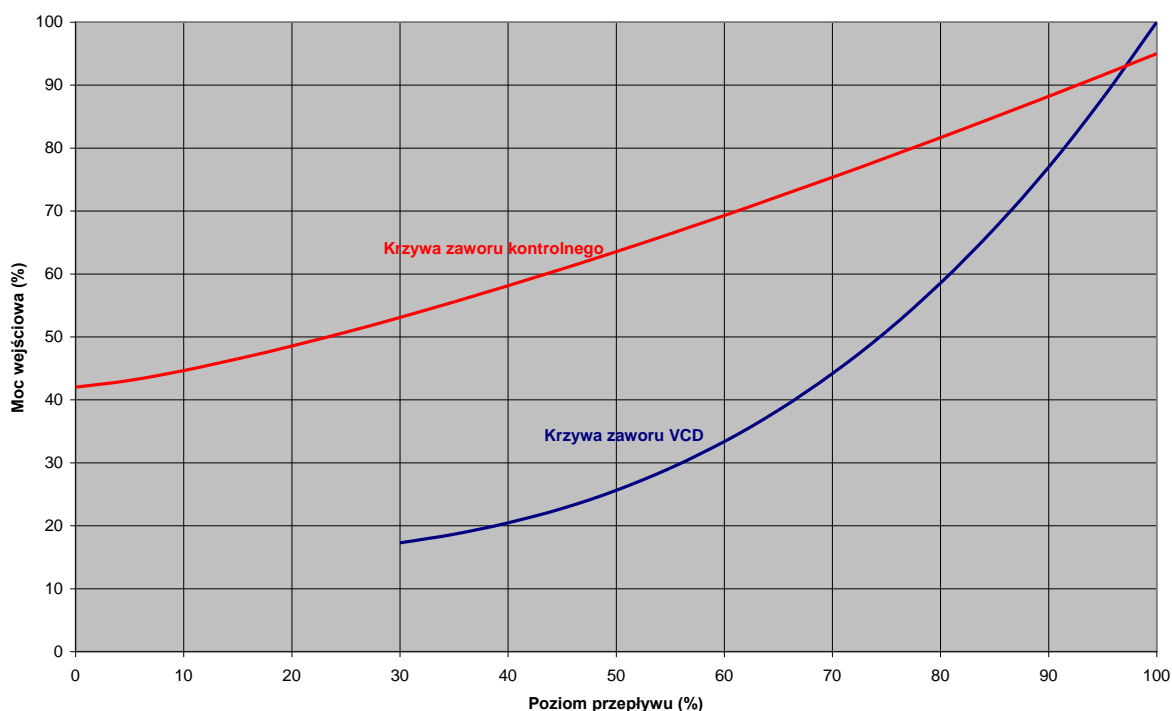
Potencjał oszczędności energetycznej przy wykorzystaniu napędów częstotliwościowych zależy od rodzaju momentu obrotowego wymaganego dla danego zastosowania. Napędy z bardziej zmiennym momentem obrotowym zapewnią stosunkowo większe oszczędności niż te ze stałym momentem obrotowym. Przy stałym momencie obrotowym energia pobrana maleje niemal liniowo wraz z malejącą prędkością, natomiast przy zmiennym momencie obrotowym maleje do drugiej potęgi prędkości. W związku z powyższym najbardziej interesującym zastosowaniem wartym rozważenia w kolejności preferencji są:

- Pompy
- Wentylatory powietrza
- Sprężarki technologiczne
- Sprężarki powietrza
- Przenośniki
- Inne.

NP 7 8.2. Pompy

Najczęściej stosowanym regulatorem przepływu w układach pompowych jest zawór regulacyjny na wylocie pompy. Rozwiązanie to przynosi często straty energii, ponieważ pompa nie pracuje w swoim optymalnym punkcie pracy. Stosowanie napędu bezstopniowego zamiast zaworu dławiącego może przynieść znaczną poprawę efektywności użytkowania energii, a co za tym idzie także oszczędność kosztów. Zilustrowano to na Rysunku 29, gdzie zapotrzebowanie na moc przy stałej prędkości i zaworze regulacyjnym porównuje się do zapotrzebowania przy stosowaniu napędu bezstopniowego.

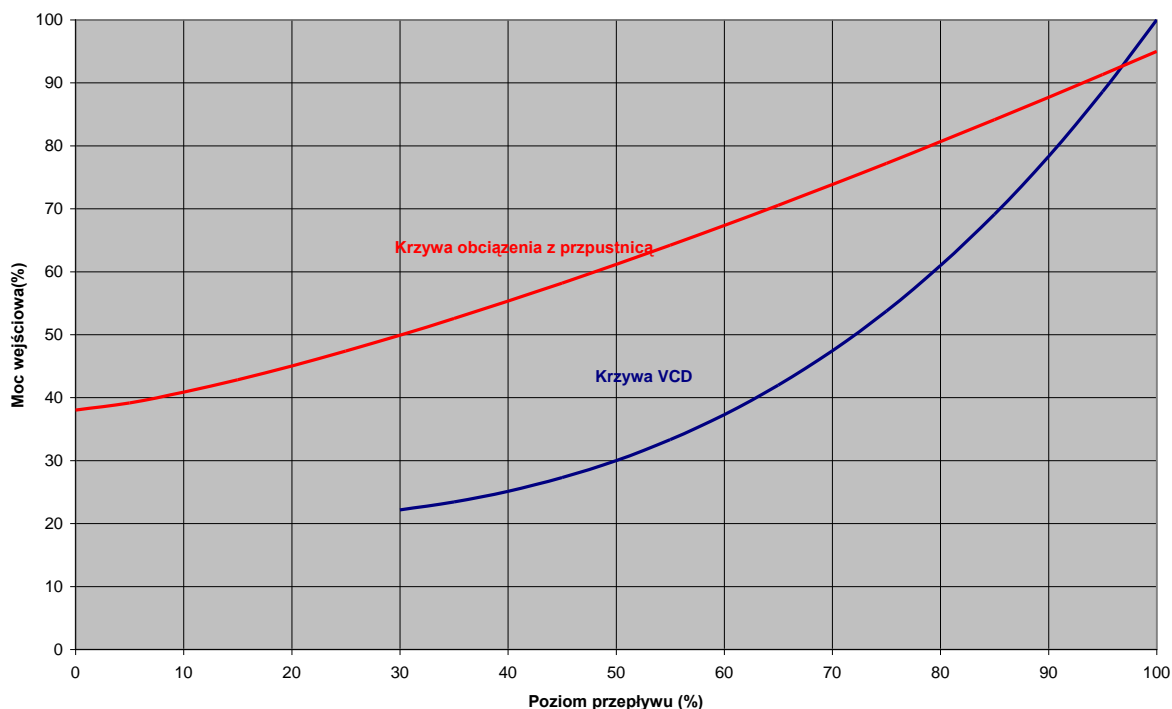
RYСУNEK 29. PORÓWNANIE REDUKCJI POBORU MOCY W POMPACH Z VSD I ZAWOREM DŁAWIĄCYM



Oś pozioma przedstawia przepływ jako procent przepływu obliczeniowego. Oś pionowa ilustruje moc pobraną jako skalę procentową mocy wymaganej przez VSD. W przypadku zastosowania zaworu dławiącego moc wymagana maleje liniowo wraz rosnącym przepływem (sprawność pompy także maleje). W przypadku zastosowania napędu bezstopniowego moc wymagana maleje mniej więcej z drugą potęgą malejącego przepływu (z trzecią potęgą prędkości). W tym przykładzie VSD można stosować aż do minimalnej wielkości 30% przepływu. Poniżej tego punktu prędkość pompy jest zbyt mała, by zapewnić wystarczające ciśnienie wylotowe, aby odpowiadało wartości ciśnienia w układzie (głównie wysokości statycznej podnoszenia cieczy). Z powodu strat naturalnych VSD, napęd ten jest mniej skuteczny niż zawór regulacyjny przy przepływach w zakresie od 100% do 95%.

NP 7 8.3. Wentylatory

Podobnie jak w przypadku pompy, stosuje się zawór regulacyjny, tak w wentylatorach często stosuje się kłapy do sterowania przepływem. Redukcja prędkości obrotowej jest bardziej efektywną energetycznie formą sterowania. Rozwiązanie to zilustrowano na Rys. 30.

RYСУNEK 30. PORÓWNANIE REDUKCJI OBCIĄŻENIA W WENTYLATORACH Z VSD I KLAPĄ

Przykład oszczędności energetycznej przy wykorzystaniu VSD

Założmy, że wentylator pracuje przez 6 000 godzin rocznie przy średnim natężeniu przepływu stanowiącym 60% wydajności obliczeniowej. Moc obliczeniowa wynosi 160 kW.

W przypadku regulacji klapą roczne zużycie energii wynosi:

$$68\% \times 160 \text{ kW} \times 6\,000 \text{ h} = 652,800 \text{ kWh/rok}$$

W przypadku VSD roczne zużycie energii wynosi:

$$38\% \times 160 \text{ kW} \times 6\,000 \text{ h} = 364,800 \text{ kWh/rok}$$

Roczne oszczędności przy wykorzystaniu VSD wynoszą 288 000 kWh. Jeśli 1 kWh kosztuje 0,08 €/kWh, roczne oszczędności finansowe wyniosą 23 040 €.

NP 7 8.4. Sprężarki

Potencjał zastosowania napędów częstotliwościowych w sprężarkach w znacznym stopniu zależy od typu sprężarki, wymaganego typu momentu obrotowego (bardziej stałego lub bardziej zmiennego) oraz obecnie stosowanej formy regulacji wydatku. Na przykład pracujące w systemie sprężarki odśrodkowe lub sprężarki osiowe z dużą wysokością statyczną podnoszenia, nie są dobrymi kandydatami dla napędów częstotliwościowych. Natomiast w przypadku sprężarek ze stałym momentem obrotowym, takich jak sprężarki tłokowe czy sprężarki śrubowe stosując napęd częstotliwościowy, można osiągnąć poprawę, bowiem zastąpi się mniej efektywną regulacją wydatku. Należy także pamiętać, że często sprężarka waporowa musi pracować z prędkością nieco powyżej minimalnej prędkości dopuszczalnej. W związku z tym zawsze przy rozważaniu tego rodzaju modernizacji zaleca się konsultację z dostawcą sprężarki.

NP 7 9. Lista działań dla silników i napędów
Poniżej przedstawiono listę właściwych działań z zakresu gospodarowania.

Działania z zakresu dobrego gospodarowania	
1	Wyłączać silniki, jeśli się ich nie wykorzystuje,
2	Wykonywać regularnie przeglądy wszystkich elementów systemów napędowych
3	Sprawdzać osiowanie sprzęgła, smarowanie oraz stan uszczelnień pompy
4	Wymieniać uszczelki w przypadku zauważenia nadmiernego wycieku spod uszczelki
5	Regularnie sprawdzać stan silników elektrycznych, m.in. stan izolacji uzwojenia silnika
6	Prowadzić przeglądy sprzętu napędzanego przekładnią pasową. Gromadzić dane dotyczące zastosowania i godzin pracy. Określić efektywność kosztową wymiany pasów klinowych na pasy zębate albo pasy synchroniczne.
7	Prowadzić przeglądy dotyczące jakości energii elektrycznej w zakładzie
8	Sprawdzić system zasilania na okoliczność nierównomiernie rozłożonych obciążeń fazowych
9	Wyeliminować wahania napięcia, ponieważ mogą poważnie pogorszyć sprawność i skrócić żywotność silników trójfazowych
10	Wyeliminować nadmierne spadki napięcia w sieci zakładowej
11	Sprawdzić współczynnik mocy w sieci zakładowej i ocenić środki mające poprawić współczynnik mocy

Poniżej przedstawiono dodatkowy wykaz czynności kontrolnych dla silników.

Silniki

Możliwość zaoszczędzenia energii	Działanie do skontrolowania
1. Upewnienie się, że pojemność silnika nie przewyższa 25% przy przekroczeniu pełnej ładowności.	-
2. Zainstalowanie urządzeń kontrolnych silnika (napięcie, wskaźnik mocy i ustalone kontrolki prędkości).	-
3. Wbudowany w urządzenia typu "soft-start".	-
4. Zainstalowanie różnorodnych napędów prędkościowych	-
5. Zainstalowanie wysoko efektywnych silników	-

Źródło: www.bess-project.info

NP 7 10. Dalsze informacje

Najlepsze Praktyki: Jak zwiększyć efektywność energetyczną za pomocą silników i napędów

Jako część ogromnej grupy działań, które razem prowadzą do oszczędności energii na poziomie ponad 40% na zapotrzebowaniu na podstawowe obciążenie, MŚP przemysłu chemicznego w miejsce starych i mało wydajnych silników elektrycznych wprowadziły silniki wysoko wydajne. Działanie to zaowocowało zaoszczędzeniem 10% energii stosowanej dla silników i uzyskaniem średniego okresu spłaty w wysokości 2 lat.

NP 7 10.1 Dodatkowa lektura

1. Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Przykłady

- a. Zróżnicowane silniki napędowe, Przetawienie możliwości oszczędzenia energii dla firm. CTG006.

- b. Sprężone powietrze CTV017
 - c. Silniki i napędy CTV016
2. Usprawnienie działania systemu silnika i napędu: Podręcznik ze źródłami dla przemysłu, US DOE, Biuro EERE,
<http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/motors.html>
3. Zróżnicowane pompowanie mocy, Przewonik po skutecznych zastosowaniach, US DOE, Biuro EERE,
www.pumps.org, www.europump.org
4. Klasy efektywności silników
www.motorsystems.org

Najlepsze Praktyki 8**Jak poprawić efektywność użytkowania energii w danym przedsiębiorstwie****NP 8 1. Wstęp**

Zakłady przemysłu chemicznego posiadają wiele energochłonnych urządzeń technologicznych. W związku z tym poszukiwania możliwości poprawy wydajności energetycznej jest ekonomicznie uzasadnione. Potencjał oszczędności energetycznych można badać w zakresie samej pracy urządzeń technicznych a także szukać go w możliwościach odzysku ciepła w obszarach technologicznych. Ta Najlepsza Praktyka opisuje kilka możliwych usprawnień w procesach technologicznych, takich jak: destylacja, odparowanie i osuszanie. Ze względów praktycznych opisano je w sposób ogólny, jako że istnieje wśród nich duża różnorodność. Kwestia możliwości ich zastosowania w konkretnej sytuacji danego przedsiębiorstwa wymaga rozważenia, wspólnie z ekspertami technicznymi w danej dziedzinie. Ponadto opisano także potencjalne zastosowania technologii membranowych oraz wielu technologii odzysku ciepła wysokotemperaturowego, ponieważ stanowią one ogromny potencjał oszczędności energetycznych. Ostatnia część opisuje skrótowo strukturalną metodę analizy odzysku ciepła (analizę „pinch method”), którą można zastosować do identyfikacji możliwości odzysku ciepła w danym przedsiębiorstwie.

NP 8 2. Obszary technologiczne z potencjałem poprawy efektywności użytkowania energii**NP 8 2.1 Destylacja**

Destylację stosuje się do rozdzielania mieszanek składających się ze składników o różnych temperaturach wrzenia, ogrzewając mieszaninę do żądanej temperatury w jej zakresie temperatury wrzenia, np. w celu oczyszczenia produktu. Typowy proces destylacji wymaga połączenia reaktora, gdzie doprowadzana mieszanina jest ogrzewana, i kolumny destylacyjnej, gdzie mieszanina jest rozdzielana oraz kotła do ponownego odparowania skropliny do utrzymania warunków wrzenia w kolumnie. Zazwyczaj te podstawowe elementy składowe są zintegrowane w całym procesie rozdzielania z kilkoma wymiennikami ciepła na linii technologicznej.

Możliwości oszczędności można znaleźć w:

- Dalszej integracji ciepła (analiza systematyczna w części 5 niniejszej Najlepszej Praktyki);
- Zastosowaniu bardziej efektywnych pólk destylacyjnych lub wypełnianiu kolumn;
- W niektórych przypadkach istnieją mniej energochłonne możliwości, które można rozważyć. Obejmują one odparowanie przy wykorzystaniu technologii membranowej do rozdzielania składników. Zastosowanie odparowania pozwala także na bezpośrednie oddzielanie mieszanin azeotropowych. Mieszaniny azeotropowe mają jeden punkt wrzenia (niższy niż któryś z czystych składników). Zatem przy normalnej destylacji nie można osiągnąć dalszej czystości produktu, wymagana jest specjalna bardziej energochłonna destylacja azeotropowa.
- Optymalizacja/dostosowanie czynnika odpływu/odpływu wstecznego elektryczności na jednostkę produktu: wiele kolumn destylacji utrzymuje się ze stałym odpływem wstecznym objętości elektryczności. Jeśli doprowadzenie elektryczności do kolumny zostanie zmienione, odpływ wsteczny objętości elektryczności często nie zostaje dostosowany. Jest to równoznaczne z zaburzeniem elektryczności a zatem powinno się tego unikać.

Należy zauważyć, że te trzy pierwsze typy zmian stanowią istotne modyfikacje procesu. Mogą być one, jednakże, rozważone w sytuacji przeprojektowania lub rozbudowy.

NP 8 2.2 Odparowanie

Odparowanie stosuje się do usuwania wody i dalszej koncentracji cieczy. Główną rolą energii jest podniesienie temperatury roztworu do temperatury wrzenia wody oraz przekształcenie wody w parę, która następnie jest usuwana ze zbiornika wyparki. Możliwości oszczędności można znaleźć w:

- Obniżeniu ilości wody, która musi być wyparowana. Jednym sposobem zmniejszenia ilości wody jest rozważenie wstępnego rozdzielania przy wykorzystaniu technologii membranowej;
- Można także rozważyć odzysk ciepła z odparowanej wody w kondensacie dla celów ogrzewania niskotemperaturowego;
- Kolejną możliwością jest mechaniczna dekompresja oparów przy wykorzystaniu pompy cieplnej do sprężenia pary i wykorzystania jej jako czynnika grzewczego w wyparce;
- Kolejną możliwością jest zastosowanie bardziej efektywnych wielostopniowych wyparek.

NP 8 2.3 Osuszanie

Osuszanie stosuje się do usuwania wody z produktu w stanie stałym poprzez dostarczenie dodatkowego ciepła.

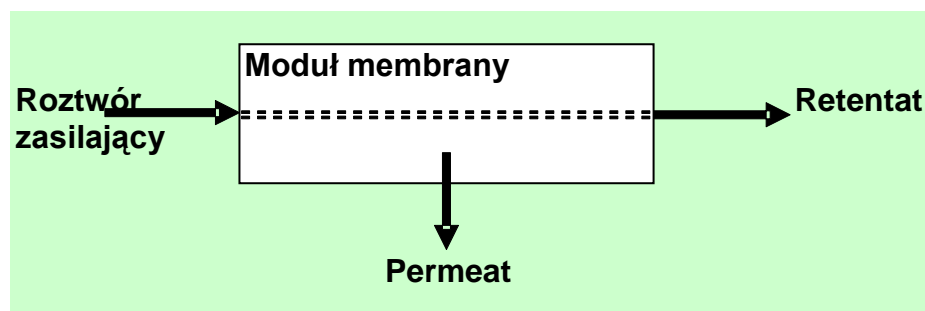
Możliwości poprawy efektywności użytkowania energii obejmują:

- Zmniejszenie zawartości wody w produkcie w stanie stałym przed osuszaniem. Wymagałoby to zmian technologicznych, takich jak np. instalacja pomp szlamowych specjalnego typu, odpowiednich do transportu gęstych mediów.
- Zapewnienie prawidłowej obsługi i konserwacji osuszacza oraz prawidłowej izolacji gorących powierzchni.
- Rozważenie możliwości odzysku ciepła odpadowego z gorącego powietrza opuszczającego osuszacz.

NP 8 3. Możliwości oszczędności energii przy wykorzystaniu technologii membranowej

W ciągu ostatniej dekady doszło do szybkiego rozwoju technologii membranowej, która stała się dopracowaną technologią rozdzielania. Dużą zaletą technologii membranowej jest stosunkowo małe zużycie energii w porównaniu z innymi technologiami rozdzielania, takimi jak destylacja i odparowanie. Rysunek 31 przedstawia jej podstawowe zasady.

RYSUNEK 31. MEMBRANOWA TECHNOLOGIA ROZDZIELANIA



Zazwyczaj roztwór zasilający przepływa przez membranę. Strumień permeatu przechodzi przez membranę. Retenty to składniki, które nie przechodzą przez membranę. Technologię membranową można stosować w wielu technologiach rozdzielania:

- Filtracji membranowej przepływu ciśnieniowego, takiej jak: mikro-, ultra-, nanofiltracji oraz filtracji osmozy odwrotnej do oczyszczania cieczy, np. w uzdatnianiu wody.
- Technologii elektro-membranowej, gdzie naładowane membrany wykorzystuje się do oddzielania naładowanych cząstek (jest to technologia kombinowana elektrolizy i technologii membranowej).
- Membrany do separacji gazów, do oddzielania gazów takich jak CO₂ i wodór.

- Membrany perwaporacyjne stosuje się np. do rozdzielania mieszanin azeotropowych. Ostatnio opracowano ceramiczne membrany perwaporacyjne, które można wykorzystywać w temperaturach powyżej 100°C (zamiast bardziej popularnych membran polimerowych, które można stosować do 100°C).
- Ekstrakcja membranowa przy wykorzystaniu membran ciekłych. Membrana ciekła składa się z konstrukcji wsporczej membrany porowatej z cieczą polimerową pokrywającą pory. Polimer wybrano ze względu na jego pokrewieństwo ze składnikami, które mają być rozdzielone. Membrany pokryte ciekłym polimerem stosowane są do transportu substancji rozpuszczonej między dwoma ciekłymi fazami (roztworem zasilającym a roztworem do reekstrakcji) oddzielonej przez membranę. Typowym jest wykorzystanie tego rodzaju technologii do uzdatniania wody odpadowej. Na przykład woda odpadowa zanieczyszczona aromatycznymi lub chlorowanymi substancjami węglowodorowymi może być oczyszczona poprzez absorpcję do organicznego ekstraktu. Membrana stanowi granicę między wodą odpadową a ekstraktem. Fakt, że ekstrakt trzymany jest oddzielenie od wody odpadowej stanowi wielką zaletę w porównaniu z konwencjonalnymi procesami ekstrakcji, które wymagają dodatkowego etapu rozdzielania.

NP 8 4. Urządzenia do odzysku ciepła

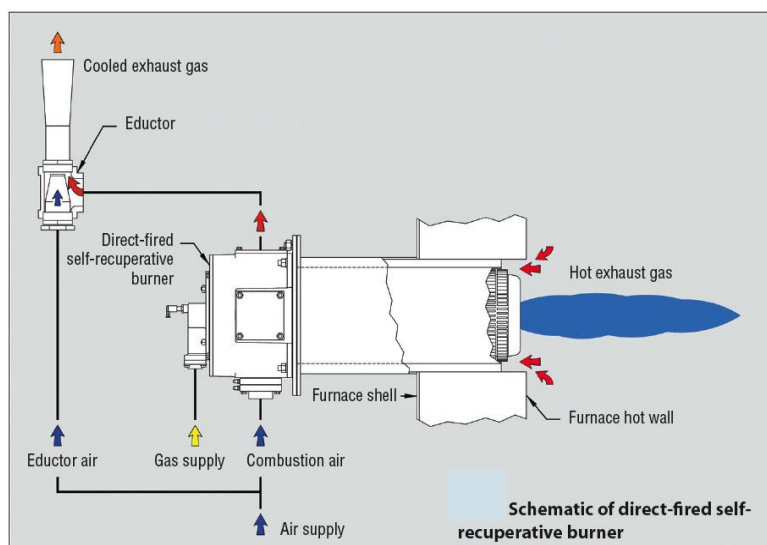
Dostępne są różne techniki odzysku ciepła do wychwytywania i ponownego wykorzystania ciepła odpadowego występującego w procesach chemicznych.

Urządzenia do odzysku ciepła wysokotemperaturowego obejmują:

- Rekuperacyjne wymienniki ciepła do odzysku ciepła odpadowego. Na rynku dostępne są rekuperatory ceramiczne do odzysku ciepła wysokotemperaturowego oraz
- Ekonomizery odzyskujące ciepło z gazów spalinowych wykorzystywane do podgrzania powietrza do spalania pieców i kotłów.

Na rynku jest ogromna różnorodność wymienników ciepła w szerokim zakresie temperatur ciepła odpadowego.

Określenie wymienników ciepła, najodpowiedniejszych do danego zastosowania, wymaga przeprowadzenia dokładnego badania oraz fachowej porady dostawców sprzętu. Jednym z najpowszechniejszych zastosowań odzysku ciepła jest wykorzystanie gorących gazów spalinowych do podgrzewania powietrza, do spalania w piecach. Piece technologiczne często pracują w dość wysokich temperaturach strumieni technologicznych i w związku z tym mają dość niską efektywność. Rekuperacja części ciepła w spalinach do podgrzania powietrza do spalania może znacznie zwiększyć efektywność wykorzystania paliwa. Interesującym rozwiązaniem jest palnik samo-rekuperacyjny, w którym rekuperator jest w pełni zintegrowany z konstrukcją palnika. Schemat takiego palnika ilustruje Rysunek 32.

RYSUNEK 32. SAMO-REKUPERACYJNY PALNIK


Źródło: Hauck Manufacturing, Stany Zjednoczone Ameryki

Zastosowanie urządzeń do odzysku ciepła wysokotemperaturowego wymaga starannego projektu, wykonania i montażu, wykonanych przez wykwalifikowanych pracowników. Należy zwrócić uwagę na:

- Konsekwencje nieco większego spadku ciśnienia na odcinku powietrze do spalania – skrzynia paleniskowa – kanały spalin, aby sprawdzić czy zmiany te są dopuszczalne dla pieca i czy poradzą sobie z nimi wentylatory powietrza lub czy istnieje potrzeba zastosowania wentylatora wyciągowego.
- Oddziaływanie na układ regulacji pieca.
- Jakie modyfikacje palnika są wymagane, by móc pracować z wyższymi temperaturami powietrza do spalania.
- Dłuższy okres konserwacji sprzętu dla uniknięcia wystąpienia zanieczyszczeń i korozji, które zupełnie zniwelowałyby przewidywane oszczędności energetyczne.

NP 8 5. Ocena możliwości odzysku ciepła przy wykorzystaniu analizy pinch

Analiza pinch jest metodą dla określenia minimum wymaganej energii, którą wymagałaby technologia przy wykorzystaniu optymalnej wymiany ciepła. Z powodów oczywistych takiego optimum osiągnąć się nie da, ale taka analiza może dostarczyć wartościowych informacji, co do tego, jak dalej optymalizować odzysk ciepła w zakładzie przemysłowym. Tę metodę zaprezentował Uniwersytet w Manchesterze (Wlk.Brytania) i od tej pory z powodzeniem korzysta z niej wiele przedsiębiorstw chemicznych. Internet oferuje duży wybór literatury wyjaśniającej metodę szczegółowo.

Poniżej przedstawiono zwięzłe objaśnienie zasadniczych etapów w/w metody. Metoda ta składa się z dwóch podstawowych etapów:

- Pierwszego etapu, czyli analizy minimalnego poboru ciepła potrzebnego do procesu i obciążenia chłodniczego z procesu poprzez porównanie całkowitych zimnych strumieni (które wymagają ogrzania) z całkowitymi gorącymi strumieniami (które wymagają schłodzenia) oraz tego, jak można je powiązać, by osiągnąć optymalną wymianę ciepła.
- Drugiego etapu, czyli zaprojektowania (przeprojektowania) sieci wymienników ciepła, mającej zminimalizować docelowy pobór ciepła.

NP 8 5.1. Analiza minimalnych wymogów w zakresie poboru ciepła i obciążenia chłodniczego

Przepływy technologiczne przedstawia się jako grupę przepływów energii w formie funkcji obciążenia cieplnego (kW) względem temperatury (°C). Wszystkie przepływy technologiczne w zakładzie, które wymagają schłodzenia (strumienie gorące) przedstawia się w formie krzywej złożonej strumieni gorących. Wszystkie strumienie technologiczne w zakładzie, które wymagają ogrzania (strumienie zimne) przedstawia się w formie krzywej złożonej strumieni zimnych.

Poniższy przykład ilustruje jak tworzy się krzywe złożone. W tym przykładzie są dwa strumienie gorące i dwa strumienie zimne wraz z temperaturami dopływu i temperaturami docelowymi wg Tabeli 20.

TABELA 20. STRUMIENIE TECHNOLOGICZNE

Strumień	Typ	Temperatura zasilania (C)	Temperatura docelowa (C)	Obciążenie Ciepłne Q (kW)	mCp (kW/C)
1	gorący	200	100	2000	20
2	gorący	150	60	3600	40
Całkowity	gorący			5600	
3	zimny	80	120	3200	80
4	zimny	50	220	2550	15
Całkowity	zimny			5750	

Obciążenie cieplne można wyrazić za pomocą następującego wzoru:

$$Q = m \times Cp \times \Delta T \text{ (kW)} \rightarrow mCp = Q / \Delta T \text{ (kW/°C)}$$

Gdzie:

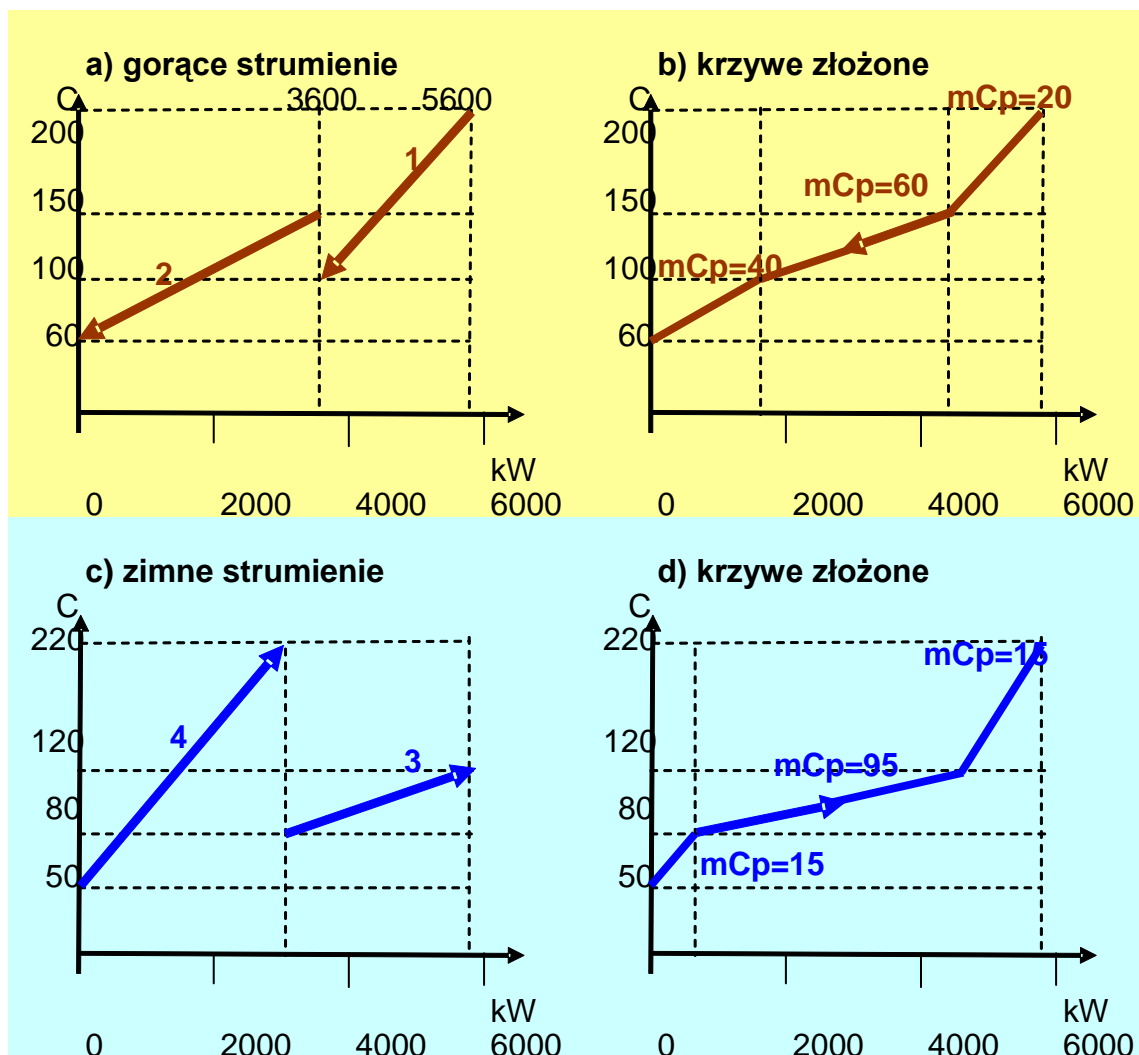
Q = obciążenie cieplne (kW)

m = przepływ masowy (kg/sec)

Cp = ciepło właściwe (kJ/kg/°C)

mCp = wydajność cieplna w zależności od natężenia przepływu (kW/°C)

Do utworzenia krzywych złożonych trzeba znać przepływy masowe, ciepło właściwe Cp oraz temperatury dopływu i temperatury docelowe strumieni technologicznych. Pierwszym etapem jest umieszczenie strumieni zimnych i strumieni gorących na wykresie temperaturowo-obciążeniowym, jak pokazano na Rysunku 33.

RYСУNEK 33. KRZYWE ZŁOŻONE GORĄCYCH I ZIMNYCH STRUMIENI


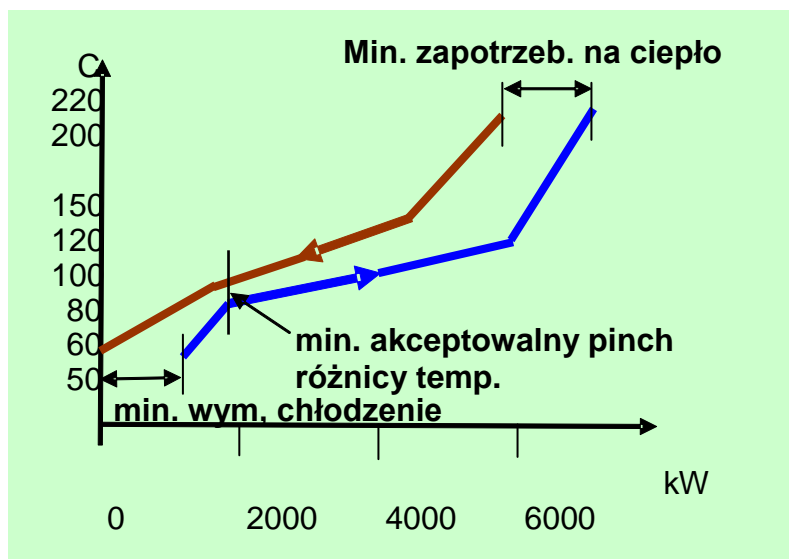
Wykres a) pokazuje pojedyncze strumienie gorące na wykresie temperaturowo-obciążeniowym. Na podstawie tego wykresu można utworzyć krzywą złożoną poprzez dodanie wartości mC_p dla każdego przedziału temperatur, jak pokazano na wykresie b). Oto przedziały temperatur dla strumieni gorących:

- 200-150°C z $mC_p = 20$
- 150-100°C z $mC_p = 60$
- 100-60°C z $mC_p = 40$

To samo można zrobić dla strumieni zimnych. Oto przedziały temperatur:

- 50-80°C z $mC_p = 15$
- 80-120°C z $mC_p = 98$
- 120-220°C z $mC_p = 15$

Aby określić minimalny cel energetyczny dla procesu, krzywą złożoną strumienia zimnego przesuwamy w kierunku krzywej złożonej strumienia gorącego aż do minimalnej dopuszczalnej różnicy temperatur do wymiany ciepła określanej mianem punktu pinch, jak pokazano na Rysunku 34.

RYСУNEK 34. OKREŚLANIE CELÓW ENERGETYCZNYCH


Oś pozioma obciążenia wskazuje teraz jedynie różnicę obciążenia między chłodzeniem a ogrzewaniem, nie zaś bezwzględne obciążenie chłodzenia lub ogrzewania.

Na podstawie tak utworzonej krzywej można określić minimalny wymagany pobór ciepła do procesu i minimalne wymagane obciążenie chłodzenia przy maksymalnym (teoretycznym) odzysku ciepła. Mając wykres z Rysunku 35 można przeprowadzić analizę metodą pinch, aby sprawdzić obecny odzysk ciepła w procesie. Oto kilka znajdujących zastosowanie zasad:

- W obszarze powyżej temperatury punktu pinch występuje niedobór ciepła dla zimnego strumienia, tak więc całe ciepło dostępne w strumieniach gorących w tym obszarze temperatur powinno być wykorzystane do strumieni zimnych w tym obszarze, nie zaś w obszarze poniżej punktu pinch.
- W obszarze powyżej temperatury punktu pinch nie powinno być także zewnętrznego chłodzenia strumieni gorących, jako że termodynamicznie, całe ciepło odpadowe może być wykorzystane do ogrzania strumieni zimnych.
- W obszarze poniżej temperatury punktu pinch występuje nadwyżka dostępnego w strumieniach gorących ciepła do wykorzystania, do ogrzania strumieni zimnych w tym obszarze temperatur, nie powinno się zatem ogrzewać zimnych strumieni ciepłem zewnętrznym, ani z ciepłem ze strumieni gorących powyżej punktu pinch.

Podsumowując idealnie dla optymalnego odzysku ciepła byłoby stosowanie się do następujących zasad:

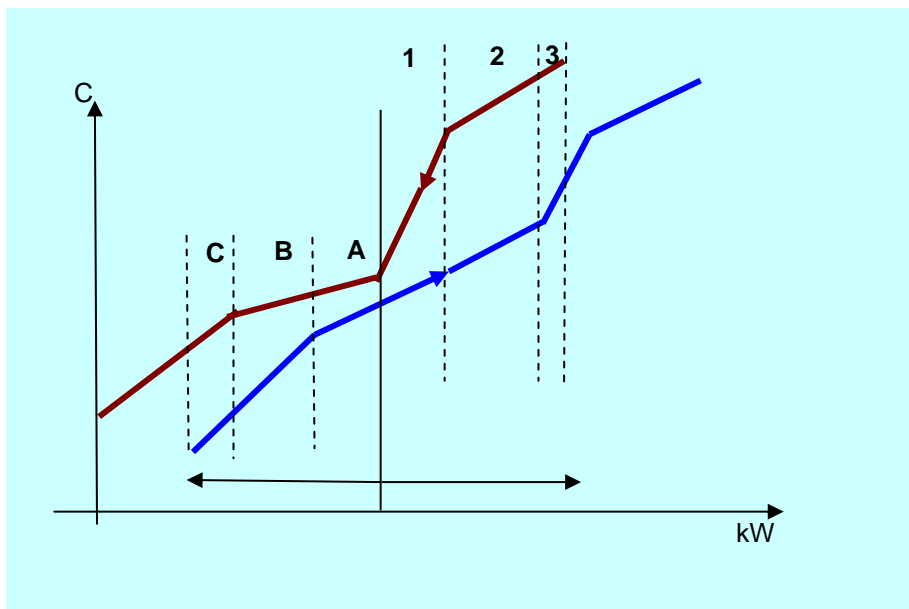
- Żadnego ogrzewania zewnętrznego poniżej punktu pinch
- Żadnego chłodzenia zewnętrznego powyżej punktu pinch
- Żadnej wymiany ciepła między punktami pinch.

Punkt pinch zależy od wyboru minimalnej różnicy temperatur, którą można zastosować w danej aplikacji przemysłowej. Jest to wybór ekonomiczny w celu zrównoważenia oszczędności energetycznych względem nakładów inwestycyjnych.

Druga część analizy metodą pinch polega na utworzeniu sieci wymienników ciepła w celu realizacji energetycznego celu minimum. Aby zoptymalizować pracę sieci wymienników ciepła, można podzielić krzywą złożoną na odcinki, począwszy od punktu pinch, tak by każdy

odcinek miał stałe nachylenie, jak pokazano na Rysunku 35.

RYСУNEK 35. PRZEDZIAŁY OBCIĄŻEŃ DLA OPTYMALNEGO PROJEKTU SIECI WYMIENNIKÓW CIEPŁA



Przedziały te to: A, B i C dla obszaru poniżej punktu pinch i 1,2 i 3 dla obszaru powyżej punktu pinch. Optymalna wymiana ciepła powinna mieć miejsce w tych przedziałach. Dla każdego przedziału znane są strumienie gorące i strumienie zimne a także zakres temperatur do zastosowania dla danego przedziału. Umożliwia to dopracowanie optymalnej sieci wymienników ciepła.

NP 8 6. Lista zalecanych działań

Poniżej znajduje się lista zalecanych działań, które można zastosować jako punkt wyjścia w swoim Samodzielnym Audycie Efektywności Energetycznej.

Wykorzystanie ciepła w procesie

Możliwość zaoszczędzenia energii	Działanie do skontrolowania
1. Zainstalowanie izolacji	-
2. Wydajność lokalnego palnika	-
3. Maksymalizacja wskaźnika przewodzenia ciepła	-
4. Usprawnienie urządzeń kontrolnych (np. Termostatów)	-
5. Rozważenie alternatywnego źródła energii	-
6. Upewnienie się, że fabryka ma wysoki czynnik obciążenia	-
7. Eliminacja nieeeekonomicznych okresów gorącego zastoju	-
8. Odzyskiwanie ciepła z odpadów do przetworzenia	-
9. Odzyskiwanie ciepła dla zastosowania w innym miejscu	-
10. Szkolenie personelu, aby obsługiwał ręcznie urządzenia kontrolne oraz wypatrywał możliwości oszczędzenia energii.	-

Źródło: www.bess-project.info

NP 8 7. Dalsze informacje**Najlepsza Praktyka dotycząca sposobu ulepszenia efektywności energii w procesie produkcji**

Audyty CARE+ przeanalizowały MŚP przemysłu chemicznego, który jest zaopatrzone w osuszacze z dwustopniowymi palnikami, co prowadzi do dość wysokiego zużycia gazu. Wymiana palników w kotle, który jest w stanie działać z większością znanych paliw prowadzi do obniżenia zużycia gazu rzędu 158 000 m³ i niższego zapotrzebowania na moc, co może prowadzić do zaoszczędzenia energii o wartości rzędu około 56 000 euro. Dodatkowo zapewnia to firmie możliwość, w razie konieczności, zmiany paliwa. Koszt inwestycji w nowy kocioł wynosi 81 250 euro z wyłączeniem zbiorników magazynujących. Dodatkowo zaleca się modernizację istniejącej ceramicznej komory spalania, czego koszt wynosi około 37 500 euro. Łączny koszt modernizacji powinien wynieść 120 000 euro. Biorąc pod uwagę przewidywane wydatki, ta inwestycja w oszczędzanie energii zwróci się po około 2 latach.

NP 8 7.1. Lektura dodatkowa

1. Jak zainstalować sprzęt odzyskujący ciepło, CTL037 Carbon Trust
www.carbontrust.co.uk
2. Analiza pinchu: Dla efektywnego użytkowania energii, wody i wodoru, ISBN: 0-662-34964-4; <http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan-rncan.gc.ca>
3. Przegląd sektora, sektor chemiczny, wprowadzenie możliwości oszczędności energii dla firm, Carbon Trust CTV012; www.carbontrust.co.uk

ANNEX 1: Odnośniki i lektura uzupełniająca

Przy opracowywaniu niniejszych Najlepszych Praktyk wykorzystano informacje, które opublikowane zostały przez szereg organizacji działających na tym polu. Poniższa lista zawiera główne źródła, z których korzystali autorzy.

Najlepsze Praktyki w zakresie zarządzania energią, księgowania energii, systemu informatycznego dotyczącego energii.

Practical energy management, Carbon Trust publication CTV023, www.carbontrust.co.uk

Step by step to energy strategy, Carbon Trust publication CTV022; www.carbontrust.co.uk

Guideline for energy management, EPA EnergyStar publication, www.energystar.gov/index

Step by step guidance for the implementation of energy management, handbook Bess Project, www.bess-project.info

Energy Efficiency Planning and Management Guide, Canadian Industry Program for Energy Conservation (CIPEC), <http://oee.nrcan.gc.ca>

Energy Information Systems, Achieving Improved Energy Efficiency, Handbook published by the Office of Energy Efficiency of Natural resources Canada, <http://oee.nrcan.gc.ca>

EMAS Energy Efficiency Toolkit for Small and Medium sized Enterprises, The European Eco-Management Audit Scheme, www.europa.eu.int/comm/environment/emas

Several publications from SenterNovem on energy management, www.senternovem.nl/mja

US DOE, Energy Efficiency and Renewable Energy, several publications on energy
Management, www.eere.energy.gov

Monitoring and targeting; Techniques to help organisations control and manage their energy
use, Carbon Trust publication CTG008; www.carbontrust.co.uk

Focus on Energy, A practical introduction to reducing energy bills, Actionenergy publication,
www.actionenergy.org.uk

Several publications from Commissie Auditconvenant energie efficiency;
www.auditconvenant.be

Najlepsze Praktyki w zakresie polepszenia efektywności energetycznej w zakładzie przemysłowym

Compressed air, Introducing energy savings opportunities for business, Carbon Trust
publication CTV017, Technology Overview

Persluchtsystemen, SenterNovem/VNCl publication

Druckluft Effizient, Compressed air facts, October 2003, VDMA Drucklufttechnik, Deutsche
Energie Agentur

Halten Sie die Luft an!, Austrian Energy Agency, www.eebetriebe.klimaaktiv.at.

Several publication of US DOE, see www.eere.energy.gov/industry.

Brochure *Perslucht en energiebesparing*, Nederlandse Rubber- en Kunststoffindustrie, 2005,
SenterNovem publication

Improving Compressed Air System Performance, a Sourcebook for Industry, US DOE Office
www.eere.energy.gov

Najlepsze Praktyki w zakresie zmniejszenia zużycie energii w budynkach

Energy Efficiency Planning and Management Guide, Chapter HVAC, 2002, Canadian
Industry Program Energy Conservation, ISBN 0-662-31457-3

Heating, ventilation and air conditioning, saving energy without compromising comfort,
Carbon Trust CTV003 Technology Overview, www.carbontrust.co.uk

Energy Saving Fact Sheet Air conditioning, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Energy Saving Fact Sheet Ventilation, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

How to maintain your heating system, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Absorption Chiller Guideline, 1998, Southern California New Building Institute;
www.newbuilings.org.

Sustainable Manufacturing – Fact Sheet – HVAC TIPS; www.sustainable-energy.vic.gov.au.

Carrying out an energy walk round, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Assessing the energy use in your building, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Degree days for energy management, a practical introduction, CTG 004 Carbon Trust,
www.carbontrust.co.uk

Najlepsze Praktyki w zakresi poprawy efektywności energetycznej układów silników i napędów

Variable speed drives, Introducing energy savings opportunities for business, Carbon Trust
CTG006, www.carbontrust.co.uk

- Energy Savings Fact Sheet, Motors, Carbon Trust publication, www.carbontrust.co.uk
- Improving Motor and Drive System Performance: a Sourcebook for Industry, US DOE, Office of EERE www.eere.energy.gov
- Energy Management for Motor-Driven Systems, Gilbert A. McCoy Washington State University, 2000, US DOE publication
- Variable Speed Pumping, a Guide to Successful Applications, US DOE, Office of EERE, www.pumps.org, www.europump.org
- Several other US DOE publications www.eere.energy.gov
- Replacing an oversized and underloaded electric motor, Fact Sheet Motor Challenge, a US DOE Program
- Determining electric motor load and efficiency, Fact Sheet Motor Challenge, US DOE
- Definition of standards for high efficiency electric motors, "Jozef Stefan" Institute, OPET Slovenija, 2004; EU Commission (Energy and Transport)
- Motor MEPS Guide, Boteler et al., Conrad Brunner, Zürich 2009; www.motorsystems.org.
- Pump Efficiency for Single Stage Centrifugal Pumps, European guide, EU Commission, JRC and Future Energy Solutions (UK); <http://energyefficiency.jrc.ec.int>.
- Efficiency classes of single-speed, three-phase, cage-induction motors, IEC 60034-30, ISBN 2-8318-1013-0
- Najlepsze Praktyki w zakresie sposobu poprawy efektywności energetycznej w procesach produkcyjnych
- Sector Overview, Chemicals sector, Introducing energy saving opportunities for business, Carbon Trust publication CTV012; www.carbontrust.co.uk
- How to install industrial heat recovery equipment, Carbon Trust publication.
- Membraantechnologie, SenterNovem/VNCl publication; www.senternovem.nl/mja.
- Development of Supported Polymeric Liquid Membrane Technology for Aqueous MTBE Mitigation, July 202, EPRI report 1006577
- Pinch Analysis: For the Efficient Use of energy, Water & Hydrogen, ISBN: 0-662-34964-4; <http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan-rncan.gc.ca>.
- Pertraction for water treatment, TNO Knowledge for business; www.tno.nl.
- Pertraction through liquid membranes, S. Schlosser
- Pinchtechnologie en restwarmtebenutting, SenterNovem/VNCl publication.
- Energy savings in distillation columns: the Linde column revisited, Giorgio Soave, et al. 2006, 16 th European Symposium on Computer Aided Engineering
- Best Practice Process Heating, DOE EERE programme, www.eere.energy.gov
- Cost Effective Solution from Direct-Fired Self-Recuperative Burners, Jake Mattern, 2006, Hauck Manufacturing Company, Pa USA.