



# Energooszczędne Układy Napędowe

...mogą w skali rocznej przynieść Europie oszczędność zużycia energii elektrycznej 200 mld kWh i zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o 100 milionów ton

Hans De Keulenaer, European Copper Institute (B)

Ronnie Belmans, KU Leuven (B)

Edgar Blaustein, Consultant on Energy Policies (F)

David Chapman, Copper Development Association (UK)

Anibal De Almeida, University of Coimbra (P)

Bruno De Wachter, Forte (B)

Peter Radgen, Fraunhofer ISI, Karlsruhe (D)

# Program Motor Challenge

Program Motor Challenge jest dobrowolnym programem promowanym przez Komisję Europejską w celu wspomagania przedsiębiorstw w poprawie sprawności energetycznej układów napędowych z silnikami elektrycznymi. Program ten koncentruje się na napędach elektrycznych, systemach sprężonego powietrza, układach pomp i wentylatorów, które, jak wykazano, posiadają duży potencjał techniczny i ekonomiczny w zakresie oszczędności energii.

Wszelkie organizacje, pragnące wnieść swój wkład w cele i zadania Programu Motor Challenge, mogą w nim uczestniczyć. Przedsiębiorstwa, które stosują elektryczne układy napędowe mogą występować o status Partnera. Organizacje (w szczególności organizacje dostarczające układy napędowe i ich podzespoły) pragnące wspomagać Komisję Europejską i Państwa Członkowskie w realizacji Programu Motor Challenge mogą zostać Członkami Wspierającymi.

Więcej informacji można znaleźć na stronie: <http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int>

## Definicje:

Miliard  $10^9$ , tysiąc milionów

kW kilowat

kWh kilowatogodzina

MW megawat, 1 000 kW

MWh megawatogodzina, 1 000 kWh

GW gigawat, 1 000 000 kW

GWh gigawatogodzina, 1 000 000 kWh

TW terawat, 1 000 000 000 kW

TWh terawatogodzina, 1 000 000 000 kWh

Wydane przez Polskie Centrum Promocji Miedzi Sp. z o.o., Pl. I Maja 1-2, Wrocław.  
Tel.: 071 78 12 502; fax: 071 78 12 504, E-mail: [pcpm@miedz.org.pl](mailto:pcpm@miedz.org.pl)



## Streszczenie

Przejsie do stosowania układow napędowych z wysokosprawnymi silnikami elektrycznymi w miejsce konwencjonalnych, może przynieść Europie oszczędności w zużyciu energii elektrycznej w wysokości do 202 mld kWh, co odpowiada zmniejszeniu kosztów operacyjnych w przemyśle o 10 mld EUR rocznie. Może również przynieść następujące dodatkowe korzyści:

- Oszczędność w wysokości 10 mld EUR rocznie w kosztach operacyjnych przemysłu, poprzez redukcję kosztów obsługi i usprawnienie produkcji (UE-25).
- Oszczędność dla Europy w wysokości 6 mld EUR rocznie w postaci zmniejszenia kosztów środowiskowych (wyliczone dla UE-25 biorąc za podstawę mieszankę paliw UE-15).
- Redukcja emisji CO<sub>2</sub> o 79 milionów ton (UE-15) lub, w przybliżeniu, o jedną czwartą celu Kioto dla Unii Europejskiej. Jest to ilość CO<sub>2</sub> jaką lasy wielkości Finlandii mogą rocznie przetworzyć w tlen. Jeżeli przemysł będzie mógł handlować redukcjami emisji opartymi na zaoszczędzonej energii to będzie mógł wygenerować strumień przychodów w wysokości 2 mld EUR rocznie. Dla UE-25 potencjał redukcji wynosi 100 milionów ton.
- Redukcja zapotrzebowania na moc zainstalowaną nowych elektrowni o 45 GW w ciągu najbliższych 20 lat (UE-25).
- Zmniejszenie importu energii do Unii Europejskiej o 6% (UE-25).

W celu osiągnięcia tych celów zaproponowano czteroletni pakiet środków, przy zainwestowaniu 400 milionów EUR w rynek układów napędowych. Program Motor Challenge powinien być kontynuowany jako forum rozwijania wspólnych narzędzi i szybkiego przyswajania wiedzy oraz zapewnić, że programy krajowe będą wdrażane i osiągną założone cele.

Pakiet ten powinien obejmować:

- wdrożenie audytów systemów energetycznych w instalacjach przemysłowych,
- wsparcie finansowe szkolenia i certyfikacji audytorów energii,
- zachęty fiskalne i finansowe dla inwestycji w projekty oszczędności energii,
- ramy dla wnioskowania o kredyty emisyjne dla inwestycji w oszczędności energii elektrycznej (np. "Białe Certyfikaty we Włoszech),
- kampanię informacyjną opartą na Programie Motor Challenge.

Korzyść	Beneficjent	Korzyść roczna (w miliardach EUR dla UE-25)
Oszczędność kosztów energii	Przemysł	10
Korzyści z oszczędności innych niż energia	Przemysł	10
Zmniejszenie kosztów środowiskowych	Spółeczeństwo	6

*Korzyści z przejścia na energooszczędne układy napędowe*



# Spis treści

Streszczenie .....	1
<b>1. Wprowadzenie .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Korzyści z wdrażania układów napędowych z silnikami energooszczędnymi .....</b>	<b>6</b>
2.1 Potencjał oszczędności energii elektrycznej .....	6
2.2 Korzyści środowiskowe .....	6
2.3 Korzyści mikroekonomiczne .....	9
2.4 Korzyści makroekonomiczne .....	9
<b>3. Bariery rynkowe .....</b>	<b>10</b>
3.1 Główne bariery .....	10
3.2 Średnie bariery .....	11
3.3 Umiarkowane bariery .....	11
<b>4. Rozwiązania. Przewycięzanie barier rynkowych .....</b>	<b>12</b>
4.1 Regulacja .....	12
4.2 Informacja i edukacja .....	13
4.3 Pomoc w zakładzie użytkownika .....	13
4.4 Mechanizmy finansowe .....	13
4.5 Współpraca z dostawcami .....	14
4.6 Wspieranie działalności badawczo-rozwojowej u producentów .....	14
4.7 Normalizacja środowiskowa .....	14
4.8 Zakupy i analiza kosztów cyklu użytkowania produktu .....	14
4.9 Konieczność zintegrowanego podejścia do zagadnienia .....	14
<b>5. Bieżące programy .....</b>	<b>15</b>
5.1 Opis bieżących programów .....	15
5.2 Krytyczne czynniki sukcesu .....	17
5.3 Przypadek wzorcowy .....	18
<b>6. Wnioski .....</b>	<b>19</b>
Załącznik I: Układy napędowe .....	21
Załącznik II: Bibliografia .....	25
Załącznik III: Przypisy .....	27



# I. Wprowadzenie

Udział układów napędowych w zużyciu energii elektrycznej w przemyśle Unii Europejskiej wynosi w przybliżeniu 65%. Nowe produkty i technologie dają duże nadzieje na znaczne oszczędności energii elektrycznej. Wdrożenie wysokosprawnych układów napędowych, lub ulepszenie już istniejących, może przynieść Europie oszczędność ponad 200 mld kWh rocznie. Pozwoliłoby to na znaczne zmniejszenie zapotrzebowania na nowe elektrownie, a tym samym na uwolnienie kapitału i zasobów. Spowodowałyby także redukcję emisji gazów cieplarnianych i zmniejszenie kosztów środowiskowych wytwarzania energii elektrycznej. Wysokosprawne układy napędowe mogą spowodować redukcję kosztów obsługi oraz usprawnienie produkcji w przemyśle.

Jednak stosowanie wysokosprawnych układów napędowych napotyka na szereg ograniczeń takich, jak wyższa cena zakupu i niewystarczająca znajomość ich potencjału oszczędności energii. Niewiele osób wie, że w większości przypadków czas zwrotu nakładów na wysokosprawne układy napędowe jest krótki. Skuteczne uregulowania prawne połączone z kampaniami informacyjnymi powinny stymulować zmiany i przynieść znaczne korzyści dla europejskiej gospodarki i dla środowiska. Mogłoby to zwiększyć konkurencyjność przemysłu europejskiego oraz polepszyć jego pozycję w stosunku do tych regionów, które już podjęły istotne kroki w celu poprawy sprawności energetycznej.

Według europejskich studiów i opracowań [1- 5], najlepszą strategią jest połączenie kampanii informacyjnych, bodźców finansowych i uregulowań prawnych. Program Motor Challenge zrobił już dobry początek polegający na podnoszeniu świadomości w przemyśle. Osiągnięcie docelowych korzyści będzie jednak wymagało zaangażowania większych środków.

Szczególnie obiecującą koncepcją jest europejski program handlu emisjami, który może być rozszerzony tak, aby umożliwić przedsiębiorstwom występowanie o kredyty emisji na inwestycje przynoszące zmniejszenie zużycia energii.

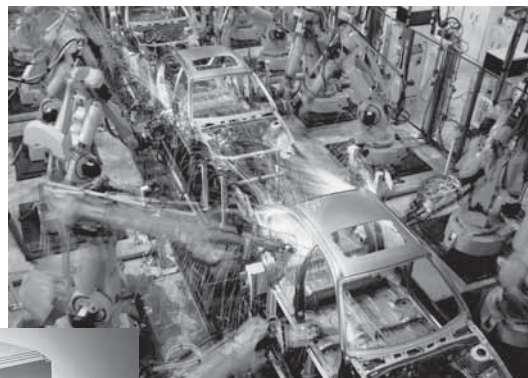
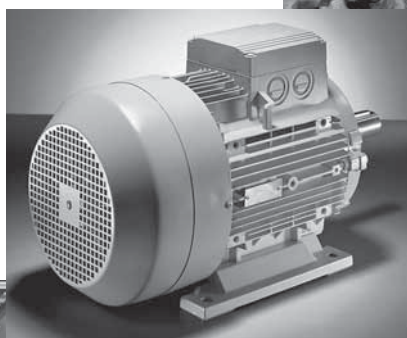
Rozdział 2 niniejszego raportu zawiera bardziej szczegółowy przegląd korzyści z wdrażania energooszczędnych układów napędowych. Rozdział 3 omawia bariery, głównie o charakterze technicznym, lub związane z zarządzaniem. Rozdział 4 podaje propozycje działań w celu pokonania tych barier.

Rozdział 5 przedstawia przegląd istniejących programów a rozdział 6 proponuje plan działania.

Załącznik I (str. 16) zawiera krótkie wprowadzenie w dziedzinę układów napędowych i ich elementów, a także zarys studiów przypadków oszczędności energetycznych uzyskanych przez poprawę sprawności elementów i układów.

Załącznik II podaje wykaz źródeł i literatury, oznaczonych w tekście przez "[n]", Załącznik III zawiera noty powołane w tekście i oznaczone przypisem górnym.

Układy napędowe są szeroko stosowane w Europie i stanowią 65% zużycia energii elektrycznej w przemyśle.



*Roboty napędzane sprężonym powietrzem, stosowane w produkcji samochodów  
(Copyright Druckluft Effizient)*



*Silniki i napędy w fabryce papieru  
(Copyright ABB)*



*Przeładunek bagażu na lotnisku Charles de Gaulle  
(Copyright Siemens)*

## 2. Korzyści z wdrażania układów napędowych z silnikami energooszczędnymi

Najlepszą kilowatogodziną jest ta, która została zaoszczędzona. Istotnie, oszczędzanie energii jest korzystne z wielu powodów: pozwala spalać mniej paliwa i budować mniej elektrowni. Napędy elektryczne zużywają około 65% energii elektrycznej w przemyśle Unii Europejskiej. Z ustaleń opracowań SAVE, wspieranych przez Komisję Europejską [1-5] wynika, że właściwy dobór i zainstalowanie nowoczesnych, wysokosprawnych urządzeń umożliwia duże oszczędności energii. Nadanie wysokiego priorytetu oszczędności energii może przynieść znaczne korzyści finansowe.

### 2.1 Potencjał oszczędności energii elektrycznej

#### Ekonomiczny potencjał oszczędności

Całkowite zużycie energii elektrycznej w UE-15<sup>1)</sup> w roku 2000 wyniosło 2 574 mld kWh, z których 951 mld kWh stanowiło zużycie w przemyśle [6]. Z tego 614 mld kWh, tj. 65%, zostało zużyte przez elektryczne układy napędowe. Według opracowań SAVE, ekonomiczny potencjał oszczędności w przemysłowych układach napędowych<sup>2)</sup> wyniesie 181 mld kWh, tj. 29%<sup>3)</sup>. Oznacza to potencjał oszczędności przekraczający 7% całkowitego zużycia energii elektrycznej w Unii Europejskiej.

Powyższa liczba oznacza "ekonomiczny potencjał oszczędności energii". Jest to potencjał środków o umiarkowanym czasie zwrotu nakładów, typowo od 2 do 3 lat. Jego kalkulacja opiera się na bieżących cenach energii elektrycznej, może zatem zmieniać się w czasie. Natomiast "techniczny potencjał oszczędności energii" jest to energia, która może być zaoszczędzona przez wprowadzenie wszystkich istniejących środków technicznych, bez względu na ich efektywność ekonomiczną. Techniczny potencjał oszczędności jest oczywiście wyższy niż ekonomiczny potencjał oszczędności.

#### Silnik elektryczny i jego zastosowania

Zakłady przemysłowe wykorzystują bardzo dużą liczbę układów napędowych z silnikami elektrycznymi, w dalszym ciągu tego dokumentu nazywanych układami napędowymi. Układ napędowy składa się z samego napędu elektrycznego, niekiedy z regulowaną prędkością (VSD), oraz z napędzanego obciążenia.

Systemy sprężonego powietrza, zespoły pompowe lub układy wentylacji (p. Załącznik I) stanowią około 60% obciążenia silników. Inne ważne zastosowania obejmują przetwarzanie materiałów (młyny, miksery, wirówki, itp.) oraz zastosowania związane z przemieszczaniem materiałów (przenośniki, dźwigi, podnośniki, itp.)

Sprawność układu napędowego zależy od szeregu czynników, jak:

- sprawność silnika,
- regulacja prędkości silnika,
- prawidłowe wymiarowanie (dobór parametrów znamionowych),
- jakość zasilania,
- straty rozdziału energii,
- przekładnia mechaniczna,
- praktyka konserwacji,
- sprawność mechaniczna obciążenia (pompa, wentylator, sprężarka itp.).

Rysunek 1 ilustruje synergiczny efekt połączenia różnych energooszczędnych technologii w celu zmniejszenia, o więcej niż połowę, zużycia energii elektrycznej w układzie pompowania<sup>4)</sup>.

Tabela 1 podaje potencjały oszczędności energii w przemyśle Unii Europejskiej wynikające z zastosowania silników energooszczędnych (HEM), instalowania napędów z regulowaną prędkością (VSD) i optymalizacji obciążenia układu napędowego.

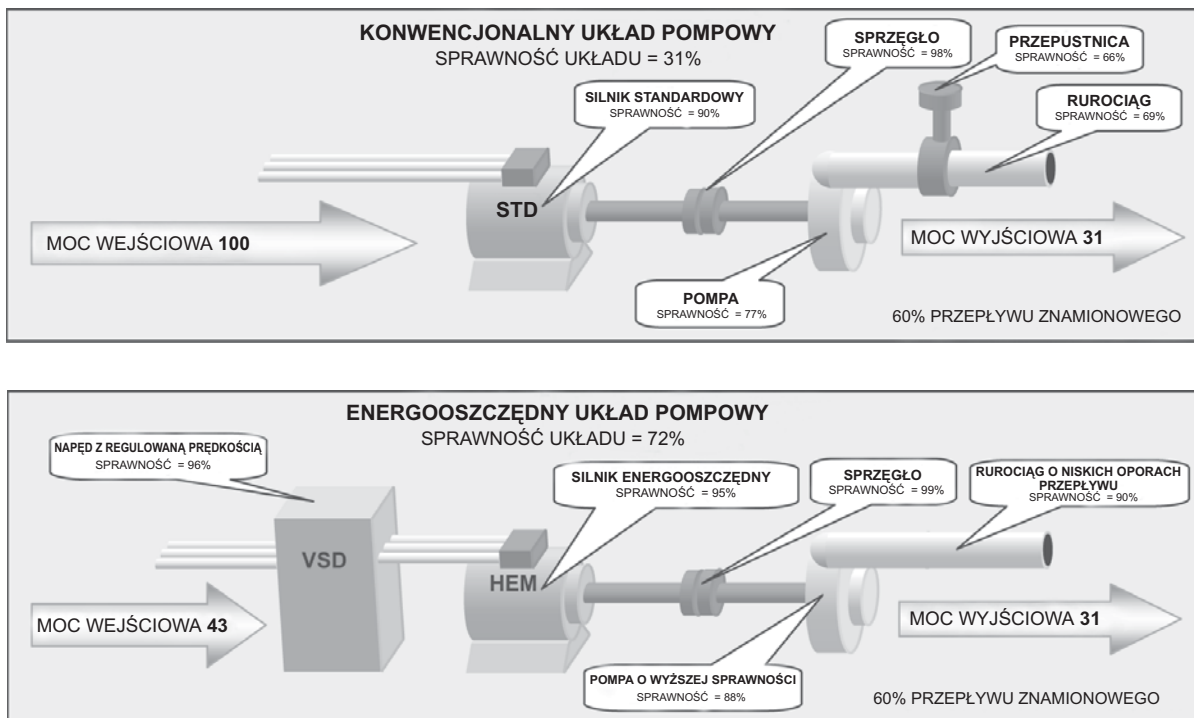
### 2.2 Korzyści środowiskowe

#### Cel Kioto

Obecnie jednym z głównych aspektów ochrony środowiska jest emisja "gazów cieplarnianych" (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, itp.), wytwarzanych w procesie spalania paliw kopalnych. Po podpisaniu protokołu z Kioto, Unia Europejska zobowiązała się do zredukowania całkowitej emisji gazów cieplarnianych

	Potencjał oszczędności (w mld kWh/rok)					
	UE-15	UE-25	Francja	Niemcy	Włochy	UK*)
Silniki energooszczędne	24	27	4	6	4	3
Napędy z regulowaną prędkością	45	50	8	10	7	6
Obciążenie układu napędowego (pompy, wentylatory, sprężarki)	112	125	19	26	17	15
Sumaryczny potencjał oszczędności energii elektrycznej	181	202	31	42	28	24

Tabela 1 Zestawienie potencjałów oszczędności energii dla układów napędowych w UE<sup>5)</sup>



Rys. 1 - a) Konwencjonalny układ pompowy (całkowita sprawność = 31%)  
 b) Energooszczędny układ pompowy, łączący wysokosprawne technologie (całkowita sprawność = 72%)

w okresie od r. 2008 do r. 2012 o 8% w porównaniu do poziomu z r. 1990, tj. o 336 milionów ton równoważnika CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>e) [7]. Tego celu nie da się osiągnąć bez podjęcia poważnych wysiłków we wszystkich dziedzinach gospodarki, łącznie z wytwarzaniem i użytkowaniem energii elektrycznej.

Istnieją cztery sposoby redukcji emisji CO<sub>2</sub>e pochodzącej z wytwarzania energii elektrycznej:

- zwiększenie użytkowania odnawialnych źródeł energii,
- większe wykorzystanie energii nuklearnej,
- produkcja skojarzona ciepła i energii elektrycznej i zwiększenie sprawności elektrowni (np. przez zastosowanie innych paliw),
- oszczędzanie energii.

Spośród nich, oszczędzanie energii daje największy potencjał przy najniższych kosztach.

Wytwarzanie energii w Unii Europejskiej powoduje średnią emisję dwutlenku węgla w wysokości 0,435 kg CO<sub>2</sub>/kWh [5] (UE-15, 1999). Oznacza to, że potencjał oszczędności przemysłowych układów napędowych, przy zużyciu energii 181 mld kWh (UE-15), odpowiada oszczędności 79 mln ton CO<sub>2</sub>, czyli 24% celu Kioto. Jest to roczna ilość CO<sub>2</sub> jaką mogłaby być zaoszczędzona przez 360 milionów dachów wyposażonych w baterie słoneczne lub ilość, jaką przeciętny europejski las o powierzchni 355 500 km<sup>2</sup>, tj. o powierzchni większej niż Finlandia, może przetworzyć na tlen<sup>6)</sup>.

Tabela 2 ukazuje potencjały redukcji emisji w proporcji do "luki Kioto", tj. różnicy pomiędzy przewidywaną emisją a emisją docelową 2010 wg traktatu z Kioto:

- Francja: potencjał redukcji emisji jest mały z powodu dużego udziału energii wytwarzanej w elektrowniach jądrowych. Poprawa sprawności układów napędowych mogłaby uwolnić do sprzedaży dla innych krajów energię elektryczną wytwarzaną bez emisji zanieczyszczeń.
- Niemcy: redukcja emisji jest większa niż luka Kioto, udostępniając do sprzedaży dodatkowe 10 mln ton emisji CO<sub>2</sub>.

	UE-15	UE-25	Francja	Niemcy	Włochy	UK
Potencjał redukcji emisji gazów cieplarnianych (w milionach ton CO <sub>2</sub> e/rok)	79	100	3	27	14	12
% luki Kioto	24%	-	6%	175%	26%	brak danych

Tabela 2 Przegląd potencjałów redukcji emisji CO<sub>2</sub> odniesiony do energooszczędnych układów napędowych<sup>7)</sup>

- Włochy: redukcja emisji stanowi 26% luki Kioto.
- Wlk. Brytania: oczekuje się, że działania w ramach bieżącej polityki pozwolą osiągnąć cele Kioto. Obniżenie emisji przez zastosowanie układów napędowych z silnikami wysokosprawnymi może przynieść 12 mln ton nadwyżki w handlu emisjami.

### Emisja gazów innych niż ciepłarniane

Spalanie paliw kopalnych w procesie wytwarzania energii elektrycznej powoduje powstawanie różnych rodzajów emisji. Oprócz CO<sub>2</sub>, głównymi winowajcami są SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub><sup>8)</sup>, których obecność zwiększa zakwaszenie środowiska. Zanieczyszczenia te mają transgraniczne oddziaływanie o dalekim zasięgu i są główną przyczyną troski większości krajów europejskich. Unia Europejska uczestniczy w sponsorowanej przez ONZ Genewskiej Konwencji w Sprawie Transgranicznego Zanieczyszczenia Powietrza na Dalekie Odległości, która jest międzynarodowym ciałem dążącym do redukcji tego rodzaju zanieczyszczeń.

Emisje do atmosfery zawierają ponadto metale ciężkie (nikiel, cynk, chrom, miedź, rtęć, itp.) oraz pyły. Choć ich emisja może być w znacznym stopniu zmniejszona przez stosowanie najnowszych technik oczyszczania gazów spalinowych, to niewielkie ilości zawsze przedostaną się do atmosfery. Spalanie paliw kopalnych powoduje również powstawanie popiołów, w tym popiołów lotnych.

Wspomniane 202 miliardy kWh, które można zaoszczędzić przez optymalizację przemysłowych układów napędowych, oznaczają zmniejszenie całkowitej produkcji energii elektrycznej w Unii Europejskiej o 7%, co doprowadzi do równoważnego obniżenia wszystkich, wymienionych wyżej, emisji.

### Koszty spalania paliw kopalnych

Projekt badawczy<sup>9)</sup> Komisji Europejskiej wyliczył koszty wynikające z oddziaływania produkcji energii elektrycznej w Europie na środowisko. Są to "zewnętrzne efekty cyklu paliwowego", tj. koszty nie wliczone w cenę rynkową, które obciążają społeczeństwo i środowisko, np. skutki

zanieczyszczenia powietrza, wpływ na zdrowie publiczne, choroby zawodowe i wypadki. Istnieje szeroki zakres oszacowania kosztów zewnętrznych odzwierciedlających np. preferencje polityczne albo stosowanie odmiennych technologii do wytwarzania energii elektrycznej<sup>10)</sup> (Tabela 3).

Koszt środowiskowy średniej europejskiej kilowatogodziny jest kalkulowany na około 3 eurocenty. Należy go uwzględnić przez dodanie do typowej ceny na rynku przemysłowym wynoszącej 5 eurocentów/kWh. Obecne systemy opodatkowania ekologicznego w krajach członkowskich UE nie internalizują zewnętrznych kosztów wytwarzania energii elektrycznej<sup>11)</sup>.

Zatem, oszczędność energii elektrycznej w wysokości 202 mld kWh/rok oznacza dla społeczeństwa oszczędność 6 mld EUR w kosztach środowiskowych.

### Sprawność energetyczna i inwestycje w sektorze energetyki

Usprawnienie przemysłowych układów napędowych w Europie (UE-25) może przynieść roczną oszczędność 202 mld kWh w zużyciu energii elektrycznej. Pozwoliłoby to uniknąć potrzeby zwiększenia o 45 GW mocy zainstalowanej w europejskim systemie energetycznym<sup>12)</sup>. Wielkość ta stanowi równoważność:

- 45 jądrowych bloków energetycznych (1 000 MW),
- 130 bloków energetycznych (350 MW) na paliwo kopalne.

202 mld kWh odpowiada około pięciokrotnej produkcji wszystkich elektrowni wiatrowych w Europie (UE-25) w r. 2003 (5 x 40 mld kWh)<sup>13)</sup>. Według [8], Aby sprostać rosnącemu zapotrzebowaniu na energię elektryczną Unia Europejska powinna w ciągu następnych 30 lat zwiększyć podstawową moc zainstalowaną o 320 GW. Ten wzrost mocy zainstalowanej może kosztować Europę od 200 do 300 mld EUR i dodatkowo zbliżoną kwotę na inwestycje w sieci przesyłowe i rozdzielcze. Energooszczędne układy napędowe mogłyby zmniejszyć zapotrzebowanie na nową moc zainstalowaną o ponad 10%, co dla Europy oznacza oszczędność około 50 mld EUR - lub w kosztach kapitałowych 5 mld EUR rocznie (przy stopie dyskontowej 10%).

Paliwo / (ródło energii)	Zakres kosztów zewnętrznych (eurocent/kWh)	Wartość średnia (eurocent/kWh)	Produkcja w UE-15 (%)	Udział w kosztach zewnętrznych (eurocent/kWh)
Węgiel	5-8	7,5	27	2,03
Ropa	5-11	8	6	0,48
Gaz	1-3	2	18	0,36
Energia jądrowa	0,5	0,5	3	0,17
Energia wodna	0,3	0,3	14	0,04
Inne	0,1	0,1	2	< 0,01
Razem				3,07

Tabela 3 - Koszty zewnętrzne dla różnych technologii wytwarzania energii elektrycznej

## 2.3 Korzyści mikroekonomiczne

Okresy zwrotu nakładów dla większości inwestycji w energooszczędne układy napędowe są relatywnie krótkie i wynoszą od 3 miesięcy do 3 lat.

Stosowanie układów o wyższej sprawności przynosi oprócz efektów ekonomicznych także inne korzyści, jak: lepsze sterowanie procesem technologicznym, mniej przerw w produkcji i poprawa jakości wyrobu. Często, chociaż nie zawsze, poprawia się też niezawodność (napędy z regulowaną prędkością mogą być mniej niezawodne od układów nieregulowanych). Całkowita oszczędność kosztów, związana z tymi korzyściami może być tego samego rzędu wielkości co oszczędność kosztów energii [9-12]. Tak więc, przedsiębiorstwa i organizacje, które inwestują w oszczędzanie energii przez stosowanie układów napędowych również pośrednio zwiększają swój zysk.

## 2.4 Korzyści makroekonomiczne

### Większa konkurencyjność

Możliwie najbardziej efektywne użytkowanie energii jest decydującym wymogiem utrzymania konkurencyjności gospodarki europejskiej. Ponieważ układy napędowe stanowią 65% zużycia energii elektrycznej w przemyśle, to właśnie one są przedmiotem największego zainteresowania jako element redukcji kosztów energii. Stany Zjednoczone już stworzyły szeroko zakrojone programy stymulujące oszczędność energii w układach napędowych<sup>14</sup>). Pozostawanie w tyle za Stanami zjednoczonymi mogłoby mieć niekorzystne, długofalowe konsekwencje dla gospodarki europejskiej.

### Wzrost zatrudnienia

Inwestycje w układy napędowe o wysokiej sprawności wpływają bezpośrednio na tworzenie miejsc pracy w trzech obszarach:

- Przedsiębiorstwa energetyczne (ESCO), konsultanci techniczni i wykonawcy, z których wielu to małe i średnie przedsiębiorstwa.
- Producenci silników, napędów z regulowaną prędkością, sprzężarek, wentylatorów i pomp oraz innych podzespołów dla tych systemów, jak: przewody giętkie, rury lub układy regulacji.
- Miejsca pracy w działach energetycznych lub utrzymania ruchu przedsiębiorstw; przesunięcie od "gaszenia pożaru" do monitorowania stanu i konserwacji profilaktycznej, co może zwiększyć wartość dodaną produkcji.

Chociaż większość inwestycji tworzy miejsca pracy, to pieniądze mogą być zainwestowane tylko raz. W sytuacji wyboru spośród kilku możliwości pojawia się konieczność podjęcia decyzji czy zainwestowanie tej samej sumy pieniędzy w innym obszarze nie stworzyłoby większej liczby miejsc pracy. Innymi słowy, przy ocenie inwestycji należy brać pod uwagę całkowity wzrost zatrudnienia netto i jego wpływ na całość gospodarki.

Inwestycja w obniżenie zużycia energii przez układy napędowe zwraca się po stosunkowo krótkim czasie, po którym oszczędności kosztów energii stanowią czysty zysk. Zatem inwestowanie w wysokosprawne układy napędowe nie odciąga pieniędzy z innych ważnych obszarów. Wręcz przeciwnie, tworzy jeszcze więcej pieniędzy na nowe inwestycje i, w konsekwencji, nowe miejsca pracy.

### Mniejsza zależność od paliw kopalnych

Oszczędność 202 mld kWh rocznie (UE-25) zwiększa bezpieczeństwo Europy w zakresie zasilania w energię elektryczną i zmniejsza uzależnienie od importu paliw kopalnych. Odpowiada to 42,5 mln ton równoważnika ropy rocznie, zmniejszając import paliwa pierwotnego o 6%<sup>15</sup>). Oszczędności energii uzyskane z układów napędowych pozwolą zatem przeznaczyć więcej środków na opracowanie rozwiązań alternatywnych dla paliw kopalnych. Uwzględniając już tylko ten argument, można by uzasadnić sięgnięcie poza aktualny potencjał oszczędności układów napędowych (wyliczony z bieżącej ceny za kilowatogodzinę, por. 2.2) i stymulować rozwój technologii, które pozwoliłyby uzyskać najwyższą możliwą sprawność napędów. Inaczej mówiąc, w dłuższej perspektywie duża część dzisiejszego technicznego potencjału oszczędności może stać się jutrzejszym ekonomicznym potencjałem oszczędności.

### 3. Bariery rynkowe

Jeżeli potencjał oszczędności układów napędowych z silnikami energooszczędnymi jest tak duży jak to opisano w rozdziale 2, to dlaczego spotyka się z tak małym zainteresowaniem? Jakie ograniczenia uniemożliwiają wdrożenie energooszczędnych układów napędowych? A jeżeli te ograniczenia zostaną usunięte, to jakie mechanizmy mogą dalej blokować faktyczne wdrażanie bardziej wydajnych układów?

Badania wskazują, że istnieje całe spektrum przyczyn [1-5]. Niektóre z nich są charakterystyczne dla pewnych gałęzi przemysłu lub pewnych rodzajów układów napędowych (np. pompy, sprężarki, wentylatory). Obserwacje pozwalają wyróżnić dziewięć typów barier rynkowych, które opisują znaczną część problemu. Poniżej przytoczono je z uwzględnieniem podziału na kategorie według ich znaczenia.

#### **Główne bariery**

1. Czas zwrotu nakładów jest zbyt długi z powodu niskich cen energii elektrycznej,
2. niechęć do wprowadzania zmian w procesie pracy,
3. rozdzielone budżety.

#### **Średnie bariery**

4. Nie wszyscy uczestnicy sieci zaopatrzenia mają wystarczającą motywację,
5. brak prawidłowych definicji sprawności układu napędowego,
6. przewymiarowanie powodowane nieznanymi mechanizmami mechanicznymi, charakterystykami obciążenia,
7. Zbyt mało czasu przeznaczanego na zarządzanie.

#### **Umiarkowane bariery**

8. Brak kapitału,
9. inne wymagania funkcjonalne kolidują ze sprawnością energetyczną.

#### **3.1 Główne bariery**

##### **Czas zwrotu nakładów jest zbyt długi z powodu niskich cen energii elektrycznej**

Ogólnie rzecz biorąc czasy zwrotu nakładów na energooszczędne układy napędowe są bardzo korzystne, niemniej niektóre przedsiębiorstwa wciąż uważają je za zbyt długie aby się nimi zainteresować.

Jest to często spowodowane tym, że wyniki ekonomiczne opiera się na prostym czasie zwrotu nakładów zamiast na, bardziej właściwej, wewnętrznej stopie zwrotu nakładów inwestycyjnych. Zwrot nakładów w ciągu dwóch lat jest w przybliżeniu równoważny stopie zwrotu 50% [13].

Jak ustalono w p. 2.2, cena rynkowa nie obejmuje wszystkich kosztów zaopatrzenia społeczeństwa w energię elektryczną. W rezultacie nie wszystkie korzyści powstałe w wyniku oszczędności energii trafiają do przedsiębiorstwa, które podjęło starania w tym kierunku. Znaczna część tych korzyści przypada społeczeństwu i nigdy nie jest uwzględniana w czysto finansowej analizie. Co gorsze, liberalizacja pozwala dużej grupie użytkowników energii elektrycznej wykorzystywać swoją pozycję rynkową do negocjowania niższych cen, w ten sposób jeszcze bardziej obniżając bodźce do oszczędzania energii.

#### **Niechęć do wprowadzania zmian w procesie pracy**

Niejednokrotnie, przejście na układy bardziej sprawne energetycznie jest rozważane tylko wtedy, gdy jakiś element, jak np. silnik, ulegnie uszkodzeniu. W takim przypadku decyzja musi być podjęta szybko i względy energetyczne nie są brane pod uwagę. Często naprawa silnika wydaje się najszybszym, a zatem najtańszym rozwiązaniem. Oznacza to straconą sposobność zastąpienia go modelem o wyższej sprawności. Zazwyczaj silnik naprawiany posiada niższą sprawność niż nowy, jednak wysoka jakość naprawy może poprawić sprawność, na przykład przez zastosowanie lepszych materiałów izolacyjnych. Decyzja o zastąpieniu czy naprawie powinna być częścią gospodarki silnikami, z uwzględnieniem czynników energetycznych.

W chwili podejmowania decyzji o wymianie silnika zwykle nie ma czasu na ponowną ocenę układu. Najczęściej zatem zostaje zakupiony silnik dokładnie tego samego typu.

Innym problemem jest to, że wiele zakładów posiada zapasy starszych, odzyskanych silników i te "darmowe" silniki służą jako elementy zamienne.

Dodatkową komplikacją w układach sprężonego powietrza, pomp i wentylacyjnych wraz z instalacjami rurowymi znajdującymi się w dalszym ciągu procesu technologicznego jest to, że modernizacje mające na celu podniesienie sprawności energetycznej są możliwe tylko w okresach planowanych remontów. Drobne czynności konserwacyjne, jak np. naprawa przecieków, można wykonywać w ruchu.

#### **Rozdzielone budżety**

Może zaistnieć sytuacja, kiedy pieniądze są wydawane z jednego budżetu podczas gdy inny wykazuje oszczędność. Na przykład, inwestowanie w nowe części systemu sprężonego powietrza lub zespołu pompowego może należeć do obowiązków działu utrzymania ruchu, a wydatki są asygnowane do jego budżetu, podczas gdy oszczędności z tytułu większej sprawności energetycznej są księgowane w budżecie kosztów ogólnych.

Zdarza się także, że koszty energii nie są rozdzielane na poszczególne działy produkcji ? jeszcze jeden przypadek stwarzający niewielką zachętę do ograniczania zużycia energii.

### 3.2 Średnie bariery

#### Nie wszyscy uczestnicy sieci zaopatrzenia mają wystarczającą motywację

Pomiędzy producentem układu napędowego a działem, który będzie go faktycznie użytkował i płacił rachunki za energię, istnieje wiele pośrednich etapów. Inaczej mówiąc, interes tych, którzy znajdują się w sieci zaopatrzenia koncentruje się na koszcie zakupu, podczas gdy użytkownika powinny interesować koszty w całym okresie użytkowania. Jeżeli którykolwiek element w sieci zaopatrzenia nie jest świadomy istotnego znaczenia sprawności energetycznej to rozpowszechnienie silników energooszczędnych utknie w miejscu.

Elementy i podzespoły, jak silniki, wentylatory i pompy, są zwykle wytwarzane przez producentów gotowych wyrobów (OEM), skłanianych przez klientów do dostawy po najniższych cenach. Co więcej, układy są często sprzedawane poprzez dystrybutorów, którzy nie zawsze są świadomi istotnego znaczenia sprawności energetycznej.

Kompletny układ sprężonego powietrza, pompowy lub wentylacji jest zazwyczaj projektowany przez inżynierów i instalowany przez wykonawców technicznych, co wprowadza dwie kolejne, nie zainteresowane oszczędnością energii, strony tego procesu, które także należy przekonać.

Również po stronie zakupów strony pośredniczące mogą blokować działania. Niektóre większe przedsiębiorstwa prowadzą politykę zakupów, która narzuca ustalone specyfikacje dla wszystkich zakupów w tych firmach. Specyfikacje te są często przestarzałe, stąd modele o mniejszej sprawności są nadal kupowane bez zastanowienia. Innym przykładem jest stosowanie wentylatorów w systemach klimatyzacji wewnętrznej. Podlegają one ograniczeniom zawartym w kontraktach między właścicielem budynku a dostawcą, które stanowią, że wentylatory mają spełniać wymagania funkcjonalne, ignorując zagrożenie energii.

#### Brak prawidłowych definicji sprawności układu napędowego

Sprawność układu napędowego jest trudna do zdefiniowania i obliczenia. System EU/CEMEEP wprowadza podział silników na trzy jasno zdefiniowane klasy. Może to pomóc w przełamaniu historycznej bariery wynikającej z braku precyzyjnej definicji silnika energooszczędnego. Nadal brak jest jasnej definicji sprawności dla całego układu napędowego, jak np. napędy pomp lub wentylatorów. Znacznie trudniej jest ocenić sprawność całego układu napędowego niż samego silnika. Odmienne metody badania sprawności dają różne wyniki, powodując pewien sceptycyzm u nabywców i z kolei tendencję do ignorowania podawanych przez producenta danych dotyczących sprawności.

#### Przewymiarowanie powodowane nieznanymi mechanicznymi charakterystykami obciążenia

Instalowanie wysokosprawnych układów napędowych jest bezcelowe jeżeli są przewymiarowane w stosunku do ich funkcji, co jednak często się zdarza. Charakterystyki mechaniczne obciążenia napędu mogą być trudne do wyznaczenia, mogą być przeszacowane, albo ich wartości mogą być określone dla warunków rozruchu a nie dla obciążenia roboczego. Czasami przepisy wymagają dużego zapasu bezpieczeństwa. W innych przypadkach warunki techniczne dla nowych układów są określane tak, aby umożliwić rozbudowę zakładu w przyszłości.

#### Brak czasu w kierownictwie i zarządzaniu

Zwykle to inżynierowie wysuwają koncepcję inwestowania w energooszczędne układy napędowe, jednak "sprzedanie" projektu jest ich słabą stroną. Nie przedstawiają swoich argumentów w kategoriach zrozumiałych dla decydentów i z tego powodu szanse ekonomicznie pewnych inwestycji mogą zostać odrzucone przez kierownictwo finansowe.

Czasami spotyka się zaangażowanie wyższego kierownictwa ale to zaangażowanie jest źle rozłożone pomiędzy oddziały i wydziały firmy oraz brakuje w nim przejrzystego planu działania. W takim przypadku spreczne naciski powodują, że pełne dobrych intencji zaangażowanie szybko idzie w zapomnienie.

### 3.3 Umiarkowane bariery

#### Brak kapitału

Brak kapitału utrudnia przedsiębiorstwom inwestowanie w bardziej wydajne układy pomimo potencjalnie zyskownych możliwości. W takich przypadkach dostępny kapitał, zwykle ograniczony, jest rezerwowany dla inwestycji, które są w oczywisty sposób zgodne ze strategicznymi celami działalności przedsiębiorstwa.

W pokonaniu tego rodzaju barier mogą być pomocne firmy energetyczne typu ESCO, które jednak potrzebują wsparcia.

#### Inne wymagania kolidują ze sprawnością energetyczną

Nawet jeżeli sprawność energetyczna jest brana pod uwagę to często otrzymuje ona niższy priorytet niż inne zagadnienia. W wielu przedsiębiorstwach za układy napędowe odpowiada dział utrzymania ruchu. Jest logiczne, że dostępność środków produkcji, wysiłek i koszty wkładane w konserwację i remonty, są postrzegane jako priorytetowe. Czasami koliduje to ze sprawnością energetyczną. Na przykład, napęd z regulowaną prędkością przynosi oszczędność energii ale jest czuły na zapady napięcia i wprowadza harmoniczne do sieci.

## 4. Rozwiązania

### Przewycięzanie barier rynkowych

W jaki sposób przewyciężyć bariery opisane w rozdziale 3 tak, aby można było przekształcić Europejski rynek układów napędowych? Według obiegowych poglądów najlepszym sposobem jest właściwe połączenie różnych działań, rozłożonych umiejętnie w czasie. Koordynacja wszystkich działań w ramach jednego centralnego programu sprawi, że dla docelowych odbiorców korzyści staną się łatwiej dostrzegalne co pomoże osiągnąć założone cele.

Sprawdzoną taktyką zmiany rynku jest trójpoziomowe podejście: marchewki, kija i bębenka. Marchewka reprezentuje zachęty, kij - regulacje, a bębenek jest symbolem edukacji. Wszystkie trzy elementy są równie ważne.

Najważniejsze działania, podejmowane w celu przewyciężenia barier i osiągnięcia sukcesu można streścić następująco:

1. Regulacja - na przykład, stworzenie klas sprawności, licencjonowanie układów napędowych jako część pozwoleń na eksploatację instalacji przemysłowych w ramach Zintegrowanego Zapobiegania i Ograniczania Zanieczyszczeń (IPPC) oraz obowiązkowe audyty.
2. Informacja i edukacja ? publikacje i seminaria; ujęcie zagadnień z punktu widzenia odbiorcy, do którego są skierowane.
3. Bezpośrednia pomoc u użytkownika ? narzędzia wspomagające podejmowanie decyzji (elektroniczne bazy danych, kalkulatory do obliczania oszczędności energii, szkolenie personelu w trakcie pracy i, przede wszystkim, audyty energetyczne).
4. Wsparcie finansowe - szybkie uruchomienie rabatów promocyjnych, wsparcie dla dystrybutorów, zwiększone ulgi podatkowe, specjalne kontrakty leasingowe i handel kredytami emisji. W każdym przypadku, aby zachęta była skuteczna musi mieć odpowiednią wartość.
5. Współpraca z dostawcami - są idealnymi partnerami w rozpowszechnianiu informacji, należy jednak unikać sytuacji postrzeganych jako utrata niezależności.
6. Normy środowiskowe - akredytacje takie, jak ISO 14001, jako ramy promocji sprawności energetycznej.
7. Wspieranie działalności badawczo-rozwojowej u producentów ? bezpośrednie lub pośrednie wspieranie działalności badawczo-rozwojowej skutkuje projektowaniem wyrobów o większej sprawności energetycznej.
8. Zakupy i analiza kosztu cyklu użytkowania ? sprawdzona technika jednoczesnej poprawy wyników działalności przedsiębiorstwa i ekologicznych.

9. Podejście zintegrowane - żadne z powyższych rozwiązań nie będzie funkcjonować w izolacji, natomiast połączone razem stanowią potężne narzędzie zmiany.

### 4.1 Regulacja

W rozdziale 3 (Bariery rynkowe) przedstawiono jak ważne jest dokładne ustalenie i uzgodnienie, czym jest wysokosprawny układ napędowy. Pierwszym krokiem do osiągnięcia zgodności jest zdefiniowanie poziomów sprawności. Z chwilą, gdy poziomy te zostaną określone, możliwa będzie oficjalna klasyfikacja i etykietowanie. Dla samych silników ta faza została już osiągnięta. System EU/CEMEEP dzieli silniki na trzy jasno zdefiniowane klasy: EFF3, EFF2 i EFF1 (EFF1 oznacza najwyższą sprawność).

Ważne jest, aby standardy sprawności energetycznej, dobrowolne, czy też regulowane przepisami, były postrzegane nie jako ustalone, lecz jako oceniane w sposób ciągły w celu określenia odpowiedniego momentu do podniesienia ich na wyższy poziom. Doświadczenie pokazuje, że silniki EFF3 stanowią obecnie pomijalnie mały ułamek rynku, to samo dotyczy też silników EFF1. Inaczej mówiąc, działania wg schematu dobrowolnego przesunęły rynek w kierunku silników EFF2. Aby przesunąć rynek w kierunku silników EFF1 i umożliwić wykorzystanie ogromnych efektów ekonomicznych wynikających z oszczędności energii, może być potrzebne nałożenie norm minimalnej obowiązkowej sprawności.

Wprowadzenie etykietowania dla kompletnych układów napędowych jest trudne, ponieważ poziomy sprawności energetycznej tych układów zależą nie tylko od zakupionych maszyn, ale w równym stopniu także od sposobu wykonania instalacji i od eksploatacji. Sprawność energetyczną można zapewnić przez:

- najlepsze metody postępowania w zakresie sprawności układów napędowych zalecane w pozwoleniu IPPC na działanie dla zakładów przemysłowych<sup>16</sup>,
- wprowadzenie obowiązkowego systemu audytowania, przewidzianego w projekcie dyrektywy o usługach energetycznych<sup>17</sup>.

Klasyfikacja i etykietowanie są nadal dobrym rozwiązaniem dla znormalizowanych układów napędowych, sprzedawanych zwykle jako zintegrowany zespół.

Obecnie istnieje kilka różnych norm na badania sprawności układów wentylacyjnych. Oczywiście lepszą byłaby jedna, ogólnie przyjęta norma. Gdy tylko osiągnięty zostanie konsensus odnośnie takiej normy producenci i użytkownicy będą mogli się spotkać i opracować system etykietowania.

Nadal brak definicji ogólnych poziomów sprawności dla pomp obiegowych wody. Jednym z problemów jest to, że zbyt duże tolerancje obecnie publikowanych parametrów pomp nie pozwalają na ustalenie większej liczby poziomów sprawności. Zmniejszenie tych tolerancji mogłoby stanowić dobry początek.

## 4.2 Informacja i edukacja

Dobrym narzędziem rozpowszechniania informacji są publikacje i seminaria. Dostępne są już różnego rodzaju informacje dotyczące tego przedmiotu, z których wiele zaledwie dotyka zagadnienia i nie są wystarczająco szczegółowe żeby mogły mieć praktyczną wartość. Na przeciwnym biegunie znajdują się artykuły bardzo specjalistyczne, na poziomie naukowym, które wymagają uważnego przestudiowania i są bardziej odpowiednie na szczeblu akademickim. Między tymi dwiema skrajnościami istnieje luka, którą należy zapełnić.

Ważnym aspektem jest aby te publikacje były na dobrym poziomie technicznym i były zawsze pisane z myślą o odbiorcy. Istnieje wiele różnych grup zaangażowanych w dobór układów napędowych, poczynając od personelu utrzymania ruchu po księgowych, każda z tych grup powinna znaleźć odpowiednie dla niej informacje.

Innym skutecznym sposobem rozpowszechniania informacji są seminaria. Uwagi odnoszące się do publikacji, w równym stopniu stosują się do seminariów. Nie powinny być one ani zbyt ogólne, ani też nadmiernie akademickie. Najlepszymi seminariami są te, które mają praktyczny program, pozostawiający dużo czasu na dyskusję. Inżynier, który prezentuje przykłady oszczędności energii z własnej praktyki może przybliżyć je do poziomu audytorium. Najbardziej skutecznymi prelegentami są ci, którzy nie tylko są kompetentni technicznie, ale są także dobrymi prezenterami. Rozwiązaniem, które pozwoli przedstawić w publikacjach i na seminariach interesujące przypadki jest uruchomienie projektów demonstracyjnych i pilotażowych, które dotyczą konkretnych problemów. Należy jednak pamiętać, że każda prezentacja powinna być bezstronna, aby była wiarogodna. Najlepszym sposobem oceny efektywności seminarium jest użycie formalnych kwestionariuszy oceny, wypełnianych przez uczestników seminarium.

Dobrym rozwiązaniem jest także włączanie dostawców urządzeń, zarówno w charakterze referujących jak i wystawców. Może to być skutecznym sposobem wzmocnienia niezbędnego zaangażowania z ich strony (p. rozdz. 3: Bariery rynkowe).

## 4.3 Pomoc w zakładzie użytkownika

Pomoc udzielana w zakładzie użytkownika przez niezależnego, specjalistycznego doradcę daje w praktyce najlepszą gwarancję określenia optymalnych środków oszczędności energii; należy oceniać cały układ napędowy, nie tylko sam silnik. Stymulowanie i wspieranie audytów jest prawdopodobnie jednym z tych działań, które dają największy zwrot z inwestycji, jaki rząd może uzyskać. Równoległe do prowadzonego doradztwa, doradcy mogą

bieżąc szkolić personel a nawet służyć mu pomocą w przedkładaniu odpowiednich propozycji dla kierownictwa. Specjalne "kalkulatory oszczędności energii" ułatwiają wstępne skierowanie uwagi na potencjał oszczędności energii, zanim doradca zostanie zaproszony do audytu. Chociaż metody stosowane w kalkulatorach nie uwzględniają wszystkich zmiennych niezbędnych do uzyskania w pełni dokładnych wyników, to otrzymane przybliżenia mogą wskazać gdzie leżą wyraźne możliwości oszczędzania energii. Może to być bardzo skuteczną metodą pobudzenia świadomości w tym zakresie.

Dobrym narzędziem wspomagającym są także elektroniczne bazy danych, które porównują opcje różnych silników, na przykład EuroDEEM18), chociaż ich stosowanie spotyka się czasami z niechęcią do przyswojenia sobie nowego oprogramowania. Sesje szkoleniowe, prowadzone np. w czasie seminariów, mogą okazać się skutecznym sposobem przezwyciężenia tej bariery.

## 4.4 Mechanizmy finansowe

Bardzo prostym sposobem pobudzania sprzedaży energooszczędnych układów napędowych są rabaty. Programy rabatowe przedsiębiorstw dostarczających energię elektryczną w Stanach Zjednoczonych w latach 80. pokazują jednak, że nie zawsze jest to najbardziej opłacalna droga do osiągnięcia celu. Aby system rabatowy był skuteczny musi oferować adekwatne wartości, co powoduje, że programy te są bardzo kosztowne. W miarę wzrostu sprzedaży układów energooszczędnych pojawia się efekt "korzystających z okazji" (tzn. tych, którzy zakupiliby takie układy niezależnie od rabatu) i czyni systemy rabatowe progresywnie drogimi. Rabaty są skutecznym sposobem szybkiego uruchomienia działań promocyjnych i legislacyjnych, ale najlepiej je wycofywać w miarę jak rynek się rozwija.

Decydujące znaczenie ma poparcie ze strony dystrybutorów. Ponieważ dystrybutorzy muszą przeznaczyć dodatkową przestrzeń na magazynowanie układów wysokosprawnych, muszą też otrzymać finansową zachętę do uczestnictwa i, co nawet ważniejsze, muszą być przekonani o efektywności całego programu.

Jednym ze sposobów wsparcia finansowego jest udzielanie przedsiębiorstwu ulg podatkowych, jeżeli inwestycja dotyczy energooszczędnych układów napędowych. Program Zwiększonych Odliczeń Podatkowych (Program ECA, p. rozdz. 5) wprowadzony w Wielkiej Brytanii jest dobrym przykładem tego rodzaju działań. Jeszcze innym sposobem może być finansowe wspieranie leasingu. Leasing jest zazwyczaj oferowany przez producenta i, jeżeli zachodzi potrzeba, może być także wspierany przez państwo. Jego zasadniczą atrakcją dla klientów jest to, że mogą osiągać oszczędności bez ponoszenia nakładów kapitałowych. Kontraktowanie jest zwykle oferowane dla większych układów napędowych takich, jak systemy sprężonego powietrza. Niektóre specjalne kontrakty stanowią nawet, że nabywca płaci stronie kontraktującej tylko z oszczędności na kosztach energii. Jest to doskonały przykład zupełnego pokonania bariery braku kapitału. Pomoc finansową mogą zapewnić także firmy typu ESCO, finansowanie przez stronę trzecią lub umowa o efekt energetyczny.

Szczególnie obiecującą koncepcją jest unijny program handlu emisjami, który można by rozszerzyć tak, aby umożliwić przedsiębiorstwom występowanie o kredyty emisji na urządzenia ograniczające zużycie energii. Jest to zgodne z zasadą, że najbardziej przyjazne dla środowiska są te kilowatogodziny, które zostały zaoszczędzone. Jeżeli przedsiębiorstwo oszczędza energię elektryczną to w rezultacie elektrownia produkuje mniej energii a tym samym zmniejsza się emisja gazu cieplarnianego z elektrowni. Obecnie elektrownie mogą uzyskać kredyty emisji na tego rodzaju redukcję. Jednak, aby rozwiązanie takie było w pełni rzetelne i mogło stymulować inwestowanie w oszczędność energii, to przynajmniej część tych kredytów powinno otrzymać przedsiębiorstwo, które zainwestowało w środki oszczędności energii.

Również przychody z podatku od emisji dwutlenku węgla powinny być przeznaczane na finansowanie inwestycji energooszczędnych. W ten sposób podatek od emisji dwutlenku węgla mógłby stać się neutralnym dla europejskiego przemysłu, umożliwiając jednocześnie poprawę jego konkurencyjności.

#### 4.5 Współpraca z dostawcami

Dostawcy, którzy regularnie odwiedzają klientów są jednocześnie idealnymi partnerami w rozpowszechnianiu informacji. Dostawcy niekoniecznie muszą być producentami. Decydujące znaczenie ma dotarcie do faktycznych producentów (OEM) wyrobów. Współpraca z dostawcami wymaga utrzymania delikatnej równowagi między staraniami promocyjnymi a utratą niezależności. Taka współpraca niesie także ryzyko utraty wiarygodności, ponieważ celem przedsiębiorstw jest zysk ze sprzedaży wyrobów lub usług.

#### 4.6 Wspieranie działalności badawczo-rozwojowej u producentów

"Dojrzały wiek" standardowych silników i ogromne koszty włożone w dokonanie znaczących postępów oznaczają, że możliwości uzyskania opłacalnej poprawy sprawności są niewielkie. Jednak ostatnio pewna francuska firma oznajmiła, że jest gotowa do wprowadzenia na rynek swojej technologii produkcji miedzianych wirników [klatkowych]. Taki proces technologiczny nie mógł być dotychczas realizowany przemysłowo ze względu na wysoką temperaturę topnienia miedzi (około 1 083°C). Duża przewodność miedzi powoduje, że nowa technologia zwiększa sprawność silnika o 3%.

Właściwym kierunkiem stymulowania rozwoju i badań, oraz opracowania wyrobów energooszczędnych są grupy nabywców produktów [Product Procurement Groups]. Są to grupy użytkowników oferujące gwarantowany rynek producentom, którzy opracują nowy produkt spełniający konkretne wymagania.

#### 4.7 Normalizacja środowiskowa

Przedsiębiorstwa posiadające akredytacje ISO 14001 i EMAS [Europejski System Ekozarządzania i Audytów] [14] mogą stanowić interesujący kierunek poprawy sprawności układów napędowych. Uzyskane zwiększenie sprawności mogłoby być wykazywane jako poprawa wyników środowiskowych przedsiębiorstwa.

Dyrektywa o Zintegrowanym Zapobieganiu i Ograniczaniu Zanieczyszczeń (IPPC) [15] wymaga, między innymi, stosowania najlepszych dostępnych technik w instalacjach przemysłowych podlegających tej dyrektywie, w celu osiągnięcia efektywności energetycznej, w tym także wysokiej sprawności układów napędowych.

#### 4.8 Zakupy i analiza kosztów cyklu użytkowania produktu

Analiza kosztów cyklu użytkowania produktu (LCC) jest silnym narzędziem poprawy wyników przedsiębiorstwa i jednocześnie ochrony środowiska poprzez redukcję zużycia energii. Wytyczne LCC zostały opracowane w ramach programu SAVE19, z przeznaczeniem głównie do stosowania w pracach nad przygotowaniem zakupów w przemyśle. Mogą być też wykorzystane jako część instrukcji zakupów albo systemu jakości w przemyśle. Grupa docelowa obejmuje kierownictwo w przemyśle, nabywców, doradców i producentów.

#### 4.9 Konieczność zintegrowanego podejścia do zagadnienia

Skuteczny program powinien połączyć kilka z powyższych działań w skoordynowane podejście do zmiany rynku. Niezbędne jest unormowanie minimalnych osiągnięć sprawności dla różnych elementów układu napędowego, jak na razie dotyczy ono wyłącznie silników. Audyty energii są istotnym elementem realizacji potencjału oszczędności energii zawartego w układach napędowych, muszą być jednak poparte ramowym programem okresowych inspekcji nadzorujących. Inspekcje takie powinny obejmować wszystkie systemy energetyczne zakładu. Dla utrzymania odpowiedniego poziomu jakości inspektorzy powinni być szkoleni a w razie potrzeby, podlegać certyfikacji. Informacja i promocja powinny przebiegać równolegle w celu przeszkolenia użytkowników w spełnieniu wymogów wszelkich nowych przepisów.

Aby wykazać korzyści z wysokosprawnych układów napędowych należy opracować dla potrzeb rynku przypadki testowe, najlepiej z udziałem liderów przemysłu. Niedostatek kapitału często stanowi barierę, z którą można się uporać za pomocą programów finansowych, jak np. umowa o efekt energetyczny lub ulgi podatkowe.

## 5. Bieżące programy

Obecnie w Unii Europejskiej i w Stanach Zjednoczonych uruchomiono szereg programów, których celem jest promocja układów napędowych o zwiększonej sprawności. Każdy z tych programów koncentruje się na określonym typie działalności (p. rozdz. 4). Poniżej podano krótkie opisy tych programów, uzupełnione najważniejszymi wnioskami jakie można z nich wyciągnąć.

### Regulacja

1. Europejski Program Motor Challenge – dobrowolny program poprawy sprawności energetycznej układów napędowych, zainicjowany przez Komisję Europejską.
2. Francja – Rozporządzenie o oszczędności energii z r. 1977 - ustanawia obowiązkową inspekcję energetyczną w przemyśle.
3. Włochy – Rozporządzenie o efektywności energetycznej z r. 2001, połączone z liberalizacją, zobowiązuje przedsiębiorstwa dostarczające energię elektryczną do wdrożenia programu oszczędzania energii, z ilościowymi określonymi, progresywnymi celami rocznymi.
4. Europejskie etykiety sprawności silników ? opracowane przez Europejski Komitet Producentów Maszyn Elektrycznych i Urządzeń Energoelektronicznych.
5. Stany Zjednoczone – EPAct [Energy Policy Act] Ustawa o polityce energetycznej, podaje minimalne standardy sprawności energetycznej silników.
6. Stany Zjednoczone – NEMA Premium, Amerykańskie Stowarzyszenie Producentów Urządzeń Elektrycznych [National Electrical Manufacturers Association] wprowadza etykietowanie wysokosprawnych silników elektrycznych.

### Informacja, edukacja i bezpośrednia pomoc w zakładzie użytkownika

7. EuroDEEM – Europejska baza danych o energooszczędnych silnikach elektrycznych.
8. Wielka Brytania – EEBPp [Energy Efficiency Best Practice Programme], rządowy Program Najlepszej Praktyki Efektywności Energetycznej.
9. Energooszczędne Systemy Sprężonego Powietrza "Druckluft Effizient" - niemiecki program informowania użytkowników o potencjale oszczędności systemów sprężonego powietrza.
10. Europejski Poradnik Sprawności Pomp ? pierwszy w Europie przykład klasyfikacji i etykietowania pomp.

### Zachęty finansowe

1. ECA [Enhanced Capital Allowances] - Brytyjski rządowy Program Zwiększonych Odliczeń Podatkowych.

### Programy zintegrowane

2. Sparemotor - rząd duński, w ramach większej kampanii, przeznaczył subsydia na wysokosprawne silniki elektryczne.
3. Polski Program Efektywnego Wykorzystania Energii w Napędach Elektrycznych (PEMP) - wspierany przez Organizację Narodów Zjednoczonych i Globalny Fundusz Środowiska (GEF); program ten obejmuje rozpowszechnianie, demonstracje, zachęty finansowe oraz sprecyzowanie regulacji prawnych.

Jak widać z powyższego przeglądu, tylko kilka programów odnosi się do układów napędowych. Większość programów skupia się na silnikach gdyż sam silnik jest znacznie łatwiejszy do opanowania i zrozumienia, ale jednocześnie, przez podejście, które nie bierze pod uwagę całego układu napędowego, traci się wiele możliwości oszczędzania energii.

## 5.1 Opis bieżących programów

### 5.1.1 Europejski Program Motor Challenge

Europejski program Motor Challenge (MCP) jest dobrowolnym programem, wspieranym przez Komisję Europejską, którego celem jest zwiększenia sprawności energetycznej układów napędowych. "Przedsiębiorstwa Partnerskie" programu Motor Challenge nie mają zobowiązań prawnych natomiast wymaga się od nich silnego zaangażowania. Zasadniczą częścią programu jest "Plan Działania", w którym zobowiązują się one do podjęcia odpowiednich kroków. Przedsiębiorstwa same określają zakres tego planu. Doradztwo i pomoc techniczna ze strony Komisji oraz Krajowego Centrum Kontaktowego mają zapewnić osiągnięciu powodzenia. Oprócz doradztwa, Partnerzy otrzymują jeszcze dodatkową korzyść: dzięki kampanii promocyjnej programu ich firmy stają się powszechnie znane.

"Członkowie Wspierający MCP" są to przedsiębiorstwa lub organizacje, które pragną wspierać Program Motor Challenge swoją wiedzą i wspomagać promocję MCP w przemyśle. Członkowie Wspierający powinni sporządzić i realizować Plan Promocji MCP określający działania w zakresie rozpowszechniania informacji i wspierania Partnerów MCP we wdrażaniu zaleceń w praktyce. W zamian za to Członkowie Wspierający, podobnie jak Partnerzy MCP stają się powszechnie znani.

Liczba przedsiębiorstw przystępujących do Programu MCP stopniowo rośnie. Jest jeszcze za wcześnie aby podawać wiarogodne statystyki ale już teraz jest jasne, że dobrowolny program nigdy nie wygra z ogromną większością użytkowników układów napędowych.

### **5.1.2 Francja - rozporządzenie o oszczędności energii z r. 1977**

Rządy państw wykorzystują środki prawne aby narzucić stosowanie technologii energooszczędnych. Postępowanie takie jest rutynowe, na przykład w przepisach budowlanych. We Francji, rozporządzeniem z 5 lipca 1977 r. ustanowiono ogólny system obowiązkowych inspekcji energetycznych w przemyśle. Również Finlandia posiada system obowiązkowych audytów.

### **5.1.3 Włochy - rozporządzenie o efektywności energetycznej z r. 2001**

W r. 2001 zostało we Włoszech zatwierdzone rozporządzenie o efektywności energetycznej. Rozporządzenie to jest połączone z liberalizacją rynku energii elektrycznej i zobowiązuje przedsiębiorstwa dostarczające energię elektryczną do wdrażania programów oszczędności energii, zwiększających efektywność energetyczną u użytkowników finalnych, oraz do osiągnięcia celów ilościowych. Rozporządzenie to wymaga, aby dystrybutorzy energii określili, sfinansowali i wdrożyli konkretny program oszczędności energii. Proponowane środki, wymienione w załączniku do rozporządzenia, obejmują stosowanie wysokosprawnych silników elektrycznych i napędów z regulowaną prędkością we wszystkich sektorach. Cele ilościowe, które dystrybutorzy energii elektrycznej mają osiągnąć są progresywne i ustalane każdego roku.

W obecnej chwili rozporządzenie nie obowiązuje z powodu dokonywania nowelizacji.

### **5.1.4 CEMEP i etykiety sprawności energetycznej**

CEMEP (Europejski Komitet Producentów Maszyn Elektrycznych i Urządzeń Energoelektronicznych) i Komisja Europejska opracowały etykiety klasyfikacji sprawności energetycznej ? EFF1, EFF2 i EFF3 - w celu ułatwienia nabywcom identyfikacji silników energooszczędnych na rynku. Program został wdrożony w ramach dobrowolnego porozumienia między Komisją i producentami silników. Jego celem było obniżenie o połowę sprzedaży silników EFF3 do r. 2003; cel ten został osiągnięty.

### **5.1.5 Stany Zjednoczone ? EPAAct (Ustawa o polityce energetycznej)**

Celem ustawy o polityce energetycznej (EPAAct), uchwalonej w r. 1992, jest zmniejszenie zależności Stanów zjednoczonych od importu ropy naftowej i zwiększenie w ten sposób bezpieczeństwa energetycznego kraju oraz poprawa stanu środowiska naturalnego. Jeden z rozdziałów tej ustawy odnosi się do sprawności energetycznej układów napędowych.

### **5.1.6 NEMA Premium (Amerykańskie Stowarzyszenie Producentów Urządzeń Elektrycznych)**

NEMA Premium jest to amerykański program sprawności energetycznej silników elektrycznych. Program NEMA zaprasza członków stowarzyszenia producentów silników do uczestnictwa w dobrowolnym partnerstwie, w ramach którego dokonywane są audyty sprawności ich wyrobów. Jeżeli wyroby są zgodne z wytycznymi sprawności silników NEMA Premium to mogą być etykietowane oznaczeniem NEMA Premium™, które ułatwia nabywcom rozpoznanie silników wysokosprawnych.

### **5.1.7 EuroDEEM - Europejska baza danych energooszczędnych silników elektrycznych**

Komisja Europejska opracowała oprogramowanie EuroDEEM (Europejska Baza Danych Energooszczędnych Silników Elektrycznych), które pozwala uwzględnić wszystkie czynniki niezbędne do obliczania sprawności, np. warunki obciążenia, temperatura i jakość zasilania mogą powodować znaczne zmiany sprawności w czasie eksploatacji. EuroDEEM stanowi dla przedsiębiorstw narzędzie oceny i optymalizacji sprawności silników.

### **5.1.8 Wielka Brytania - EEBPp (Program Najlepszej Praktyki Efektywności Energetycznej)**

EEBPp jest głównym programem rządu Zjednoczonego Królestwa w zakresie informacji, doradztwa i badań nad efektywnością energetyczną. Jest on skierowany do organizacji zarówno sektora publicznego jak i prywatnego. Od chwili wprowadzenia w r. 1989, program ten pomógł wielu organizacjom zaoszczędzić do 20% wydatków na energię. Doprowadził już do osiągnięcia w Wielkiej Brytanii oszczędności energii około 650 mln GBP rocznie. Dysponuje również największą w Wielkiej Brytanii biblioteką niezależnych informacji o efektywności energetycznej.

Program EEBPp promuje najlepsze metody postępowania poprzez darmowe publikacje i akcje oraz popiera działania na wszystkich etapach: planowania, projektowania, wdrożenia i zarządzania.

### **5.1.9 Niemcy - Druckluft Effizient**

Prowadzona od roku 2001 niemiecka kampania Druckluft Effizient (Efektywne Systemy Sprężonego Powietrza) jest ukierunkowana na poprawę efektywności systemów sprężonego powietrza w Niemczech. Kampania ta stosuje podejście systemowe, polegające na dostrzeganiu wszystkich komponentów systemu, jak wytwarzanie, obróbka, dystrybucja i użytkowanie sprężonego powietrza. Głównymi elementami kampanii są: obszerna witryna internetowa z praktycznymi informacjami, studia przypadków i narzędzia usprawniania systemów sprężonego powietrza, akcja darmowych audytów sprężonego powietrza, nagroda za "Efektywność systemu sprężonego powietrza" ? "Compressed Air Efficiency", poradnik zawierania umów, seminaria na temat sprężonego powietrza oraz ustalanie wzorców oceny

systemów sprężonego powietrza. Kampania jest wspierana przez partnerstwo między sektorem prywatnym a rządem.

#### 5.1.10 Europejski Poradnik Sprawności Pomp

Jest to poradnik aplikacyjny, opracowany przez uczestników projektu przy wsparciu ze strony Komisji Europejskiej, który umożliwia użytkownikom dobór pomp o właściwej sprawności energetycznej; został opublikowany wspólnie przez Komisję Europejską i EUROPUMP w ramach programu Motor Challenge20).

#### 5.1.11 Wielka Brytania ? Program Zwiększonych Odliczeń Podatkowych (ECA)

Celem ECA jest redukcja emisji dwutlenku węgla. Program ten oferuje przedsiębiorstwom inwestującym w technologie niskowęglowe i systemy energooszczędne, opcję odpisu całkowitych nakładów kapitałowych w roku dokonania inwestycji. Przedsiębiorstwa mogą zaopatrzyć się w odpowiednie i zatwierdzone wyroby, umieszczone liście uaktualnianej co miesiąc.

#### 5.1.12 Dania - Sparemotor

Kampania edukacyjna na temat korzyści z zastępowania starych silników elektrycznych nowymi, wysokosprawnymi silnikami, prowadzona w latach 1996 ? 1998 w duńskim handlu i przemyśle. Kampania ta dotarła do 4 000 przedsiębiorstw przez ogłoszenia w prasie, biuletyny i foldery. Strona internetowa kampanii może pomóc zainteresowanym przedsiębiorstwom w porównaniu silników wysokosprawnych i standardowych, zawiera również wykaz silników energooszczędnych. Oprócz prowadzonej kampanii, przez pewien czas było udzielane subsydlum w wysokości 60 EUR/kW.

Kampania odniosła sukces przejawiający się w sprzedaży blisko 100 000 nowych silników energooszczędnych od początku kampanii w r. 1996 do r. 1999, w rok po jej zakończeniu.

#### 5.1.13 Polski Program Efektywnego Wykorzystania Energii w Napędach Elektrycznych (PEMP) wspierany przez Program Narodów Zjednoczonych ds. Rozwoju - Globalny Fundusz Środowiska (GEF)

Celem Polskiego Programu Efektywnego Wykorzystania Energii w Napędach Elektrycznych (PEMP) jest przełamanie barier i zwiększenie penetracji rynku przez silniki energooszczędne oraz i związana z tym poprawa sprawności układów napędowych21). W ramach projektu prowadzone są cztery główne nurty działalności, wspierane przez Globalny Fundusz Środowiska (GEF). Pierwszy skupia się na rozwijaniu potencjału i zwiększaniu świadomości przez zapewnienie informacji i usług związanych z energooszczędnymi układami napędowymi. Drugi kierunek obejmuje projekty demonstracyjne, które mają ustalić i

zaprezentować korzyści techniczne i ekonomiczne wynikające z zastosowania energooszczędnych układów napędowych oraz zwiększyć świadomość w tym zakresie. Celem trzeciego jest stymulowanie konkurencji i transformacji rynku poprzez mechanizm bodźców finansowych oraz przez skoordynowane działania podnoszące świadomość, ukierunkowane na określonych odbiorców docelowych. Czwarty kierunek działań, o charakterze polityki, obejmuje instrumenty instytucjonalne i informacyjne. Został on zdefiniowany jako oddzielny element ponieważ jest skierowany do różnych grup docelowych i wymaga odmiennego podejścia na szczeblu państwowym.

## 5.2 Krytyczne czynniki sukcesu

Z opisanych wyżej programów można wyciągnąć kilka wniosków. Wnioski te stanowią krytyczne czynniki sukcesu dla każdego programu, którego celem jest promocja wysokosprawnych układów napędowych w Europie:

1. ramy prawne,
2. odpowiednie wsparcie,
3. wysoka jakość i właściwy zakres informacji,
4. optymalizacja i uzgodnienie z innymi programami,
5. ocena wyników i sprzężenie zwrotne,
6. zaangażowanie i koordynacja pomiędzy zainteresowanymi stronami,
7. zróżnicowanie dla każdego rynku.

### 5.2.1 Ramy prawne

Większość krajów nie posiada ram prawnych preferujących wysokosprawne układy napędowe. Sukcesy osiągnięte krajach, które takie ramy posiadają (Dania, USA) ukazują potencjalne korzyści tego rozwiązania. Europejski Program Motor Challenge wyraźnie odczuwa brak podstaw prawnych i źródeł finansowania.

### 5.2.2 Odpowiednie wsparcie

Realizacja bieżących programów dowodzi, że im większe nakłady są inwestowane, tym zwrot jest wyższy. Nie znaczy to, że całe wsparcie musi być w postaci zachęt finansowych. Inne kampanie również wymagają odpowiedniego wsparcia dla utrzymania minimalnego poziomu jakości. Przykłady Wielkiej Brytanii i Danii pokazują, że opłaca się inwestować w duże i wysokiej jakości programy.

### 5.2.3 Wysoka jakość i właściwy zakres informacji

Wszystkie materiały informacyjne i środki ich rozpowszechniania muszą być wysokiej jakości. Niska jakość informacji zmniejsza wiarygodność wiadomości. Informacje powinny być formułowane we właściwym zakresie merytorycznym i w sposób odpowiedni dla docelowego

odbiorcy. Należy zrozumieć, że efektywność energetyczna rzadko jest zasadniczą motywacją - dla wielu zakładów bardzo istotne są inne zagadnienia, np. koszty obsługi i energii. Informacja jest też bardziej akceptowalna jeżeli pochodzi z neutralnego źródła, jak instytucja publiczna lub badawcza albo organizacja o charakterze niezarobkowym lub edukacyjnym.

#### 5.2.4 Optymalizacja i uzgodnienie z innymi programami

Jeżeli liczba programów i ilość materiałów stają się zbyt duże, to odbiorcy mogą być zdezorientowani licznymi informacjami napływającymi z wielu źródeł. Należy zwracać uwagę na usprawnianie wszystkich działań z tym związanych, szczególnie w krajach dysponujących większymi środkami promocji oszczędności energii tak, aby informacje były przekazywane w sposób jasny.

#### 5.2.5 Ocena wyników i sprzężenie zwrotne

Niezmierzalnym ważnym elementem każdego programu są wbudowane metody oceny i pomiarów. Jest to w istocie jedyna droga monitorowania oddziaływania programów i ich dopracowania.

#### 5.2.6 Zaangażowanie i koordynacja pomiędzy zainteresowanymi stronami

Wszyscy udziałowcy rynku, w tym dostawcy urządzeń, dystrybutorzy, działają zakupów w dużych firmach i inni kluczowi uczestnicy, powinni działać jako partnerzy.

#### 5.2.7 Zróżnicowanie dla każdego rynku

Struktura rynku układów napędowych wykazuje znaczne zróżnicowanie w obrębie Europy, nawet wewnątrz Europy Zachodniej. W rezultacie jest mało prawdopodobne żeby odosobnione działanie mogło doprowadzić do znaczących zmian w rynku silników w skali całej Europy. Najlepszą strategią może być połączenie dobrze zaprojektowanych działań, prowadzonych w odpowiedniej kolejności, które odpowiadają wymaganiom różnych rynków krajowych.

### 5.3 Przypadek wzorcowy

Przykładem programu w którym z powodzeniem funkcjonowały wszystkie przytoczone wyżej krytyczne czynniki sukcesu jest kanadyjski "British Columbia Hydro Project". Pokazuje on wyraźnie w jaki sposób można dokonać transformacji rynku za pomocą prawidłowo zorganizowanej kampanii (p. rys. 2):

- Duże zachęty finansowe (większe niż różnica kosztów między silnikiem energooszczędnym i standardowym) miały największy wpływ na początku projektu. W miarę realizacji projektu były one powoli zmniejszane.

- Wsparcie było uzyskiwane przez odwiedzanie klientów i dobór narzędzi. Duży udział silników w zużyciu energii w przemyśle mineralnym i papierniczym powodował, że te przedsiębiorstwa chętnie rozważały propozycje zastosowania silników energooszczędnych.

- Dystrybutorzy otrzymywali 20% wartości zachęty finansowej.

Do roku 1993 silniki energooszczędne stanowiły ponad 60% sprzedaży silników. Liczba ta wynika z faktu, że wielu producentów wyrobów finalnych sprzedawało urządzenia na rynku lokalnym.

W r. 1995 wprowadzono normy minimalnej sprawności i rabaty zostały wstrzymane.

Dlaczego to zadziałało?

- Projekt zapewniał znaczne rabaty, z atrakcyjnymi zachętami zarówno dla nabywców jak i dystrybutorów.

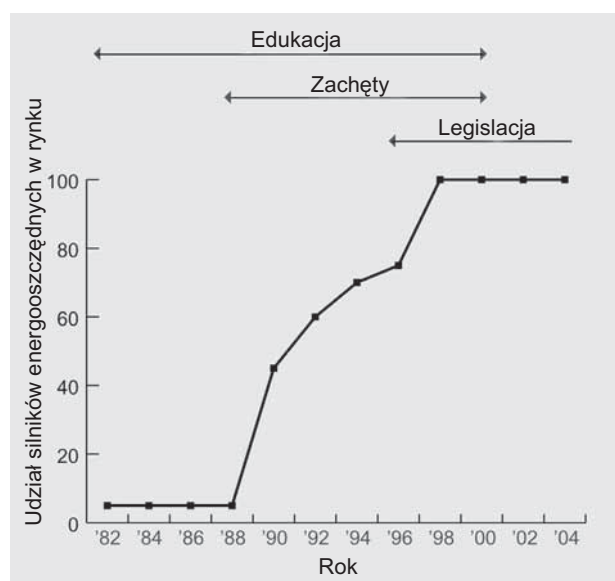
- Projekt zapewniał konkretny program edukacyjny, obejmujący wizyty u klientów oraz dobrą bazę danych dostępnych silników

- Kanadyjska prowincja Kolumbia Brytyjska posiada duży przemysł, gotowy do wspierania inicjatyw w zakresie poprawy efektywności energetycznej.

- Wielu producentów wyrobów finalnych sprzedawało urządzenia na rynku lokalnym.

- Wprowadzenie norm minimalnej sprawności energetycznej spowodowało, że zaczęto bardziej zwracać uwagę na ten problem.

Pozostaje pytanie, co by nastąpiło bez wprowadzenia norm minimalnej sprawności energetycznej?



Rys. 2 - Przykład udanej transformacji rynku (British Columbia Hydro Project)

## 6. Wnioski

Urzeczywistnienie w Unii Europejskiej potencjału oszczędności wynoszącego 202 mld kWh byłoby korzystne dla przemysłu i całego społeczeństwa europejskiego, pozwoliłoby zaoszczędzić 10 mld EUR rocznie i stanowiłoby wkład w cele polityki energetycznej Unii Europejskiej. Jednakże bez działań ze strony rządów ten potencjał nie będzie zrealizowany, pomimo silnych motywacji ekonomicznych. Rynek nie może zapewnić efektywności energetycznej z powodu istnienia barier zarówno technicznych jak i związanych z zarządzaniem, omówionych w rozdziale 3.

Działania opisane w rozdziale 4 są dobrze znane i były prezentowane na rynku. Optymalne połączenie działań obejmuje regulacje prawne, zachęty finansowe i kampanie informacyjne. Doskonałe warunki zwrotu nakładów finansowych, zarówno z punktu widzenia rządu jak i przemysłu, uzasadniają podjęcie inwestycji na wielką skalę dla realizacji tego potencjału oszczędności.

1. Oprócz bezpośrednich korzyści finansowych z oszczędności energii, społeczeństwo europejskie może uzyskać oszczędność 6 mld EUR rocznie w postaci redukcji kosztów środowiskowych (UE-25, obliczone dla mieszanki paliw UE-15). Skutecznym środkiem może być umożliwienie przemysłowi handlu emisjami gazów cieplarnianych; tylko ten jeden środek pozwoliłby na internalizację około jednej trzeciej kosztów środowiskowych.

2. Wysokosprawne układy napędowe przynoszą przemysłowi także wtórne korzyści przez obniżenie kosztów obsługi oraz usprawnienie produkcji. Te oszczędności można oszacować na 5-10 mld EUR rocznie.

Jeżeli uwzględnimy roczną wartość kosztów nie poniesionych w wysokości tylko 16 mld EUR (oszczędność energii elektrycznej i mniejsze zanieczyszczenie środowiska) oraz założymy trzyletni okres zwrotu nakładów, to wynik odpowiada potencjalnej inwestycji 48 mld EUR rozłożonej w ciągu 10-20 lat.

### Rola rządu

Zaproponowano czteroletni pakiet działań i środków połączony z zainwestowaniem 400 mln EUR w rynek układów napędowych. Program ten powinien być realizowany na poziomie państw członkowskich Unii Europejskiej. Program Motor Challenge powinien być kontynuowany jako forum rozwijania wspólnych narzędzi i szybkiego nauczania. Działania powinny obejmować:

- wdrożenie audytów systemów energetycznych w instalacjach przemysłowych,
- rozwinięcie przedsiębiorstw usług energetycznych wspomagających przemysł we wdrażaniu ekonomicznie opłacalnych rozwiązań do układów napędowych,
- wsparcie finansowe szkolenia i certyfikacji audytorów energii,

- zachęty fiskalne i finansowe dla inwestycji w projekty oszczędności energii,
- ramy dla wnioskowania o kredyty emisyjne dla inwestycji w oszczędności energii elektrycznej (np. "Białe Certyfikaty we Włoszech) [16],
- kampanię informacyjną opartą na Programie Motor Challenge.

Chociaż 400 milionów euro może wydawać się dużą sumą, to należy ją oceniać w porównaniu z wkładem jaki ten program może wnieść w konkretne cele polityki energetycznej takie, jak redukcja emisji gazów cieplarnianych i poprawa bezpieczeństwa zasilania. Przychody z podatku od emisji dwutlenku węgla mogą dostarczyć pewną część środków finansowych, podczas gdy pozostałą część można zapewnić ze środków zaprojektowanych tak, aby były neutralne dla budżetu państwa. Pewną część pieniędzy należy także przeznaczyć na finansowanie informacji, edukacji, szkolenia, audytów i inspekcji.

### Rola przemysłu

Rolą przemysłu jest podejmowanie takich inicjatyw jak Program Motor Challenge i inwestowanie w szkolenie personelu oraz w wysokosprawne układy napędowe. Działania te powinny być prowadzone w stworzonych przez rząd ramach i przy wsparciu ze strony rządu.

Potrzeby inwestycyjne w wysokości 48 mld EUR są faktycznie bardzo bliskie 50 mld EUR inwestycji w elektrownie, której energooszczędne układy napędowe pozwoliłyby uniknąć. Zatem, zamiast rozbudowy mocy zainstalowanej w postaci nowych elektrowni, proponuje się lepszą alternatywę, jaką jest inwestowanie w energooszczędne systemy produkcji. W ten sposób poprawia się efekty działalności środowiskowej i zmniejsza zależność energetyczną Europy. Oczywiście istniejące moce w starych elektrowniach powinny być utrzymane, a po zakończeniu okresu eksploatacji zastąpione przez nowe elektrownie.

# Załącznik I: Układy napędowe

## Definicja układu napędowego

W niniejszym raporcie przez określenie "przemysłowy układ napędowy" będziemy rozumieli dowolny układ napędzany silnikiem elektrycznym, składający się z:

- silnika elektrycznego,
- niekiedy wyposażonego w układ regulacji prędkości (VSD),
- oraz z układu obciążenia, który jest napędzany silnikiem, np.:
  - system sprężonego powietrza (zawierający sprężarkę i instalację dystrybucji powietrza),
  - układ pompowy (zawierający pompę i przewody rurowe),
  - system wentylacyjny (zawierający wentylator i kanały rozprowadzające),
  - miksery, przenośniki taśmowe, maszyny do pakowania, itp.,
  - urządzenia wykonawcze (np. narzędzia i siłowniki pneumatyczne).

## Silnik elektryczny

Każdy silnik elektryczny składa się z części wirującej - wirnika, i z części nieruchomej - stojana. Silnik wiruje na skutek wzajemnego oddziaływania pól magnetycznych stojana i wirnika.

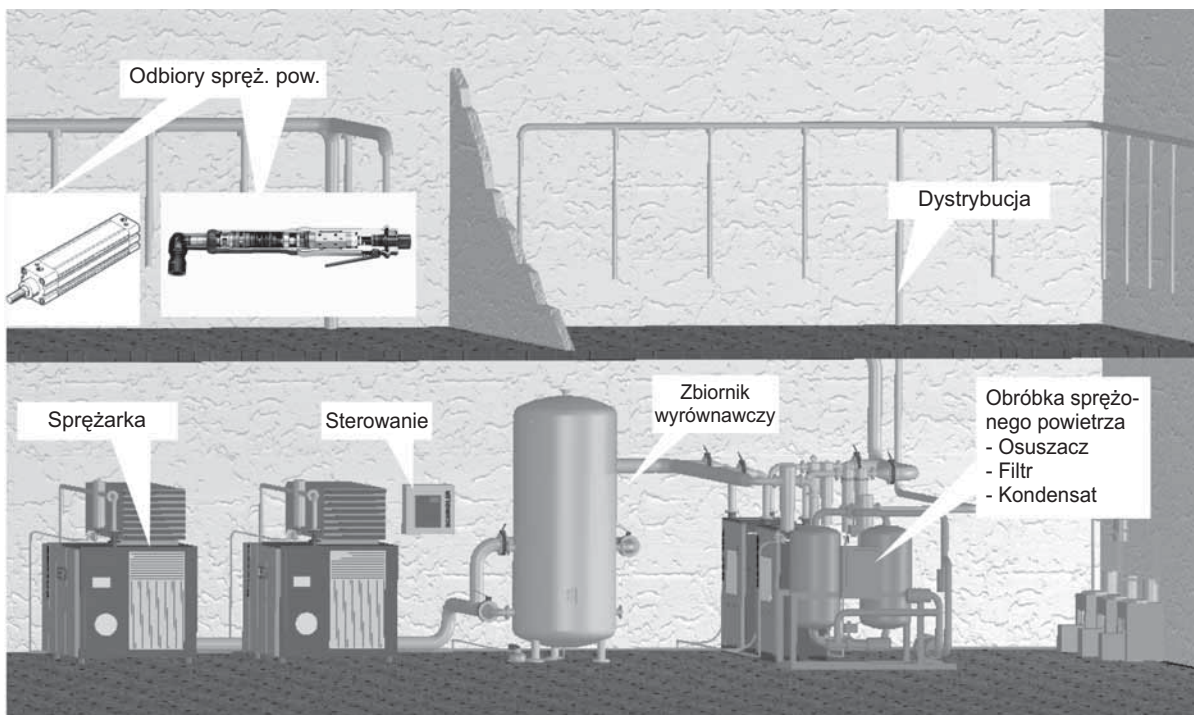
Istnieje kilka typów silników elektrycznych. Najpowszechniej stosowanym w przemyśle jest silnik indukcyjny, nazywany także asynchronicznym. Obejmuje on wszystkie zakresy mocy, z wyjątkiem bardzo niskich i bardzo wysokich. W stojanie silnika indukcyjnego znajdują się uzwojenia z miedzi, połączone z zasilaniem. Pod wpływem napięcia przyłożonego do uzwojeń powstaje wirujące pole magnetyczne. Indukuje ono prąd w obwodach wirnika i wytwarza siłę obracającą wirnik. Ruch obrotowy może być wykorzystany do napędzania układu. Ten typ silnika jest także określany jako "asynchroniczny" ponieważ prędkość obrotowa wirnika jest nieco mniejsza niż prędkość wirowania pola magnetycznego.

## Silniki energooszczędne (HEM)

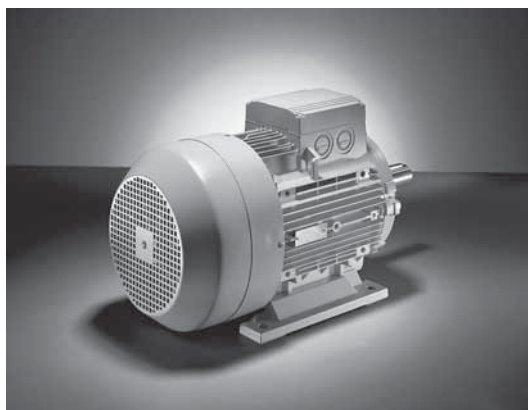
Sprawność silnika elektrycznego można poprawić głównie przez:

1. Zmniejszenie strat w uzwojeniach. Można to osiągnąć zwiększając przekrój poprzeczny przewodników uzwojenia albo przez ulepszenie technologii uzwojenia i skrócenie długości uzwojenia.
2. Stosowanie lepszych materiałów ferromagnetycznych.
3. Zmniejszenie strat wentylacyjnych.
4. Poprawę tolerancji w procesie produkcji.

Silniki o zwiększonej sprawności są określane jako "silniki energooszczędne".



Rys. 3 System sprężonego powietrza (Copyright Druckluft Effizient)



Rys. 4 - Niskonapięciowy silnik indukcyjny  
(Copyright Siemens)

W firmie Delta Extrusion (brytyjska walcownia miedzi) pięć silników zastąpiono silnikami o większej sprawności. Trzy z tych silników pracowały w sposób ciągły, pozostałe dwa w systemie pracy trózmianowej przez 5 dni w tygodniu.

Pomiary wykazały, że tych 5 silników przyniosło oszczędność 12 MWh/rok. Czas całkowitego zwrotu nakładu inwestycyjnego na 5 silników wysokosprawnych wyniósł 1,6 roku. Czas zwrotu dla poszczególnych silników zawierał się w zakresie od 9 miesięcy do 3,4 roku<sup>22</sup>.

### Napędy z regulowaną prędkością (VSD)

Układ VSD zmienia częstotliwość i wartość napięcia zasilającego silnik, regulując w ten sposób jego prędkość. Jest zbudowany przy użyciu podzespołów energoelektronicznych.

Ten rodzaj regulacji prędkości, jeżeli jest prawidłowo stosowany, może zapewnić lepsze sterowanie procesem technologicznym, mniejsze zużycie urządzeń mechanicznych, niższy poziom hałasu i znaczne oszczędności energii. Szczególną uwagę należy zwrócić na to, aby unikać wprowadzania do sieci zasilającej zaburzeń pogarszających jakość zasilania.

Napędy z regulowaną prędkością nie powinny być stosowane w systemach, które pracują głównie z pełnym obciążeniem, gdyż straty wnoszone przez część energoelektroniczną sięgają 3%. Jeżeli napęd często pracuje przy częściowym obciążeniu, te dodatkowe straty są z nadwyżką kompensowane przez oszczędności i układ z regulowaną prędkością staje się opłacalny.

### Opis przypadku

Dzięki zastosowaniu napędów z regulacją prędkością, firma Hanson Brick zmniejszyła zużycie energii elektrycznej w przeliczeniu na jedną cegłę o 8,7%. Czas całkowitego zwrotu nakładów wyniósł 1,4 roku [17].

### Systemy sprężonego powietrza

Sprężone powietrze jest często stosowanym źródłem energii w przemyśle. Silnik elektryczny napędza sprężarkę. Sprężone powietrze jest rozprowadzane za pomocą sieci rur po obszarze całego zakładu do urządzeń wykonawczych (roboty w przemyśle samochodowym, wysokociśnieniowe pistolety natryskowe, itp.).

Wydajność systemu zależy od osiągnięć każdego elementu, ale struktura i działanie całego systemu mają jeszcze większy wpływ na wydajność. Ogólną wydajność systemu sprężonego powietrza można poprawić stosując, oprócz silników energooszczędnych i układów regulacji prędkości, następujące środki techniczne:

- optymalny dobór typu sprężarki do konkretnych urządzeń wykonawczych,
- poprawa technologii sprężania (np. sprężarki wielostopniowe),
- zastosowanie zaawansowanych układów sterowania i regulacji,
- rekuperacja ciepła i wykorzystanie go do innych celów,
- polepszenie obróbki powietrza (np. osuszania, filtrowania),
- lepiej zaprojektowana struktura całego systemu, w tym wprowadzanie układów wielociśnieniowych,
- usprawnienie przepływu powietrza w instalacji rurowej w celu zmniejszenia strat ciśnienia powodowanych tarciem,
- ograniczenie strat powietrza przez nieszczelności,
- optymalizacja zasilanych urządzeń roboczych.

Firma Porsche otrzymała w r. 2003 nagrodę "Compressed Air Efficiency" za działania podjęte dla poprawy sprawności swoich systemów sprężonego powietrza (p. także 5.1.9).



Rys. 5 - Przegląd konserwacyjny systemu sprężonego powietrza w zakładach Porsche  
(Copyright Druckluft Effizient)

## Opis przypadku

### Optimalizacja zasilania sprężonym powietrzem w zakładzie produkcji samochodów

#### Opis

W r. 1997 system sprężonego powietrza w Zakładzie Nr 2, producenta samochodów F. Porsche AG w Stuttgarcie, składał się z chłodzonej wodą sprężarki śrubowej o wydajności 22,2 m<sup>3</sup>/min oraz czterech chłodzonych wodą sprężarek tłokowych o wydajności 15 m<sup>3</sup>/min każda. Maksymalne ciśnienie robocze wynosiło 8,7 barów. Analiza zapotrzebowania sprężonego powietrza, dokonana przez specjalistów z firmy produkującej sprężarki, wykazała, że zapotrzebowanie na sprężone powietrze waha się w zakresie od 15 do 65 m<sup>3</sup>/min. Po przetworzeniu wszystkich odnośnych danych przez system oszczędności energii u producenta sprężarek, zaprojektowano nowy system sprężonego powietrza zapewniający zoptymalizowane użytkowanie energii.

#### Podjęte działania

Nowy system, zawierający tylko sprężarki śrubowe chłodzone powietrzem, został zainstalowany w dwóch etapach. Zapotrzebowanie szczytowe było zaspokajane przez trzy sprężarki o wydajności 5,62 m<sup>3</sup>/min każda, podczas gdy cztery sprężarki, o wydajności 16,4 m<sup>3</sup>/min każda, zapewniały podstawowe zasilanie. Praca wszystkich siedmiu sprężarek była koordynowana przez układ zarządzania sprężonym powietrzem, w zależności od ich względnego obciążenia roboczego.

#### Wynik

Optimalizacja systemu sprężonego powietrza doprowadziła do wyraźnych oszczędności energii i kosztów. Dzięki lepszemu wykorzystaniu sprężarek oraz możliwości obniżenia ciśnienia roboczego z 8,7 do 7,5 barów, moc jednostkowa zespołu sprężarek została zredukowana z 8,19 do 6,19 kW/(m<sup>3</sup>/min). Całkowita oszczędność polegała na zmniejszeniu zużycia energii elektrycznej o 483 000 kWh rocznie i oszczędności około 55 000 EUR rocznie, spowodowanej zmniejszeniem zapotrzebowania na wodę chłodzącą.

### Układy pompowe

Pompy są to maszyny z wirującymi łopatkami, stosowane do utrzymywania ciągłego przepływu cieczy. Zakres zastosowania pomp jest bardzo szeroki - od zmywarek do naczyń aż do dużych pomp w układzie chłodzenia elektrowni. Tak różnicowane zastosowania dają w efekcie szerokie spektrum dostępnych typów pomp.

Poprawę sprawności układu pompowego można uzyskać przede wszystkim przez prawidłowy dobór pompy do jej przeznaczenia i warunków pracy.

Ważnymi czynnikami są także:

- określenie wysokości ssania pompy,
- przepływ pompy,
- konstrukcja wirnika pompy,
- właściwości pompowanej cieczy,
- dobór prędkości silnika.

## Opis przypadku

### Oszczędność energii przez redukcję wymiarów wirnika pompy

#### Opis

Producent zastosował pompę odśrodkową do powrotnego przesyłania kondensatu z procesu technologicznego do kotła. Analiza eksploatacji wykazała, że ciśnienie wytwarzane przez pompę było znacznie większe niż potrzeba. Wysoki stopień dławienia przepływu doprowadzał do niestabilności układu, powodując nieprawidłowe działanie i wysokie koszty konserwacji.

#### Podjęte działania

Po dyskusji z producentem pompy, przedsiębiorstwo zdecydowało o zmniejszeniu średnicy wirnika pompy z 320 mm do 280 mm, co umożliwiło pracę pompy bez potrzeby dławienia. Zmniejszenie mocy pobieranej przez pompę pozwoliło na zamontowanie mniejszego silnika i dalsze oszczędności energii.

#### Wyniki

Podjęte środki usunęły niestabilność (kawitację) i przyniosły znaczne oszczędności energii. Po zmniejszeniu średnicy wirnika zużycie energii elektrycznej przez pompę spadło o blisko 30%. Analiza wykazała, że oszczędność energii uzyskana przez redukcję wymiarów wirnika wyniosła 197 000 kWh/rok, dając roczną oszczędność 12 714 EUR. Ponadto, zaoszczędzono roczny koszt konserwacji remontów wynikających z kawitacji pompy, wynoszący 4 285 EUR rocznie. Wirnik o mniejszej średnicy pozwolił na zastąpienie silnika 110 kW silnikiem o mocy 75 kW. Mniejszy silnik, pracujący w pobliżu swojej maksymalnej sprawności, przyniósł dodatkową oszczędność 1 071 EUR. Praca włożona w rozsprzęglenie, rozebranie i powtórny montaż pompy była niewielka, a przetoczenie wirnika na mniejszą średnicę zewnętrzną było prostą czynnością. Koszt zmniejszenia wirnika wyniósł 371 EUR. Wymiana silnika 110 kW na nowy silnik 75 kW wymagała zainwestowania dodatkowo 3 600 EUR. Wyeliminowanie kawitacji i zaworu dławiącego zmniejszyło także drgania i nadmierny hałas.

#### Rentowność

Całkowity łączny zwrot nakładów na redukcję średnicy wirnika i zmniejszenie mocy silnika został obliczony na 11,4 tygodni. Roczne oszczędności wyniosły 18 070 EUR wobec całkowitej kwoty zainwestowanej 3 971 EUR.

## Systemy wentylacyjne

Wentylatory są to maszyny z wirującymi łopatkami, stosowane do utrzymywania ciągłego przepływu gazu, najczęściej powietrza. Najczęściej stosowane są wentylatory osiowe i promieniowe.

Ich zakres jest bardzo szeroki - od bardzo małych, używanych do chłodzenia podzespołów elektronicznych w komputerach, do bardzo dużych, jak wentylatory powietrza spalania w elektrowniach.

Możliwości zmniejszenia zużycia energii w systemach wentylacyjnych - oprócz zastosowania silników energooszczędnych i napędów z regulacją prędkości - są następujące:

- Wybór wentylatora o wysokiej sprawności, kierując się w pierwszym rzędzie geometrią łopatek i kształtem obudowy.
- Zaprojektowanie układu wentylacyjnego na minimum strat w założonych warunkach eksploatacji. Może to obejmować długość i położenie przewodów wentylacyjnych, ich przekrój poprzeczny oraz rodzaj urządzeń regulacyjnych.
- Dobór optymalnego wentylatora dla danego zastosowania.
- Wybór najlepszego typu układu regulacji prędkości wentylatora.

## Opis przypadku

### Sterowanie wentylacją w procesie technologicznym

#### Opis

W warsztacie zastosowano pewną liczbę wentylatorów do odsysania powietrza z procesu technologicznego, w celu zmniejszenia koncentracji chemikaliów i pyłów unoszonych w powietrzu i poprawy w ten sposób bezpieczeństwa pracowników. Jednakże, wskutek niskiej samodyscypliny pracownicy nie wyłączali zespołów wentylatorowych po użyciu albo na końcu dnia roboczego.

#### Podjęte działania

Zespoły, w liczbie dwudziestu, wyposażono w wyłączniki czasowe, które wyłączają je samoczynnie po nastawionym opóźnieniu, a także po zakończeniu dnia roboczego.

#### Wyniki

Zużycie energii elektrycznej zostało zmniejszone o 280 MWh/r, co przyniosło oszczędność 12 800 EUR rocznie. Ponadto zużycie energii na ogrzewanie zmniejszyło się o 350 MWh/r, co dało dodatkowa oszczędność ok. 10 500 EUR rocznie. Całkowity koszt inwestycji wyniósł w przybliżeniu 9 600 EUR.

#### Rentowność

Czas zwrotu nakładów wyniósł w przybliżeniu 0,4 roku.

## Załącznik II: Bibliografia

- [1] De Almeida A.: Improving the penetration of energy efficient motors & drives, European Commission - DG TREN, str. 114, grudzień 2000.
- [2] Study on improving the energy efficiency of pumps, European Commission - DG TREN, str. 69, luty 2001.
- [3] De Almeida A.: VSDs for electric motor systems, European Commission - DG TREN, str. 103, grudzień 2001.
- [4] Radgen P., Blaustein E.: Compressed air systems in the European Union, European Commission - DG TREN, str. 172, grudzień 2001.  
[www.isi.fhg.de/e/publikation/c-air/compressed-air.htm](http://www.isi.fhg.de/e/publikation/c-air/compressed-air.htm)
- [5] Radgen P.: Market study for improving energy efficiency for fans, European Commission - DG TREN, str. 152, maj 2002.  
[www.isi.fhg.de/e/publikation/fans/fans.htm](http://www.isi.fhg.de/e/publikation/fans/fans.htm)
- [6] European energy and transport - trends to 2030, European Commission - DG TREN, str. 147, styczeń 2003.
- [7] Report for a monitoring mechanism of Community greenhouse gas emissions, European Commission, str. 22, listopad 2003, COM(2003)735.
- [8] World energy investment outlook - 2003 insights, IEA, str. 511, styczeń 2003.
- [9] Elliott D., Laitner J.: Considerations in the estimation of costs and benefits of industrial energy efficiency projects, Energy Conversion Engineering Conference, str. 2143-2147, sierpień 1997.
- [10] Laitner J., Ruth M. B., Worrell E.: Incorporating the productivity benefits into the assessment of cost-effective energy savings potential using conservation supply curves, ACEEE, str. 12, lipiec 2001.
- [11] Laitner J.: Incorporating industrial productivity benefits into the assessment of energy efficiency investments, EPA, str. 12, wrzesień 2003.
- [12] Finman H., Laitner J., Ruth M. B., Worrell E.: Productivity benefits of industrial energy efficiency measures, Energy, 28 (2003), str. 1081-1098, wrzesień 2003.
- [13] Investment Appraisal for Industrial Energy Efficiency, Good Practice Guide 69, Energy Efficiency Best Practice Programme, str. 59, 1993.
- [14] Regulation (EC) No 761/2001 of 19 March 2001 allowing voluntary participation by organisations in a Community eco-management and audit scheme (EMAS), OJ European Communities [Rozporządzenie (EC) Nr 761/2001 z 19 marca 2001 zezwalające na dobrowolne uczestnictwo organizacji w Europejskim systemie eko-zarządzania i audytów, Dziennik Urzędowy Wspólnot Europejskich], str. 29, marzec 2001.
- [15] Council Directive 96/61/EC concerning integrated pollution prevention and control [Dyrektywa Rady 96/61/EC z 24 września 1996 w sprawie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń].
- [16] Titoli di efficienza energetica. Proposte per l'attuazione dei decreti ministeriali del 24 aprile 2001 per la promozione dell'efficienza energetica negli usi finali - Autorita per l'energia elettrica e il gas. Wyd. 4 kwietnia 2002.
- [17] The use of variable speed drives in the ceramics industry - Hanson Brick Ltd, Energy Efficiency Best Practice programme, str. 8, grudzień 2000.
- [18] Final report - conclusions and recommendations regarding forest related sinks & climate change mitigation, ECCP - Working Group on Forest Sinks, str. 53, marzec 2002.
- [19] Electricity information 2003, IEA, str. 675, wrzesień 2003.
- [20] Green paper - Towards a European strategy for the security of energy supply, European Commission, str. 100, grudzień 2001.

## Załącznik III: Przypisy

<sup>1</sup> UE-25 = nowa, rozszerzona Unia Europejska obejmująca 25 krajów (w tym Cypr, Czechy, Estonię, Litwę, Łotwę, Maltę, Polskę, Słowację, Słowenię, i Węgry);

UE-15 = dotychczasowa Unia Europejska (Austria, Belgia, Dania, Finlandia, Francja, Grecja, Hiszpania, Holandia, Irlandia, Luksemburg, Niemcy, Portugalia, Szwecja, Wielka Brytania, Włochy).

<sup>2</sup> Konsumpcja energii w przemyśle nie obejmuje transportu, sektora usług, miejskich sieci ciepłowniczych i zużycia w gospodarstwach domowych. Sektor usług wykorzystuje duże ilości napędów wentylatorów i pomp w systemach wentylacji i klimatyzacji (HVAC). Całkowite zużycie energii elektrycznej w sektorze usług w UE-25 wyniosło 652 mld kWh w r. 2000 [6].

<sup>3</sup> Interesujące może być spojrzenie na zagadnienie w perspektywie roku 2020. Polityka energetyczna jest realizowana w oparciu o długoterminowe prognozy. Budowa nowych elektrowni, jak również wdrażanie skutecznych programów oszczędności energii, zajmuje kilka lat. Raport "Energia i transport w Europie - trendy do roku 2030" [6] szacuje, że zużycie energii dla celów przemysłowych w UE-25 do roku 2020 wyniesie 1 432 mld kWh. Jeżeli udział procentowy układów napędowych w całkowitym zużyciu energii pozostanie niezmienny to, o ile nie zostaną podjęte żadne działania, spodziewane zużycie energii przez te układy wyniesie 859 mld kWh w r. 2020. Jeżeli do tego czasu Unia Europejska osiągnie ekonomicznie efektywne oszczędności energii z układów napędowych to mogą one przynieść roczną oszczędność 270 mld kWh (31% z 859 mld kWh), co odpowiada rocznemu zużyciu energii przez Hiszpanię w r. 2000.

<sup>4</sup> Wartości sprawności dla pomp powinny być podawane w postaci zakresu. Zatem sprawność pompy standardowej powinna się zawierać w zakresie 30% do 80%, a pompa wysokosprawna powinna mieć sprawność w zakresie 60% do 88%.

<sup>5</sup> Potencjał oszczędności w tabeli poniżej nie obejmuje potencjału dla silników energooszczędnych i napędów z regulacją prędkości.

Układ	Obecne zużycie energii elektrycznej w przemyśle (w mld kWh)	Potencjał oszczędności dla części aplikacyjnej układu napędowego (w mld kWh)
Sprężarki	23	80
Wentylatory	18	100
Pompy	42	212
Inne układy	29	222
Suma	112	614

Potencjał oszczędności dla innych układów przyjęto, licząc ostrożnie, 13% (dla innych układów potencjał wynosi 18-29%).

Wartości dla UE-25 określono na podstawie 12% wzrostu zużycia energii elektrycznej w przemyśle, z uwzględnieniem 10 nowych państw członkowskich [6].

Potencjały oszczędności z silników energooszczędnych i napędów z regulacją prędkości dla Francji, Niemiec, Wlk. Brytanii i Włoch oszacowano przez podzielenie liczb dla UE-15 przez współczynniki identyczne jak dla części aplikacyjnej (obciążenia) układu napędowego.

<sup>6</sup> Raport [18] podaje wartości absorpcji węgla (w tonach węgla / hektar-rok) dla przeciętnego lasu w Europie między 0,49 a 1,4 [tC/ha-rok], przy preferowanej wartości 0,6 [tC/ha-rok] (str. 30). Jedna tona węgla jest równoważna 3,67 ton CO<sub>2</sub> a 100 ha = 1 km<sup>2</sup>. Prosty rachunek daje absorpcję CO<sub>2</sub> na kilometr kwadratowy rocznie:

$$3,67 \times 0,6 \times 100 = 222 \text{ ton CO}_2/\text{km}^2$$

Tak więc 79 milionów ton CO<sub>2</sub> rocznie odpowiada absorpcji z 355 500 km<sup>2</sup> przeciętnego europejskiego lasu (powierzchnia Finlandii wynosi 338 000 km<sup>2</sup>).

Odnosnie energii słonecznej, przyjęto "typowe" liczby dla Europy:

napromienienie słoneczne = 1 kW/m<sup>2</sup>

dostępność energii słonecznej = 1 000 h/rok

sprawność przetwarzania na energię elektryczną = 10%.

Stąd, energia elektryczna wytworzona wyniesie 100 kWh/rok na metr kwadratowy.

Przyjmując 5 m<sup>2</sup> na jeden dach, do wytworzenia 181 mld kWh potrzeba 362 milionów dachów wyposażonych w baterie słoneczne.

<sup>7</sup> Równoważnik dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>e) jest miarą metryczną stosowaną do porównywania emisji różnych gazów cieplarnianych, opartą na ich potencjale efektu cieplarnianego (GWP). Równoważniki dwutlenku węgla są powszechnie podawane w milionach ton równoważnika dwutlenku węgla (MMTCDE) [ang: Million Metric Tons of Carbon Dioxide Equivalent]. Równoważnik dwutlenku węgla dla danego gazu określa się mnożąc masę gazu (w tonach) przez właściwy dla niego potencjał efektu cieplarnianego GWP.

$$\text{MMTCDE} = (\text{milion ton gazu}) \times (\text{GWP danego gazu})$$

Na przykład, GWP dla metanu wynosi 21 a dla podtlenku azotu 310. Oznacza to, że emisje 1 mln ton metanu i podtlenku azotu są równoważne odpowiednio 21 i 310 mln ton dwutlenku węgla.

[http://glossary.eea.eu.int/EEAGlossary/C/carbon\\_dioxide\\_equivalent](http://glossary.eea.eu.int/EEAGlossary/C/carbon_dioxide_equivalent)

Średni współczynnik emisji CO<sub>2</sub>e dla UE-15 wynosi 0,435 kg/kWh. Dla 10 nowo przyłączonych krajów wynosi on 1 kg/kWh. Dla Niemiec wynosi 0,638 kg/kWh, dla Wlk. Brytanii 0,510 kg/kWh, Włoch 0,495 kg/kWh i dla Francji 0,083 kg/kWh (podane wartości odnoszą się do r. 1999).

<sup>8</sup> NOX nie jest gazem cieplarnianym. Nie należy go mylić z N<sub>2</sub>O, który jest faktycznie jednym z gazów cieplarnianych.

<sup>9</sup> Komisja Europejska - JRC, projekt ExternE, <http://externe.jrc.es>

<sup>10</sup> Koszty zewnętrzne wytwarzania energii elektrycznej dla różnych cykli paliwowych: wszystkie liczby podane w eurocentach/kWh,

Paliwo / Rodzaj energii	Eurocentów/kWh			
	Włochy	Niemcy	Francja	UK
Ropa	5,6	5,1-7,8	8,4-10,9	ą
Gaz	2,7	1,2-2,3	1,9-3,1	1,1-2,2
Energia wodna	0,3	ą	ą	ą
Węgiel	ą	3,0-5,5	6,9-9,9	4,2-6,7
ąiomasa	ą	2,8-2,9	<0,1	<0,1
Wiatr	ą	<0,1	ą	0,1
Energia jądrowa	ą	0,4-0,5	ą	ą
Energia ąptowoltaiczna	ą	<0,1	ą	ą

ą - brak danych

Brakuje danych dotyczących szacunkowych kosztów zewnętrznych wytwarzania energii elektrycznej w krajach akcesyjnych, niemniej jest ono w znacznym stopniu oparte na węglu i połączone z wysokim zużyciem węgla.

<sup>11</sup> Ceny energii elektrycznej dla przemysłu [19]. W niniejszym opracowaniu przyjęto cenę średnią w Unii Europejskiej 5 eurocentów/kWh.

Kraj	Ceny energii elektrycznej dla przemysłu (eurocentów/kWh)		
	2000	2001	2002
Francja	3,9	3,9	3,9
Niemcy	5,3	4,4	4,0
Włochy	9,7		
UK	3,7	3,5	3,4

<sup>12</sup> "Moc zainstalowana" jest maksymalną zdolnością produkcyjną elektrowni wyrażoną w watach. Aby określić roczną produkcję elektrowni w Wh, należy tę wartość pomnożyć przez liczbę godzin pracy przy pełnym obciążeniu. Według [19], przeciętna europejska elektrownia pracuje 4 500 godzin w roku. Tak więc, wyprodukowanie 1 miliarda kWh energii elektrycznej rocznie wymaga średnio 220 MW mocy zainstalowanej. Inaczej mówiąc, 202 mld kWh oszczędności energii czyni zbędną moc 45 000 MW (45 GW)

<sup>13</sup> Według Informacji nt. Energii Elektrycznej z r. 2003 opublikowanej przez Międzynarodową Agencję Energetyki, Unia Europejska wyprodukowała w r. 2001 27,2 mld kWh energii elektrycznej z 17 GW mocy w elektrowniach wiatrowych, tj. 1,6 GWh na 1 MW mocy zainstalowanej. Całkowita produkcja energii elektrycznej, łącznie z konwencjonalnymi elektrowniami, osiągnęła 2 477 mld kWh z 549 GW mocy, tj. 4,5 GWh na 1 MW mocy zainstalowanej. Zatem, 45 000 MW konwencjonalnej zdolności produkcyjnej jest równoważne 126 000 MW mocy zainstalowanej w elektrowniach wiatrowych. Według Europejskiego Stowarzyszenia Siłowni Wiatrowych [European Wind Energy Association] ([www.ewea.org](http://www.ewea.org)), do czerwca 2003 r. zainstalowano w siłowniach wiatrowych 25 000 MW co, przyjmując średnią IEA 1,6 GWh na 1 MW mocy zainstalowanej, daje produkcję 40 mld kWh energii elektrycznej rocznie.

<sup>14</sup> Na przykład: NEMA Premium Efficiency, Motor Decisions Matter ([www.motorsmatter.org](http://www.motorsmatter.org)), US Compressed Air Challenge, Motor Systems Initiative of Consortium for Energy Efficiency.

<sup>15</sup> 202 mld kWh oszczędności energii przekłada się na 17 milionów ton ekwiwalentu ropy naftowej (Mtoe). Przyjmując dla europejskich elektrowni średnią sprawność przetwarzania równą 40%, daje to ekwiwalent energii pierwotnej w wysokości 42,5 Mtoe lub 3% zużycia energii pierwotnej w Europie [20]. Ponieważ Europa importuje blisko połowę potrzebnej energii pierwotnej oznacza to redukcję importu o 6%.

<sup>16</sup> IPPC opiera się na zasadzie "najlepszej dostępnej technologii". Europejskie Biuro IPPC ustala definicje "najlepszych technologii" w dokumentach BREF dla każdego procesu technologicznego, w każdej gałęzi przemysłu. Stworzenie dokumentu BREF w zakresie efektywności energetycznej spowoduje, że sprawność energetyczna układów napędowych będzie mogła być objęta tym systemem licencjonowania.

<sup>17</sup> COM 2003 (739) Wersja końcowa, propozycja Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady nt. efektywności wykorzystania energii przez użytkowników finalnych i usług energetycznych.

<sup>18</sup> <http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/eurodeem/index.htm>

<sup>19</sup> <http://www.lcc-guidelines.com>

<sup>20</sup> <http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/motorchallenge/tools.htm>

<sup>21</sup> <http://www.gefweb.org>

<sup>22</sup> <http://www.cda.org.uk/megab2/elecapps/casestud/index.htm>

\* UK - Zjednoczone Królestwo Wielkiej Brytanii i Północnej Irlandii, w tekście przyjęto: Wielka Brytania.



**W sprawie dalszych informacji proszę zwracać się do:**

Hans De Keulenaer, Electric & Electronic Manager  
European Copper Institute  
Tervurenlaan 168, b10, B-1150 Brussels, Belgium  
Tel: +32 2 777 7084  
Fax: +32 2 777 7079  
E-mail: [hdk@eurocopper.org](mailto:hdk@eurocopper.org)

**Prawa autorskie**

Copyright© 2004 European Copper Institute, Fraunhofer-ISI, KU Leuven i University of Coimbra.  
Reprodukcja materiału zawartego w niniejszej publikacji jest dozwolona  
pod warunkiem reprodukcji w całości i podania źródła.

**Zrzeczenie się odpowiedzialności**

Jakkolwiek niniejszy dokument został opracowany z należytą starannością, Europejski Instytut Miedzi oraz żadna z pozostałych instytucji, które przyczyniły się do jego opracowania nie udzielają gwarancji odnośnie jego treści i zrzekają się wszelkiej odpowiedzialności za wszelkie bezpośrednie, przypadkowe lub pośrednie szkody poniesione w wyniku użycia informacji zawartych w niniejszej publikacji.

**W sprawie dalszych informacji  
proszę zwracać się do:**

Hans De Keulenaer

European Copper Institute (ECI)

Tel: +32 2 777 7084

Email: [hdk@eurocopper.org](mailto:hdk@eurocopper.org)