

# **Efektywne wykorzystanie energii w firmie - poradnik**

Warszawa 2009

Autorzy:

Sławomir Pasierb

Szymon Liszka

Mariusz Bogacki

Arkadiusz Osicki

Piotr Kukla

Tomasz Zieliński

Redakcja: Michał Pyka, Justyna Kulawik

Przygotowanie do druku i druk publikacji zostało współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Programu Ramowego na rzecz Konkurencyjności i Innowacyjności oraz Budżetu Państwa.

Komisja Europejska lub osoby występujące w jej imieniu nie są odpowiedzialne za informacje przedstawione w publikacji. Poglądy wyrażone w publikacji są poglądami autorów i nie muszą się pokrywać z działaniami Komisji Europejskiej.

Publikacja jest dostępna w wersji elektronicznej na stronach internetowych [www.parp.gov.pl](http://www.parp.gov.pl) oraz [www.een.org.pl](http://www.een.org.pl)

© Copyright by Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa 2009

ISBN 978-83-7633-072-3

Wydawca:

Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości

ul. Pańska 81/83

00-834 Warszawa

Redakcja techniczna i korekta:

Jacek Pacholec, Joanna Fundowicz

Przygotowanie do druku, druk i oprawa:



Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB  
ul. K. Pułaskiego 6/10, 26-600 Radom, tel. centr. (48) 364-42-41, fax (48) 3644765  
e-mail: [instytut@itee.radom.pl](mailto:instytut@itee.radom.pl) <http://www.itee.radom.pl>

## Spis treści

<b>Efektywność energetyczna w polityce energetycznej i prawie Unii Europejskiej .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Dlaczego warto efektywnie wykorzystać energię w firmie? .....</b>	<b>13</b>
1.1. Zmniejszam koszty energii .....	13
1.2. Buduję wizerunek firmy przyjaznej środowisku .....	15
1.3. Doskonalam system zarządzania i aktywizuję swoich pracowników .....	15
1.4. Spełniam wymogi prawa unijnego i polskiego .....	19
1.5. Co mogę zrobić, co zmienić? .....	21
<b>2. Katalog uniwersalnych przedsięwzięć – najlepsze praktyki .....</b>	<b>23</b>
2.1. Układy napędowe: silniki elektryczne, pompy, sprężarki i wentylatory .....	23
<i>Silniki indukcyjne</i> .....	24
<i>Pompy obiegowe i cyrkulacyjne</i> .....	27
<i>Systemy wentylacyjne</i> .....	30
<i>Systemy sprężonego powietrza</i> .....	31
2.2. Oświetlenie.....	33
<i>Oświetlenie a wydajność pracowników</i> .....	33
<i>Oświetlenie w firmie</i> .....	35
Typy oświetlenia .....	35
Oświetlenie ogólne .....	36
Oświetlenie miejscowe .....	36
Oświetlenie dekoracyjne .....	36
<i>Rodzaje oświetlenia w przestrzeni biura</i> .....	36
Oświetlenie bezpośrednie.....	36
Oświetlenie pośrednie.....	37
Oświetlenie bezpośrednio-pośrednie.....	37
<i>Kryteria doboru oświetlenia pomieszczeń</i> .....	38
Rodzaje źródeł światła.....	38
<i>Oprawy oświetleniowe</i> .....	42
Oprawy świetłówkowe nastropowe i wbudowywane w sufit .....	42
Systemy opraw zwieszanych .....	42
Oprawy oświetlenia miejscowego.....	43
Oprawy typu "wallwasher" .....	43

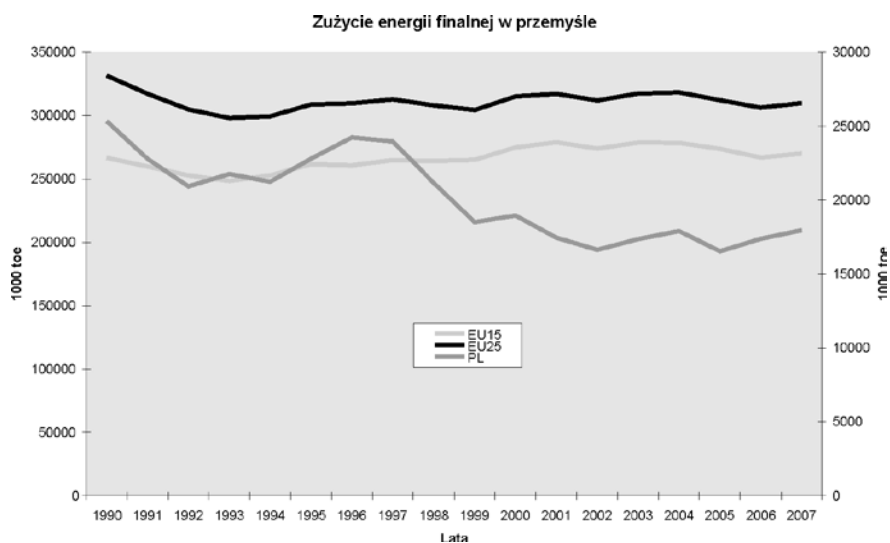
Oprawy ścienne .....	44
Oprawy oświetlenia akcentowego .....	44
<i>Usytuowanie źródeł światła w pomieszczeniach</i> .....	44
Biura indywidualne .....	45
Biura o przestrzeni otwartej.....	46
Biura pracy grupowej .....	46
Biura projektowe.....	47
Inne pomieszczenia biurowe.....	47
<i>Systemy sterowania i regulacji oświetlenia</i> .....	48
<i>Sposoby niwelowania zjawiska oślnienia</i> .....	49
<i>Energooszczędność i ekonomia oświetlenia</i> .....	49
2.3. Komputery, sprzęt RTV, wyposażenie biur i pomieszczeń usługowych, AGD.....	51
<i>Urządzenia biurowe i elektroniki użytkowej</i> .....	51
<i>Jak energooszczędnie eksploatować urządzenia biurowe i elektroniczne?</i> .....	52
Sprzęt komputerowy .....	52
Sprzęt audiowizualny (telewizory CRT, plazmowe, LCD, kina domowe, odtwarzacze DVD/wideo, radia i zestawy Hi-Fi).....	53
Urządzenia AGD w firmie .....	54
Jak używać urządzeń chłodzących? .....	55
Jak energooszczędnie gotować? .....	56
Jak sprzątać? .....	56
2.4. Ogrzewanie, wentylacja i klimatyzacja (chłodzenie) budynków .....	58
<i>Ogrzewanie</i> .....	58
<i>Wentylacja</i> .....	66
<i>Klimatyzacja (chłodzenie)</i> .....	68
2.5. Termomodernizacja budynków .....	71
<i>Ocieplenie ścian zewnętrznych</i> .....	71
<i>Ocieplenie stropów nad nieogrzewanymi piwnicami</i> .....	72
<i>Budownictwo pasywne</i> .....	73
2.6. Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej .....	74
2.7. Ciepło odpadowe, wymienniki oraz pompy ciepła .....	75
2.8. Kolektory słoneczne i ogniwa fotowoltaiczne, ściany solarne.....	78
<b>3. Racjonalnie wydają pieniądze – liczą efektywność ekonomiczną przedsięwzięć.....</b>	<b>87</b>
3.1. Rachunek ekonomiczny – nakłady, efekty, okres zwrotu .....	87
<i>Licząc jak w banku – wskaźniki efektywności NPV, IRR, ROI, zdyskontowany okres zwrotu,     koszty w cyklu żywotności</i> .....	87
<i>Mierzenie efektów podejmowanych działań – czy cel został osiągnięty?</i> .....	89

3.2. Przykłady obliczeń efektywności ekonomicznej .....	90
<i>Wymiana kotła</i> .....	90
<i>Wymiana silnika</i> .....	91
<i>Modernizacja oświetlenia</i> .....	93
<i>Instalacja kolektorów słonecznych</i> .....	94
<b>4. Jak sfinansować przedsięwzięcie i zwiększyć jego efektywność?.....</b>	<b>97</b>
4.1. Sposoby finansowania przedsięwzięć (środki własne, fundusze pomocowe, środki komercyjne, finansowanie strony trzeciej, Esco).....	97
4.2. Przegląd i możliwości dofinansowania z funduszy pomocowych .....	99
<i>Środki unijne</i> .....	99
<i>Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko</i> .....	99
<i>Środki funduszy krajowych – NFOŚiGW oraz WFOŚiGW</i> .....	99
<i>Oferta kredytów proekologicznych Banku Ochrony Środowiska</i> .....	100
<b>5. Gdzie dowiedzieć się więcej, kto może pomóc? .....</b>	<b>105</b>
<i>Usługi Enterprise Europe Network</i> .....	105
<i>Omówienie wybranych narzędzi wspomagających wykonanie audytu energetycznego...</i>	106
<i>Linki do interesujących informacji</i> .....	107
Odniesienia krajowe .....	107
Odniesienia międzynarodowe .....	107
<i>Instytucje i firmy doradcze w przedmiotowym zakresie</i> .....	108
Agencje energetyczne .....	108
Źródła finansowania .....	108
<b>6. Bibliografia .....</b>	<b>109</b>
<i>Efektywność energetyczna w polityce energetycznej i prawie Unii Europejskiej</i> .....	109
<i>Oświetlenie</i> .....	109
<i>Komputery, sprzęt RTV, wyposażenie biur i pomieszczeń usługowych, AGD</i> .....	109

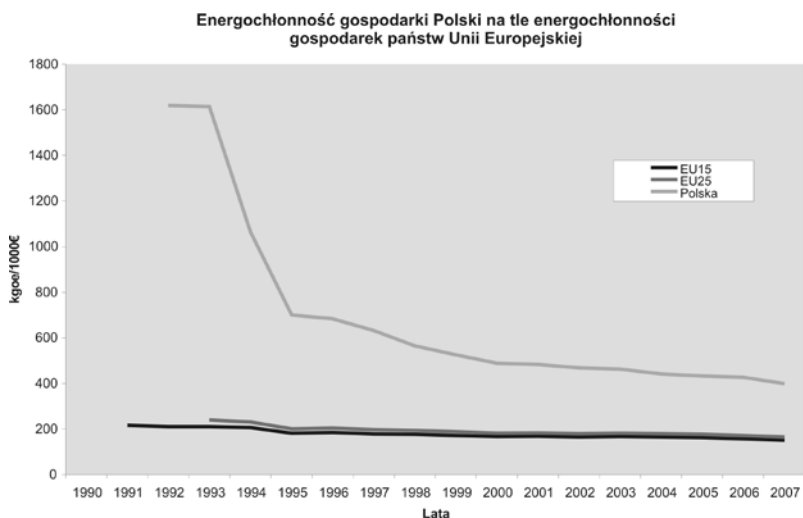


## Efektywność energetyczna w polityce energetycznej i prawie Unii Europejskiej

Źródło: [ec.europa.eu/energy/efficiency/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/index_en.htm)

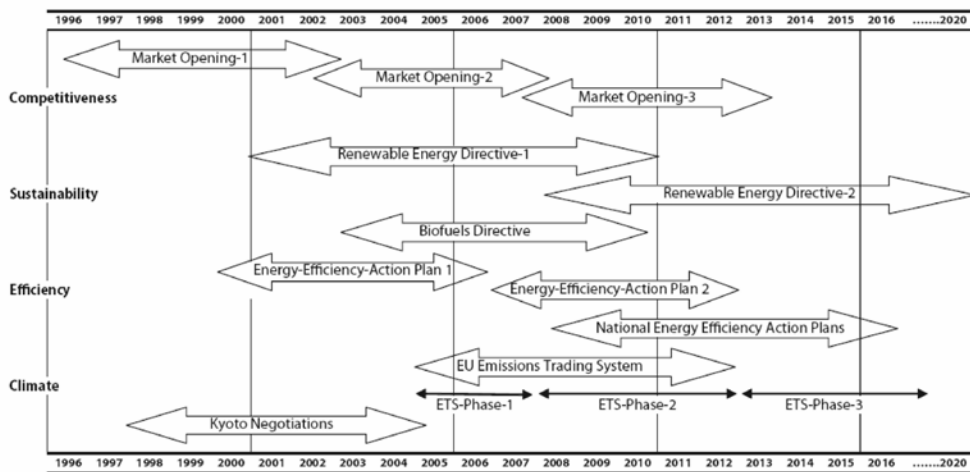


Rysunek 1. Zużycie energii finalnej – przemysł



Rysunek 2. Energochłonność PKB Unia Europejska Polska – gdzie jesteśmy?

### Europejskie Polityki związane z zagadnieniami energetycznymi i ich rozwój w czasie



Rysunek 3. Rozwój polityki energetycznej UE na przestrzeni lat

Unia Europejska stoi przed poważnymi wyzwaniami związanymi z energią. Wynikają one ze stale rosnącego zapotrzebowania na jej różne formy. Zaspokojenie tych potrzeb wiąże się ze wzrastającym uzależnieniem od importu paliw kopalnych, których dostawy często są niepewne oraz presją na środowisko przyczyniającą się do zmian klimatu.

Obecnie Europa wciąż marnotrawi co najmniej 20% zużywanej energii.

Dalej istnieje znaczący potencjał w zakresie poprawy efektywności energetycznej, szczególnie w sektorach o dużej energochłonności, takich jak budownictwo, sektor wytwórczy, sektor energetyczny czy transport.

Ograniczenie zużycia i strat energii stanowi jeden ze strategicznych celów Unii Europejskiej. Poprawa efektywności użytkowania energii jest niezbędna dla zapewnienia konkurencyjności gospodarek, bezpieczeństwa dostaw energii oraz wywiązania się ze zobowiązań podjętych przez Unię Europejską dla ochrony klimatu ziemi.

Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych jest przedmiotem porozumień międzynarodowych. Ramowa Konwencja Klimatyczna UNFCCC, ratyfikowana przez 192 państwa, stanowi podstawę prac nad światową redukcją emisji gazów cieplarnianych. Pierwsze szczegółowe uzgodnienia są wynikiem trzeciej konferencji stron (COP3) w 1997 r. w Kioto. Na mocy postanowień Protokołu z Kioto kraje, które zdecydowały się na jego ratyfikację, zobowiązują się do redukcji emisji gazów cieplarnianych średnio o 5,2% do 2012 r. Ograniczenie wzrostu temperatury o 2–3°C wymaga jednak stabilizacji stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze (w przeliczeniu na CO<sub>2</sub>) na poziomie 450–550 ppm. Oznacza to potrzebę znacznie większego ograniczenia emisji – od 2020 r. globalna emisja powinna spadać w tempie 1–5% rocznie, tak aby w 2050 r. osiągnąć poziom o 25–70% niższy niż obecnie. Ponieważ sektor energetyczny odpowiada za największą ilość emitowanych przez człowieka do atmosfery gazów cieplarnianych (GHG), w tym obszarze musimy intensywnie ograniczać emisję CO<sub>2</sub>. Takie ograniczenie można osiągnąć poprzez: poprawę efektywności energetycznej, zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii oraz czystych technologii energetycznych w bilansie energetycznym i ograniczeniu bezpośredniej emisji z sektorów przemysłu emitujących najwięcej CO<sub>2</sub> (w tym energetyki). Rozwiązania w zakresie poprawy efektywności energetycznej, czyli ograniczenia zapotrzebowania na energię są często najtańszym sposobem osiągnięcia tego celu.



Z końcem 2006 roku Unia Europejska zobowiązała się do ograniczenia zużycia energii o 20% w stosunku do prognozy na rok 2020. Dla osiągnięcia tego ambitnego celu podejmowanych jest wiele działań w zakresie szeroko rozumianej promocji efektywności energetycznej. Działania te wymagają zaangażowanie społeczeństwa, decydentów i polityków oraz wszystkich podmiotów działających na rynku. Edukacja, kampanie informacyjne, wsparcie dla rozwoju efektywnych energetycznie technologii, standaryzacja i przepisy dotyczące minimalnych wymagań efektywnościowych i etykietowania, „Zielone zamówienia publiczne” to tylko niektóre z tych działań.

## Trochę historii

Działania w zakresie zmniejszenia zapotrzebowania na energią prowadzone są w państwach europejskich od czasu kryzysu energetycznego w latach 70. Przyczyniły się one w znacznym stopniu do poprawy efektywności energetycznej gospodarek, jednak nie wyeliminowały marnotrawstwa energii. Potwierdzeniem dalszej potrzeby racjonalizacji gospodarki energetycznej UE był Komunikat Komisji z 1998 roku pt. „Efektywność energetyczna w Unii Europejskiej – w kierunku strategii racjonalnego użytkowania energii”, w którym oszacowano potencjał oszczędności energii w latach 1998–2010 na 18% zużycia energii w roku 1995. Stwierdzono, że istniejący potencjał ekonomiczny nie jest wykorzystywany z powodu wielu istniejących barier instytucjonalnych, informacyjnych, technicznych i finansowych. Postulowano, żeby ceny energii w pełni odzwierciedlały koszty jej pozyskania. Wskazano potrzebę podjęcia wielu skoordynowanych działań dla stworzenia wspólnej strategii racjonalnego użytkowania energii. Zadeklarowano konieczność opracowania planu działań na rzecz efektywności energetycznej. W grudniu 1998 Rada Europy przyjęła rezolucję, którą potwierdzono możliwość osiągnięcia poprawy efektywności energetycznej Unii Europejskiej w latach 1998–2010 na poziomie 1% rocznie.

Konsekwencją tych działań było ogłoszenie w kwietniu 2000 roku pierwszego planu działań na rzecz racjonalizacji zużycia energii w Unii Europejskiej [Komunikat Komisji Plan działania Bruksela, dnia 26.04.2000 COM(2006)545]. Zaproponowane tym planem działania obejmowały włączenie problematyki efektywności energetycznej do innych polityk europejskich, wzmocnienie istniejących środków oraz stworzenie nowej polityki w tym zakresie. Potrzeba wzmocnienia europejskiej polityki w zakresie racjonalizacji zużycia energii została mocno wyartykułowana w wydanej w 2000 „Zielonej Księdze w kierunku europejskiej strategii na rzecz zabezpieczenia dostaw energii”. Natomiast w 2005 elementy tej polityki zostały zebrane w „Zielonej Księdze w sprawie racjonalizacji zużycia energii, czyli jak uzyskać więcej mniejszym nakładem środków”.

W dokumencie tym wskazano potencjał 20% ograniczenia zużycie energii do 2020 roku. Wykazano, że korzyści, to nie tylko ograniczenie zużycia energii i oszczędności z tego wynikające, ale również poprawa konkurencyjności, a co za tym idzie zwiększenie zatrudnienia, realizacja strategii lizbońskiej. Energooszczędne urządzenia, usługi i technologie zyskują coraz większe znaczenie na całym świecie. Jeżeli Europa utrzyma swoją znaczącą pozycję w tej dziedzinie poprzez opracowywane i wprowadzane nowych, energooszczędnych technologii, to będzie to mocny atut handlowy.

Innymi korzyściami poprawy efektywności energetycznej są ochrona środowiska oraz wywiązanie się ze zobowiązań UE wynikających z protokołu z Kioto. Oszczędność energii stanowi bez wątpienia najszybszy, najskuteczniejszy i najbardziej opłacalny sposób ograniczania emisji gazów cieplarnianych oraz poprawy jakości powietrza, szczególnie na terenach gęsto zaludnionych. Wreszcie kolejną korzyść to poprawa bezpieczeństwa dostaw energii. Zgodnie z obecnymi tendencjami do roku 2030 UE będzie w 90% uzależniona od importu w zakresie zapotrzebowania na ropę naftową oraz w 80% od zewnętrznych dostaw gazu. Nie sposób przewidzieć cen ropy w 2020 roku, w szczególności jeśli popyt ze strony krajów rozwijających się będzie rósł w tak szybkim tempie, jak obecnie.

Zielona Księga stanowiła próbę zidentyfikowania przeszkód ograniczających realizację ekonomicznie opłacalnych przedsięwzięć efektywnościowych, takich jak na przykład brak odpowiednich bodźców, brak informacji, czy brak dostępnych mechanizmów finansowania.

Równocześnie zaproponowano wiele sposobów ograniczenia tych barier, na przykład:

- opracowanie rocznych planów działań na rzecz racjonalizacji zużycia energii, na poziomie krajowym, które określałyby działania do podjęcia na poziomie krajowym, regionalnym i lokalnym, a następnie wymuszałyby kontrolę skuteczności i efektywności realizacji tych działań,
- prowadzenie benchmarkingu (porównania ponoszonych kosztów i uzyskiwanych efektów) realizowanych przedsięwzięć oraz opracowywanie i rozpowszechnianie w całej UE najlepszych praktyk w tym zakresie,
- zapewnienie obywatelom lepszej informacji, na przykład poprzez lepiej skierowane kampanie promocyjne i lepsze oznakowanie produktów;
- usprawnienie systemu podatkowego, aby zapewnić, że zanieczyszczający faktycznie płaci, jednak bez zwiększania ogólnego poziomu opodatkowania,
- lepsze ukierunkowanie pomocy państwa w przypadkach, gdy wsparcie publiczne jest uzasadnione, proporcjonalne i niezbędne dla zapewnienia bodźca do racjonalizacji zużycia energii,
- wykorzystanie zamówień publicznych do inicjowania nowych, energooszczędnych technologii, takich jak oszczędniejsze samochody i energooszczędny sprzęt informatyczny,
- wykorzystanie nowych i udoskonalonych instrumentów finansowania, na poziomie wspólnotowym i krajowym, w celu zapewnienia przedsiębiorstwom i gospodarstwom domowym bodźców do wprowadzania energooszczędnych modyfikacji,
- podejmowanie dalszych działań dotyczących budynków, komplementarnych w stosunku do dyrektywy o charakterystyce energetycznej budynków (Dyrektywa 2002/91/WE),
- wykorzystanie inicjatywy Komisji pod nazwą CARS 21 celem przyspieszenia prac nad nową generacją samochodów o niższym zużyciu paliwa.

W wyniku szerokich konsultacji Zielonej Księgi dla zapewnienia wykonalności europejskiej polityki energetycznej proponowanych rozwiązań w październiku 2006 roku Komisja Europejska przedstawiła „Plan działań na rzecz racjonalizacji zużycia energii: sposoby wykorzystania potencjału”. Celem planu jest podjęcie działań dla osiągnięcia 20% oszczędności w rocznym zużyciu energii pierwotnej UE do 2020 r.

Proponowane działania obejmują:

1. Dynamiczne wymagania w zakresie charakterystyki energetycznej dla produktów zużywających energię, budynków i usług energetycznych:
  - zwiększanie efektywności energetycznej produktów,
  - rozwijanie usług w zakresie efektywnego wykorzystania energii przez użytkowników,
  - zwiększanie efektywności energetycznej budynków.
2. Poprawę w zakresie przetwarzania energii.
3. Zmiany w transporcie.
4. Finansowanie energooszczędności, bodźce ekonomiczne i ceny energii.
5. Zmiany zachowań wobec energii.
6. Partnerstwa międzynarodowe.

Przyjęte działania priorytetowe to:

1. Oznakowanie urządzeń i sprzętu oraz minimalne wymagania eksploatacyjne.
2. Wymagania eksploatacyjne dla budynków i dla budynków o bardzo niskim zużyciu energii („budynków pasywnych”).
3. Zwiększanie efektywności energetycznej produkcji i dystrybucji energii.

4. Uzyskanie paliwooszczędnych samochodów.
5. Ułatwienie właściwego finansowania inwestycji w dziedzinie energooszczędności dla małych i średnich przedsiębiorstw oraz przedsiębiorstw świadczących usługi energetyczne.
6. Promowanie energooszczędności w nowych Państwach Członkowskich.
7. Spójne stosowanie opodatkowania.
8. Podnoszenie świadomości w zakresie racjonalizacji zużycia energii.
9. Energooszczędność na terenach zabudowanych.
10. Zwiększanie energooszczędności na świecie.

Formalnie cel 20% poprawy efektywności energetycznej został przyjęty w trakcie Szczytu Wiosennego 8–9 marca 2007. Rada Europy przyjęła ambitne cele, które mają być osiągnięte do 2020 roku:

- ograniczenie emisji gazów cieplarnianych przynajmniej o 20%, w stosunku do 1990 r.
- zwiększenie do 20% udziału energii odnawialnej w bilansie energetycznym (w tym zwiększenie do 10% udziału biopaliw w transporcie),
- poprawę efektywności energetycznej dla ograniczenie o 20% łącznego zużycia energii w krajach członkowskich w stosunku do prognozy na rok 2020.

Problematyki efektywności energetycznej dotyczą również najnowsze propozycje działań UE zawarte w tzw. pakiecie energetyczno-klimatycznym, ogłoszonym w styczniu 2008 r. Pakiet obejmuje pięć projektów regulacji prawnych:

- 1) dyrektywy ramowej, dotyczącej promocji wykorzystania odnawialnych źródeł energii,
- 2) decyzji w sprawie redukcji emisji gazów cieplarnianych do 2020 r.,
- 3) nowelizacji dyrektywy 2003/87/WE w sprawie udoskonalenia i rozszerzenia systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych,
- 4) dyrektywy w sprawie geologicznego magazynowania dwutlenku węgla (CCS),
- 5) wytycznych do zasad udzielania pomocy publicznej dotyczącej ochrony środowiska.

Poniżej w tabeli 1 zebrano wybrane europejskie regulacje dotyczące efektywności energetycznej, które stopniowo transponowane są do prawodawstwa Państw Członkowskich.

Tabela 1. Wybrane dyrektywy UE w zakresie efektywności energetycznej

<b>Dyrektywa</b>	<b>Cele i główne działania</b>
Dyrektywa EC/2004/8 o promocji wysokosprawnej kogeneracji	Zwiększenie udziału skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła (kogeneracji) Zwiększenie efektywności wykorzystania energii pierwotnej i zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych Promocja wysokosprawnej kogeneracji i korzystne dla niej bodźce ekonomiczne (taryfy)
Dyrektywa 2003/87/WE ustanawiająca program handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych na obszarze Wspólnoty	Ustanowienie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych na obszarze Wspólnoty Promowanie zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w sposób opłacalny i ekonomicznie efektywny
Dyrektywa 2002/91/WE o charakterystyce energetycznej budynków	Ustanowienie minimalnych wymagań energetycznych dla nowych i remontowanych budynków Certyfikacja energetyczna budynków Kontrola kotłów, systemów klimatyzacji i instalacji grzewczych

Cd. tabeli 1. Wybrane dyrektywy UE w zakresie efektywności energetycznej

<p>Dyrektywa 2005/32/WE Ecodesign o projektowaniu urządzeń powszechnie używających energię</p>	<p>Projektowanie i produkcja sprzętu i urządzeń powszechnego użytku o podwyższonej sprawności energetycznej Ustalanie wymagań sprawności energetycznej na podstawie kryterium minimalizacji kosztów w całym cyklu życia wyrobu (koszty cyklu życia obejmują koszty nabycia, posiadania i wycofania z eksploatacji)</p>
<p>Dyrektywa 2006/32/WE o efektywności energetycznej i serwisie energetycznym</p>	<p>Zmniejszenie od 2008 r. zużycia energii końcowej o 1%, czyli osiągnięcie 9% w 2016 r. Obowiązek stworzenia i okresowego uaktualniania krajowego planu działań dla poprawy efektywności energetycznej</p>

# 1. Dlaczego warto efektywnie wykorzystać energię w firmie?

## 1.1. Zmniejszam koszty energii

Zużywamy paliwa i energię, by uzyskać efekt użytkowy (często nazywamy to usługą energetyczną), jak: ogrzewanie i chłodzenie pomieszczeń, ciepła woda, oświetlenie, napędy, transport, wizja, fonia, komunikacja itp.

W procesach przemysłowych efektem użytkowym może być rezultat takich procesów technologicznych, jak: nagrzewanie, pieczenie, wentylacja, transport gazów, cieczy i ładunków, suszenie, rozdrabnianie, przesiewanie, destylacja, zamrażanie itp.

Do wszystkiego potrzebna jest energia. Wyzwoliła nas od ciężkiej pracy: od czasów rewolucji przemysłowej, od drugiej połowy XVIII w. jej zużycie szybko wzrasta. Spala się coraz więcej paliw kopalnych: węgla, gazu ziemnego, ropy naftowej.

Cały świat się rozwija, każde społeczeństwo chce poprawić swój dobrobyt. Paliwa i energia są towarami, wszyscy na świecie musimy się nimi dzielić, kupując na rynku światowym i lokalnym. Ale konwencjonalne, kopalne zasoby energii są ograniczone i kiedyś się skończą. Prawo popytu i podaży reguluje ceny paliw i energii, ale popyt ciągle rośnie.

Kraje rozwijające się, o szybko rosnącym zapotrzebowaniu na energię, jak Chiny, Indie, Brazylia potrzebują coraz więcej paliw i energii. To powoduje, że ceny paliw i energii rosną. Okresowe wielkie wahania cen np. ropy naftowej na rynkach światowych to dodatkowy efekt niestabilnej sytuacji politycznej i kryzysów gospodarczych.

Każdy użytkownik energii wie, że energia kosztuje, prawie wszyscy wiedzą, że jego rachunek za paliwa i energię składa się z tego: ile zapłaci za jednostkę paliwa i energii (tonę, m<sup>3</sup>, litr, GJ – gigadżul) – czyli za jaką cenę kupi paliwo i energię oraz ile zużyje tego paliwa i energii.

A więc:

$$KE = CE \times ZE,$$

gdzie:

KE [zł] – koszt zużytej energii,

CE [zł/t, zł/m<sup>3</sup>...] – cena energii,

ZE [t, m<sup>3</sup>, GJ ...] – ilość zużytej energii.

Mamy jednak wpływ na wielkość kosztu zużytej energii: mniejszy na ceny paliw i energii, aczkolwiek w pkt 1.3 pokażemy możliwości takich działań, większy – na ilość zużytej energii. Możemy efektywnie zużywać energię, to znaczy z jednostki paliwa i energii uzyskać większy efekt użytkowy albo dany efekt użytkowy uzyskać przy mniejszym zużyciu paliw i energii.

Treścią niniejszego poradnika jest właśnie wskazanie, jak efektywnie wykorzystywać paliwa i energię w przedsiębiorstwie przemysłowym i usługowym. Warto to robić, by rachunek za paliwa i energię nie rósł albo nawet się zmniejszał. Ceny paliw i energii będą rosły. Być może będą chwilowe wahania w górę i w dół, ale długookresowo będzie to trwała tendencja.

Jakie są przyczyny wzrostu paliw i energii:

- po pierwsze, rosnący popyt na paliwa i energię przy wolniej rosnącej podaży – wielu ekspertów wypowiada się, że za 10–20 lat może nawet nastąpić szczyt możliwości dostaw paliw i energii na rynkach światowych, a potem podaż może spadać,
- po drugie, polityka poprawy jakości powietrza i ochrony klimatu ziemi i konieczność redukcji zanieczyszczeń lokalnych i globalnie redukcji emisji gazów cieplarnianych spowoduje konieczność stosowania czystszych, ale droższych technologii wytwarzania paliw i energii, w tym odnawialnych źródeł energii,
- po trzecie, rosnące koszty pracy przy wydobywaniu kopalin, sięganie do trudniejszych i bardziej kosztownych w eksploatacji złóż paliw. Dotyczy to przede wszystkim krajowego wydobycia węgla kamiennego, na czym oparte jest obecnie wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła w Polsce.

Prognozy znaczących instytucji i ekspertów wskazują na znaczny wzrost cen paliw i energii.

W nowym projekcie „Polityki energetycznej Polski do 2030 roku” zakłada się umiarkowany scenariusz wzrostu cen paliw podstawowych w imporcie do Polski.

Tabela 2. Prognoza cen paliw podstawowych w imporcie do Polski (ceny stałe w USD roku 2007)

	<b>Jednostka</b>	<b>2007</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
Ropa naftowa	USD/toe	68,5	89,0	94,4	124,6	121,8	141,4
Gaz ziemny	USD/1000m <sup>3</sup>	291,7	406,9	376,9	435,1	462,5	488,3
Węgiel energetyczny	USD/t	101,3	140,5	121,0	133,5	136,9	140,3

Źródło: Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2030 roku. Załącznik nr 2.

Polska importuje coraz więcej paliw. Zakłada się, że ceny krajowe rodzimego węgla kamiennego osiągną poziom cen importowych w 2010 r. Z tej prognozy wynika, że w ciągu niewiele ponad 20 lat ceny paliw wzrosną:

- ropy naftowej o 206%,
- gazu ziemnego o 167%,
- węgla kamiennego o 138%

Odpowiednio, a nawet w większym stopniu, wzrosną ceny przetworzonych nośników energii, przede wszystkim energii elektrycznej (czyste technologie węglowe, odnawialne źródła energii).

Musimy pamiętać, że jeśli dzisiaj modernizujemy lub instalujemy nowe urządzenia i linie technologiczne, to rachunek kosztów tych działań będzie skutkować w całym okresie żywotności tych urządzeń, czyli przez 15–30 lat (a nawet ponad 50 lat, w przypadku budynków). Nasze decyzje o poprawie efektywności energetycznej i zmniejszeniu zużycia energii muszą więc być rozważane i analizowane w warunkach kształtowania się cen paliw i energii w okresie żywotności naszej inwestycji.

Co warto zapamiętać:

(1)	Koszty paliw i energii wynikają z ceny zakupu i wielkości zużycia.
(2)	Wielkość zużycia można zmniejszać przez efektywne wykorzystanie paliw i energii.
(3)	Ceny paliw i energii będą rosły, nawet w tempie do 30–50% rocznie.
(4)	Modernizując lub budując nowe urządzenia i linie technologiczne, liczymy efektywność ekonomiczną inwestycji w całym cyklu ich żywotności i w warunkach cen

## 1.2. Buduję wizerunek firmy przyjaznej środowisku

Zmniejszając koszty paliw i energii w koszcie wytwarzania dóbr i usług, poprawiamy sytuację firmy na konkurencyjnym rynku.

Globalny rynek, swobodny przepływ towarów i zasobów pracy powodują, że ceny dóbr i usług wyrównują się. Dodatkowym elementem wzmocniającym pozycję na konkurencyjnym rynku jest, i coraz silniej będzie, wizerunek firmy przyjaznej środowisku i oznaczanie produktów i usług znakami i certyfikatami ekologicznymi.

Rosnąca świadomość ekologiczna konsumentów dóbr i energii, szczególnie doceniających znaczenie ochrony klimatu ziemi i lokalnie – poprawy środowiska naturalnego, kierować będzie wybory konsumentów nie tylko przez pryzmat ceny dóbr i usług, ale również przez to, w jakiej firmie zostały one wyprodukowane i w jaki sposób produkcja tych wyrobów obciążała środowisko.

Oczywiście te firmy, które wytwarzają produkt i zużywają energię (sprzęt gospodarstwa domowego, budynki, kotły, silniki, pompy, wentylatory itp.) dodatkowo muszą dbać o to, by ich produkty były efektywne energetycznie w eksploatacji.

Budujemy więc wizerunek przyjaznej firmy przez:

- pokazanie, że produkty w firmie są wytwarzane przez przyjazne środowisku i efektywne energetycznie technologie,
- porównanie z innymi firmami (*benchmarking*), aby stwierdzić, czy nasza firma jest lepsza od innych, bo ma mniejsze zużycie energii na jednostkę (tonę, zł) wytworzonego produktu,
- wprowadzenie do zarządzania jakością (certyfikaty ISO, EHAS) w firmie również elementów zarządzania energią i środowiskiem,
- oznaczanie znakami jakości energetycznej swoich produktów (tam, gdzie istnieje stosowny system certyfikacji),
- włączanie się w kampanie informacyjno-edukacyjne, wydawanie ulotek, postery w firmie i w sieci sprzedaży.

Co warto zapamiętać:

(1)	Świadomi, zorientowani na przyjazne środowisko klienci coraz bardziej doceniać będą inne wartości poza ceną.
(2)	Wizerunek przyjaznej dla środowiska firmy i bardziej ekologicznych dóbr i usług to dodatkowa wartość na rynku.
(3)	Efektywne wykorzystanie energii to ochrona zasobów ziemi i element zrównoważonego rozwoju. Na tym można budować proekologiczny wizerunek firmy.

## 1.3. Doskonale system zarządzania i aktywizuję swoich pracowników

Spróbujemy odpowiedzieć na pytania, co wiesz o Twojej firmie:

- ile płacę za paliwa i energię?
- jaki jest udział kosztów paliw i energii w kosztach produkcji?
- gdzie najwięcej – w jakich urządzeniach i węzłach technologicznych zużywam najwięcej energii?
- w jakim stopniu obciążam środowisko i klimat ziemi i ile za to płacę?
- czy znam zużycie danych nośników energii w cyklu dobowym (energii elektrycznej, ciepła sieciowego, gazu ziemnego) i czy do maksymalnego zużycia godzinowego w czasie doby trafnie dobrałem rodzaj taryfy?

- czy wiem kto ma najlepszą ofertę i czy wybrałem najtańszego dostawcę energii?
- czy jest w firmie ktoś odpowiedzialny za zarządzanie energią i czy istnieje system szkolenia i motywacji pracowników?
- czy wiem gdzie mam największe możliwości zmniejszenia zużycia energii i czy mam je uszeregowane według opłacalności ich wdrożenia?
- czy mam jakiś plan wdrażania efektywności energetycznej?
- czy monitoruję zmiany zużycia energii i potrafię je wytłumaczyć?

Jeżeli na wszystkie pytania odpowiemy „tak”, to znaczy w Twojej firmie funkcjonuje system zarządzania kosztami energii. Jeżeli odpowiemy „nie” 5 razy lub więcej, to znaczy, że taki system trzeba w firmie wprowadzić jak najszybciej. Wcale nie musi być skomplikowany, na pewno zarobi na sobie i przyniesie zmniejszenie kosztów paliw i energii.

Proponujemy więc wprowadzić system zarządzania energią oparty na:

- wyznaczeniu osoby, w większych przedsiębiorstwach zespołu, odpowiedzialnych za zarządzanie energią oraz przypisaniu kompetencji i szkolenia tej osoby,
- monitorowaniu zużycia kosztów energii,
- okresowych analizach i raportach – zaleceniach energooszczędnej eksploatacji,
- wybraniu najkorzystniejszych taryf i dostawcy energii,
- identyfikacji przedsięwzięć – projektów efektywnego wykorzystania energii,
- opracowaniu planów i wdrożenia przedsięwzięć z wykorzystaniem środków finansowych z funduszy pomocowych.

Prześledźmy na przykładzie układów napędowych z silnikami elektrycznymi sposób postępowania „krok po kroku”. Schemat postępowania jest na tyle uniwersalny, że pozwala na zastosowanie w innych projektach efektywności energetycznej: oświetlenia, ogrzewania budynków, nagrzewania itp.

Ogólny przegląd czynności w identyfikacji i wdrożeniu projektu przedstawia schemat na rysunku 4.

Schemat ten jest może zbyt rozbudowany, ale w miarę kompleksowy, warto więc tej systematyki się trzymać, upraszczając go tam, gdzie mamy do czynienia z małymi projektami.

Przybliżmy niektóre fazy tego projektu.

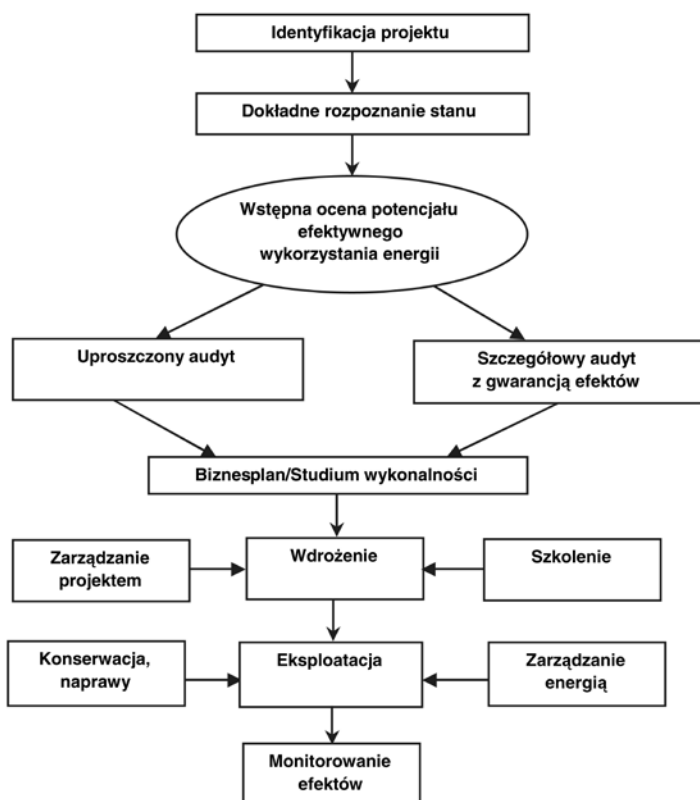
### **Pierwszy krok** – identyfikacja projektu

Jest to w zasadzie diagnoza stanu użytkowania energii w danym układzie/installacji. Obejmuje czynności ujęte w tabeli 3.

Tabela 3. **Pierwszy krok** – identyfikacja projektu

Identyfikacja projektu np. dla układów napędowych z silnikami elektrycznymi	Określenie granic projektu: – Układ technologiczny – Układ napędowy – Pojedyncze urządzenia
	Grupowanie wg rodzaju usług energetycznych (pompowanie, sprężanie, wentylacja, klimatyzacja, transport, inne procesy produkcyjne, jak: przesiewanie, rozdrabnianie itp.)
	Zebranie podstawowych informacji technologicznych i technicznych
	Ocena obsługi, konserwacji, naprawy i sposobu zarządzania kosztami, w tym kosztami energii
	Poznanie sposobów i reżimów użytkowania





Rysunek 4. Fazy projektu

### Drugi krok – dokładniejsze rozpoznanie

Skupiamy się na tych układach/installacjach, co do których już wiemy, że istnieją duże możliwości zmniejszenia zużycia energii albo tam, gdzie zużycie i koszty energii są największe. Tam robimy dokładniejsze rozpoznanie. Czynności tego kroku przedstawia tabela 4.

Tabela 4. **Drugi krok** – dokładniejsze rozpoznanie

Dokładniejsze rozpoznanie	
	Zebranie danych statystycznych o zużyciu energii (elektrycznej) z ostatnich lat
	Ranking w grupach usług energetycznych układów i urządzeń, według: <ul style="list-style-type: none"> <li>- zużycia energii</li> <li>- kosztów energii</li> <li>- potrzeb modernizacyjnych i remontowych</li> </ul>
	Wstępna ocena możliwości zmniejszenia zużycia i kosztów energii Metody <ul style="list-style-type: none"> <li>- wywiady z obsługą i zarządzającymi</li> <li>- analizy statystyczne</li> <li>- porównanie wskaźników (<i>benchmarking</i>)</li> <li>- typowanie przedsięwzięć</li> </ul>

**Trzeci krok** – wstępna ocena potencjału efektywnego wykorzystania energii.

Trzeci krok w zasadzie ma na celu wykorzystać zebrane wcześniej informacje, udokumentować ocenę i przedstawić krótki raport o tym – czy istnieje interesujący, ekonomiczny potencjał w analizowanym obiekcie, który może przynieść zmniejszenie zużycia i kosztów energii w sposób opłacalny.

Czynności tej fazy przedstawiono tabeli 5.

Tabela 5. **Trzeci krok** – wstępna ocena potencjału efektywnego wykorzystania energii

Wstępna ocena potencjału efektywnego wykorzystania energii	
	Szacunkowa ocena efektów energetycznych, ekonomicznych i ekologicznych obiecujących przedsięwzięć
	Krótki raport o możliwych efektach wraz z uzasadnieniem wykonania dokładniejszych analiz i ocen w audycie energetycznym
	Prezentacja wyników raportu przez wykonawców raportu i dyskusja z osobami zarządzającymi obiektem

**Czwarty krok** – audyt energetyczny

Celem czwartego kroku jest wykonanie audytu energetycznego w zakresie szczegółowej diagnozy istniejącego stanu użytkowania energii, generowania, oceny i rekomendacji wyboru przedsięwzięć do wdrożenia w praktyce.

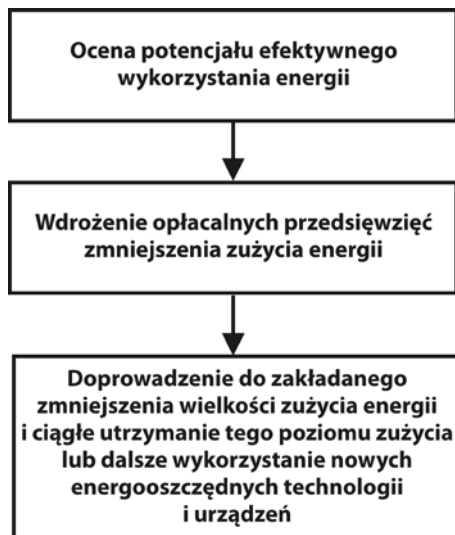
Czynności tej fazy projektu przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. **Czwarty krok** – audyt energetyczny

Audyt energetyczny	
	Opis i ocena stanu istniejącego: – technicznego – energetycznego – kosztów – ekologicznego
	Wyjściowe (bazowe) zużycie i koszty energii
	Tworzenie, selekcja i ocena przedsięwzięć (beznakładowych i niskonakładowych, inwestycyjnych) Metody: – wywiady – przeglądy wizualne – pomiary energetyczne – modele statystyczne – modele inżynierskie itp.
	Ocena i ranking przedsięwzięć według: – nakładów inwestycyjnych – efektywności ekonomicznej – efektów ekologicznych i innych społecznych Metody: – rachunek i wskaźniki ocen ekonomicznych – rachunek i wskaźniki redukcji zanieczyszczeń środowiska
	Ocena możliwości finansowania projektu ze środków własnych inwestora oraz zewnętrznych, włącznie ze środkami pomocowymi

	Propozycja wyboru przedsięwzięć do projektu i harmonogramu dalszych działań
	Rekomendacje dotyczące: – Zakresu sieciowego projektu i sposobu jego finansowania – Zarządzania energią – Obsługi urządzeń i sposobu napraw bieżących – Szkolenia obsługi i służb utrzymania ruchu

Pierwsze istotne kroki w sekwencji to:



Rysunek 5. Sekwencja projektu

Jednak najważniejsze jest to, żeby w firmie powstał system zarządzania energią. Niektóre czynności – jak np. audyt energetyczny – można zlecić firmom i ekspertom zewnętrznym.

Co warto zapamiętać:

(1)	System zarządzania energią w firmie to sposób na zmniejszenie kosztów energii i pierwsze efektywne przedsięwzięcie małonakładowe.
(2)	Najważniejsi są kompetentni ludzie, funkcjonujący w systemie zarządzania energią. Ich szkolenie i motywacja stanowią podstawę sukcesu.
(3)	Zarządzanie energią to proces ciągły. Bezustannie powstają nowe możliwości techniczne i finansowe. Dlaczego z tego nie skorzystać?

## 1.4. Spełnianie wymogi prawa unijnego i polskiego

Najważniejszy wpływ otoczenia prawnego na gospodarowanie energią w firmie będą miały dyrektywy Unii Europejskiej i ich adaptacja prawna w Polsce.

Są to dyrektywy wyszczególnione w poniższym zestawieniu:

Tabela 7

<b>Dyrektywa</b>	<b>Cele i główne działania</b>
Dyrektywa EC/2004/8 o promocji wysokosprawnej kogeneracji	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwiększenie udziału skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła (kogeneracji)</li> <li>• Zwiększenie efektywności wykorzystania energii pierwotnej i zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych</li> <li>• Promocja wysokosprawnej kogeneracji i korzystne dla niej bodźce ekonomiczne (taryfy)</li> </ul>
Dyrektywa 2003/87/WE ustanawiająca program handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych na obszarze Wspólnoty	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ustanowienie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych na obszarze Wspólnoty</li> <li>• Promowanie zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w sposób opłacalny i ekonomicznie efektywny</li> </ul>
Dyrektywa 2002/91/WE o charakterystyce energetycznej budynków	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ustanowienie minimalnych wymagań energetycznych dla nowych i remontowanych budynków</li> <li>• Certyfikacja energetyczna budynków</li> <li>• Kontrola kotłów, systemów klimatyzacji i instalacji grzewczych</li> </ul>
Dyrektywa 2005/32/WE Ecodesign o projektowaniu urządzeń powszechnie używających energię	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektowanie i produkcja sprzętu i urządzeń powszechnego użytku o podwyższonej sprawności energetycznej</li> <li>• Ustalanie wymagań sprawności energetycznej na podstawie kryterium minimalizacji kosztów w całym cyklu życia wyrobu (koszty cyklu życia obejmują koszty nabycia, posiadania i wycofania z eksploatacji)</li> </ul>
Dyrektywa 2006/32/WE o efektywności energetycznej i serwisie energetycznym	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zmniejszenie od 2008 r. zużycia energii końcowej o 1%, czyli osiągnięcie 9% w 2016 r.</li> <li>• Obowiązek stworzenia i okresowego uaktualniania Krajowego planu działań dla poprawy efektywności energetycznej</li> <li>• Uwaga: W Polsce w wyniku dyrektywy jest wdrażana Ustawa o efektywności energetycznej, która ma wprowadzić nowy mechanizm, zachęcający do inwestowania w działania ograniczające zużycie energii, tzw. białe certyfikaty.</li> </ul>
Dyrektywa 2009/28/WE o promowaniu energii ze źródeł odnawialnych	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Krajowe plany działania do 30 czerwca 2010 r.</li> <li>• Obliczanie udziału OZE</li> <li>• Wspólne projekty UE-27</li> <li>• Wspólne systemy wsparcia</li> </ul>
Dyrektywa 2008/50/EC o jakości powietrza CAFE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cele jakości powietrza</li> <li>• Strefy i aglomeracje</li> <li>• Systemy oceny jakości</li> <li>• Zarządzanie i plany ochrony jakości powietrza</li> </ul>

Istotnym nowym mechanizmem wynikającym z wdrożenia Dyrektywy 2006/32/WE o efektywności energetycznej i serwisie energetycznym jest projekt Ustawy o efektywności energetycznej (czerwiec 2009 r.).

Przedstawione wyżej wymogi prawne mają dla firm produkcyjnych i usługowych charakter nakazowy lub bodźcowy.

Do wymogów nakazowych należą:

- obowiązek projektowania produkcji oraz etykietowanie sprzętu i urządzeń powszechnego użytku o podwyższonej sprawności energetycznej,
- uzyskanie standardu jakości energetycznej nowych i remontowanych budynków oraz certyfikacji budynków, jeżeli stanowią przedmiot obrotu na rynku,
- przeprowadzenie kontroli kotłów, systemów klimatyzacji i instalacji grzewczych,
- dotrzymanie poziomu limitów emisji gazów cieplarnianych ze spalania paliw przez te podmioty, które są objęte systemem handlu uprawnieniami do emisji (EU ETS).

Do wymogów stanowiących zachęty podnoszenia efektywności energetycznej należą:

- uzyskiwanie certyfikatów: czerwonych i żółtych za wysokosprawną kogenerację opartą na węglu i gazie, zielonych za stosowanie energii odnawialnych w wytwarzaniu energii elektrycznej, białych za zmniejszenie zużycia paliw i energii przez wzrost efektywności energetycznej. Sprzedaż certyfikatów na giełdzie może stanowić źródło przychód dla firm i sposób na zwiększenie opłacalności przedsięwzięć.
- możliwość korzystnego (niskooprocentowanego kredytu) dofinansowania przedsięwzięć energooszczędnych i wykorzystania odnawialnych źródeł energii z funduszy pomocowych (NFOŚiGW, WFOŚiGW, POLiŚ, RPO).

Szczególną uwagę należy zwrócić na tzw. „białe certyfikaty”, które mają być prawnie wprowadzone (projekt Ustawy o efektywności energetycznej) do końca 2010 roku.

Firma może zgłosić swoje przedsięwzięcia proefektywnościowe na przetarg, organizowany raz w roku przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki. Jeżeli zgłoszona przez firmę wartość świadectw efektywności energetycznej (białego certyfikatu) znajdzie się w puli przyjętej przez Prezesa URE, to przyznane jej będą świadectwa energetyczne.

Świadectwa energetyczne są zbywalne i stanowią towar giełdowy, a po sprzedaży przez firmę prawa majątkowe ze sprzedaży świadectw są umarzone.

Firmy mogą wcześniej przygotowywać się do oceny możliwości wzrostu efektywności energetycznej i tworzenia listy rankingowej swoich proefektywnościowych przedsięwzięć.

System białych certyfikatów może znacząco podnieść opłacalność i atrakcyjność inwestycji realizowanych przez firmy.

Warto zapamiętać:

(1).	Wymogi prawa unijnego i polskiego nakładają na firmy wymagania proefektywnościowe.
(2).	Dają również zachęty materialne dla energooszczędnych inwestycji.
(3).	Białe certyfikaty dają szansę (po uchwaleniu Ustawy) na uczestnictwo firm w długoterminowym systemie wspierania energooszczędnych przedsięwzięć. Warto wcześniej zapoznać się z projektem ustawy o efektywności energetycznej i śledzić jej szczegółowe rozwiązania prawne – rozporządzenia.  Audyty energetyczne są podstawą do oceny identyfikacji przedsięwzięć w firmie. W większych firmach szkoli się własnych audytorów, w mniejszych korzysta z audytorów wpisanych do rejestru krajowego.

## 1.5. Co mogę zrobić, co zmienić?

Po rozpoznaniu i uszeregowaniu odbiorców energii, np. wg ich wpływu na całkowity bilans zużycia energii w przedsiębiorstwie, należy przeanalizować możliwości wprowadzenia zmian, dzięki którym uzyska się oszczędności energii.



## **2. Katalog uniwersalnych przedsięwzięć – najlepsze praktyki**

### **2.1. Układy napędowe: silniki elektryczne, pompy, sprężarki i wentylatory**

W zależności od profilu i wielkości przedsiębiorstwa elektryczne układy napędowe mogą pełnić w nich różne funkcje: od napędów pomocniczych w instalacjach grzewczych, wentylacyjnych czy klimatyzacyjnych do funkcji podstawowej w procesie technologicznym realizowanym w przedsiębiorstwach produkcyjnych (układy pompowe, wentylatorowe, sprężonego powietrza, wytwarzania chłodu).

Elektryczne układy napędowe (obejmujące silniki, napędy, pompy, wentylatory oraz układy sterowania) wykorzystują nawet do 60% całej energii elektrycznej zużywanej w Polsce. Ze względu na ogromną ilość zainstalowanych maszyn ocenia się, że wielkość strat energii w napędach elektrycznych sięga w naszym kraju 1,5 miliarda złotych rocznie. Ponadto znaczna część eksploatowanych urządzeń przekracza wiek 20 lat. Stąd krajowy potencjał oszczędności energii w elektrycznych układach napędowych, wynikający z różnicy sprawności silników oraz z stosowania układów regulacji napędów zamiast dławienia przepływu na przykład w systemach pompowych czy wentylatorowych jest znaczny.

Rynek oferuje duże możliwości technologiczne realizacji tego potencjału. Praktycznie wszyscy liczący się producenci silników elektrycznych posiadają w swojej ofercie silniki trójfazowe, asynchroniczne o podwyższonej sprawności. Użytkownik napędów może znaleźć tu zarówno silniki na niskie, jak i średnie napięcie w zakresie mocy od 0,75 do 2000 kW.

Oferta produktowa w zakresie przemienników częstotliwości jest tak duża, że możliwy jest zakup urządzeń w jeszcze szerszym zakresie mocy. W sprzedaży dostępne są przemienniki częstotliwości, zaliczane do najbardziej zaawansowanych konstrukcji na świecie oraz tańsze produkty, które charakteryzują się słabszymi parametrami i podstawową funkcjonalnością. Zaawansowanie techniczne tego typu urządzeń zależy między innymi od realizowanego sposobu sterowania silnikiem, np.: skalarnie (mniej zaawansowane) lub wektorowe, jak również od sposobu zasilania – rozwiązania na niskie napięcie są zazwyczaj ponaddwukrotnie tańsze od przemienników pracujących na średnim napięciu, dlatego w realizowanych projektach modernizacji napędów na średnie napięcie częsta jest sytuacja instalacji nowego układu na napięcie niskie, zazwyczaj 690 V. Należy jednak pamiętać o tym, że wiąże się to z koniecznością zastosowania dodatkowego transformatora i przewodów elektrycznych o dużo większych przekrojach, co w przypadku niektórych modernizacji zespołów napędów dużej mocy może przemawiać za rozwiązaniem na napięcie średnie.

Typowe działania podnoszące efektywność elektrycznego układu napędowego przedstawiono w tabeli 8.

Tabela 8. Środki oszczędności energii w elektrycznych układach napędowych

Środek oszczędności energii w układach napędowych	Typowy zakres oszczędności
<b>Instalacja lub pełna modernizacja układu</b>	
Zastosowanie elektrycznego silnika energooszczędnego	2–8%
Prawidłowy dobór wielkości	1–3%
Zastosowanie napędów zmiennobrotowych, układy regulacji (VSD)	10–50%
Wysokosprawny układ przeniesienia napędu / reduktor	2–10%
Automatyka jakości zasilania	0,5–3%
Zastosowanie urządzenia napędzanego o wyższej sprawności	2–15%
<b>Eksploatacja i obsługa / utrzymanie układu</b>	
Smarowanie, nastawy, regulacja	1–5%

### Silniki indukcyjne

Wskaźnikiem efektywności energetycznej silnika elektrycznego jest jego sprawność. W ostatnich dwudziestu latach na świecie podjęto wiele inicjatyw dla zmniejszenia zużycia energii poprzez zwiększanie efektywności w silnikach elektrycznych. Akcja ta została zapoczątkowana w Stanach Zjednoczonych wraz z przyjęciem prawodawstwa, określającego minimalny obligatoryjny poziom sprawności standardowych silników indukcyjnych mocy 1–200 HP. W Europie, w wyniku działań Komisji Europejskiej, w roku 1999 Stowarzyszenie Europejskich Producentów Maszyn Elektrycznych i Energoelektroniki CEMEP określiło trzy klasy sprawności silników indukcyjnych klatkowych z zakresu mocy 1,1–90 kW, oznaczone symbolami Eff1, Eff2, Eff3. Wprawdzie stosowanie silników o wyższej klasie sprawności (Eff1 lub Eff2) jak na razie nie jest w Unii Europejskiej obligatoryjne, jednak działania te spowodowały ograniczenie sprzedaży silników o niskiej sprawności (Eff3), przez producentów zrzeszonych w CEMEP, o około 60%. Klasyfikacja ta dzieli silniki na następujące grupy:

- w klasie sprawności Eff3 – silniki o niskiej sprawności;
- w klasie sprawności Eff2 – silniki standardowe (średni poziom sprawności);
- w klasie sprawności Eff1 – silniki o wysokiej sprawności.

Silniki oznaczone są następującymi etykietami:



Najnowsza inicjatywa – nowa norma z serii IEC 60034-30 *Rotating electrical machines – Part 30: Efficiency classes of single-speed, three-phase, cage-induction motors (IE-code)* wprowadza nowy sposób klasyfikacji dla silników 2-, 4- i 6-biegunowych o mocach do 375 kW poprzez minimalne wymagane sprawności dla różnych klas oznaczonych etykietą IE. Dokument określa trzy poziomy sprawności dla silników:

- IE1 – silniki standardowe;
- IE2 – silniki o podwyższonej sprawności;
- IE3 – najwyższy poziom sprawności, tzw. Premium.

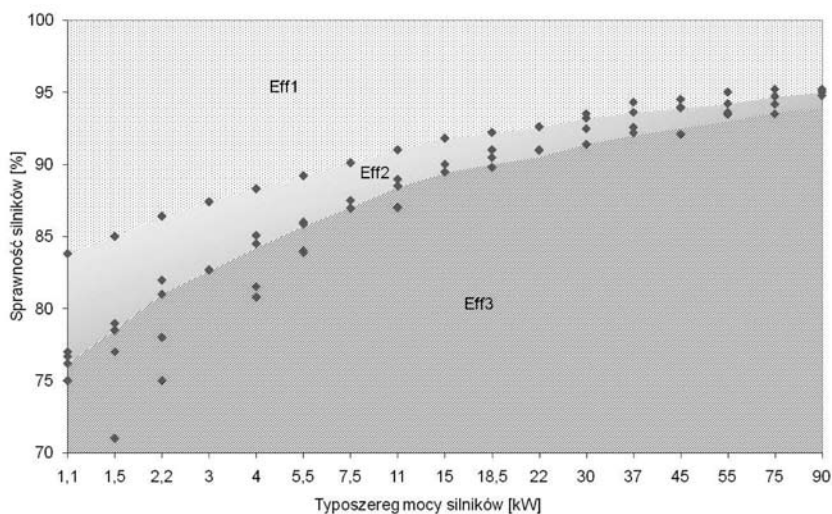


Pojawiły się również propozycje wprowadzenia na terenie UE przepisów w zakresie wymaganych minimalnych standardów efektywności energetycznej silników indukcyjnych klatkowych w oparciu o klasyfikację IE. Podobnie jak w Stanach Zjednoczonych skutkowałoby to zakazem wprowadzania na rynek silników trójfazowych klatkowych ogólnego zastosowania w zakresie mocy od 0,75 do 200 kW o sprawności niższej niż określonej w klasie IE2, a następnie w klasie IE3. Zaproponowano również możliwe scenariusze dla wdrożenia przepisów (tabela 9).

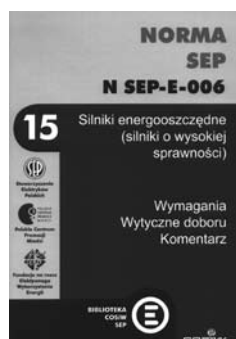
Tabela 9. Proponowane scenariusze wdrożenia minimalnych wymaganych standardów dla sprawności silników indukcyjnych klatkowych ogólnego zastosowania

Wyszczególnienie	2011	2015
Scenariusz I	IE2	–
Scenariusz II	IE2	IE3 (dla silników od 7,5 kW)
Scenariusz III	IE2	IE3

Na rysunku 6 porównano sprawności silników niskiego napięcia dostępnych na rynku polskim. Obok silników ogólnego zastosowania pokazano również sprawność silników w wykonaniach specjalnych.



Rysunek 6. Zakresy sprawności silników oferowanych na polskim rynku w zakresie mocy od 1,1 do 90 kW



Zazwyczaj, kupujący nie wie, w jakich warunkach i jak długo będzie pracował silnik lub nie jest skłonny prowadzić szczegółowych analiz porównawczych poszczególnych silników. W takich przypadkach często prosta informacja dotycząca klas efektywności energetycznej urządzeń jest wystarczająca dla podjęcia decyzji o zakupie i zastosowaniu silnika energooszczędnego.

Obok klasyfikacji CEMEP w Polsce istnieje również norma SEP (Stowarzyszenia Elektryków Polskich) o charakterze dobrowolnym – N SEP-E-006. W normie tej podano najmniejsze dopuszczalne wartości sprawności dla silników energooszczędnych 2-, 4-, 6-, 8-biegunowych w zakresie mocy od 0,75 do 160 kW (silniki na napięciu 400 V i częstotliwość prądu zasilającego 50 Hz) – tabela 5,

przy czym sprawność silnika może być wyznaczona jedną z dwóch metod opisanych w tym dokumencie (różnią się one od metody wg normy IEC 60034-2 głównie w zakresie sposobu określania strat dodatkowych).

Poza częścią typowo normalizacyjną norma zawiera również części o charakterze poradnikowym w następującym zakresie tematycznym: wytyczne doboru silników energooszczędnych oraz komentarz i przykłady dotyczące m.in. obliczania efektu oszczędności energii w wyniku zastosowania silnika energooszczędnego zamiast standardowego.

W urządzeniach napędowych napędzanych silnikami trójfazowymi indukcyjnymi klatkowymi niskiego napięcia o mocach znamionowych od 1,1 kW do 90 kW i liczbie biegunów 2 lub 4 do pracy ciągłej S1 (lub S3 i czasem pracy powyżej 80%) zaleca się stosowanie silników klasy Eff1. Dotyczy to również napędów regulowanych za pomocą przemienników częstotliwości. Natomiast dla pozostałych silników z przedziału od 0,75 kW do 160 kW i liczbie biegunów 2 lub 4 proponuje się zalecić wykonywanie analiz efektywności ekonomicznej stosowania silników energooszczędnych zgodnie z procedurą opisaną w N SEP-E-006 i dobór silników zależny od preferencji inwestora.

Niewątpliwe zalety silników energooszczędnych niskiego napięcia (mniejsze koszty eksploatacji, dłuższy czas życia, większa niezawodność) obarczone są wyższą ceną, spowodowaną w znacznej mierze zwiększonym zapotrzebowaniem na miedź i stal elektrotechniczną. Przeciętnie cena silnika energooszczędnego na niskie napięcie jest o 20% wyższa niż odpowiednika standardowego.

Szczegółowe koszty i korzyści stosowania silników energooszczędnych w miejsce standardowych mogą być oceniane za pomocą programu komputerowego EFEMotor, dostępnego bezpłatnie poprzez stronę internetową: [www.efemotor.pemp.pl](http://www.efemotor.pemp.pl).

## **Czynniki wpływające na sprawność układu napędowego**

Na wielkość zużycia energii elektrycznej przez układy napędowe ma wpływ wiele czynników, takich jak:

- sprawność silnika,
- prawidłowy dobór silnika pod względem parametrów elektrycznych i mechanicznych.

*Właściwy dobór silnika elektrycznego do konkretnego urządzenia mechanicznego jest zagadnieniem wielopłaszczyznowym. Obejmuje m.in. następujące zagadnienia:*

- napięcie i częstotliwość znamionowa silnika – wartość napięcia i częstotliwości silnika powinna być równa wartości napięcia i częstotliwości sieci zasilającej, do której silnik ma być podłączony,
  - rodzaj prądu – do napędów o stałej prędkości obrotowej należy stosować przede wszystkim silniki prądu przemiennego, a zwłaszcza indukcyjne,
  - prędkość obrotowa – znamionową prędkość obrotową należy dobrać do prędkości wymaganej przez urządzenie napędzane. Przy wymaganych prędkościach urządzeń odbiegających znacznie od prędkości znamionowych silników należy rozważyć zastosowanie:
    - silników wielobiegowych;
    - motoreduktorów;
    - przekładni;
    - przetwornic częstotliwości,
  - moc silnika – powinna być dobrana do potrzeb pracy urządzenia napędzanego. Zaleca się, aby silnik był obciążony mocą od 0,75 do 1,0 mocy nominalnej
- sposób regulacji prędkości obrotowej;
  - jakość zasilania energią elektryczną;

- mechaniczny układ przeniesienia napędu;
- praktyka w zakresie konserwacji i utrzymania;
- sprawność końcowego urządzenia napędzanego.

Aby w pełni skorzystać z dostępnego potencjału oszczędności, użytkownik powinien spróbować zoptymalizować cały układ silnika.

## **Pompy obiegowe i cyrkulacyjne**

Pompy tego typu stosowane są w wodnych instalacjach grzewczych, instalacjach klimatyzacyjnych, zamkniętych obiegach chłodniczych. Najczęściej są to pompy wirnikowe, bezdławnicowe z silnikiem elektrycznym. Podobnie jak sprzęt AGD, pompy te od 2005 roku objęto dobrowolnym porozumieniem wprowadzającym system oznakowania klasą energetyczną. Dotyczy on pomp o mocy do 2,5 kW.

System oznakowania pomp obiegowych został przygotowane przez Europump (Stowarzyszenie Europejskich Producentów Pomp) przy akceptacji Komisji Europejskiej. System ten pozwala użytkownikowi na świadomy wybór urządzenia bardziej efektywnego.

W zależności od wyznaczonego wskaźnika efektywności energetycznej pompy klasyfikowane są do kategorii efektywności energetycznej od A – najlepsze, do G – najgorsze (tabela 10).

Tabela 10. Klasy sprawności w zależności od wskaźnika efektywności energetycznej pompy

<b>Klasa efektywności energetycznej</b>	<b>Wskaźnik efektywności energetycznej (EEI)</b>
A	$EEI < 0,40$
B	$0,40 \leq EEI < 0,60$
C	$0,60 \leq EEI < 0,80$
D	$0,80 \leq EEI < 1,00$
E	$1,00 \leq EEI < 1,20$
F	$1,20 \leq EEI < 1,40$
G	$1,40 \leq EEI$

Na tej podstawie jest tworzona etykieta, która powinna być zamieszczona w widocznym miejscu na pompie i/lub opakowaniu. Za treść etykiety odpowiada producent.

Obecnie na rynku dostępne są pompy różnych producentów spełniające kryteria dla klasy A. Producenci, którzy podpisali porozumienie EUROPUMP to:

- BRIAL – Szwajcaria,
- CALPEDA – Włochy,
- CirculatingPumps – Wielka Brytania,
- GRUNDFOS – Dania,
- IMPPumps – Słowenia,
- SMEDEGARD – Dania,
- WILO – Niemcy.

Na etykiecie pominięto podanie aktualnego zapotrzebowania mocy lub rocznego zużycia energii. Liczba godzin pracy pompy zależy od warunków regulacji instalacji, a przede wszystkim od położenia geograficznego ogrzewanego obiektu. Zużycie energii elektrycznej przez pompę może zatem znacznie się różnić, nawet w przypadku takiej samej geometrii instalacji czy zamontowanej pompy. Obciążenie

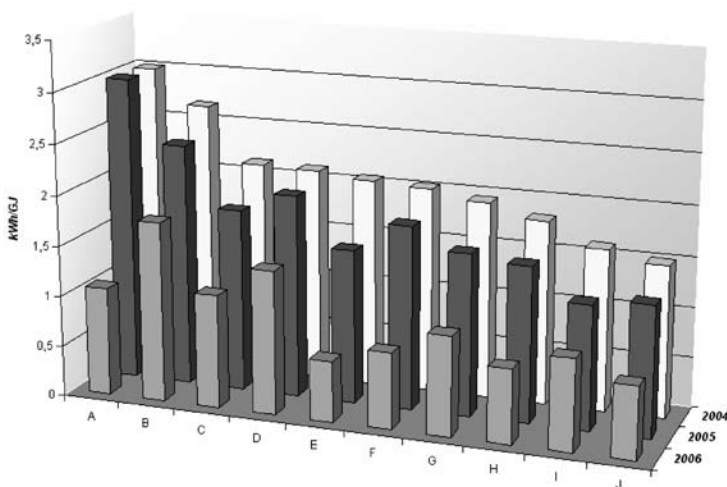
hydrauliczne pomp, które przekłada się na zużycie energii, nie może być bezpośrednio porównywane nawet w pompach tego samego typu, ponieważ zależy ono od rodzaju obiegu, w którym urządzenia te są zainstalowane.

Możliwe jest ogólne przedstawienie różnic pomiędzy poszczególnymi klasami energetycznymi. Pompę o przeciętnej sprawności energetycznej oznaczono klasą energetyczną D, przyjmując jej zużycie energii jako 100%. Pompa o klasie energetycznej A może zużywać tylko około 30% energii pobieranej przez odpowiadającą jej pompę o klasie energetycznej D. Powszechnie stosowane w instalacjach grzewczych w Europie pompy uzyskały ocenę klasy energetycznej D lub E.

Zastosowane w pompach obiegowych klasy energetycznej A rozwiązania to m.in.:

- silnik elektryczny z wirnikiem z magnesami trwałymi;
- automatyczna, proporcjonalna regulacja ciśnienia dostosowana do przepływu.

Pompy klasy A są już stosowane w praktyce w ciepłownictwie w Polsce. Przykładowe wdrożenia przeprowadzono w ramach projektu demonstracyjnego Polskiego Programu Efektywnego Wykorzystania Energii w Napędach Elektrycznych w Ciepłowni Rydułtowy. Modernizacja dotyczyła wymiany istniejących, niejednokrotnie przewymiarowanych i wyeksploatowane pomp obiegowych o mocach z zakresu od 0,55 do 1,1 kW. Zabudowano tu pompy MAGNA produkcji Grundfos o zmiennej prędkości obrotowej z energooszczędnym silnikiem z magnesami trwałymi, posiadające funkcję AUTOADAPT. Dla zobrazowania osiągniętych efektów na rysunku 3 przedstawiono wskaźniki energochłonności pomp obiegowych w stosunku do sprzedanej w danym węźle energii cieplnej. Literami oznaczono kolejne węzły ciepłownicze.



Rysunek 7. Wskaźniki energochłonności pomp obiegowych w modernizowanych węzłach:

2004 – przed wymianą pomp obiegowych;

2005 – realizacja zadania (nowe pompy pracowały tylko w listopadzie i grudniu 2005)

2006 – praca nowych pomp we wszystkich miesiącach sezonu grzewczego w 2006 roku

W związku z powyższym dla pomp obiegowych i cyrkulacyjnych monoblokowych o mocach do 2,5 kW proponuje się stosowanie urządzeń o klasie efektywności energetycznej A. Należy zwrócić uwagę, że podstawowym warunkiem wykorzystania walorów energooszczędnej pompy obiegowej jest prawidłowe określenie jej rzeczywistych parametrów pracy oraz prawidłowy dobór (właściwe zaprojektowanie).

Pompy dobiera się na podstawie objętości wody, którą należy przepompować oraz wymaganej wysokości podnoszenia. Pompę w instalacji grzewczej można niedowymiarować, gdyż jest ona projektowana na warunki ekstremalne, a takie występują średnio od 5 do 8 dni w roku. Niedowymiarowanie pompy o kilka procent daje niezauważalny dyskomfort temperaturowy, ale za to duże oszczędności energetyczne.

Nieprzewymiarowanie pompy ma również kluczowe znaczenie dla efektywności energetycznej w układach cyrkulacji ciepłej wody użytkowej. Zbyt duży strumień krążącej ciepłej wody wpływać będzie na wzrost strat ciepła. Stała cyrkulacja ciepłej wody użytkowej powoduje jej dostępność natychmiast po odkręceniu kranu czy prysznicu. Pompa cyrkulacyjna musi umożliwić optymalną pracę instalacji w zmieniających się warunkach hydraulicznych, wynikających z wpływu dynamiki rozbioru c.w.u. na opory przepływu.

W instalacjach grzewczych zamkniętych bezpieczniejsze jest zainstalowanie pompy na instalacji powrotnej. W przypadku braku odpowiedniego zabezpieczenia regulacji temperatury kotła często przekraczana jest temperatura tłoczonego medium. Zainstalowanie pompy na zasilaniu może doprowadzić do awarii pompy w momencie przekroczenia temperatury granicznej czynnika tłoczonego.

### **Podstawowe zasady efektywnego energetycznie użytkowania pomp**

Metody redukcji zużycia energii w układach pompowych obejmują odcięcie zaworami wszelkich nieużywanych fragmentów obiegów i regularne odpowietrzanie przewodów rurowych. Na etapie projektowania instalacji należy unikać niepotrzebnych zmian kierunku przepływu, zredukować długość sieci i stosować metody regulacji inne, niż instalacja zaworów dławiących, obejścia (by-pass), czy też brak regulacji. Należy wyłączyć wszelkie zbędne pompy i nie uruchamiać pomp, jeśli nie będą od razu wykorzystywane.

Należy zadbać o redukcję strat ciśnienia w sieciach i minimalizować ilość przetłaczanego medium. Bardzo istotną sprawą jest zapobieganie wyciekom medium oraz likwidacja ewentualnych nieszczelności w układzie, a także regularna okresowa konserwacja urządzeń.

### **Niewłaściwy dobór pompy lub niewłaściwe utrzymanie ruchu**

Na niewłaściwe utrzymanie pompy może wskazywać:

- praca w warunkach kawitacji,
- zużycie mechaniczne elementów pompy.

Wahania dławienia nastawionego jako stałe – nastawienie pompy poprzez dławienie na stałą wysokość podnoszenia i przepływ, wskazuje na jej nadmierną wydajność. Straty energii reprezentowane są przez spadek ciśnienia na zaworze regulacyjnym. Strata energii jest proporcjonalna do spadku ciśnienia i wielkości przepływu.

Głośna praca pompy zwykle spowodowana jest dużym dławieniem lub nadmiernym przepływem. Głośna praca zaworów regulacyjnych lub obejść (by-passów) zwykle oznacza duży spadek ciśnienia, któremu towarzyszą znaczne straty energii.

Zmiany w stosunku do warunków projektowych – zmiany warunków pracy instalacji (rozbudowa, wyłączenia itp.), mogą powodować to, że pompy uprzednio dobrze dostosowane do poprzednich warunków, obecnie mogą pracować ze zmniejszoną sprawnością.

Pompy, o których wiadomo, że mają za dużą wydajność – nadmierna wydajność powoduje straty energii, ponieważ przetłaczana jest większa ilość cieczy przy ciśnieniu zbyt wysokim w stosunku do wymaganego.

Kiedy normalny przepływ lub ciśnienie są mniejsze niż 75% wartości maksymalnej, prawdopodobnie ma miejsce strata energii na skutek nadmiernego dławienia, dużych przepływów przez układ obejściowy (by-pass) lub pracę niepotrzebnych pomp.

Powszechne jest generowanie strat energii poprzez kierowanie nadmiarowego strumienia do układów obejściowych, eksploatacja niepotrzebnych pomp, utrzymywanie zbyt wysokiego ciśnienia lub utrzymywanie znacznego przyrostu przepływu pomiędzy pompami.

## Systemy wentylacyjne

W mechanicznych systemach wentylacyjnych kluczowe znaczenie dla efektywności energetycznej układu mają następujące parametry:

- zużycie energii elektrycznej w napędach – parametr ten związany jest z właściwym projektowaniem (doborem) systemu kanałów rozprowadzających powietrze po budynku oraz prawidłowym doborem wymienników ciepła i wszelkiej niezbędnej armatury i wyposażenia (tłumiki, skrzynki rozprężne itp.)
- sprawność odzysku ciepła – zależy od zastosowania odpowiedniej jakości i doboru jednostki wymiennika ciepła (wielkości w zależności od strumienia powietrza wentylacyjnego). Jednostki o większej sprawności generują większy efekt w postaci zwiększenia ilości ciepła odzyskanego ze strumienia usuwanego na zewnątrz powietrza wentylacyjnego.

W poniższej tabeli przedstawiono podstawowe wielkości parametrów w obecnie stosowanych układach wentylacji mechanicznej oraz prognozę ich zmian na podstawie wyników realizacji projektu Green Catalogue.

Tabela 11. Podstawowe wielkości i prognoza zmian parametrów wydajności systemów wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła

Wskaźniki	Wymagania			
	Obecnie (powszechny standard)	Prognoza w związku z EPBD*	Przyszłość (2010)	BAT (najlepsze dostępne techniki)
Zapotrzebowanie na moc elektryczną, W/(m <sup>3</sup> /s)	2 000–3 000	800–2000	200–1 200	200–1 200
Zapotrzebowanie na energię elektryczną [Wh/m <sup>3</sup> ):	0,40–0,43	0,41	0,39	0,26
Sprawność odzysku ciepła, %	60–90	80–92	85–95	85–99
Poziom hałasu, dB	30–35	25–28	25	25
<b>Instalacje wyciągowe</b>				
Zapotrzebowanie na moc, W/(m <sup>3</sup> /s)	1 000–1 500	400–1000	100–600	100–600
Poziom hałasu, dB	30–35	28	25	25

\* EPBD – Energy Performance of Buildings Directive

### Podstawowe zasady efektywnego energetycznie użytkowania układów wentylatorowych

Możliwości zmniejszenia zużycia energii przez wentylator można rozważać w następujących kategoriach:

- projektowanie systemu wentylacyjnego na minimum strat dla danego obciążenia roboczego, uwzględniając długość, położenie i pole przekroju poprzecznego kanałów wentylacyjnych oraz zmiany kierunku przepływu;

- dobór wentylatora optymalnego dla danego obciążenia i warunków pracy wymaga znajomości nie tylko żądanych obciążeń szczytowych, ale także amplitudy i zmienności obciążenia w czasie. Na dobór mają również wpływ efekty związane z właściwościami systemu;
- wybór rodzaju regulacji punktu pracy wentylatora obejmuje: dławienie, regulację prędkości, zmienną geometrię itp.;
- sprawność wentylatora – różne typy wentylatorów mają różną sprawność szczytową, przy czym najwyższą sprawnością charakteryzują się wentylatory osiowe z łopatkami o profilu płata aerodynamicznego. Wentylatory, nawet tego samego typu, mogą się znacznie różnić pod względem sprawności szczytowej, należy zatem zawsze wybierać wentylator o największej sprawności.

Poniżej przedstawiono listę najważniejszych środków stanowiących opcje, które należy uwzględnić w celu poprawy osiągnięć systemu wentylatorowego. Zestawienie to należy traktować tylko jako wskazówkę. W zależności od konkretnych wymogów systemu inne środki mogą być bardziej odpowiednie.

### **Cykl pracy**

W celu zminimalizowania kosztów eksploatacyjnych należy przeprowadzić analizę zapotrzebowania na wentylację w zależności od pory roku, miesiąca i dnia. Wykorzystanie wyników tej analizy dla ustawienia zoptymalizowanego cyklu sterownika czasowego może radykalnie zmniejszyć zapotrzebowanie na energię. Przykładem dużych potencjalnych oszczędności może być zapotrzebowanie na wentylację poza godzinami pracy w budynkach komercyjnych lub w przemyśle.

### **Regulacja w zależności od zapotrzebowania**

Na rynku dostępnych jest wiele systemów sterowania wentylacją w zależności od potrzeb. Przez monitorowanie zapotrzebowania przepływ powietrza może być dostosowywany do aktualnych potrzeb. Istnieje wiele urządzeń pozwalających na sterowanie przepływem powietrza. Jednym z najczęściej stosowanych jest napęd z regulowaną prędkością zasilany z przemiennika częstotliwości. Dla większych wentylatorów osiowych powszechnie stosowaną metodą regulacji przepływu powietrza jest zmiana kąta pochylenia łopatek.

### **Kanały wentylacyjne**

System kanałów wentylacyjnych jest zwykle instalowany w budynkach lub obiektach przemysłowych po ukończeniu budowy głównej konstrukcji. Powoduje to czasem konieczność wprowadzania licznych łuków i zmian średnicy. Najczęściej instalowane są kanały o przekroju prostokątnym, podczas gdy, pod względem zużycia energii, lepsze są kanały okrągłe.

Ponadto, po zainstalowaniu konieczne jest zrównoważenie sieci wentylacyjnej w celu uzyskania projektowych wydajności dla każdego pomieszczenia. Równoważenie sieci oznacza zwykle wprowadzanie przepustnic w niektórych ciągach wentylacyjnych, co powoduje dodatkowe straty ciśnienia i w konsekwencji marnotrawstwo energii. Dla uniknięcia tych strat konieczne jest prawidłowe planowanie systemu wentylacyjnego.

### **Systemy sprężonego powietrza**

Sprężone powietrze to jeden z najdroższych nośników energii. Według różnych źródeł literaturowych sprawność jego użytkowania (wytwarzanie, przesył, wykorzystanie) nie przekracza 20%. Reszta energii zamieniana jest w sprężarkach na ciepło oraz podlega stratom poprzez nieszczelności w instalacjach

i urządzeniach pneumatycznych. Proces produkcji sprężonego powietrza zazwyczaj charakteryzuje się dużym potencjałem w zakresie poprawy jego efektywności, wynoszącym średnio około 25% zużycia energii elektrycznej.

### **Podstawowe zasady efektywnego energetycznie użytkowania układów sprężonego powietrza**

Pełna ścieżka optymalizacji systemu sprężonego powietrza może obejmować następujące zagadnienia:

- analiza kosztów wytwarzania sprężonego powietrza w zakładzie,
- oszacowanie zużycia powietrza przez wszystkie maszyny i urządzenia,
- oszacowanie strat poprzez nieszczelności,
- likwidacja większości kosztownych wycieków,
- ewentualne zmiany w konfiguracji sieci pneumatycznej,
- zastosowanie odpowiednich metod uzdatniania powietrza, co pozwala na zmniejszenie ciśnienia roboczego w sieci zasilającej,
- wprowadzenie w zakładzie monitorowania zużycia sprężonego powietrza.

Poniżej przedstawiono potencjalnie pojedyncze zadania mające wpływ na uzyskanie oszczędności energii, które mogą mieć zastosowanie do układu działającego w Waszym przedsiębiorstwie.

### **Wytwarzanie sprężonego powietrza**

- optymalizacja wykorzystania układu: odpowiednie nastawy urządzeń regulacyjnych i regulacja ciśnienia, wyłączenie, gdy układ nie jest używany.
- optymalizacja ciśnienia powietrza w układzie – jest to funkcja końcowych urządzeń odbiorowych,
- obniżenie temperatury powietrza wlotowego przez zmianę lokalizacji wlotu powietrza (przy zapewnieniu optymalnego stopnia filtrowania powietrza na wlocie),
- modernizacja układu regulacji sprężarki,
- wymiana filtrów za urządzeniami w zależności od spadku ciśnienia,
- filtrowanie i osuszanie powietrza do poziomu minimum wymagań ze strony układu (w miarę możliwości instalować lokalne filtry / osuszacze dla poszczególnych zastosowań / potrzeb),
- prowadzenie odzysku i wykorzystywanie ciepła odpadowego,
- zastosowanie większego głównego odbiornika,
- zastosowanie napędów zmiennobrotowych,
- rozważenie możliwości zastosowania układu wielociśnieniowego lub zastosowanie lokalnie urządzeń do podwyższania ciśnienia, decentralizacja układu,
- zastąpienie zwykłych silników elektrycznych silnikami energooszczędnymi
- zastąpienie sprężarki nowymi modelami lub modelami lepiej dopasowanymi do warunków, tak aby nowe sprężarki miały niższe jednostkowe zużycie energii, dostosowane do wymagań układu,
- stosowanie zespołów sprężarek o różnej wydajności w układzie z nadrzędną regulacją.

### **Sieć dystrybucyjna**

- prowadzenie regularnych przeglądów w celu wykrywania wycieków,
- redukcja wycieków powietrza poprzez zastosowanie szczelnych złączek, wysokiej jakości szybkozłączek itp.,
- podział układu na strefy, z właściwą regulacją ciśnienia i sprawnymi zaworami odcinającymi,



- odłączanie nieużywanych przewodów,
- stosowanie naczyń odwadniających (do usuwania kondensatu) niepowodujące strat powietrza,
- stosowanie pomocniczych (uzupełniających) odbiorników blisko miejsc o zmiennym obciążeniu,
- optymalizacja sieci: obiegi zamknięte w formie pierścienia, optymalizacja średnic przewodów.

### **Urządzenia końcowe**

- naprawa lub wymiana nieszczelnych urządzeń,
- wyłączanie dopływu powietrza, kiedy dane urządzenie nie pracuje,
- weryfikacja (i optymalizacja) potrzeb w zakresie stosowania specjalnych regulatorów ciśnienia, filtrów, osuszaczy.

### **Monitoring układu**

- instalacja licznika energii elektrycznej zużywanej przez sprężarki
- instalacja centralnego przepływomierza sprężonego powietrza, wyposażonego w funkcję obliczania średniego i sumarycznego zużycia powietrza,
- prowadzenie regularnych przeglądów w celu wykrywania wycieków

## **2.2. Oświetlenie**

### ***Oświetlenie a wydajność pracowników***

W codziennym życiu oświetlenie ma ogromne znaczenie zarówno dla naszego samopoczucia, zdrowia, jak i bezpieczeństwa. Poza tym odpowiednio dobrane i dopasowane do pomieszczenia, koloru ścian i wystroju tworzy klimat. Z punktu widzenia zużycia energii w budynkach biurowych oświetlenie odgrywa znaczącą rolę, zwłaszcza przy zastosowaniu tradycyjnych żarówek. Choć zazwyczaj nie przekracza 30%, to czasami może stanowić nawet 40% całej zużytej energii elektrycznej. Niemniej jednak oświetlenie wcale nie musi oznaczać wysokiego zużycia energii i związanych z tym kosztów. Możliwości oszczędzania energii w dziedzinie oświetlenia są jednymi z największych i tylko przez zastosowanie energooszczędnych świetlówek zredukowane może być nawet do 80% zużytego do celów oświetleniowych prądu.

Badania medyczne prowadzone na świecie wykazały, że światło ma nie tylko wzrokowe, ale i biologiczne oddziaływanie na organizm ludzki. Organizm ludzki przystosowany jest do funkcjonowania w cyklu oświetlenia naturalnego kuli ziemskiej, który składa się z dwóch okresów: około 12 godzin jasności i około 12 godzin ciemności. Zmiana cyklu może jednak powodować istotne zaburzenia w funkcjonowaniu naszego ciała i wywołuje w organizmach zaburzenie cyklu biologicznego, powodujące trudności w zasypianiu, zaburzenia snu oraz osłabienie aktywności i koncentracji w czasie pracy.

Wydolność wzrokowa człowieka zależy od warunków pracy wzrokowej. W sytuacji oświetlenia sztucznego uzyskanie wysokiej wydolności wzrokowej jest uzależnione od zapewnienia dostatecznie dobrego oświetlenia, określanego m.in. wysokimi poziomami natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej. Przy określonym natężeniu oświetlenia wydolność wzrokowa nie jest jednak taka sama u wszystkich ludzi.

Zwiększenie poziomu natężenia oświetlenia powoduje wzrost wydolności wzrokowej. Istnieje jednak duża różnica wydolności wzrokowej w zależności od wieku osoby badanej. Lepsze rezultaty w zakresie wydolności wzrokowej wykazują ludzie młodszy, tzn. około 30 lat, gorsze ludzie starsi, około 55 lat. Przy względnie trudnych zadaniach wzrokowych człowiek starszy potrzebuje ponad 1000 lx dla osiągnięcia

takiej samej wydolności wzrokowej jak ludzie młodszy przy natężeniu oświetlenia 300 lx. Przy trudnej pracy wzrokowej, np. przy czytaniu drobnego tekstu, dla osiągnięcia tej samej, zadowalającej wydolności wzrokowej osoba w wieku ponad 55 lat potrzebuje prawie 6 razy większej ilości światła niż człowiek w wieku około 30 lat.

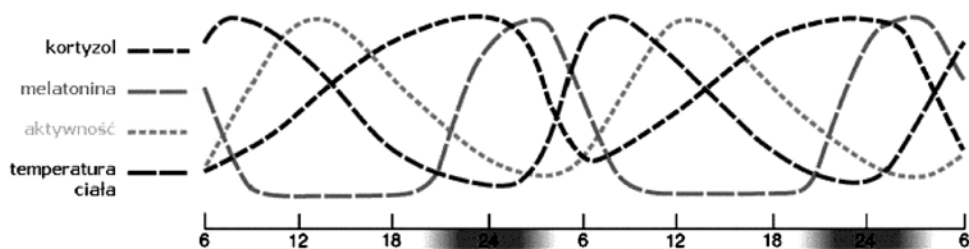
Norma w większości wypadków wymaga do pracy natężenia oświetlenia 300 lx. Jak widać jest to wartość wystarczająca dla osób w wieku około 30 lat. Starsi pracownicy, również potrzebni w firmach ze względu na swoje doświadczenie, a mający niższą wydolność wzrokową, potrzebują jednak znacznie wyższego poziomu natężenia oświetlenia. Dzięki temu będą wykonywać równie dobrze taką samą pracę wzrokową, co młodszy. Oznacza to jednak konieczność podwyższenia natężenia oświetlenia z wymaganej normami minimalnej wartości 300 lx do około 1200 lx.

Wydolność wzrokowa starszych pracowników może być poprawiona do poziomu osiąganego przez ludzi młodych dzięki znacznemu podwyższeniu poziomu natężenia oświetlenia powyżej wymagań normatywnych.

Wydolność wzrokowa ludzi starszych może być również z powodzeniem poprawiona nie tylko przez odpowiednio wysoki poziom oświetlenia, ale także przez zastosowanie światła z dużym udziałem niebieskiej części widma.

Najważniejszym odkryciem stało się stwierdzenie, że światło, a w szczególności regularne cykle światło–ciemność mają zasadniczy wpływ na kontrolowanie zegara biologicznego człowieka poprzez wpływ na produkcję niektórych ważnych hormonów w ciele ludzkim.

Jak wspomniano na wstępie światło wywołuje w naszym organizmie efekty nie tylko wzrokowe. Ma ono także silne oddziaływanie biologiczne związane ściśle z powtarzalnym cyklem jasność–ciemność. Ilustruje to poniższy wykres.



Rysunek 8. Typowy dzienny rytm temperatury ciała, poziomu melatoniny i kortyzolu oraz stopnia aktywności ludzi dla naturalnego 24-godzinne go cyklu jasność/ciemność

Na osi poziomej przedstawiono dwie kolejne doby – dwa razy po 24 godziny. Wykres rozpoczyna się o godzinie 6 rano, gdy właśnie się rozjaśnia i natężenie światła naturalnego rośnie. Następnie o godzinie 12 w południe poziom światła jest wysoki, a o 18 po południu ściemnia się. O godzinie 2 w nocy jest oczywiście całkiem ciemno.

W dzień mamy do czynienia z sytuacją, gdy na dworze jest zupełnie jasno i mamy tam dużą ilość światła. Sytuacja panująca w pomieszczeniach nie jest już jednak tak samo dobra nawet w południe. W ładny dzień na otwartej przestrzeni panuje natężenie oświetlenia naturalnego około 100.000 lx. W dzień pochmurny zmniejsza się ono do około 20.000 lx. W pomieszczeniach, zwłaszcza tych pozbawionych dostatecznej ilości światła naturalnego, mamy na ogół do czynienia z poziomami natężenia oświetlenia nie większymi niż 500 lx, a więc wielokrotnie niższymi.

Na osi pionowej pokazano poziomy temperatury naszego ciała, stopnia aktywności oraz dwóch hormonów odpowiedzialnych za naszą aktywność życiową – melatoniny i kortyzolu, których wydzielanie jest bezpośrednio powiązane z natężeniem oświetlenia, jakiemu jesteśmy poddawani.

**Temperatura ciała.** Dobowe wahania temperatury ciała są zjawiskiem znanym i wynoszą około 0,4 °C.

**Poziom kortyzolu.** Kortyzol to hormon biorący udział m.in. w produkcji glukozy w organizmie ludzkim, a ta z kolei dostarcza energii naszemu ciału. Poziom kortyzolu utrzymuje wysoką wartość w ciągu dnia i jest najwyższy w godzinach rannych, co stymuluje nas do działania. W nocy ilość kortyzolu w naszym organizmie spada, umożliwiając nam normalny sen.

**Poziom melatoniny.** Melatonina – hormon odpowiadający za sen. Największy poziom melatoniny w organizmie występuje w nocy, jej poziom spada nad ranem i jest niski w ciągu dnia, kiedy pobudza nas wysoki poziom kortyzolu.

W dzień w ludzkim organizmie mamy dużo kortyzolu i mało melatoniny, dzięki czemu możemy być pobudzeni i aktywni, a nie senni. W nocy jest odwrotnie, dzięki czemu mamy spokojny, głęboki sen, a nasza aktywność jest minimalna.

Zapewnienie natężenia oświetlenia na stanowiskach pracy dziennej na poziomie ponad 1000 lx, znacznie większym od wymaganego, poprawia samopoczucie pracowników, zwiększa ich aktywność, zapobiega zmęczeniu i senności podczas pracy.

Odkrycia nauki pozwoliły zrozumieć ogromne korzyści, jakie dzięki swoim skutkom wzrokowym i biologicznym przynosi pracodawcom dobre i silne oświetlenie miejsc pracy. Obok zdrowia i dobrego samopoczucia pracowników dobre oświetlenie powoduje także szybsze wykonywanie czynności, zmniejsza liczbę popełnianych błędów, obniża ilość braków produkcyjnych, poprawia bezpieczeństwo, zmniejsza liczbę wypadków, obniża absencję chorobową. Badania wykazują, że w przemyśle dzięki podwyższeniu natężenia oświetlenia z 300 do 500 lx można osiągnąć wzrost wydajności o 8%, a podwyższenie natężenia do 2000 lx zwiększa wydajność o 20%.

## ***Oświetlenie w firmie***

Oświetlenie od wielu dekad jest bez wątpienia jednym z najistotniejszych odbiorców energii w firmach. Oczywiście istnieją powszechne standardy projektowania i doboru oświetlenia w zależności od specyfiki oraz przeznaczenia danego obiektu, ponadto występują szczegółowe wymagania opisane w różnego typu wytycznych oraz normach (np. PN-EN 12464-1:2004). Wytyczne odnośnie do oświetlenia nie dotyczą jedynie natężenia oświetlenia, ale również innych parametrów gwarantujących komfort oświetleniowy, jak np. współczynnik oddawania barw czy nieprzyjemny efekt olśnienia. Urządzenia oświetleniowe montowane w budynkach biurowych czy produkcyjnych w ciągu ostatnich kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu lat niemalże bez wyjątku bazują na technologii świetlówkowej (fluorescencyjnej) i należy się spodziewać, że nie zmieni się to w najbliższych latach. Ponadto w ciągu ostatnich dwudziestu lat nastąpił znaczący rozwój technologii lamp fluorescencyjnych i innych lamp wyładowczych, co z pewnością cały czas umacnia pozycję tych źródeł na rynku.

## **Typy oświetlenia**

Podstawową funkcją oświetlenia jest zapewnienie odpowiedniej ilości światła umożliwiającego wykonywanie różnych czynności, kiedy światło słoneczne nie jest wystarczające. Innym zastosowaniem oświetlenia są względy estetyczne, gdzie dzięki oświetleniu można pewne elementy uwydatnić, a inne zmarginalizować.

Oświetlenie wewnętrzne dzielimy na trzy podstawowe typy:

### **Oświetlenie ogólne**

Jest to oświetlenie polegające na rozjaśnieniu całej przestrzeni pomieszczenia, mające na celu zapewnienie dobrej orientacji we wnętrzu. Służą do niego zazwyczaj oprawy sufitowe, w których używa się na ogół świetlówek liniowych, czasami halogenowych lub świetlówek kompaktowych, rzadziej tradycyjnych żarówek. Czasami do regulacji tego typu oświetlenia wykorzystywane są ściemniacze, a czasami oprawy są dzielone na kilka źródeł. Lamy oświetlenia ogólnego dają zazwyczaj światło rozproszone lub odbite od sufitów i ścian. Oświetlenie ogólne jest najczęściej i najdłużej używanym typem oświetlenia, dlatego przede wszystkim tu warto zastosować energooszczędne rozwiązania.

### **Oświetlenie miejscowe**

Oświetlenie miejscowe, inaczej mówiąc robocze, służy przede wszystkim do zapewnienia odpowiednich warunków oświetleniowych w czasie wykonywania różnych czynności, np. przy czytaniu. Światło powinno być dostatecznie jasne i skierowane na obszar wykonywania czynności tak, by nie raziło lub oślepiało. Zastosowanie tu znajdują lampy, które umożliwiają ustawianie kierunku padania światła (np. lampki biurkowe, podłogowe).

### **Oświetlenie dekoracyjne**

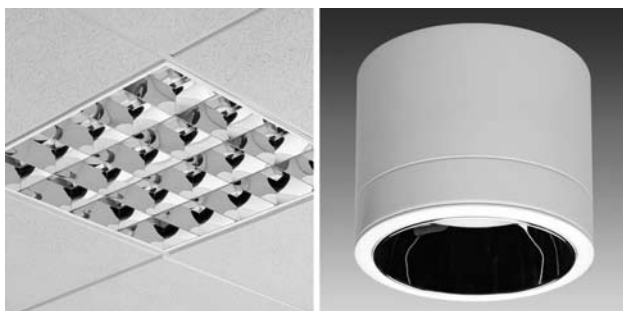
Oświetlenie dekoracyjne wykorzystywane jest do eksponowania wybranych elementów, szczegółów wewnątrz pomieszczenia, jak np. obrazy, zdjęcia, figurki, meble itp. Zazwyczaj oświetlenie dekoracyjne jest ograniczone do jednego lub dwóch obszarów w pomieszczeniu, zaś światło ma postać skupionej wiązki, czasami kolorowej. Dobre oświetlenie dekoracyjne wykorzystuje grę światła i cienia dla stworzenia właściwego klimatu wnętrza. Pozwala wyeksponować barwę, strukturę powierzchni i kształt przedmiotów. Do tego rodzaju oświetlenia wykorzystuje się lampy dające światło liniowe lub skupione, bezpośrednio oświetlające wybrany obiekt lub eksponując jego kształt.

Dobre oświetlenie pomieszczeń powinno zawsze wykorzystywać wszystkie trzy typy oświetlenia: ogólne, miejscowe i dekoracyjne. Oświetlenie takie zapewni osiągnięcie odpowiedniego, zakładanego efektu.

## ***Rodzaje oświetlenia w przestrzeni biura***

### **Oświetlenie bezpośrednie**

Przy oświetleniu bezpośrednim promieniowanie źródeł światła wychodzące z opraw oświetleniowych jest kierowane w dół i dociera do płaszczyzny roboczej bez odbić od innych powierzchni. Źródłem oświetlenia bezpośredniego są zazwyczaj oprawy oświetleniowe montowane w sufitach podwieszanych, na stropach lub zwieszane, a także oprawy stojące – biurkowe lub podłogowe. Wśród opraw sufitowych i stropowych do realizacji oświetlenia bezpośredniego najczęściej stosowane są świetlówkowe oprawy rastrowe i typu „downlight”. Dzięki oświetleniu bezpośredniemu pozioma płaszczyzna robocza staje się najjaśniejszą powierzchnią w przestrzeni pomieszczenia. Wyeliminowanie strat absorpcyjnych przy odbiciach od powierzchni wnętrza sprawia, że oświetlenie bezpośrednie zapewnia wysoką efektywność. Ten typ oświetlenia nadaje się doskonale do pomieszczeń o niewielkiej wysokości. Wadą jest możliwość występowania oślnienia, cieni i niepożądanych odbić.

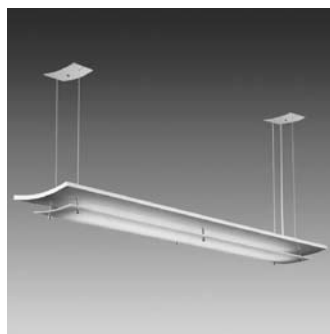


Rysunek 9. Oprawy wbudowane w sufit: świetlówkowa oprawa z optyką rastrową oraz oprawa typu „downlight”, do świetlówek kompaktowych

Źródło: Thorn Lighting

### Oświetlenie pośrednie

W przypadku oświetlenia pośredniego światło jest kierowane w stronę sufitu lub ścian i po rozproszonym odbiciu od tych powierzchni dociera do płaszczyzny roboczej. Przy takim sposobie oświetlenia sufit lub ściany stają się w praktyce odbłyśnikiem oświetleniowym oprawy. Są także najjaśniejszymi powierzchniami w przestrzeni wnętrza. Efektem oświetlenia pośredniego jest silne poczucie jasnej, otwartej przestrzeni. Jest odczuwane jako bardziej komfortowe niż oświetlenie bezpośrednie. Dzięki dobremu rozproszeniu światła eliminuje cienie. Na skutek równomierności może jednak być odbierane jako jednostajne i nużące. Ze względu na straty promieniowania w wyniku absorpcji na powierzchniach odbijających, oświetlenie pośrednie jest droższe od bezpośredniego pod względem kosztów budowy i eksploatacji.



Rysunek 10. Oprawa wisząca świetlówkowa oświetlenia pośredniego

Źródło: Thorn Lighting

### Oświetlenie bezpośrednio-pośrednie

Oświetlenie bezpośrednio-pośrednie zapewnia emisję światła w dół, na płaszczyznę roboczą oraz w górę na sufit. Miejsca pracy są oświetlane światłem docierającym bezpośrednio z opraw oświetleniowych i pośrednio po odbiciu od sufitu, jednak stosunkowo niewielka część strumienia świetlnego odbijana od sufitu powoduje głównie ogólne rozświetlenie przestrzeni. Pracownicy często preferują taką kombinację jako łączącą jasność, komfort widzenia i pewne akcenty świetlne, w przeciwieństwie do czysto bezpośredniego lub czysto pośredniego oświetlenia. Koszty opraw i instalacji są tu podobne do tych z wyłącznie pośrednim systemem oświetlenia. Zmieniając proporcje między bezpośrednią i pośrednią częścią strumienia świetlnego, można zmieniać uzyskiwane efekty.



Rysunek 11. Oprawa wisząca świetłówkowa oświetlenia bezpośrednio-pośredniego

Źródło: Thorn Lighting

### **Kryteria doboru oświetlenia pomieszczeń**

W pomieszczeniach przeznaczonych do pracy źródła światła powinny mieć barwę białą, gdyż takie światło pozwala dostrzegać szczegóły, a także pobudza do działania. Dobierając oświetlenie mieszkania warto wcześniej zwrócić uwagę na:

- **źródło światła** – rodzaj (żarówki tradycyjne, halogenowe, świetłówki i inne), klasę energetyczną, jakość (żywność i liczba cykli włącz-wyłącz), barwę światła, współczynnik rozpoznawania barw, rodzaje stateczników lamp wyładowczych,
- **oprawy oświetleniowe** – kształt opraw (jak odbijają i jak kierują światło), estetyka (dobór do typu i przeznaczenia pomieszczenia),
- **usytuowanie źródeł światła w pomieszczeniach,**
- **systemu oświetlenia** – systemy sterowania i regulacji oświetlenia, instalacja elektryczna,
- **inne urządzenia** – sposoby niwelowania powstawania zjawiska olśnienia,
- **energooszczędność i ekonomia oświetlania.**

### **Rodzaje źródeł światła**

Źródła światła na potrzeby oświetlenia obiektów biurowych można podzielić w zasadzie na dwa typy: żarówki i świetłówki. Różnią się one m.in. długością świecenia (żywnością), wydajnością, barwą światła, jak i ceną.

Żarówki dzielimy na:

- **żarówki tradycyjne** – mają ciepłe światło wytwarzane przez cienki żarnik wolframowy; bańki żarówek mogą być przezroczyste, matowe – białe lub barwione; natężenie światła zależy od mocy żarówek (mają niską skuteczność świetlną); są tanie w zakupie, ale drogie w eksploatacji,
- **żarówki halogenowe** – dają światło jasne o barwie ciepłej, wiernie oddają kolory oświetlanych przedmiotów; dostępne są również z filtrami, które nadają światłu ciepłą barwę; żarówki halogenowe dają średnio dwa razy więcej światła niż tradycyjne tej samej mocy i świecą dwa, trzy razy dłużej; żarówki halogenowe wysokonapięciowe (przystosowane do zasilania napięciem 230 V) z gwintem E27 można stosować w takich samych oprawach jak żarówki tradycyjne, zaś niskonapięciowe wymagają transformatora (6, 12 lub 24 V) i stosuje się je w specjalnych oprawach; żarówki halogenowe mogą emitować światło rozproszone lub skupione; żywotność żarówek halogenowych jest w przybliżeniu dwukrotnie dłuższa niż tradycyjnych żarówek, są też ok. 30% bardziej efektywne.



Żarówka tradycyjna

Żarówka w kształcie świeczki

Halogen o kształcie tradycyjnej żarówki

Reflektorowy halogen wysokonapięciowy

Niskonapięciowy reflektorowy halogen

Niskonapięciowa kapsułka halogenowa

Rysunek 12. Żarówki

Źródło: katalog produktów Philips Lighting

### Świetłówki dzielimy na:

- **świetłówki liniowe oraz świetłówki kompaktowe niezintegrowane**, wykonane w postaci szklanej rury prostej lub wygiętej w inne kształty, wyposażonej w zakończenia pasujące do konkretnej oprawy wyposażonej w układ stabilizująco-zapłonowy (statecznik); najczęściej stosowane do oświetlenia większych pomieszczeń, np. biur, hal, budynków użyteczności publicznej, sklepów,
- **świetłówki kompaktowe zintegrowane**, w których elementy składowe są ze sobą trwale połączone; rurki świetlówek kompaktowych mogą mieć różne kształty i wymiary (litery U, spiralne i inne); występują również modele, które na zewnątrz mają bańkę podobną do zwykłej żarówki; sprawność świetlówek kompaktowych jest 5-krotnie wyższa niż żarówek tradycyjnych, zaś trwałość 10-krotnie, a najlepszych nawet 15-krotnie większa; ogromną zaletą świetlówek kompaktowych jest możliwość zastępowania nimi tradycyjnych żarówek bez konieczności zmiany opraw, dlatego też znalazły one szerokie zastosowanie w gospodarstwach domowych;



Niezintegrowana świetłówka

Świetłówka liniowa

Świetłówka energooszczędna

Świetłówka energooszczędna spiralna

Świetłówka z możliwością ściemniania

Świetłówka z czujnikiem zmierzchowym

Rysunek 13. Świetłówki

Źródło: katalog produktów Philips Lighting

Świetłówki warto stosować w miejscach, w których światło włącza się na dłużej jak pokoje, natomiast raczej nie zaleca się ich w pomieszczeniach, gdzie światło zapala się na krótko i często, jak łazienki czy sypialnie. Choć to też nie jest regułą, ponieważ na rynku dostępne są świetłówki o bardzo dużej liczbie cykli włącz-wyłącz, a właśnie częste włączanie na krótki czas było przyczyną skracania żywotności świetlówek.

Tabela 12. Parametry podstawowych źródeł światła

Źródło światła	Zakres sprawności (lm/W)*	Trwałość (h)
Żarówka tradycyjna	8–10	1 000
Żarówka halogenowa	13–24	2 000
Świetlówka liniowa	43–104	6 000–20 000
Świetlówka kompaktowa	33–88	6 000–12 000

\* sprawność znamionowa jest uzależniona od mocy źródła światła.

## Diody świecące LED

Prawie wszyscy znamy diody świecące (LED) używane jako wskaźniki świetlne lub wyświetlacze numeryczne, stosowane w sprzęcie elektronicznym powszechnego użytku. Niski strumień świetlny i mała różnorodność barw ograniczały jednak możliwości ich stosowania. W ostatnich latach konstrukcja i technologia tych przyrządów półprzewodnikowych została tak udoskonalona, że można już mówić o nowym rodzaju źródeł światła o skuteczności świetlnej wyższej niż w lampach żarowych. Istnieją już także możliwości produkcji diod o dowolnej barwie promieniowania. Sprawia to, że diody świecące LED z powodzeniem zaczynają wkraczać na obszar zastosowań oświetleniowych. Przewiduje się, że w niedalekiej przyszłości oświetlenie półprzewodnikowe będzie miało rewolucyjny wpływ na technikę oświetleniową. Opiera się ono na oprawach używających diod LED jako źródeł światła zamiast lamp żarowych, fluorescencyjnych lub wyładowczych. W przeciwieństwie do swych tradycyjnych konkurentów pracujących przy napięciu zmiennym, diody LED korzystają z zasilania prądem stałym o niskim napięciu, wykorzystując procesy, w wyniku których mogą wytworzyć takie same ilości promieniowania świetlnego przy znacznie mniejszym zużyciu energii elektrycznej. Diody świecące LED będą więc w istocie pierwszymi na świecie, prawdziwie energooszczędnymi źródłami światła.

Półprzewodnikowe źródła światła mają jednak znacznie więcej istotnych zalet pod względem energetycznym i środowiskowym:

**Wysoka skuteczność świetlna** – pierwsze diody świecące osiągały sprawność rzędu 10%. Obecnie kształtuje się już ona na poziomie 20% i przewiduje się, że w niedługim czasie dojdzie do 30%. Jest to znaczna różnica w porównaniu z lampami żarowymi, których sprawność kształtuje się w zakresie 3–4% i świetlówek osiągających 20%.

**Wysoka trwałość** – konwencjonalne źródła światła mogą działać, dostarczając promieniowania świetlnego przez określony czas, po czym ulegają zniszczeniu. Inaczej jest z diodami LED. Nie ulegają one rapectownemu wygaśnięciu, zmniejszają tylko stopniowo ilość generowanego promieniowania. W zależności od dostarczanego poziomu oświetlenia mogą w praktyce świecić od 50.000 godzin do nawet ponad 100.000 godzin. Średnia, użyteczna trwałość LED jest kilkakrotnie wyższa niż dla popularnych lamp fluorescencyjnych i kilkudziesięciokrotnie wyższa niż dla żarówek. Tak duża trwałość oznacza oczywiście ogromne oszczędności na kosztach konserwacji oświetlenia.

**Duża wytrzymałość** – półprzewodnikowe systemy oświetleniowe są szczególnie odporne na szoki mechaniczne i wibracje dzięki swej zwartej budowie, brakowi części szklanych i żarników.

**Bogata kolorystyka** – udoskonalenia w konstrukcji i technologii diod świecących sprawiły, że możliwe jest osiągnięcie dowolnej barwy promieniowania z całego obszaru widma widzialnego.

**Łatwe współdziałanie z systemami kontroli i sterowania** – półprzewodnikowe systemy świetlne są w zasadzie cyfrowymi źródłami światła, które można łatwo integrować z komputerowymi systemami sterowania.

Rozwój konstrukcji diod świecących jest coraz szybszy, a jego głównym celem jest ich zastosowanie do ogólnych celów oświetleniowych. Wysoka skuteczność świetlna, poziom strumienia świetlnego,



dobre oddawanie barw i powtarzalność parametrów współczesnych LED sprawiają, że ich obecność w codziennych zastosowaniach oświetleniowych staje się coraz szersza. Należy jednak pamiętać, że źródło światła, którym bez wątplenia można już dziś nazwać diodę LED, to jeszcze nie system oświetleniowy. Do jego zaistnienia potrzebne są także funkcjonalne oprawy oświetleniowe, dla których znajdą się pola zastosowania. Nad stworzeniem takich systemów pracuje już wielu producentów opraw.

## **Świetlówki kompaktowe w budynkach biurowych**

Świetlówki kompaktowe (CFL) stały się symbolem oszczędności energii elektrycznej do oświetlenia. Świetlówki kompaktowe z trzonkiem gwintowanym mogą rzeczywiście w sposób bezpośredni zastępować żarówki w istniejących oprawach oświetleniowych. Chociaż takie działanie na rzecz energooszczędności wydaje się uzasadnione, to jednak należy pamiętać, że charakterystyki świetlne CFL różnią się od właściwości żarowych źródeł światła. Bezpośrednia wymiana żarówek na świetlówki kompaktowe, sprawdzająca się z powodzeniem w większości zastosowań domowych, przynosi często złe rezultaty przy oświetleniu wnętrz użyteczności publicznej. Niestety nadal wielu użytkowników instaluje je w prostych oprawach dostropowych przeznaczonych pierwotnie do żarówek z bańką reflektorową. Powoduje to zawsze zmianę rozsyłu światła oprawy. Wymiary świetlówki kompaktowej sprawiają, że duże fragmenty jej powierzchni świecącej, wystając z oprawy, są bezpośrednio widoczne dla obserwatora. Oświetlenie tego typu powoduje olśnienie i niepotrzebne, nadmierne rozświetlenie sufitu. Nawet, jeśli CFL dadzą się zastosować w takich oprawach, to trudno liczyć, że proces oszczędzania energii będzie trwały, ponieważ w każdej chwili, zdegustowany użytkownik może łatwo powrócić do stosowania tradycyjnych żarówek. Ponadto wystająca z oprawy świetlówka pogarsza efekt estetyczny oprawy.

Zalety świetlówek kompaktowych mogą być najlepiej wykorzystane w oprawach specjalnie zaprojektowanych do ich użycia. Producenci proponują wiele możliwości. Oprawy te są jednak na ogół przeznaczone do świetlówek kompaktowych z trzonkiem kołkowym. Oprawa zawiera wtedy specjalny system mocowania źródła światła oraz oddzielny statecznik, niezintegrowany ze źródłem światła.

Wszystkie lampy fluorescencyjne, w tym świetlówki kompaktowe potrzebują stateczników do pracy i zapłonu.

## **Stateczniki magnetyczne**

Bywają także nazywane statecznikami elektromagnetycznymi. Są podstawowym i najstarszym typem stateczników do lamp fluorescencyjnych. Tradycyjne stateczniki magnetyczne mogą być przystosowane do zapłonu wyładowania z wstępnym podgrzewaniem elektrod i przy użyciu zapłonika lub być przeznaczone do układów „rapid start”, tzn. z podgrzaniem elektrod, ale bez użycia zapłonika. Stateczniki takie mogą pracować z jedną świetlówką. W związku z tym oprawa na dwie świetlówki musi zawierać dwa stateczniki. Elementy te umieszczone są w metalowej obudowie zabezpieczającej je przed uszkodzeniem.

## **Stateczniki elektroniczne**

Coraz więcej producentów oferuje obecnie stateczniki elektroniczne. Niektóre z nich mogą pracować z dwoma, trzema, a nawet czterema lampami. Świetlówki współpracujące ze statecznikami elektronicznymi zużywają mniej energii elektrycznej niż podczas współpracy ze statecznikami magnetycznymi. Dla przykładu, moc czynna zużywana przez świetlówkę kompaktową 18 W ze statecznikiem magnetycznym waha się w granicach od 22 W do 25 W, podczas gdy ta sama świetlówka, pracując ze statecznikiem elektronicznym pobiera 18 W do 20 W mocy czynnej. Dodatkowymi cennymi cechami stateczników elektronicznych jest niższa waga i możliwość ściemniania źródła światła.

## **Oprawy oświetleniowe**

Oświetlenie, niezależnie od rodzaju, wymaga zawsze odpowiedniego sprzętu oświetleniowego w postaci systemu opraw oświetleniowych pracujących ze źródłami światła, układami zasilającymi, składającymi się w przypadku lamp wyładowczych z zapłonników i stateczników oraz układów sterowania.

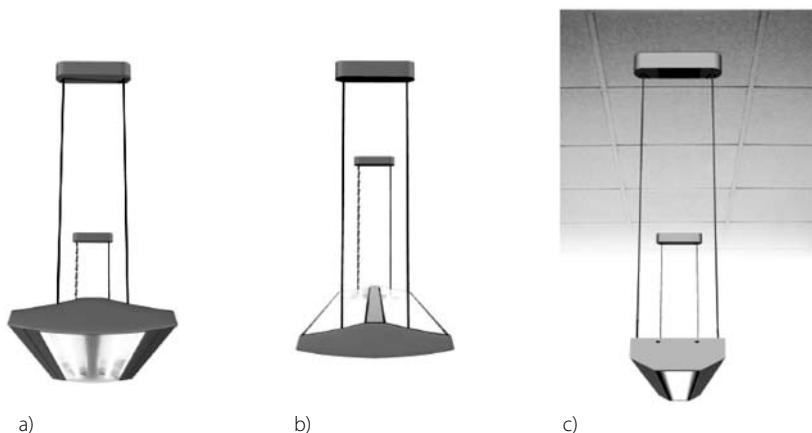
### **Oprawy świetłówkowe nastropowe i wbudowywane w sufit**

Oprawy oświetleniowe z rastrowymi układami optycznymi, przeznaczone do świetlówek liniowych, są dostępne w wersjach przystosowanych do instalacji na stropach lub wbudowania w sufit podwieszany. Promieniowanie lamp fluorescencyjnych jest wysyłane wyłącznie w dolną półprzestrzeń, pod oprawę. Oprawy te, nazywane popularnie „rastrami”, są uważane za najtańszy system oświetlenia wnętrz biurowych, zarówno pod względem inwestycyjnym, czyli zakupu i instalacji, jak też późniejszej eksploatacji i konserwacji. Są to oprawy dopasowane wymiarami do standardowych sufitów podwieszanych o budowie modułowej. Oprawy o kształcie kwadratowym, są instalowane w siatce prostokątnej, regularnie lub naprzemiennie. Oprawy rastrowe współpracują najczęściej z dwoma, trzema lub czterema świetłówkami starszego typu T8 (średnica 26 mm) lub nowego typu T5 (średnica 16 mm). Stateczniki i ewentualnie zapłonniki do lamp umieszczane są wewnątrz obudowy opraw. Innym rodzajem opraw do lamp fluorescencyjnych są oprawy typu „downlight” przeznaczone do świetlówek kompaktowych. Profesjonalne oprawy downlight współpracują ze świetłówkami niezintegrowanymi. Najczęściej oferowane są oprawy do jednego lub dwóch źródeł światła. W większości opraw lampy pracują w położeniu poziomym, dzięki czemu oprawy mają stosunkowo szeroki rozsył światła i niewielką wysokość, ułatwiającą montaż w niskiej przestrzeni nad sufitem podwieszanym. Stateczniki współpracujące ze źródłami światła umieszczane są w obudowie oprawy lub w oddzielnym pojemniku połączonym z oprawą kablem elektrycznym. W oprawach rastrowych i downlightach używane są starsze typy stateczników elektromagnetycznych lub nowe, energooszczędne stateczniki elektroniczne. Szczególnie ciekawe są oprawy do świetlówek liniowych typu T5, współpracujących wyłącznie ze statecznikami elektronicznymi. Są one wyjątkowo energooszczędne. Mała średnica lampy pozwala na budowę bardzo niskich opraw. Elektroniczne zasilanie zapewnia niezawodny zapłon wyładowania w lampie i jej stabilną pracę. W wielu modelach opraw, jako materiał odbłyśników rastrowych stosowane jest aluminium o bardzo dobrych właściwościach odbijających, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie bardzo wysokiej skuteczności oprawy i dobrej kontroli rozsyłu światła. Należy jednak pamiętać, że świetłówki T5 charakteryzują się wysoką luminancją powierzchni. Oprawy, w których pracują mogą potencjalnie stwarzać zagrożenie oślepieniem. Dlatego rastrowe układy optyczne współpracujące ze świetłówkami T5 powinny być wyposażone w większą liczbę poprzeczek niż w przypadku lamp T8. Stosując oprawy ze świetłówkami T5, należy także przywiązywać szczególną wagę do wykonania profesjonalnego projektu oświetleniowego, uwzględniającego wszystkie wymagania. Oprawy rastrowe i typu downlight zapewniają bezpośrednie oświetlenie płaszczyzny roboczej. Dlatego staje się ona najjaśniejszą powierzchnią we wnętrzu. Sufit i ściany są postrzegane jako znacznie ciemniejsze, chyba że są dodatkowo doświetlone.

### **Systemy opraw zwieszanych**

Podstawą biurowych, zwieszanych systemów oświetleniowych są oprawy świetłówkowe. Zwieszane oprawy do świetlówek liniowych mogą rozprzestrzeniać światło bezpośrednio w dół, pośrednio przez odbicie od sufitu lub w sposób łączony, bezpośrednio-pośredni. Podstawą takich systemów jest zazwyczaj pojedyncza oprawa, stanowiąca równocześnie moduł systemu. Oprawa taka może funkcjonować samodzielnie. Traktując ją jako moduł, przy użyciu różnorodnych łączników, można budować linie świet-

Inne lub inne struktury. Pomiedzy oprawami podstawowymi mogą być także umieszczane inne oprawy systemu, np. przeznaczone do żarówek halogenowych. Starsze systemy modułowe opierały się często na oprawach o obudowach skrzynkowych giętych z blachy stalowej i malowanych farbami proszkowymi. Konstrukcja współczesnych systemów opraw zwieszanych, stosowanych często do oświetlenia wnętrz biurowych, opiera się na wykorzystaniu profili aluminiowych. Odpowiednio ukształtowane profile z aluminium stanowią konstrukcję nośną do mocowania modułów, zawierających źródła światła wraz z układami optycznymi i elementami zasilania elektrycznego. Podstawowym źródłem światła w takich oprawach systemowych jest zwykle jedna lub rzadziej dwie świetlówki typu T5. Świetlówka jest umieszczana w odbłyśniku parabolicznym wyposażonym w gęsto rozmieszczone poprzeczki rastrowe. Światło może także przechodzić przez klosz w formie płaskiej szyby rozpraszającej. Pomiedzy modułami świetlówkowymi mogą być także montowane różnorodnie oprawy do innych źródeł światła, głównie żarówek halogenowych. Mogą to być oprawy stałe lub ruchome o różnym kącie rozsyłu, świecące bezpośrednio w wybrane miejsce. Mogą pełnić rolę oświetlenia miejscowego, akcentowego lub dekoracyjnego. Przez zmianę barwy światła urozmaicają monotonne oświetlenie ze świetlówkowych opraw systemowych. Odpowiednie łączniki zapewniają łatwy montaż opraw w systemy o strukturze liniowej, kwadratowej lub nawet trójkątnej. Oprawy takie mocowane są na estetycznych zwieszakach z linek stalowych, zapewniających możliwość dowolnej, wielokrotnej regulacji wysokości zawieszenia.



Rysunek 14. Zwieszane oprawy: a, b – oświetlenia bezpośrednio-pośredniego (ERGEN – ELGO); oświetlenia bezpośrednio (MEOLA – ELGO)

### Oprawy oświetlenia miejscowego

Potrzeby oświetleniowe poszczególnych pracowników biura mogą się różnić w znacznym stopniu. Powodem różnic jest odmienny rodzaj wykonywanej pracy wzrokowej lub wiek. Indywidualne oświetlenie miejscowe pomaga także niwelować cienie przedmiotów lub mebli pochodzące od oświetlenia ogólnego. Możliwość indywidualnego doświetlenia osobistej przestrzeni pracownika może też w istotny sposób podwyższać jego poczucie komfortu. Oświetlenie miejscowe realizują wolno stojące oprawy biurkowe podłogowe do świetlówek kompaktowych lub rzadziej do żarówek tradycyjnych.

### Oprawy typu „wallwasher”

„Wallwasher” to specjalizowana oprawa oświetleniowa montowana na ogół w lub na suficie, przeznaczona do oświetlenia powierzchni pionowych. W pomieszczeniach biurowych „wallwashery” mogą

być stosowane w przypadku niedostatecznego rozświetlenia ścian. Funkcję najprostszego „wallwashaera” liniowego może pełnić świetlówka liniowa zamontowana w zagłębieniu pomiędzy ścianą a sufitem. Taka „oprawa oświetleniowa” zintegrowana z architekturą pomieszczenia może być zastosowana np. wokół pomieszczenia biura z przestrzenią otwartą, w korytarzach lub pomieszczeniach recepcyjnych. Oczywiście stosowane są także samodzielne oprawy typu „wallwasher” instalowane na suficie w niewielkiej odległości od ścian.

### **Oprawy ściennie**

Oprawy ściennie, nazywane popularnie kinkietami, zapewniają lokalne rozświetlenie ścian i sąsiedniej przestrzeni. Są używane głównie w biurach kierownictwa, salach konferencyjnych, na korytarzach i w pomieszczeniach recepcyjnych.

### **Oprawy oświetlenia akcentowego**

Oprawy oświetlenia akcentowego służą do podświetlenia specyficznych obiektów, np. logo firmowego za pomocą skoncentrowanej wiązki światła. Służą do tego na ogół oprawy regulowane, montowane na szynach zasilających.

## ***Usytuowanie źródeł światła w pomieszczeniach***

Pomieszczenie biurowe trudno jednoznacznie zdefiniować pod względem przestrzennym. Może to być równie dobrze nowoczesne, rozległe biuro wielkiej firmy korporacyjnej w pomieszczeniach o strukturze otwartej, biura średniej wielkości mieszczące się w oddzielnych pojedynczych pokojach, z pomieszczeniami do pracy i pokojami konferencyjnymi, mała firma adwokacka, doradcza lub handlowa, a także biuro domowe w eleganckim apartamencie, domu prywatnym lub zwykłym mieszkaniu.

Niezmiernie ważnym elementem tworzącym ergonomiczne środowisko pracy biurowej jest także właściwe oświetlenie. Realizujący je system oświetleniowy będzie się składał z różnorodnego sprzętu – opraw oświetleniowych, źródeł światła, systemów zasilania i sterowania. U podstaw wyboru środków technicznych zawsze powinien być jednak świadomie zamierzony efekt oświetleniowy, polegający na zagwarantowaniu maksymalnego komfortu widzenia, odpowiedniego do rodzaju aktywności prowadzonej w przestrzeni biura oraz wykreowaniu elastycznego i przyjemnego środowiska świetlnego, spełniającego różnorodne potrzeby.

Najczęstszym miejscem pracy w biurze jest biurko. To właśnie na nim i na leżących tam przedmiotach skupia się wzrok pracownika. W większości nowoczesnych biur używa się też współczesnych narzędzi pracy. Są nimi komputery. Interfejsami komunikacji człowieka z komputerem są monitory. Ich ekrany, o ustawieniu zbliżonym do pionowego, mają najczęściej gładką powierzchnię, łatwo odbijającą promieniowanie świetlne. Sprzyja to tworzeniu szkodliwych, jaskrawych odbić przedmiotów o dużej luminancji, znajdujących się w pobliżu. W ekranach monitorów komputerowych mogą odbijać się jasne okna i świecące oprawy oświetleniowe. Takie odbicia w znacznym stopniu przeszkadzają w rozpoznawaniu obrazów i tekstów na monitorze, powodują zmęczenie i zwiększają liczbę popełnianych błędów. Najbardziej typowe biurowe zadania, polegające na czytaniu i pisaniu, wykonywane są zatem na dwóch płaszczyznach, poziomych blatach biurka i pionowych ekranach komputerowych. Oświetleniowcy nazywają te płaszczyzny powierzchniami pracy wzrokowej. Parametry ich oświetlenia są szczególnie ważne.

Innymi płaszczyznami o krytycznym znaczeniu w pomieszczeniach pracy biurowej są: sufit, ściany i powierzchnie mebli biurowych.

W obszarach komunikacyjnych, np. korytarzach i pomieszczeniach recepcyjnych, najważniejszą płaszczyzną roboczą, dla której zazwyczaj muszą być zapewnione wymagane warunki oświetleniowe jest przede wszystkim podłoga.

Ze względu na niektóre specyficzne wymagania, każdy typ przestrzeni biurowej potrzebuje nieco innego oświetlenia.

Głównymi typami biur są:

- biura indywidualne,
- biura wydzielone (wyspowe),
- biura pracy grupowej,
- biura o przestrzeni otwartej,
- biura techniczne.

Innymi typami wewnątrz spotykanych w obiektach biurowych są:

- hole,
- recepcje,
- pokoje do spotkań,
- sale konferencyjne,
- pokoje szkoleniowe,
- pomieszczenia gospodarcze.

## **Biura indywidualne**

Biura indywidualne to pojedyncze pokoje przeznaczone do pracy jednej osoby, takie jak biura prywatne w strukturze korporacyjnej lub biura profesjonalne – kancelarie prawnicze itp.

Ogólnie biura indywidualne można usystematyzować jako:

- biura robocze, małych i średnich rozmiarów, przeznaczone dla osób prowadzących różnego rodzaju prace biurowe,
- biura kierownicze, na ogół dużych rozmiarów, w których pracują osoby z kadry kierowniczej firm.

W biurach indywidualnych użytkownicy powinni mieć możliwość indywidualnego doboru intensywności oświetlenia i jego rozkładu we wnętrzu w zależności od własnych potrzeb i upodobań. W związku z tym organizacja oświetlenia powinna być bardzo elastyczna, aby umożliwić jego zmiany dzięki oddzielnemu załączaniu i ściemnianiu poszczególnych opraw oświetleniowych. Biura robocze charakteryzują się tym, że ich użytkownicy mają możliwość wyboru poziomu i dystrybucji światła odpowiednio do ich własnych potrzeb, związanych z wykonywanymi aktualnie pracami wzrokowymi, bez konieczności uzgadniania z innymi użytkownikami. Do tego celu pomieszczenia biur roboczych powinny być wyposażone w odpowiednią liczbę i rodzaj opraw oświetleniowych, pozwalających na regulację ilości i dystrybucji światła w przestrzeni, dzięki indywidualnemu wyłączaniu lub przyciemnianiu. Takie pomieszczenia są zwykle małe i wyposażane w standardowe meble. Stanowiska pracy powinny być tu usytuowane w pobliżu okien. Oświetlenie ogólne biur roboczych może być zrealizowane z użyciem opraw z pośrednim, bezpośrednio-pośrednim lub rozproszonym rozsyłem światła. Warto uświadomić sobie, że w tych stosunkowo niewielkich pomieszczeniach oświetlenie sufitu i odbicie światła od ścian może wywołać korzystne poczucie powiększenia przestrzeni i zapewnić zrównoważenie luminancji powierzchni widocznych w otoczeniu.

Do oświetlania ogólnego biur roboczych używa się na ogół:

- lamp podłogowych świecących w kierunku sufitu i oświetlających pośrednio płaszczyznę roboczą po rozproszonym odbiciu światła od stropu pomieszczenia,
- opraw ściennych,

- pojedynczych zwieszanych opraw oświetleniowych ze świetlówkami liniowymi lub modułowych systemów zwieszanych do świetlówek, często łączonych z innymi źródłami światła, na ogół z bezpośrednim lub bezpośrednio-pośrednim rozsyłem światła.

Oświetlenie miejscowe realizowane jest z użyciem lamp biurkowych, świecących bezpośrednio na płaszczyznę roboczą. Biura zarządu mają zwykle większe rozmiary, lepsze umeblowanie i przestrzeń do przyjmowania gości. Dlatego przy ich oświetlaniu zwraca się większą uwagę na oprawę wizualną, niż na wydajność pracy wzrokowej. Można to osiągnąć, stosując oświetlenie dekoracyjne oprócz ogólnego i miejscowego. Do tego celu stosuje się często oprawy z żarówkami halogenowymi, mimo że zużywają one więcej energii elektrycznej niż świetlówki.

### **Biura o przestrzeni otwartej**

W biurach tego rodzaju organizacja przestrzeni polega na tym, że stanowiska robocze lub ich niewielkie grupy nie są umiejscowione w oddzielnych pomieszczeniach, lecz znajdują się w przestrzeni dużej sali. Najczęściej są one co najwyżej wydzielane niewysokimi, często przezroczystymi ściankami działowymi z zachowaniem ciągów komunikacyjnych pomiędzy poszczególnymi grupami stanowisk. Podział przestrzeni roboczej w takich biurach nie zawsze bywa regularny, może zmieniać się w czasie. Często ich architektura jest zróżnicowana powierzchniowo i przestrzennie, co może prowadzić do skrajnie różnych warunków na poszczególnych stanowiskach roboczych. Może to prowadzić do silnego zróżnicowania wydajności pracy wzrokowej poszczególnych pracowników. Ze względu na dużą różnorodność prac wykonywanych w biurach o przestrzeni otwartej, należy przede wszystkim zidentyfikować obszary, w których wykonywane są specyficzne prace wzrokowe, a następnie określić dla nich odrębne wymagania oświetleniowe i systemy oświetlenia, mogące zapewnić ich realizację. Podstawowym zadaniem projektu oświetleniowego jest zapewnienie możliwie jednolitego oświetlenia ogólnego na wszystkich stanowiskach roboczych, niezależnie od ich usytuowania. Oświetlenie ogólne w biurach o przestrzeni otwartej realizuje się najczęściej za pomocą opraw świetlówkowych, montowanych w suficie podwieszanym, nabudowanych na stropie lub zwieszanych. Dla zapewnienia równomierności oświetlenia ogólnego są one zazwyczaj rozmieszczane w sposób regularny, w liniach lub w oczkach siatki prostopadłej. Do tego celu szczególnie nadają się systemy opraw oświetleniowych, pozwalające na budowanie regularnych struktur geometrycznych. Bardzo przydatną cechą systemów oświetleniowych, stosowanych szczególnie w dużych biurach o przestrzeni otwartej, jest możliwość współpracy z systemem regulacji natężenia oświetlenia. Taka regulacja oświetlenia sztucznego w przestrzeni i czasie pozwala automatycznie zintegrować system oświetleniowy biura z naturalnym oświetleniem dziennym. W biurach o przestrzeni otwartej musi być także zapewnione oświetlenie miejscowe na indywidualnych płaszczyznach roboczych. Osiąga się to dzięki specjalnym ekranom odbijającym, usytuowanym przy biurkach oraz stojącym lampom podłogowym lub rzadziej biurkowym.

### **Biura pracy grupowej**

Może to być duże pomieszczenie biurowe dla pewnego działu firmy, w którym wykonuje się jednolite czynności, np. dział księgowości. Tradycyjnie biuro tego typu jest pomieszczeniem podłużnym, w kształcie prostokąta, z oknami usytuowanymi na jednej z dłuższych ścian. Stanowiska pracy usytuowane są w regularnych rzędach wzdłuż pomieszczenia. Światło dzienne od okien stanowi oświetlenie boczne. Wykonując te same czynności, pracownicy patrzą w większości w tych samych kierunkach. Typowe kierunki obserwacji biegną równoległe do dłuższej ściany pomieszczenia. Oprawy oświetleniowe powinny być rozmieszczone w rzędach, równoległe do okien, czyli wzdłuż typowych kierunków obserwacji.

Zwykle stosuje się tu oprawy o bezpośrednim rozsyle światła. Mogą to być wbudowane, nabudowane lub zwieszane oprawy do świetlówek liniowych. Bardzo popularne są też wbudowane w strop oprawy typu downlight do świetlówek kompaktowych. Biuro pracy grupowej może mieć też całkiem inny charakter. Czynności w nim wykonywane wcale nie muszą mieć charakteru jednolitego. W biurze agencji reklamowej będą pracowali bardzo różni specjaliści, którzy naprzemian będą wykonywać pracę grupowo i samodzielnie. Organizacja przestrzenna takiego biura może się często zmieniać, meble będą przestawiane, aby stworzyć nowe stanowiska pracy i poprawić możliwości komunikacji między poszczególnymi pracownikami. W takich warunkach nie da się jednoznacznie określić typowych kierunków obserwacji.

W tego rodzaju pomieszczeniach można wyróżnić dwa typy przestrzeni roboczej:

- powierzchnia do pracy zespołowej, która powinna być w zasadzie przestrzenią otwartą o zmiennych rozmiarach,
- strefy cisy, będące ograniczonymi przestrzeniami używanymi przez pracowników do pracy wymagającej koncentracji.

Przy tak ekstremalnie zmiennych i różnorodnych wymaganiach trudno jest znaleźć w pełni efektywne rozwiązanie oświetleniowe. W tych warunkach nie należy stosować wyłącznie oświetlenia ogólnego oprawami o bezpośrednim rozsyle światła. Lepszym rozwiązaniem będą tu np. oprawy wbudowane w strop o rozsyle bezpośrednim-pośrednio rozproszonym, pozwalające uniknąć cieni i odbić, połączone z oświetleniem miejscowym na stanowiskach roboczych.

## **Biura projektowe**

W biurach projektowych główna praca wzrokowa odbywa się na płaszczyźnie desek kreślarskich lub na ekranach monitorów komputerowych. Pomieszczenia kreślarskie powinny być wyposażone w duże okna, zapewniające dobre oświetlenie naturalne. Deski kreślarskie ustawia się pod kątem ostrym do ściany z oknami, aby jak najlepiej wykorzystać naturalne światło dzienne. System oświetlenia sztucznego powinien być zgodny z tą konfiguracją, aby jak najlepiej ją uzupełniać. Stosuje się na ogół oprawy wbudowane w strop i dodatkowo oprawy oświetlenia miejscowego mocowane z boku desek kreślarskich. W biurach projektowych stosujących techniki komputerowe głównym problemem jest uniknięcie przeszkadzających odbić na ekranach monitorów. Trzeba też brać pod uwagę konieczność zapewnienia takiej luminancji tła monitora w stosunku do jego ekranu, aby uniknąć zbyt dużego kontrastu w polu widzenia używającej go osoby. Często w takich pomieszczeniach stosuje się systemy oświetleniowe, w których około 2/3 promieniowania dociera do płaszczyzny roboczej bezpośrednio, a 1/3 pośrednio. Ponieważ w jasno oświetlonych obszarach z deskami kreślarskimi występują często powierzchnie o wysokiej luminancji, stanowiska do komputerowych prac projektowych powinny być oddzielone za pomocą ścianek lub przegród dla uniknięcia odbić na gładkich ekranach monitorów. Doskonałe warunki do pracy projektantów komputerowych mogą zapewnić stojące, podłogowe oprawy oświetlenia pośredniego.

## **Inne pomieszczenia biurowe**

**Recepcja** to miejsce pierwszego spotkania z firmą. Należy do niej nie tylko ściśle miejsce pierwszego kontaktu gościa z pracownikiem firmy, ale także sąsiednia przestrzeń, wejście, miejsca oczekiwania na załatwienie sprawy lub kontakt z pracownikiem firmy. Wrażenie, jakie odniosą goście może zadecydować o ich nastawieniu do firmy. Rolę mogą odegrać wszystkie szczegóły, także oświetlenie. Będzie ono mieć znaczenie estetyczne i funkcjonalne. Uatrakcyjni wygląd szczegółów architektonicznych i wyposażenia, a także umożliwi dobre widzenie pracownikom i gościom. Obszar recepcji potrzebuje oświetlenia silniejszego niż dalsze pomieszczenia o charakterze komunikacyjnym, np. korytarze. Oprócz oświetlenia ogólnego przyda się także bezolśnieniowe oświetlenie bezpośrednie skierowane na blat recepcyjny.

Główne wymagania oświetleniowe dla przestrzeni recepcyjnej to:

- odpowiednie oznaczenie wejść i wyjść przy użyciu światła, a także opraw z piktogramami i znaków świetlnych,
- zapewnienie w obszarze wejściowym poziomu natężenia oświetlenia pośredniego między przestrzenią zewnętrzną a oświetlonym wnętrzem, dla stopniowej adaptacji wzroku.

**Sale konferencyjne** to w firmach miejsca służbowych spotkań pracowników, przy czym czas trwania, liczba i rodzaj uczestników mogą być bardzo różne. Aranżacja i wyposażenie takich sal, w tym także oświetlenie powinny zapewniać możliwość koncentracji na temacie spotkania, percepcji treści wyświetlanych na ekranie, w tym także czytania oraz komunikacji z innymi uczestnikami spotkania. Spotkania zarządów lub kierownictwa odbywają się w salach wyposażonych na ogół w jeden centralny stół, przy którym może jednocześnie zasiąść duża liczba uczestników. Oświetlenie musi zapewniać jednocześnie komfort i efektywność pracy wzrokowej. Mogą to zapewnić np. oprawy oświetlenia pośredniego wmontowane w sufit podwieszany, dostarczające miękkiego, rozproszonego światła. Atmosferę przestrzeni wnętrza ocieplą też dekoracyjne oprawy ścienne. Sale spotkań roboczych dla personelu mogą służyć do służbowych lub nieformalnych spotkań. Nie są to na ogół pomieszczenia zbyt rozległe. Najczęściej stosuje się w nich jeden rodzaj oświetlenia. Najlepiej, aby było to oświetlenie pośrednie, bezpośrednio-pośrednie lub rozproszone.

## **Systemy sterowania i regulacji oświetlenia**

Światłem w pomieszczeniach biurowych i na zewnątrz nich możemy odpowiednio sterować, osiągając efekt zapalania się i gaszenia się światła w odpowiednich momentach i przy odpowiednich, ustalonych przez nas warunkach.

W ten sposób możemy – pomimo pewnych kosztów na początku – osiągnąć spore oszczędności i uniknąć niepotrzebnego używania światła, np. wtedy gdy wszyscy wyszli już z firmy, a lampy pozostały zapalone.

Do sterowania oświetleniem służą czujniki ruchu i czujniki zmierzchowe. Tak, jak wspomnieliśmy wyżej, pomimo pewnych kosztów początkowych związanych z ich zakupem i zamontowaniem – jest to rozwiązanie bardzo wygodne.

Czujniki obecności i ruchu w pomieszczeniu regulują włączanie i wyłączenie światła, a bardziej zaawansowane (np. połączone z systemami zamontowanymi w ramach instalacji w inteligentnym budynku) – mogą służyć również do jego regulacji – przyciemniania i rozjaśniania lub nawet zmiany barwy.

Standardowe czujniki ruchu reagują na zmianę promieniowania podczerwonego, emitowanego przez każdy żywy obiekt. Gdy w okolicach czujnika pojawi się człowiek, światło zostaje zapalone, gdy natomiast się oddali – zostaje zgaszone.

Podobnie jest w przypadku czujników zmierzchowych. Ich zadaniem jest wysyłać impulsy do układów sterujących oświetleniem wtedy, gdy natężenie światła spadnie do określonych, ustalonych wcześniej wartości.

Czujniki zmierzchowe mogą pracować na zewnątrz, reagują wówczas na zmianę światła naturalnego (słonecznego). Mogą też być zamontowane wewnątrz pomieszczeń – reagują wtedy na zmianę natężenia światła w danym pomieszczeniu.

Kiedy przekroczona zostaje wartość progowa natężenia (może być ona stała lub zaprogramowana przez nas), wówczas czujnik włącza lub gasi oświetlenie.

W pomieszczeniach biurowych jest to bardzo przydatne, gdyż osoby w nich pracujące często źle oceniają natężenie światła w pomieszczeniu lub – zajęte pracą – zapominają o włączeniu światła w odpowiednim momencie. Powoduje to niepotrzebne zmęczenie wzroku.



## **Sposoby niwelowania zjawiska olśnienia**

**Olśnienie przykre** – jest odczuciem dolegliwości lub niepokoju wywoływanym przez światło. Różne typy opraw tworzą różne poziomy olśnienia przykrego. Niektóre zastaniają emitowane światło do oczu obserwatora za pomocą przesłon lub innych części ograniczających olśnienie przykre, podczas gdy inne rozpraszają światło i mają bardzo dużą luminancję w typowych kierunkach obserwacji. W wypadku oświetlenia pomieszczeń o szczególnie wysokich wymaganiach dotyczących ochrony przed olśnieniem, np. w pomieszczeniach, w których ma miejsce praca przy ekranach monitorów komputerowych, oprawy oświetleniowe wyposażane są w dodatkowe akcesoria, np. dyfuzory lub rastry, które zabezpieczają przed możliwością bezpośredniego występowania obrazu źródła światła, części odbłyśnika o dużej luminancji lub ich odbić w polu widzenia obserwatora. Światło, które jest emitowane w tzw. strefie olśnienia (poza kątem ochrony) może powodować dyskomfort wzrokowy i odbicia, które zmniejszają kontrast na powierzchni roboczej lub na ekranach monitorów. Dyfuzory i rastry pozwalają na zmniejszenie lub całkowite wyeliminowanie tego problemu.

**Dyfuzory** – elementy wykonane w formie płytki ze szkła lub przezroczystego tworzywa sztucznego, odpornego na promieniowanie ultrafioletowe, przepuszczają większość promieniowania świetlnego, powodując równocześnie jego rozpraszanie. Zapewniają niestety mniejsze możliwości ograniczenia olśnienia niż rastry. Dyfuzory są zazwyczaj rozwiązaniem tańszym niż rastry.

**Rastry** – zapewniają efektywne ograniczenie olśnienia i doskonały komfort widzenia. Są bardziej efektywne w porównaniu z systemami dyfuzorów soczewkowych. Stanowią zespół elementów, na ogół nieprzeświecalnych, w postaci rusztów lub krat, używanych do kontroli rozsyłu światła z oprawy dzięki rozmieszczeniu ich w taki sposób, aby ukryć źródło światła przed bezpośrednim widzeniem w określonym kącie. Tak zwane „głębokie” rastry paraboliczne zapewniają dobry komfort widzenia przy równoczesnym zachowaniu wysokiej sprawności oprawy. Zmniejszenie komór w rastrach parabolicznych do bardzo małych rozmiarów pozwala wprawdzie na bardzo znaczne podwyższenie komfortu widzenia, zmniejsza jednak sprawność oprawy „downlight” nawet o 35–45%.

## **Energooszczędność i ekonomia oświetlenia**

Na rynku oświetleniowym jest coraz więcej opraw wyposażanych w świetlówki, a więc źródła światła, które przy tej samej mocy dają ponad czterokrotnie więcej światła niż tradycyjne żarówki. Należy tu rozróżnić świetlówki z elektronicznym i standardowym układem zapłonowym. Te z elektronicznym i ciepłym zapłonem (zazwyczaj droższe) mogą śmiało być stosowane w gospodarstwie domowym prawie wszędzie. Natomiast przy używaniu tych z zapłonem standardowym lub elektronicznym i zimnym zapłonem (zazwyczaj tańsze), należy pamiętać, że istnieje silny związek między trwałością źródła a częstotliwością jego załączeń. Powinny być zatem stosowane tylko tam, gdzie światło świeci się stosunkowo długo i rzadko się je włącza i wyłącza.

Należy zdawać sobie sprawę, że niska cena produktów oświetleniowych wynika też z niskiej jakości zastosowanych do wyprodukowania sprzętu oświetleniowego komponentów, co determinuje m.in. jego trwałość, wydajność i jakość światła. Badania wskazują, że tanie świetlówki kompaktowe z czasem tracą na wydajności. Niskiej jakości układy elektroniczne sprawiają, że świetlówki szybciej się psują. Ponadto tanie i złej jakości produkty zniechęcają często użytkowników do dalszego korzystania z energooszczędnych, droższych źródeł i użytkownicy ci wracają do żarówek tradycyjnych. Z drugiej strony cena sprzętu powinna być uzasadniona korzyściami i zaletami danego produktu. Nie zawsze opłaca się wymienić żarówkę zwykłą na energooszczędną.

Biorąc powyższe pod uwagę, każde pomieszczenie powinno być rozpatrywane pod kątem stworzenia oświetlenia trojakiemu rodzaju: ogólnego, miejscowego i dekoracyjnego. W różnych pomieszczeniach

inny rodzaj oświetlenia będzie dominujący lub okaże się, że w konkretnym wnętrzu będzie potrzeba stworzenia wszystkich trzech systemów oświetleniowych. Zawsze punktem wyjścia jest spełniania funkcja oświetlanej przestrzeni. Przede wszystkim trzeba dokładnie wiedzieć, co się chce osiągnąć, wtedy można przystępować do właściwego doboru oświetlenia.

Należy też pamiętać, że oświetlenie jest ściśle związane z zasilaniem i do każdego punktu oświetleniowego musi zostać doprowadzony przewód zasilający. Gdy przeprowadzany jest remont, warto się dobrze zastanowić, czy przy tej okazji nie powinno się poprowadzić dodatkowych przewodów, wyłączników lub dodać kilka gniazdek.

Należy również pamiętać, że źródła światła muszą odpowiadać możliwościom technicznym oprawy. Stosowanie źródeł mocniejszych niż podawana na oprawach może ją stopić. Samo źródło także może się szybciej zużywać lub być mniej efektywna, np. z powodu słabej wentylacji.

Zużycie energii przez oświetlenie zależy przede wszystkim od rodzaju samego źródła, gdzie potencjał redukcji zużycia energii elektrycznej jest największy, ale nie tylko, równie istotne są lampy, w których osadzone są źródła światła oraz systemy regulacji i sterowania oświetleniem, umożliwiające optymalne wykorzystanie światła sztucznego w połączeniu z naturalnym, zgodnie z chwilowymi potrzebami. Nie należy bagatelizować problemu prawidłowego projektu i wykonania systemu oświetlenia firmy, zwłaszcza że systemy takie średnio w krajach Unii Europejskiej modernizowane są raz na 20 lat. Przy dynamicznie zmieniających się technologiach warto również zainwestować w zaawansowane rozwiązania techniczne, umożliwiające łatwe i tanie usprawnianie zainstalowanego systemu oświetleniowego.

Najważniejsze zasady energooszczędnego używania światła:

- po pierwsze należy wyłączać zbędne światło,
- należy w sposób maksymalny wykorzystywać światło naturalne,
- o ile to możliwe, należy stosować energooszczędne oświetlenie (światłówki), dzięki czemu można zaoszczędzić nawet 80% energii,
- używając oświetlenia tradycyjnego, zużywa się 10, a nawet, przy najlepszych światłówkach, 15 razy więcej żarówek (czas życia jednej tradycyjnej żarówki to ok. 1000 h, a najlepsze światłówki mogą świecić nawet 20 000h),
- kupując światłówki o wydłużonej żywotności i dużej liczbie cykli włącz-wyłącz (nawet do 600 tys. cykli), oszczędzasz nie tylko pieniądze i energię, ale również środowisko, ponieważ światłówki energooszczędne traktowane są jako odpady niebezpieczne (należy je wyrzucać do specjalnie oznakowanych pojemników),
- przy opuszczaniu pomieszczeń na krótki czas (do 5 min), w których świeci się światłówka energooszczędna nie warto gasić światła (zbyt częste włączanie światła skraca czas życia światłówki),
- jasne kolory pomieszczeń sprawiają, że mniej potrzeba światła (pomieszczenia wydają się jaśniejsze),
- należy pamiętać, że żarówki nie świecą z taką samą sprawnością, co oznacza, że 3 żarówki o mocy 40 W dają mniej więcej tyle samo światła co jedna 100 W, a nie 120 W,
- należy pamiętać o regularnym czyszczeniu opraw oświetleniowych i żarówek, ponieważ osadzający się kurz znacznie ogranicza skuteczność świecenia, silne zabrudzenia powodują spadek skuteczności świecenia nawet o 50%,
- w miejscach, w których nie jest wymagane bardzo dobre naświetlenie można stosować układy wyposażone w diody LED, których moc to zaledwie kilka watów na sztukę, poza tym diody LED są bardzo żywotne,
- należy stosować czujniki ruchu i obecności ludzi, ponieważ światło włącza się tylko wtedy, kiedy jest to potrzebne i automatycznie się wyłącza,
- jeżeli jest to możliwe, należy dopasowywać światło do chwilowych potrzeb, np. używając ściemniaczy lub opraw z kilkoma źródłami,

- pracując przy biurku, warto dodatkowo używać indywidualnego oświetlenia zamiast silnego oświetlenia ogólnego,
- kupując lampy warto zwrócić uwagę czy oprawy oświetleniowe nie zasłaniają zbyt wielu źródeł światła (ciemne szkło, kierunek światła).

### 2.3. Komputery, sprzęt RTV, wyposażenie biur i pomieszczeń usługowych, AGD

#### Urządzenia biurowe i elektroniki użytkowej

Urządzenia elektroniki użytkowej należą do grupy najdynamiczniej rozwijających się. Na rynku dostępne są setki modeli telewizorów, wież stereofonicznych, wszelkiego rodzaju odtwarzaczy, nagrywarek, projektorów multimedialnych itd. Bardzo podobna sytuacja występuje również w przypadku urządzeń biurowych, jak np. komputery, laptopy, drukarki, a także w grupie małych urządzeń jak palmtopy, faksy itp. Oczywiście postęp ten wiąże się często ze zwiększaniem możliwości tych urządzeń, poprawianiem jakości obrazu, dźwięku, druku itp., ale również zwiększaniem efektywności energetycznej. Niestety zdarza się często, że nowoczesne technologie są zdecydowanie bardziej energochłonne niż stare. Tak jest np. w przypadku telewizorów plazmowych, które obecnie zużywają ok. 2 razy więcej prądu niż tradycyjne telewizory kineskopowe. Z drugiej strony występuje technologia ekranowa LCD, która z kolei cechuje się w stosunku do telewizorów tradycyjnych ok. połowę mniejszym zużyciem prądu. Podobnie jest z komputerami, które obecnie przy znacznie większych możliwościach obliczeniowych zużywają kilkakrotnie więcej energii niż te sprzed kilku lat. Niemniej jednak nawet w przypadku rozwoju technologii bardziej energochłonnych producenci szukają rozwiązań, które pozwoliłyby na redukcję zużycia energii i taka sytuacja ma również miejsce w przypadku telewizorów czy ekranów monitorów. Badania wskazują, że od czasu pojawienia się na rynku telewizorów plazmowych i LCD ich energochłonność spadła o 50–60% i w następnych latach przewiduje się dalszą redukcję zużycia energii. W tym miejscu pojawia się kolejna, kluczowa przy wyborze tego typu urządzeń sprawa – jakość. Niezaprzeczalnie telewizory plazmowe cechują się zdecydowanie lepszymi parametrami niż LCD, a więc jeżeli komuś bardzo zależy na oglądaniu najwyższej jakości obrazu, wówczas kupi bardziej energochłonny telewizor plazmowy. Z tego powodu w tym obszarze trudno dopatrywać się potencjału polegającego na wymianie starego sprzętu na nowy.

W przypadku tego typu sprzętu (i nie tylko tego) dosyć istotnym problemem z zakresu energochłonności jest zużycie energii w stanie czuwania, tzw. *standby*. Urządzenia wówczas nie pracują zgodnie z ich podstawowym przeznaczeniem, lecz nadal pobierają energię, np. na świecące diody, zegarki, wyświetlacze itp. Moc urządzeń w czasie czuwania waha się w granicach od 0,5 W do 35 W (!!!). Zazwyczaj w firmach występuje po kilka, a nawet kilkadziesiąt urządzeń, które posiadają funkcję *standby*, a co za tym idzie łączna moc pobieranej bezproduktywnie energii przez te urządzenia może wynosić nawet kilkaset watów.

Tryb *standby* to tryb gotowości urządzenia, który co prawda jest bardzo wygodny, ale prowadzi do nadmiernego, zupełnie



niepotrzebnego zużycia energii elektrycznej, a w niektórych urządzeniach zużycie to jest nawet większe niż w czasie właściwej pracy, np. odtwarzacz wideo czy DVD, używany łącznie przez kilka, kilkanaście godzin w roku.

W firmach istnieje wiele urządzeń wyposażonych w funkcję czuwania i nie wszystkie można wyłączyć ze względu na potrzebę ciągłej gotowości (np. faks, automatyczna sekretarka, telefon bezprzewodowy, czujniki ruchu, system alarmowy itp.) lub zagrożenie rozprogramowania (np. magnetowid, tuner telewizji satelitarnej, radio z budzikiem itp.) lub praktyczny brak takiej możliwości (np. transformatory dzwonka lub oświetlenia niskonapięciowego).

Istnieje natomiast wiele artykułów, które zużywają energię w stanie czuwania, a które bez problemu można wyłączyć. Najbardziej klasycznym przykładem jest świecąca dioda wyłączzonego telewizora, pozostawione w stanie czuwania w godzinach wolnych od pracy urządzenia kopiujące itp.

Najprostszym i najsukuteczniejszym sposobem jest stosowanie odłączania urządzenia od sieci, np. za pomocą listew zasilających, przedłużaczy, rozdzielaczy i gniazdek z wyłącznikami. Przy pomocy takich listew zasilających można wyłączyć za jednym razem kilka urządzeń.

Przy zakupie nowego urządzenia zaleca się zwracać uwagę na ilość energii zużywanej przez *standby* i czy można je wyłączać na czas nieużywania bez wynikających z tego utrudnień.

Innym przykładem marnowania energii są również pozostawione w gniazdku wszelkiego rodzaju ładowarki, np. do telefonu komórkowego, baterii, które mimo odłączenia od telefonu zużywają niewielkie, ale jednak ilości energii. Łatwo można sprawdzić, jakie inne urządzenia zużywają energię w stanie tzw. jałowym, jeśli po dotknięciu ręką wyczuwalne jest ciepło, można być pewnym, że marnuje się energia.

## **Jak energooszczędnie eksploatować urządzenia biurowe i elektroniczne?**

### **Sprzęt komputerowy**

- nie należy pozostawiać włączonego komputera na noc czy na weekendy,
- przed włączeniem komputera warto sobie najpierw przygotować pracę, a następnie uruchomić komputer,
- na czas wyłączzonego komputera należy wyłączyć również listwę zasilającą, ponieważ nawet wyłączony zestaw komputerowy z drukarką może zużywać w stanie czuwania do 40 W,
- przy planowanej dłuższej przerwie komputer należy wyłączyć – już przy piętnastu minutach przerwy jest to opłacalne,
- drukarkę należy włączać dopiero przed drukowaniem, praca w stanie czuwania zużywa całkowicie niepotrzebnie energię, zwłaszcza że nowoczesne drukarki uruchamiają się szybko,
- należy korzystać z funkcji zarządzania energią komputera,
- należy aktywować automatyczne wyłączanie komputera (po 30 min), a także usypianie monitora (po 10 min), niemniej jednak **NAJLEPSZY WYGASZACZ EKРАНU TO WYŁĄCZONY MONITOR**,
- przy zakupie nowej drukarki należy zwrócić uwagę, czy posiada funkcję dwustronnego drukowania,
- przy zakupie nowej drukarki warto się zastanowić, czy na pewno niezbędna jest drukarka laserowa, ponieważ taka drukarka zużywa kilkakrotnie więcej energii niż drukarka atramentowa,
- monitory LCD są znacznie mniej energochłonne od monitorów tradycyjnych (CRT), różnica w zużyciu energii może być nawet dwukrotna,
- komputery stacjonarne pracują z mocą średnio 150 W, a laptopy średnio z mocą 30–40 W, różnica cen między stacjonarnymi i przenośnymi komputerami w ostatnich latach znacznie się zmniejszyła.

## Sprzęt audiowizualny (telewizory CRT, plazmowe, LCD, kina domowe, odtwarzacze DVD/wideo, radia i zestawy Hi-Fi)

- należy pamiętać o wyłączaniu urządzeń na czas, kiedy nie są używane, częstym zjawiskiem jest grający telewizor w jednym pokoju, a „oglądająca go” osoba w drugim pokoju czy kuchni, efektem czego energia zużywana jest zupełnie niepotrzebnie,
- najmniej energii zużywają telewizory LCD, a najwięcej plazmowe, niestety jakość obrazu jest odwrotna – najmniej zużywające energię urządzenia (LCD) mają najgorszą jakość obrazu w stosunku do plazmowych i tradycyjnych,
- przed zakupem sprzętu audiowizualnego warto się zastanowić, jak „duży” i głośny sprzęt jest niezbędny, mniejsze zużywają mniej energii,
- przy zakupie sprzętu audiowizualnego warto zwracać uwagę na urządzenia o zmniejszonym zużyciu energii funkcji *standby*, nowe urządzenia już takie rozwiązania posiadają, a producenci tych urządzeń często się tym „szczycą”, i ... słusznie.

Z racji niewielkiej mocy urządzeń biurowych i elektroniki użytkowej nasze codzienne działania zmierzające do oszczędzania energii jako pojedynczych użytkowników mogą wydawać się mało istotnymi, lecz jako grupa pracowników konkretnej firmy, nie wspominając o całej populacji kraju, mamy wbrew pozorom ogromny wpływ na zużycie energii. Każda zaoszczędzona kilowatogodzina to konkretna ilość zaoszczędzonego paliwa i konkretna ilość mniej wyemitowanego CO<sub>2</sub> i innych zanieczyszczeń. Co można zrobić, wykorzystując 1 kWh energii elektrycznej?

- oświetlać pomieszczenie przez 10 h,
- używać komputera od 4–7 godzin,
- przygotować 9 litrów kawy z ekspresu,
- odkurzać przez godzinę,
- słuchać radia przez 40–100 h,
- oglądać TV przez 7 h,
- golić się maszynką elektryczną przez 3 lata,
- ugotować obiad na płycie elektrycznej dla 4 osób,
- pozmywać naczynia w zmywarce.

A więc ta 1 kWh to również konkretne czynności, które mogą być wykonane z jej użyciem. Warto o tym pamiętać. Sprawdźmy to na obliczeniach:

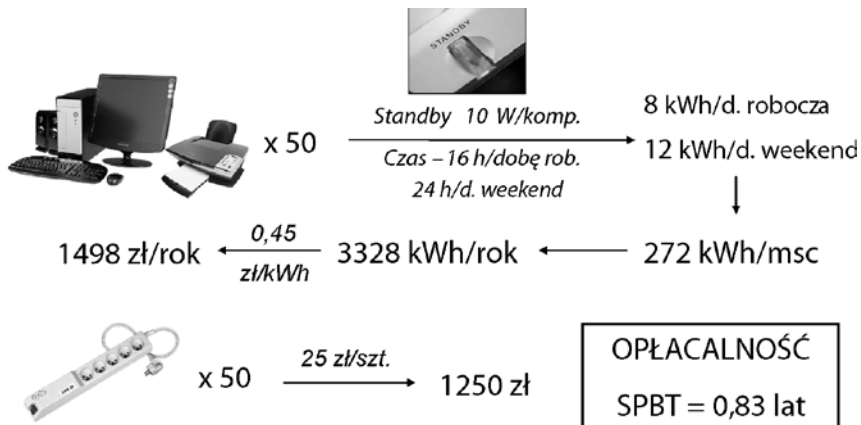


Tabela 13. Wskazówki jak zmniejszyć zużycie energii przez standby różnych urządzeń

Rodzaj urządzenia	Używaj listwy zasilającej z wyłącznikiem	Wyłączaj głównym przyciskiem zasilania	Korzystaj z optymalnych ustawień energooszczędnych	Odłączaj od sieci zasilacz
<b>Urządzenia biurowe</b>				
Komputer	•	•	•	
Monitor	•	•	•	
Laptop	•	•	•	•
Urządzenie wielofunkcyjne z faksem			•	
Urządzenie wielofunkcyjne bez faksu	•	•	•	
Drukarka	•	•	•	
Faks			•	
Modem, router itp.	•			
Zewnętrzny dysk twardy	•	•		
Lampa		•		
<b>Elektronika użytkowa (rozrywka)</b>				
Telewizor	•	•		
Wieża, kino domowe	•	•		
DVD	•	•		
Konsola do gier	•	•		
<b>Małe urządzenia na akumulatorki</b>				
Telefony, organizery, MP3-playery, aparaty cyfrowe, ręczne odkurzacze, ładowarki do baterii itp.				•

## Urządzenia AGD w firmie

Trudno doszukać się analiz czy raportów, mówiących o ilości eksploatowanych urządzeń AGD w firmach, biurach czy dużych przedsiębiorstwach. Niemniej jednak z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że w każdej firmie występują tego typu urządzenia. Urządzenia AGD dzielimy na duże i tzw. drobne. Spośród dużych urządzeń AGD najczęściej używanymi w firmach są urządzenia chłodzące, sporadycznie kuchenki, zmywarki i pralki. Natomiast urządzeń drobnego AGD jest zazwyczaj znacznie więcej, od kilku do nawet kilkudziesięciu urządzeń w zależności od wielkości firmy i liczby zatrudnionych osób. Spośród tych urządzeń na największą uwagę zasługują: czajniki, zazwyczaj elektryczne, ekspresy do kawy oraz urządzenia do sprzątania, czyli głównie odkurzacze.

Potencjał oszczędzania energii w przypadku urządzeń AGD jest nadal bardzo duży, zwłaszcza że mimo dużej liczby corocznie wymienianego sprzętu nadal wiele urządzeń ma więcej niż 10 lat. Można przyjąć, że urządzenia te są również ok. 2 razy bardziej energochłonne niż te najlepsze obecnie dostępne na rynku.



Kilkunastoletnia lodówka zużywa w ciągu roku ok. 700 kWh, a podobna pod względem wielkości nowa lodówka o klasie energetycznej A++ zużywa ok. 150 kWh/rok.

Nawet intuicyjnie można stwierdzić, że nowoczesne urządzenia zużywają mniej energii niż te sprzed kilkunastu czy kilkadziesiątu lat (a takie również nadal funkcjonują). Ale jak rozróżnić te najbardziej efektywne pod względem energetycznym, które obecnie dostępne są na rynku? Najlepszym sposobem jest posługiwanie się informacjami dostępnymi na **etykiecie energetycznej** urządzenia. Etykieta energetyczna pokazuje nie tylko zużycie energii elektrycznej i klasę energetyczną, ale także markę producenta i model, a poza tym inne ważne parametry techniczne opisujące konkretne urządzenie, jak np. zużycie wody w przypadku pralek czy zmywarek, efektywność prania i wirowania pralek, efektywność zmywania i suszenia zmywarek do naczyń czy poziom hałasu. Dzięki etykietom energetycznym można dokonywać porównań pomiędzy różnymi modelami urządzeń, których na rynku występuje dziesiątki, a nawet setki modeli. Do urządzeń, które objęte są obowiązkiem oznakowania etykietą energetyczną należą:

- Chłodziarki, zamrażarki oraz ich kombinacje,
- Pralki bębnowe,
- Suszarki bębnowe,
- Pralko-suszarki,
- Piekarniki elektryczne,
- Zmywarki do naczyń,
- Źródła światła
- Klimatyzatory domowe.

Jeżeli urządzenie posiada widoczną etykietę energetyczną, to bardzo łatwo można sprawdzić przybliżone zużycie urządzenia w ciągu roku lub jednego cyklu działania, co dotyczy prania lub zmywania. Sytuacja ma się nieco gorzej w przypadku urządzeń drobnych, jak czajniki elektryczne, kuchenki, suszarki, i wiele innych, dla których nie ma obowiązku certyfikacji energetycznej i nie ma możliwości odczytania wprost zużycia energii z etykiety. Sytuacja ta jednak nie jest beznadziejna, ponieważ istnieje bardzo prosty sposób na obliczenie zużycia energii przez każde urządzenie. Zużycie energii elektrycznej wyrażane jest w kWh, a więc do jego obliczenia potrzebne są dwie wartości: moc urządzenia wyrażana w kW oraz czas pracy urządzenia wyrażany w godzinach. Mnożąc te dwie wartości otrzymujemy kWh zużytej przez urządzenie energii. Czas oczywiście można samemu zmierzyć, ale gdzie znaleźć informację o mocy urządzenia? Większość urządzeń, którymi jesteśmy otoczeni na co dzień posiada informację o ich mocy znamionowej przedstawioną na tabliczkach znamionowych umieszczanych na urządzeniach (zazwyczaj na spodzie lub z tyłu urządzenia).

Podstawową zasadą dotyczącą każdego urządzenia jest eksploatacja urządzeń zgodnie z zaleceniami producenta oraz instrukcją obsługi, nie tylko ze względu na bezpieczeństwo eksploatowanych urządzeń, ale przede wszystkim ze względu na bezpieczeństwo użytkowników.

Poniżej przedstawiono zestaw porad na temat energooszczędnej eksploatacji najczęściej spotykanych w fimach urządzeń AGD

### **Jak używać urządzeń chłodzących?**

- najważniejsze to pamiętać aby nie wkładać ciepłych i gorących produktów do lodówki. Ciepło zawarte w produktach musi zostać wydalone przez urządzenie na zewnątrz, zużywając w tym czasie energię. Należy pozostawić gorące produkty do czasu ostygnięcia, czyli do osiągnięcia temperatury pokojowej. Aby chłodziarka z produktu w niej umieszczonego wydalila pewną ilość energii cieplnej, musi zużyć ok. 3 razy tyle energii elektrycznej, co zawarte ciepło,
- należy pamiętać, aby nie stawiać urządzeń chłodzących w ciepłych pomieszczeniach, zwłaszcza w pobliżu kaloryferów, grzejników, pieców lub w miejscach silnie nasłonecznionych,

- nie należy zabudowywać urządzeń, które nie są do tego przystosowane, zła wymiana powietrza z tyłu chłodziarki powoduje, że lodówka dłużej pracuje i częściej się włącza, przez co zużywa więcej prądu,
- należy pamiętać, aby raz lub dwa razy do roku odkurzać zewnętrzny wymiennik ciepła (drabinka z tyłu lodówki), dzięki czemu lodówka jest sprawniejsza, bo łatwiej oddaje ciepło zawarte w produktach,
- należy dostosować temperaturę w chłodziarce wedle faktycznych potrzeb, zazwyczaj najodpowiedniejsza temperatura w lodówce to 6 do 8°C, a w zamrażarce –18°C.
- lodówkę lub zamrażarkę powinno się otwierać na jak najkrótszy czas, ponieważ przez dłużej otwarte drzwi następuje przewietrzenie wilgotnym powietrzem z otoczenia, które musi być przez chłodziarkę wydalone, a w przypadku zamrażarek wilgoć zamarza, przez co rośnie grubość warstwy lodu, co z kolei obniża efektywność chłodzenia,
- należy pamiętać, że pożywienie, które ma być z powrotem umieszczone w chłodziarce (np. po odkrojeniu potrzebnej części) powinno jak najszybciej do niej wrócić, zanim się niepotrzebnie ogrzeje,
- chłodziarkę należy regularnie myć wodą z łagodnym detergentem, w tym również uszczelkę drzwiową, przez którą w przypadku nieszczelności dostaje się ciepło z otoczenia,
- chłodziarko-zamrażarki i zamrażarki, które nie mają automatycznej funkcji odmrażania, należy regularnie odmrażać, warstwa lodu nie powinna być grubsza niż 10 mm,
- jeżeli uszczelka drzwiowa jest uszkodzona, należy ją wymienić,
- chłodziarki podzielone są na strefy temperaturowe, w których układa się poszczególne rodzaje produktów, dlatego należy stosować w miarę możliwości te zasady (producenci zawsze podają szczegóły w instrukcji obsługi). W ten sposób unika się niepotrzebnego chłodzenia niektórych produktów.

### **Jak energooszczędnie gotować?**

- przede wszystkim należy pamiętać, aby używać przykrywek do garnków. Gotując w otwartych naczyniach traci się nawet 30% energii,
- należy dobierać odpowiednio większe średnice garnków w stosunku do średnic palników (powierzchni grzewczych płyt) – garnek nie może być mniejszy niż grzejące pole, dzięki temu unika się strat ciepła,
- należy używać naczyń o płaskich dnach. Naczynia, które nie przylegają całą powierzchnią dna do płyty zużywają do 50% energii elektrycznej więcej,
- do momentu zagotowania należy trzymać maksymalną moc grzewczą, a następnie zmniejszyć do niezbędnego minimum,
- płyty kuchenne powinny być utrzymane w czystości, nie tylko ze względów estetycznych, ale również oszczędnościowych – zanieczyszczona powierzchnia utrudnia przepływ ciepła, a poza tym nie usuwany na bieżąco brud z czasem przywiera coraz silniej,
- gotując wodę, należy nalewać jej tyle, ile jest rzeczywiście potrzebne,
- czajnik bezprzewodowy jest dużo bardziej sprawny niż ceramiczna płyta elektryczna, dlatego o ile jest to możliwe, należy najpierw zagotować wodę w czajniku, a później przelać do garnka w celu ugotowania potrawy. Takie postępowanie może zmniejszyć zużycie energii na zagotowanie wody nawet 30–50%.

### **Jak sprzątać?**

- należy pamiętać o regularnej wymianie filtrów workowych, nawet wcześniej zanim wskaźnik ssania sygnalizuje pełny worek. Odkurzacz praktycznie nigdy nie pracuje z maksymalną mocą, moc urządzenia wzrasta, im bardziej zanieczyszczone są worki, a tym samym rośnie zużycie energii,



- czasami należy wymienić worek, mimo że jest w nim jeszcze sporo wolnej przestrzeni, ponieważ niektóre zanieczyszczenia, jak np. mąka skutecznie zatykają pory filtrów,
- lepiej jest korzystać z nowych worków, niż opróżniać i stosować ponownie te same. Na rynku dostępne są również tzw. zamienniki, ich cena może być niższa nawet o 70% od oryginalnych,
- odkurzając nie należy się śpieszyć, gdyż wolniejsze przemieszczanie końcówki dyszy ssącej po dywanie zwiększa efektywność zbierania brudu, czyli tak naprawdę skraca czas odkurzania.

Podjęwając decyzję o zakupie nowego sprzętu, klient często nie wie nic albo wie niewiele o możliwościach aktualnego sprzętu, które mogą przyczynić się do zmniejszenia zużycia energii lub też zwiększenia. Spowodowane to jest głównie faktem, że tego typu urządzenia kupowane są rzadko, raz na kilka, kilkanaście lat, a w międzyczasie technologie się zmieniają. Niestety często też sprzedawcy sprzętu AGD nie są w stanie doradzić, które z dodatkowych funkcji są rzeczywiście potrzebne i jaki będą one miały wpływ na wielkość ponoszonych kosztów w czasie wieloletniej eksploatacji urządzeń.

Potencjał całkowity oszczędności energii elektrycznej w wyniku zmiany urządzeń na nowe stanowi pewien poziom docelowy i w warunkach rzeczywistych niemożliwy do osiągnięcia z racji jego rozmiaru i złożoności. Nie jest możliwym, aby w każdej firmie sprzęt zasilany energią elektryczną był na bieżąco wymieniany tak, aby zawsze spełniał najwyższe standardy, dzieje się to niejako w sposób naturalny, tzn. stare się zużywa – kupujemy nowe. Urządzenia te służą zazwyczaj kilkanaście, a nierzadko kilkadziesiąt lat, dlatego istotnym jest moment podejmowania decyzji zakupowej, tak aby nabywany produkt spełniał nasze oczekiwania w funkcji jego podstawowego przeznaczenia (pralka ma dobrze prać, zmywarka ma dobrze zmywać itd.), ale również w funkcji jego oddziaływania na budżet firmy w ciągu całego czasu eksploatacji.

Poniżej przedstawiono kilka uwag jak kupować oraz kilka przykładów dodatkowych funkcji dla różnych urządzeń, pozwalających na zmniejszenie zużycia energii, a co za tym idzie kosztów eksploatacyjnych.

Najważniejsze to dopasować nabywany sprzęt do rzeczywistych potrzeb, to znaczy po co kupować np. dla niewielkiej firmy zatrudniającej kilka osób chłodziarkę o pojemności 300 l lub co gorsza chłodziarko-zamrażarkę. Nie w pełni wypełniona chłodziarka niepotrzebnie marnuje energię, ponieważ im większe urządzenie, tym większe zużycie energii. Sama chłodziarka jest w firmie jak najbardziej przydatnym urządzeniem, natomiast zamrażarka raczej zbędnym, dlatego nie warto kupować droższej w cenie i co gorsza w eksploatacji chłodziarko-zamrażarki. Oczywiście tego typu przykładów można mnożyć tyle, ile jest rodzajów indywidualnych potrzeb użytkowników, dlatego decydując się na zakup, należy kierować się pewnymi kryteriami wyboru, jak np. estetyka modelu, wymiary urządzenia, funkcjonalność, ale również faktyczne potrzeby i energochłonność. W przypadku ostatniego z wymienionych kryteriów wiedza kupujących jest zazwyczaj najmniejsza.

Skoro już wiadomo co kupić i znane są potrzeby, to wart zastanowić się nad klasą energetyczną urządzenia. Klasa G oznacza produkt bardziej energochłonny, a klasa A oznacza produkt mniej energochłonny. Przyjrzyjmy się zatem, jak wygląda porównanie urządzeń w klasach wysokich, jak: A, A+ i A++ oraz klasie bardzo niskiej: C. Tak klasa energetyczna C jest obecnie niską klasą, gdyż tak naprawdę urządzeń w klasach niższych niż C praktycznie na półkach sklepowych nie znajdziemy.

Tabela 14. Porównanie zużycia i kosztów energii dla urządzeń o różnej klasie energetycznej

Rodzaj urządzenia		Zużycie energii jednostkowe	Roczne zużycie energii	Roczny koszt energii
<b>Chłodziarko-zamrażarka</b>		<b>kWh/dobę</b>	<b>kWh/rok</b>	<b>zł/rok</b>
Klasa energetyczna	C	1,10	400	180,0
	A	0,78	255	114,8
	A++	0,55	160	72,0

Jak widać nawet klasa energetyczna nie wystarczy, jeżeli jest możliwość, należy szukać produktów w klasie A+, a nawet A++, a co ciekawe nie zawsze urządzenia w najlepszych klasach są najdroższe, na szczęście rynek jest bardzo rozwinięty i każdy może znaleźć coś dla siebie.

#### **Kupując nowe urządzenia AGD, należy zwrócić uwagę na:**

- kupując urządzenie chłodzące, należy pamiętać – biorąc pod uwagę oszczędność energii – przede wszystkim o klasie energetycznej, najlepsze urządzenia posiadają klasę A++ i A+ (A już nie wystarczy),
- warto zwrócić uwagę na dodatkowe funkcje chłodziarki typu:
  - automatyczne usuwanie szronu i wilgoci,
  - funkcję kontroli otwartych drzwi i inne.
- kupując nowe urządzenie, należy pamiętać, aby dobrać jego wielkość do własnych potrzeb. Nie-wielka firma nie musi posiadać dużej lodówki. Niedostosowanie rozmiarów urządzenia do potrzeb powoduje, że przy zbyt dużej lodówce nie można w pełni jej wykorzystać, a takie urządzenie zużywa więcej energii niż mniejsze,
- kupując elektryczną płytę kuchenną, warto się zastanowić nad jej rodzajem. Najbardziej oszczędne są płyty indukcyjne (sprawność ok. 90%, co oznacza, że 90% energii elektrycznej zużytej przez płytę zamieniona jest na ciepło oddane do gotowanych potraw i jest to bardzo wysoka sprawność), następnie płyty ceramiczne (sprawność ok. 60%), płyty żeliwne (sprawność rzędu 55%), a najmniej oszczędne są płyty z palnikami gazowymi (sprawność rzędu 50%, gaz z kolei jest dużo tańszy od energii elektrycznej). Sprawność bezpośrednio wpływa na zużycie energii elektrycznej. Należy zwrócić uwagę, że nie wszystkie naczynia mogą być używane do gotowania na płytach indukcyjnych,
- kupując czajnik elektryczny, warto się zastanowić nad kupnem modelu z płytką grzewczą, a nie z grzałką spiralną, pozwoli to na gotowanie mniejszych ilości wody, np. dla jednej osoby. W przypadku czajników z grzałką spiralną powinna być ona w całości zakryta wodą, co w praktyce oznacza konieczność gotowania min. 0,4 l wody każdorazowo,
- Kupując czajnik bezprzewodowy, warto zwrócić uwagę czy jest wyposażony w dodatkowe funkcje, jak:
  - głośny sygnał zakończenia gotowania, dzięki czemu unika się częstego kilkakrotnego podgrzewania z powodu zapominania,
  - funkcja automatycznego przerywania pracy przy otwarciu wieczka,
- kupując przelewowy ekspres do kawy, warto się zastanowić nad kupnem ze zintegrowanym termosem, dzięki takiemu rozwiązaniu nie trzeba ciągle podgrzewać kawy już po jej przygotowaniu,
- kupując ciśnieniowy ekspres do kawy, należy zwrócić uwagę ile zużywa energii w stanie czuwania (dobre ekspresy nie powinny zużywać więcej niż 1 W, a te z wyświetlaczami nie więcej niż 2 W), ponadto większość ekspresów na rynku nie ma funkcji automatycznego wyłączenia, przez co ciągle podgrzewana jest w nich woda, roczny potencjał oszczędności na jednym ekspresie ciśnieniowym to rząd około 120 kWh (porównując energooszczędny z typowym).

## **2.4. Ogrzewanie, wentylacja i klimatyzacja (chłodzenie) budynków**

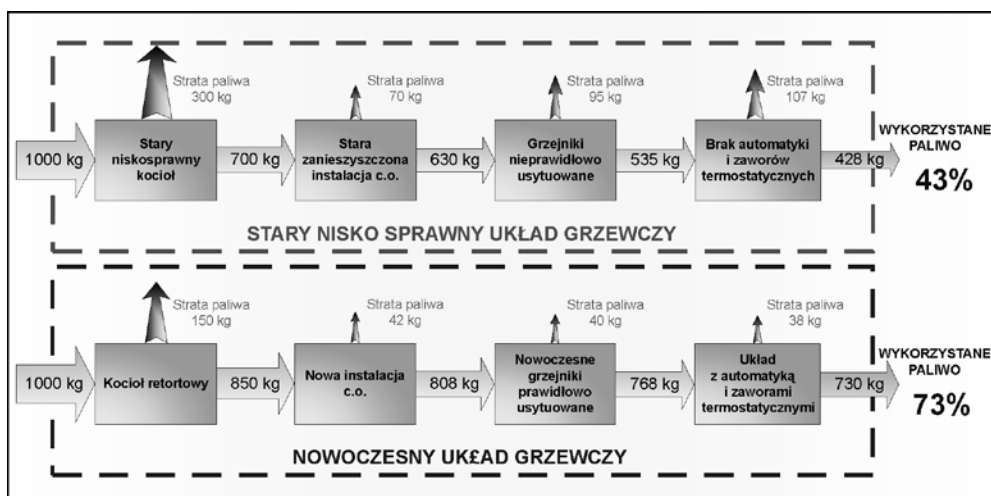
### **Ogrzewanie**

Energię w budynku zużywamy na różne cele (np. oświetlenie, urządzenia biurowe i AGD), jednak to właśnie na ogrzewanie pomieszczeń zużywamy jej najwięcej. Bardzo często zużycie to jest nadmierne i można je ograniczyć.

Pierwszą, główną przyczyną są *nadmierne straty ciepła*. Większość budynków nie posiada bowiem dostatecznej izolacji termicznej. Więcej o termomodernizacji można znaleźć w odnośnym punkcie niniejszego poradnika.

Drugą ważną przyczyną dużego zużycia paliwa i energii, a tym samym wysokich kosztów za ogrzewanie, jest *niska sprawność instalacji grzewczej*. Wynika to przede wszystkim z niskiej sprawności samego źródła ciepła (kotła, pieca), ale także ze złego stanu technicznego instalacji wewnętrznej, która zwykle jest rozregulowana, a rury źle izolowane i podobnie jak grzejniki zarośnięte osadami stałymi. Ponadto brak jest możliwości łatwej regulacji i dostosowania zapotrzebowania ciepła do zmieniających się warunków pogodowych (automatyka kotła) i potrzeb cieplnych w poszczególnych pomieszczeniach (przygrzejnikowe zawory termostatyczne).

Sprawność domowej instalacji grzewczej można podzielić na 4 główne składniki: sprawność źródła ciepła, sprawność przesyłania wytworzonego w źródle ciepła do odbiorników (grzejniki), sprawność regulacji i wykorzystania ciepła oraz sprawność akumulacji (tylko w przypadku stosowania zbiorników akumulacyjnych). Poniżej przykładowe porównanie, starej i nowej instalacji grzewczej pokazujące stopień wykorzystania paliwa rocznie wkładanego do kotła.

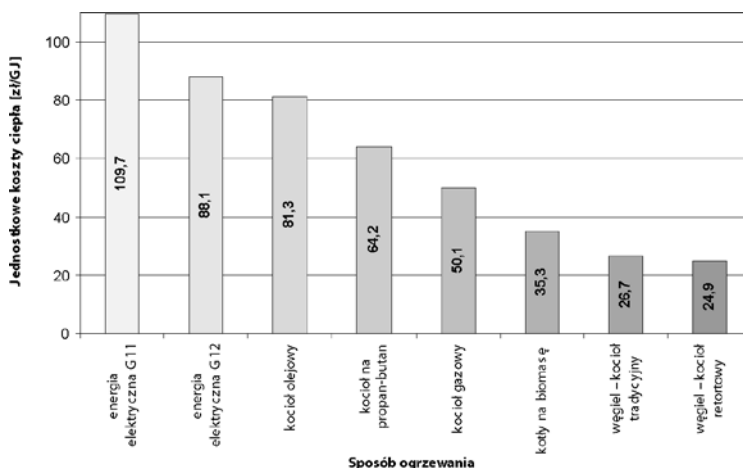


Rysunek 15. Porównanie rezultatów stosowania kotła nisko sprawnego i wysoko sprawnego

Widać stąd, że np. użytkowanie nisko sprawnego kotła powoduje 30% stratę paliwa. Jest to wartość typowa dla kotłów około 20-letnich, opalanych paliwem stałym, jednak nie oznacza to, że Twój kocioł musi mieć właśnie taką sprawność. Natomiast dla nowoczesnych kotłów strata ta wynosi od 10 do 20%. Wszystko to przekłada się oczywiście na koszty eksploatacji (paliwo, serwis i remonty), ale także, a może przede wszystkim na jakość powietrza w najbliższym otoczeniu oraz na zdrowie ludzi.

Modernizacja systemu ogrzewania powinna więc obejmować przede wszystkim źródło wytwarzania ciepła (kocioł, piec, węzeł), ale także inne elementy instalacji wewnętrznej, jak armatura, zawory, grzejniki i inne. W przypadku nowych instalacji, kluczowym staje się odpowiedni wybór źródła ciepła.

Poniższy wykres przedstawia informacje, które mogą być pomocne przy wyborze kotła. Obliczenia kosztów energii przeprowadzono dla budynku mieszkalnego o powierzchni użytkowej 125 m<sup>2</sup> o zapotrzebowaniu na energię cieplną do celów grzewczych wynoszącym 80 GJ/rok oraz zapotrzebowaniu na moc 15 kW. Poniższy wykres nie uwzględnia ciepła sieciowego, z uwagi na bardzo zróżnicowaną cenę tego nośnika w różnych miastach.



Rysunek 16. Jednostkowy koszt produkcji ciepła dla różnych typów ogrzewania

## Kotły

W sytuacji, gdy budynek zasilany jest w ciepło wytwarzane w kotłowni, której wiek przekracza 10 lat, z dużym przybliżeniem można powiedzieć, że kotłownia wymaga modernizacji, zwłaszcza gdy zainstalowane kotły zasilane są paliwami stałymi. Ponadto kotły opalane paliwami węglowymi, często niskiej jakości, jak: miały czy muły powodują dużą emisję zanieczyszczeń gazowych oraz lotnych części stałych (pyły).

### Kotły na paliwo stałe

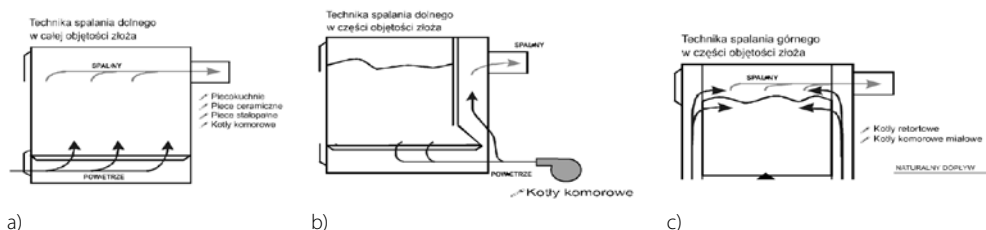
W instalacjach spalania paliw stałych małej mocy znajduje zastosowanie głównie technologia spalania w warstwie w złożu stacjonarnym. Do „dobrych praktyk spalania” w instalacjach produkcji ciepła małej mocy należą:

- właściwy dobór paliwa do paleniska; ilość emitowanych zanieczyszczeń ze spalania paliwa stałego w warstwie uzależniona jest nie tylko od techniki organizacji spalania, składu chemicznego paliwa, ale także od wielkości ziarna;
- optymalna organizacja procesu spalania i dobór parametrów procesowych, takich jak: temperatura spalania produktów rozkładu paliwa, odpowiedni stosunek ilości powietrza do spalanego paliwa, zapewniającego całkowite jego spalanie;
- zapewnienie homogeniczności mieszanki paliwowej i utleniacza – powietrza oraz homogeniczności mieszaniny lotnych produktów niepełnego spalania z utleniaczem/tlenem powietrza;
- zapewnienie maksymalnej sprawności pozyskania ciepła użytecznego z wyprodukowanej energii w czasie spalania, czyli zapewnienie odpowiedniej wymiany ciepła.

Stosowane w rozproszonym indywidualnym i komunalnym ogrzewnictwie instalacje spalania węgla i biopaliw stałych można podzielić w sposób najbardziej ogólny, w zależności od techniki organizacji procesu spalania na następujące trzy grupy:

- a) tradycyjne konstrukcje – dolne spalanie – spalanie przeciwprądowe w całej objętości:
  - piec ceramiczne, piec grzewcze stałopalne, pieco-kuchnie;
  - kotły wodne komorowe;
- b) nowoczesne instalacje, kotły komorowe – spalanie dolne w części złoża (dystrybucja powietrza do spalania),

- c) nowoczesne kotły węglowe z automatyzacją procesu spalania – górne spalanie:
- retortowe,
  - podsuwowe, miałowe (palnikowe).



Rysunek 17. Porównanie schematów kotłów węglowych

Technika dolnego spalania, spalanie przeciwpądowe, charakterystyczne dla tradycyjnych domowych instalacji (pieców, kotłów) stosowanych w rozproszonym, indywidualnym ogrzewnictwie, charakteryzuje się niską sprawnością energetyczną i wysoką emisją zanieczyszczeń. Zastosowanie w tej technice dystrybucji powietrza na pierwotne i wtórne powoduje, iż w komorze dopalania ulegają spaleniu produkty rozkładu paliwa, wpływając tym samym na wzrost sprawności energetycznej i zmniejszenie emisji zanieczyszczeń. W technice górnego spalania w części złoża, spalanie współpądowe, paliwo stałe jest cyklicznie doprowadzane do górnej warstwy rozżarzonego paliwa – strefy spalania, wskutek tego lotne produkty odgazowania, przechodząc przez wysokotemperaturową strefę żaru ulegają prawie całkowitemu spaleniu dając bardzo małą emisję zanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia i środowiska, a zastosowana dystrybucja i kontrola ilości powietrza pierwotnego powodują, iż sprawność energetyczna tych palenisk sięga 90%.

**Tradycyjne instalacje** spalania to urządzenia starej generacji, o niskiej sprawności cieplnej (w znacznej części praktycznie średniorocznie poniżej 50%) i wysokiej emisji zanieczyszczeń.

Podstawowe ich wady to:

- nierównomierne obciążenie cieplne komory spalania i wymiennika;
- brak kontrolowanego, efektywnego (z wymuszaniem turbulencji spalin) systemu doprowadzenia powietrza wtórnego;
- brak strefy dopalania produktów zgazowania węgla;
- intensywne okresowe emisje produktów niecałkowitego i niepełnego spalania (lotnych związków organicznych, węglowodorów aromatycznych, dioksyn i tlenku węgla), zwłaszcza w fazie spalania po uzupełnieniu paliwa w komorze spalania;
- możliwość spalania i współspalania odpadów, co znacząco wpływa na wzrost emisji toksycznych zanieczyszczeń.

**Nowoczesne instalacje kotłowe**, realizujące technikę dolnego i górnego spalania w części złoża, są urządzeniami nowej generacji, w których wyeliminowano podstawowe wady tradycyjnych, przestarzałych konstrukcji. Instalacje kotłowe realizujące technikę dolnego spalania w części złoża posiadają dodatkowy kanał dopalania. Wyposażone są one w efektywne systemy dystrybucji powietrza pierwotnego i wtórnego, często z regulacją pracy wentylatora za pomocą elektronicznych sterowników, które powodują lepsze dopalanie lotnych produktów rozkładu paliwa stałego. Wskutek tego wzrasta sprawność energetyczna kotła, a maleje emisja zanieczyszczeń. W ostatnim okresie producenci wprowadzili wiele usprawnień zwiększających efektywność tych kotłów (np. wymurówkę ceramiczną w części kotła, ceramiczne dysze powietrza wtórnego do dopalania części palnych w spalinach itp.).

Najnowsze rozwiązania kotłów c.o. to kotły retortowe, palnikowe wyposażone w system dystrybucji powietrza pierwotnego i wtórnego oraz retortę, do której cyklicznie doprowadzone jest kwalifikowane stałe paliwo – węgiel, pelety drzewne do górnej strefy spalania. Zautomatyzowanie procesu spalania w tych kotłach powoduje, że charakteryzują się one bardzo wysoką sprawnością energetyczną (nawet ponad 90%), a redukcja emisji zanieczyszczeń sięga prawie 99% dla tlenku węgla, lotnych związków organicznych, benzo(a)pirenu i innych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych.

**Kotły komorowe** realizujące technikę dolnego spalania w części złoża przeznaczone są do spalania paliw jednorodnych sortymentowo (węgiel w sortymencie orzech lub groszek, brykiety drzewne itp.). Mogą być stosowane do spalania drewna suchego (kawałkowego lub grubszych zrębków, słomy). Należy pamiętać, jak wspomniano powyżej, że do spalania drewna, słomy konieczne są odpowiednie konstrukcje kotłowe (o dwóch strefach – komorach spalania).

**Kotły zgazowujące**, z wstępnym zgazowaniem paliwa (dwustopniowego spalania).

Do grupy nowoczesnych kotłów komorowych opalanych paliwami stałymi, głównie drewnem, należą kotły zgazowujące. Ich konstrukcja jest zasadniczo oparta na technice dolnego spalania w części złoża (z dużym nadmiarem powietrza), która realizowana jest w komorze zgazowania (komora górna). Mieszanka gazu słabego i powietrza wtórnego z komory zgazowania dostaje się do komory spalania, w której następuje jej spalenie. Rozwiązania konstrukcyjne komory dopalania (dolna komora) zabezpieczają wysoką temperaturę, powyżej 1100°C, co powoduje, iż kotły te charakteryzują się wysokimi sprawnościami energetycznymi oraz niskimi wskaźnikami emisji zanieczyszczeń. Praca kotła sterowana jest automatycznie, a przy dostatecznie dużej pojemności komory zgazowania paliwo dostarcza się nawet raz na dobę. Kotły te znalazły zastosowanie również do spalania węgla.

Kotły węglowe, realizujące górne spalanie w części złoża z automatyzacją procesu spalania, zwane są też często kotłami z palnikiem, kotłami palnikowymi. Wśród tych kotłów rozróżnić należy znane już kotły retortowe, opalane kwalifikowanym sortymentem węgla (groszek), nową generacją kotłów podsuwowych opalanych miałem oraz komorowe kotły zasypowe.

**Kotły retortowe** zaliczane obecnie do najbardziej nowoczesnych i najefektywniejszych konstrukcji kotłów realizujących „czystą technologię spalania”, wykorzystują technikę spalania górnego w części złoża. Ciągłe, automatycznie sterowane podawanie paliwa, regulowana i kontrolowana ilość powietrza wprowadzanego do komory spalania oraz wysoka efektywność energetyczna i ekologiczna to cechy stawiające je na czele nowoczesnych kotłów małej mocy. Charakteryzują się one dużymi możliwościami regulacji mocy w szerokim zakresie (30–100% mocy znamionowej), przy równoczesnym nieznacznym spadku sprawności cieplnej, co skutkuje prawie płaską cieplną charakterystyką pracy kotła. W tym zakresie mocy stabilna jest także efektywność ekologiczna. Podstawowym elementem kotła jest samoczyszczące się palenisko retortowe, w którym spala się określona porcja paliwa, niezbędna do uzyskania temperatury zadanej przez użytkownika na sterowniku elektronicznym. Obsługa ogranicza się do okresowego uzupełnienia paliwa w zasobniku oraz odprowadzenia popiołu. Rozwój konstrukcji kotłów retortowych w Polsce rozpoczął się stosunkowo niedawno, ale ich niewątpliwe zalety – wysoka sprawność energetyczna, wysoka efektywność ekologiczna oraz automatyzacja procesu, czyli prawie bezobsługowa eksploatacja – spowodowały olbrzymi wzrost popytu stymulującego rozwój produkcji.

Kotły podsuwowe, palnikowe, przeznaczone do spalania miału węglowego pojawiły się na rynku kotłów w ostatnich latach. Należą one do tej samej generacji urządzeń, do której należą kotły retortowe i charakteryzują się podobną możliwością regulacji mocy w szerokim zakresie i również wysoką efektywnością energetyczną i ekologiczną, pod warunkiem zastosowania wysokoenergetycznych miałów węglowych, pozbawionych frakcji drobnoziarnistych. Z uwagi na zmienność właściwości fizykochemicznych miałów węglowych utrzymanie wysokiej efektywności ekologicznej w ciągłej terenowej eksploatacji jest bardzo

utrudnione, wskutek czego nierzadko deklarowana przez producenta wielkość sprawności energetycznej i efektywności ekologicznej jest trudna do utrzymania. W tych kotłach mogą być współspalane mieszanki miazła węglowego ze zrębkami drzewnymi, czy nawet pocięta słomą.

## **Kotły na biomasę**

W ostatnich latach nastąpiło wiele zmian w konstrukcji i działaniu kotłów, zarówno ręcznych, jak i automatycznych, zmierzających do uzyskania lepszej wydajności oraz obniżenia emisji zanieczyszczeń z kominów. Ulepszenia te osiągnięto głównie przez zaprojektowanie komory spalania, systemu dopływu powietrza oraz automatycznej kontroli procesu spalania. W stosunku do kotłów sterowanych ręcznie, osiągnięto wzrost wydajności z poziomu poniżej 50% do poziomu 75–90%. Jeśli chodzi o kotły zautomatyzowane, osiągnięto wzrost wydajności z 60% do 85–95%.

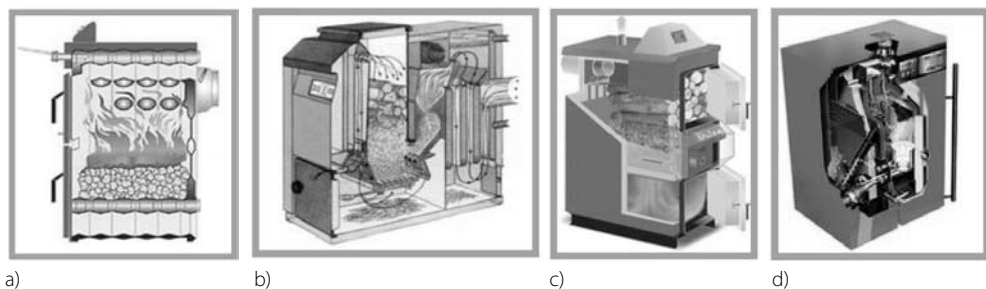
Rodzaje kotłów do spalania drewna:

**Kotły ze spalaniem górnym** – są najpopularniejszymi i najtańszymi urządzeniami na paliwa stałe. W czasie spalania powietrze jest doprowadzone do całej objętości paliwa. Wydłużenie tego procesu otrzymuje się przez ograniczenie ciągu kominowego za pomocą regulatora. W kotłach takich temperatura spalin jest wysoka, dzięki czemu nie ma problemu z ciągiem kominowym. Nie ma też ryzyka wykraplania się pary wodnej zawartej w spalinach, a więc nie ma konieczności stosowania specjalnych wkładów kominowych ze stali kwasoodpornej. Ponieważ drewno zawiera dużo składników lotnych, tylko 20% jego objętości spalane jest bezpośrednio na ruszcie. W spalinach opuszczających kocioł znajduje się jeszcze dużo niespalonego węgla, co bardzo obniża sprawność kotła. Z tego powodu kotły ze spalaniem górnym bardziej niż do drewna nadają się do węgla, miazła i koksu – zawierają one niewielką ilość składników lotnych.

**Kotły ze spalaniem dolnym** – osiągają dużo wyższą sprawność przy spalaniu drewna niż kotły ze spalaniem górnym. Spalanie odbywa się tu w pobliżu tylnej ściany komory spalania lub w komorze spalania znajdującej się w tylnej części komory zasypowej, w miejscu doprowadzenia powietrza. Następnie spaliny przepływają do drugiego ciągu spalinowego, gdzie są dopalane, czego konsekwencją jest wysoka sprawność kotłów.

**Kotły zgazowujące** – w nowoczesnych kotłach na drewno paliwo jest poddawane procesowi zgazowania. Najpierw jest suszone i odgazowane w komorze zgazowania, w wyniku czego uwalnia się gaz drzewny. Proces ten zachodzi przy szczelnie zamkniętej komorze spalania i zamkniętym wylocie kominowym. Następnie gaz drzewny kierowany jest do dyszy palnika, gdzie miesza się z powietrzem wtórnym, wtłaczanym za pomocą wentylatora nadmuchowego. Na koniec rozgrzana mieszanina gazu drzewnego i powietrza dostaje się do komory spalania, w której następuje zapłon mieszanki. Temperatura spalania gazu drzewnego wynosi około 1200°C. Praca kotła sterowana jest automatycznie. Z tego powodu jest on stosunkowo drogi. Paliwo uzupełnia się co 8 do 12 godzin, a przy dostatecznie dużej pojemności komory zgazowania nawet raz na dobę.

**Kotły retortowe** – spalają pelety, zrębki oraz trociny. Wyposażone są w automatyczny system podawania paliwa oraz doprowadzania powietrza do spalania. Nie wymagają stałej obsługi, mogą współpracować z automatyką pogodową. Paliwo umieszcza się w specjalnym zasobniku, skąd jest pobierane przez podajnik z napędem elektrycznym sterowanym automatycznie w zależności od warunków atmosferycznych. Automatycznie steruje także wentylatorem doznającym powietrze do spalania. Paliwo uzupełnia się co kilka dni, tym rzadziej, im większy jest zasobnik.



Rysunek 18. Rodzaje kotłów do spalania drewna: a) kotły ze spalaniem górnym, b) kotły ze spalaniem dolnym, c) kotły zgazowujące, d) kotły retortowe

## Kotły gazowe

Kotły gazowe to urządzenia niezawodne, które zazwyczaj nie są kłopotliwe w użytkowaniu. Nie należy też obawiać, że zastosowanie techniki kondensacyjnej może spowodować jakieś dodatkowe problemy. Jeśli już się pojawią, będą takie same w przypadku kotłów zwykłych i kondensacyjnych. Montaż i uruchomienie – pod warunkiem że zadanie powierzy się odpowiednio przeszkolonemu instalatorowi – nie powinny sprawiać kłopotu bez względu na rodzaj kotła. W obu przypadkach przebieg prac jest podobny.

Również ryzyko wystąpienia usterki podczas eksploatacji kotła kondensacyjnego nie jest większe niż dla konwencjonalnego. Ewentualne kłopoty w większym stopniu zależą od jakości wykonania i zastosowanych materiałów niż od rodzaju urządzenia.

Ciekawy problem wynika z konieczności pracy kotłów z niepełnym wykorzystaniem mocy przez ponad 90% sezonu grzewczego. W starych konwencjonalnych kotłach gazowych taka sytuacja jest przyczyną niskiej sprawności średniorocznej. Kocioł, którego moc jest dużo większa niż potrzeba, nie ma optymalnych warunków do pracy, przez co cykle działania jego palnika są krótkie, za to bardzo częste.

Nowoczesne kotły niekondensacyjne z palnikami modulatoryjnymi mogą pracować z mocą zmieniającą się automatycznie w pewnym zakresie, w zależności od zapotrzebowania. Ich sprawność średnioroczna jest dzięki temu wyższa (do mniej więcej 92%). Jednak nadal długotrwała praca w warunkach niewielkiego zapotrzebowania na ciepło powoduje spadek sprawności. Tyle tylko, że jest on znacznie mniejszy niż w kotłach konwencjonalnych starego typu.

Zdecydowanie lepiej pod tym względem wypadają kotły kondensacyjne. Zakres modulacji ich palników jest większy, więc mogą pracować w dłuższych cyklach, rzadziej włączając się i wyłączając, co korzystnie wpływa na ich trwałość. Jednocześnie praca przy niewielkim zapotrzebowaniu na ciepło, a więc w warunkach, które występują przez większą część sezonu grzewczego, powoduje intensywniejszą kondensację (temperatura wody grzewczej schładzającej spaliny jest wtedy niższa), dzięki czemu wzrasta sprawność kotła. Dlatego do małego, dobrze ocieplonego budynku kocioł kondensacyjny jest lepszym rozwiązaniem. Sprawność kotłów kondensacyjnych przekracza 100% (maksymalnie 111% dla kotłów zasilanych gazem ziemnym). Sprawność przewyższająca 100% wynika ze sposobu obliczenia sprawności (w czasach gdy wyznaczano definicję sprawności nie brano pod uwagę ciepła skraplania). W praktyce kotły kondensacyjne mają nieco niższą sprawność (od 2% do 6%), ale i tak jest ona wyższa o kilkanaście procent od sprawności kotłów konwencjonalnych. Kotły kondensacyjne mają też jedną wadę – są mniej więcej o połowę droższe od kotłów konwencjonalnych.

Zarówno kotły konwencjonalne, jak i kondensacyjne nie wymagają wiele zachodu – są praktycznie bezobsługowe. Po zamontowaniu i ustawieniu przez instalatora wszystkich parametrów ani jeden, ani drugi nie powinien absorbować naszej uwagi przez cały sezon grzewczy. Przed kolejnym powinniśmy



jednak wezwać serwisanta, by wykonał przegląd kotła. Polega on przede wszystkim na wyczyszczeniu urządzenia i sprawdzeniu, czy wszystkie elementy działają prawidłowo. Podczas przeglądu kontroluje się także układ odprowadzenia spalin, więc przy okazji można się dowiedzieć, czy czyszczenie komina jest konieczne. Przegląd kotła kondensacyjnego różni się od przeglądu zwykłego kotła właściwie tylko koniecznością oczyszczenia syfonu w układzie odprowadzenia skroplin (nie ma go w konwencjonalnych kotłach). Inne różnice wynikają z odmiennej konstrukcji konkretnych modeli kotłów, a nie z tego, że kocioł jest kondensacyjny lub nie.

Eksploatacja kotła oznacza dla użytkownika właściwie tylko konieczność zmiany parametrów pracy – przede wszystkim temperatury, do jakiej kocioł ma podgrzewać wodę, i ewentualnie okresów, w których ma być utrzymywana określona temperatura. Możliwości i łatwość ich ustawiania zależą od rodzaju regulatora, w jaki jest wyposażony kocioł. Zazwyczaj nic nie stoi na przeszkodzie, by do kotła konwencjonalnego zastosować taki sam regulator jak do kondensacyjnego. Niektórzy producenci sprzedają kotły kondensacyjne w komplecie z bardziej zaawansowanymi regulatorami pogodowymi niż w kotłach konwencjonalnych.

Te ostatnie są zazwyczaj uważane za produkty dla klientów o mniej zasobnym portfelu, a zatem standardowo nie wyposaża się ich w elementy podnoszące cenę. Zawsze można jednak dokupić do kotła regulator z większą liczbą funkcji.

Aby kocioł kondensacyjny pracował efektywnie:

- powinien być podłączony przez uprawnionego instalatora. Ponieważ są to urządzenia z zamkniętą komorą spalania i wymuszonym przepływem spalin, nie potrzebują komina. Wylot spalin może być ułożony prawie poziomo, ale tylko wtedy, gdy zezwala na to producent. Spadek przewodu musi być wówczas ustawiony w kierunku do kotła, tak aby kondensat, który ewentualnie powstanie w przewodzie, spływał do kotła, a nie na zewnątrz budynku,
- nie należy zapominać o podłączeniu do kanalizacji. W domach jednorodzinnych zwykle instaluje się kotły o mocy nie większej niż 30 kW. Kondensat, który powstaje w takich kotłach, można bez problemów odprowadzać bezpośrednio do kanalizacji. Trzeba pamiętać, że przewód łączący kocioł z kanalizacją nie powinien być stalowy.
- Należy zapewnić optymalne warunki pracy kotła kondensacyjnego. Aby kocioł pracował z największą sprawnością, temperatura wody powracającej z instalacji (temperatura powrotu) powinna być niższa od 58°C. Ogranicza to stosowanie kotłów kondensacyjnych tylko do instalacji niskotemperaturowych. Pojawiło się więc nowe określenie – kotły kondensujące. Są to kotły, w których proces kondensacji występuje nie przez cały czas pracy, ale tylko wtedy, gdy temperatura powrotu jest niższa od temperatury punktu rosy. W momencie, gdy temperatura wody przekroczy tę wartość, następuje przerwanie kondensacji pary wodnej. Nie oznacza to jednak, że kocioł pracuje nieprawidłowo – spaliny nadal przepływają przez ten sam wymiennik ciepła i nadal odbierane jest ze spalin dużo więcej energii niż w kotle standardowym. Jeśli przyjmijemy różnicę temperatury zasilania i powrotu równą 15°C, to kocioł pracuje jako kondensacyjny do temperatury zasilania około 73°C – wówczas temperatura powrotu wynosi około 58°C. W chwili, gdy temperatura na zasilaniu przekroczy tę wartość, kocioł przestaje kondensować. W nowoczesnych instalacjach grzewczych podczas całego okresu pracy kotła czas pracy niekondensacyjnej jest stosunkowo krótki.

Niezwykle ważna decyzja przy wyborze kotła to sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej. Kotły na paliwa stałe i większość kotłów na olej to **urządzenia jednofunkcyjne**, w których nie można samodzielnie przygotować ciepłej wody użytkowej (c.w.u.). Trzeba dokupić do nich dodatkowy podgrzewacz. Kotły gazowe i elektryczne są produkowane w różnych wersjach. Mogą być jednofunkcyjne (pracujące wyłącznie na cele c.o.) albo **dwufunkcyjne** (c.o. + c.w.u.).

Kotły dwufunkcyjne dzielą się na:

- kotły z wbudowanym podgrzewaczem pojemnościowym oraz zbiornikiem do magazynowania podgrzanej wody (zasobniki mają stosunkowo niewielką pojemność od 15 do 100 l, ale dzięki temu, że woda podgrzewana jest w podgrzewaczu przepływowym o wysokiej wydajności, komfort korzystania z niej jest wysoki),
- kotły przepływowe – podgrzewające wodę na bieżąco (polecane do domów, w których nie planuje się intensywnego korzystania z ciepłej wody, gdyż są w stanie zapewnić c.w.u. w jednym punkcie poboru).

W przypadku gdy w budynku brak jest piwnic, w których mógłby być zainstalowany kocioł lub mają małą powierzchnię, istotnym parametrem przy wyborze kotła będzie możliwość jego instalacji w pomieszczeniu. Kotły pod tym względem dzielą się na:

- **wiszące** (dotyczy tylko kotłów o lekkiej konstrukcji, tzn. głównie kotłów gazowych oraz kotłów elektrycznych – najpopularniejsze w chwili obecnej wiszące kotły gazowe ze stalowymi lub aluminiowo-krzemowymi wymiennikami ciepła, które pracują cicho i nie muszą być instalowane w pomieszczeniach technicznych, mają estetyczne obudowy, często dopasowane do kuchennych szafek, można je instalować w kuchni lub w łazience),
- **stożące** (są dostępne wszystkie rodzaje kotłów – kotły gazowe stojące z żeliwnymi wymiennikami charakteryzują się dużą trwałością – kilkakrotnie większą niż kotłów z wymiennikami stalowymi – polecane, jeśli w budynku znajduje się pomieszczenie techniczne).

Ważną sprawą przy doborze urządzenia grzewczego jest również wybór odpowiedniego **sterowania** kotłem. Rozróżnia się następujące typy układów sterowania kotłem:

- **miarkownik ciągu** – umożliwiający automatyczną regulację dopływu powietrza do paleniska – stosowany w najprostszych kotłach głównie na paliwo stałe – zaletą tego typu regulacji jest niezależność od zasilania energią elektryczną kotła,
- **regulator elektroniczny** – moc regulowana jest poprzez zmianę wydajności wentylatora, który dostarcza powietrze do spalania paliwa – stosowany w nowocześniejszych kotłach na paliwo stałe,
- **regulatory pokojowe i pogodowe** – wyposażone w pokrętko do ustawiania tzw. temperatury zadanej w pomieszczeniu. Spadek wartości temperatury zadanej w pomieszczeniu poniżej ustawionej na termostacie powoduje załączenie się kotła, a wzrost wartości temperatury powyżej zadanej – jego wyłączenie – tego typu urządzenia służą do sterowania kotłem gazowym lub olejowym z palnikiem jednostopniowym,
- **termostaty elektroniczne** – mogą nie tylko sterować pracą palnika, ale także pomp i zaworów regulacyjnych – nadają się do kotłów z płynną regulacją mocy – na ogół umożliwiają programowanie czasu, w którym kocioł ma utrzymywać zadaną temperaturę,
- **regulator pogodowy** – jest to regulator elektroniczny wyposażony w czujnik temperatury zewnętrznej, uwzględniający jej zmiany w funkcji temperatury wody zasilającej instalację grzewczą – pełni wszystkie funkcje programowalnego termostatu pokojowego, ale dzięki temu, że reguluje wydajność instalacji w zależności od temperatury zewnętrznej, jego zastosowanie daje większe oszczędności w zużyciu paliwa przez kocioł,
- **regulatory kilkuobiegowe** – umożliwiają sterowanie kilkoma obiegami grzewczymi w budynku (np. ogrzewaniem podłogowym i grzejnikami) oraz przygotowaniem c.w.u.

## Wentylacja

Wymiana powietrza wentylacyjnego powoduje straty dochodzące nawet do 40% łącznego zużycia ciepła. Wyróżniamy generalnie dwa rodzaje systemów wentylacyjnych: wentylacja grawitacyjna oraz wentylacja mechaniczna.

Najbardziej powszechnym i szeroko stosowanym rozwiązaniem jest wentylacja naturalna (grawitacyjna), gdzie ciągły dopływ powietrza do pomieszczeń realizowany jest poprzez nieszczelności okien, drzwi i okresowe uchylanie, otwieranie okien. Odprowadzanie powietrza następuje poprzez kratki wentylacyjne zlokalizowane zwykle w kuchniach, łazienkach, ustępach, a czasami w innych pomieszczeniach, stąd ważne jest również zapewnienie nieszczelności drzwi wewnętrznych umożliwiających swobodny przepływ powietrza. Wadą naturalnego systemu wentylacji jest przede wszystkim praktyczny brak możliwości regulacji wydajności wymiany powietrza, ponieważ zależy ona właściwie od panujących warunków pogodowych (temperatury, wiatru, ciśnienia). W takiej sytuacji czasami mamy do czynienia ze zbyt intensywną wymianą powietrza, a czasami z niewystarczającą.

Dużym problemem okazała się wymiana okien na nowoczesne, o wysokiej szczelności, co spowodowało, że wentylacja grawitacyjna bez dopływu przez nieszczelności okienne świeżego powietrza przestaje pracować w sposób prawidłowy. Takie ograniczenie dopływu powietrza może wiązać się z bardzo poważnymi konsekwencjami, skutkującymi powstawaniem w pomieszczeniach wilgoci, pleśni i grzybów.

Dobrym rozwiązaniem tego problemu jest montaż nawiewników ręcznych lub automatycznych.

W ten sposób użytkownicy mogą także kontrolować, w pewnym stopniu, ilość dostarczanego świeżego powietrza do pomieszczeń, w zależności od potrzeb. Najlepszym rozwiązaniem są nawiewniki higrosterowalne, które otwierają się i przysmykają pod wpływem zmian wilgotności powietrza w pomieszczeniu. Tak więc w okresie, gdy w pomieszczeniu nie przebywają ludzie i wilgotność powietrza utrzymuje się na dopuszczalnym poziomie, dopływ świeżego powietrza jest minimalizowany, a co za tym idzie ilość energii na podgrzanie tego powietrza także jest zmniejszona. Nawiewniki takie mogą być montowane zarówno w górnej, jak i dolnej części okien.

Najlepszym rozwiązaniem jest wentylacja nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła z powietrza wentylacyjnego, która zapewnia kontrolę jakości i ilości doprowadzanego powietrza. Wadą takiego systemu są wysokie nakłady inwestycyjne, oszczędności natomiast są niepodważalne i w zależności od rodzaju ogrzewania układ taki potrafi się szybko zwrócić (np. przy ogrzewaniu elektrycznym).

W układzie takim zużyte powietrze, zanim zostanie odprowadzone na zewnątrz budynku, przechodzi przez rekuperator, który odzyskuje część ciepła z powietrza wywiewanego, ogrzewając świeże powietrze, dostarczane przez wentylację nawiewną do wnętrza budynku. Świeże powietrze zanim trafi do rekuperatora może zostać wstępnie podgrzane w gruntowym wymienniku ciepła, co dodatkowo zmniejsza zapotrzebowanie na energię do podgrzewania powietrza wentylacyjnego. Obecnie produkowane rekuperatory pozwalają na odzyskanie od 70 do nawet 90% ciepła z powietrza wywiewanego i jego ponowne wykorzystanie w budynku.



Rysunek 19. Schemat działania wymiennika krzyżowego

Źródło: [www.budynkipasywne.pl](http://www.budynkipasywne.pl)

Przy dobrej izolacji przegród zewnętrznych budynku znacząco rośnie rola wentylacji, jednakże często jest źle rozumiana i niedoceniana. Bez sprawnie działającej wentylacji mechanicznej nie byłby możliwy

odzysk ciepła za pomocą rekuperatora, pozyskanie ciepła utajonego za pomocą pompy ciepła oraz pozyskanie ciepła za pomocą gruntowego wymiennika ciepła.

Jak już wspomniano wcześniej, świeże powietrze do wentylacji pomieszczeń może przejść przez biegnący pod ziemią system rur (lub przez warstwę żwiru), co pozwala na jego wstępne ogrzanie. Jest to tzw. gruntowy wymiennik ciepła, który jest powszechnie stosowanym rozwiązaniem w tzw. budynkach pasywnych. Gruntowy wymiennik ciepła pozwala pozyskać czystą energię z gruntu i jest to urządzenie bardzo wydajne (zużycie energii wynika jedynie z oporów przepływowych powietrza). Ponadto wykonanie gruntowego wymiennika ciepła jest stosunkowo tanie i proste – może być wykonany we własnym zakresie. Pomimo rozlicznych zalet rozwiązania takiego nie można zastosować przy wentylacji grawitacyjnej, powszechnie stosowanej w budownictwie. Może on być stosowany jedynie w budynkach z wentylacją mechaniczną.

Wspomniane wcześniej urządzenia, jak rekuperator i pompa ciepła, zastępowane są coraz częściej jednym urządzeniem – kompaktową centralą grzewczą (wentylacja, odzysk ciepła, ogrzewanie powietrza, filtry powietrza, ogrzewanie ciepłej wody użytkowej). Urządzenia takie pojawiły się w ostatnich latach specjalnie na potrzeby budynków pasywnych.

## **Klimatyzacja (chłodzenie)**

Debata tocząca się na temat jakie właściwie systemy chłodzenia są elementami systemów zrównoważonych oraz jaka jest efektywność energetyczna systemów zasilania, przybiera na sile, nie tylko jako „gorący temat” pomiędzy architektami i inżynierami, ale również pomiędzy decydentami i inwestorami, a także w samych korporacjach.

Podjęcie odpowiedniej decyzji przez zainteresowanych wymaga, aby posiadali oni niezbędną wiedzę na temat warunków i opcji technicznych. Podobnie, jak w wielu innych dyscyplinach technicznych i biznesowych, system można przypisać do rozmaitych kategorii i różnicować na podstawie możliwości eksploatacyjnych. Technologie chłodzenia i ich zastosowania dzieli się na główne grupy, jako:

- Systemy strukturalne – pasywne,
- Chłodzenie „ciche” ze źródłami energii z otoczenia,
- Aktywne systemy chłodzenia z wentylacją,
- oraz – jeśli to możliwe – z klimatyzacją.

### **Chłodzenie pasywne**

Chłodzenie pasywne realizuje się bez stosowania urządzeń napędzanych mechanicznie. Jego działanie opiera się wyłącznie na środkach strukturalnych (architektonicznych i budowlanych), takich jak optymalizacja fasad i zacieniania, wykorzystanie mas akumulujących, chłodzenie nocne i konstrukcje wytwarzającą mikroklimat. Pierwszym zadaniem do zrealizowania jest zoptymalizowanie konstrukcji budynku, czyli wykorzystanie systemów pasywnych dla uzyskania efektu chłodzenia.

Orientacja budynku względem stron świata, udział procentowy powierzchni okien i ich ukierunkowanie względem stron świata stanowią kluczowe czynniki w zakresie minimalizacji nakładów na chłodzenie, wymaganych do poniesienia po zasiedleniu budynku.

Zastosowanie nowoczesnych materiałów budowlanych i optymalizacja zdolności akumulacyjnych odgrywają decydującą rolę w odniesieniu do efektywności chłodzenia budynku. Wszelako, udogodnienia w budynku powinny być tak zoptymalizowane, aby wewnętrzne obciążenia budynku były ograniczone w takim stopniu, żeby nie powstawało przekroczenie wartości 300 W na osobę.

## **Systemy „cichego chłodzenia”**

Bezgłośne systemy chłodzenia, takie jak aktywacja betonowego rdzenia budowli, układy chłodzenia podłogowego lub kapilarne ogrzewanie stropów albo ścian służą do doprowadzania i wyprowadzania energii do i z budynku za pośrednictwem wody. Sondy geotermalne, płaskie kolektory pod budynkiem lub parkingiem mogą być wykorzystane jako potencjalne systemy ogrzewania lub chłodzenia. Dotyczy to nawet fontann posiadających studnie pobierania i odprowadzania wody – istnieje możliwość regulacji temperatury wewnątrz budynku, bez stosowania urządzeń chłodniczych. Kolejnym systemem bezgłośnym jest regulowane chłodzenie nocne za pomocą wentylacji okiennej. Umożliwia to rozładowanie elementów akumulujących ciepło w ciągu nocy przy zachowaniu zgodności z zagadnieniami bezpieczeństwa technicznego i chroni przed potencjalnymi gwałtownymi ulewami.

## **Aktywne układy chłodzenia**

Układy aktywne dzieli się na dwie zasadnicze grupy, w zależności od stosowanego medium: wodne lub powietrzne. Transmisja chłodu za pośrednictwem wody oznacza dużą skuteczność z zastosowaniem: chłodzonych stropów lub np. aktywnych betonowych rdzeni budynków oraz stropów kapilarnych.

Układy działające z wykorzystaniem powietrza jako medium transmitują znaczne ilości energii grzewczej i chłodzącej, poprzez wymuszony mechanicznie wpływ i wypływ powietrza. Należy rozróżnić pomiędzy klimatyzacją częściową bez nawilżania i klimatyzacją pełną, przy której reguluje się również poziom wilgotności w pomieszczeniu.

Aktywne układy chłodzenia mogą pracować w rozmaitych konfiguracjach systemowych. Powszechnie stosuje się sprężarki tłokowe, śrubowe lub wirowe, które zapewniają osiągnięcie efektu chłodzenia w połączeniu z instalacją odzysku chłodu.

W rozwiązaniach zoptymalizowanych można również zastosować skojarzone wytwarzanie ciepła i chłodu, które jest rozwiązaniem efektywnym. Urządzenia do wytwarzania chłodu na zasadzie absorpcji lub adsorpcji wykorzystują energię pobieraną z otoczenia, np. proces absorpcji pozwala na wykorzystanie energii słonecznej. W połączeniu z chłodziarką absorpcyjną można zbudować układ chłodzący w całości zasilany energią solarną.

## **Ogrzewanie kapilarne**

Kapilarne systemy ogrzewania instaluje się na wykończonej ścianie, jako pęczek plastikowych rur pokryty tynkiem. Podobnie jak w systemach aktywacji betonowego rdzenia budynku, ogrzewanie kapilarne wykorzystuje właściwości akumulacyjne przegród budynku, aczkolwiek w mniejszym stopniu. Systemy kapilarne można szybciej dostosować do sytuacji i dlatego można je stosować w projektach obejmujących remont.

W efekcie są to wysokoefektywne systemy. Ich zintegrowanie z procesem budowy obiektu jest znacznie bardziej skomplikowane i koszty są znacznie wyższe niż odpowiadające im koszty związane z aktywowaniem betonowego rdzenia budynku. Jeśli moc grzewcza lub chłodząca systemu zainstalowanego w ścianie jest niewystarczająca, to można ją uzupełnić konwektorem chłodzącym zamontowanym na stropie biura. Taka kombinacja pozwala na uzyskanie systemu optymalnego pod względem regulacyjności.

## **Podłogowe systemy chłodzenia**

Podłogowy system chłodzenia, który działa na podobnej zasadzie jak ogrzewanie podłogowe, ma znacznie mniejszą wydajność chłodzenia. Przy wartości 15 do 20 W/m<sup>2</sup> może wyprowadzać ciepło z pomieszczenia i można go łatwo regulować, przy czym wymagane nakłady inwestycyjne są znacznie

niższe. Można go również wykorzystać do ogrzewania, jeśli zajdzie taka potrzeba. Jedyne warunki, jakie należy spełnić, wpływają na wybór pokrycia podłogi, które musi mieć dobre właściwości pod względem transmisji ciepła i chłodu.

Fakt, że podłogowe układy chłodzenia natychmiast absorbują energię słoneczną wpływającą do pokoju, bez wzrostu temperatury w pokoju powoduje, że takie systemy są idealne. Jeśli poziom komfortu w pokoju odczuwany przez użytkowników (chłód w stopach) ma niezamierzone skutki, systemy takie można włączać tylko w nocy.

### **Stropy chłodzące**

Stropy chłodzące należą do najskuteczniejszych systemów chłodzenia do stosowania w biurach, równocześnie jednakże są najbardziej kosztowne. Przy potencjale cieplnym wynoszącym 80–120 W/m<sup>2</sup>, można je zastosować jako integralną część nowoczesnych budynków biurowych. Są łatwe w regulacji działania.

### **Żaluzje chłodzące**

Tego rodzaju urządzenia są szczególnie przydatne do instalowania w ramach przedsięwzięć remontowych. Składają się z powierzchni lub elementów chłodzących, podwieszanych pod stropem. Przy wydajnościach cieplnych rzędu 60–80 W/m<sup>2</sup>, są łatwe w regulacji i zapewniają skuteczne rozwiązanie, które można zastosować w każdym standardowym pomieszczeniu biurowym, przy średnim koszcie od 2000 do 2500 EUR na pomieszczenie lub urządzenie. W zależności od rodzaju instalacji, należy je skoordynować z układem oświetlenia. Żaluzje chłodzące pozwalają znacznie poprawić właściwości akustyczne pomieszczenia.

### **Aktywacja rdzenia betonowego budynku z wentylacją**

Ograniczoną regulacyjność systemów polegających na aktywacji betonowego rdzenia budynku można częściowo zoptymalizować, jeśli taki system stosuje się w połączeniu z rozwiązaniem układu wentylacji. W zasadzie, układy wentylacji mają decydujące znaczenie pod względem higieny powietrza w pomieszczeniach wewnętrznych.

Poprzez dostarczanie do pomieszczeń powietrza wentylacyjnego, można do nich równocześnie doprowadzać ciepło lub chłód. W rezultacie tego, temperaturę w pokojach wewnętrznych oraz podstawowe obciążenia (wymagania) cieplne można dostosować szybko i indywidualnie dla każdego pomieszczenia, poprzez aktywację rdzenia betonowego budynku.

### **Ogrzewanie i chłodzenie za pomocą powietrza**

Jeśli system wentylacji centralnej zainstalowano w celu zapewnienia higieny powietrza, to dopływające powietrze można ogrzewać lub chłodzić w celu prowadzenia regulacji temperatury w pokoju. Jednakże takie rozwiązanie jako jedyne źródło ciepła lub chłodu nadaje się do stosowania w szczególnie dobrze zaizolowanych budynkach pasywnych.

Pasywne systemy chłodzenia	„Ciche” systemy chłodzenia	Aktywne chłodzenie i klimatyzacja
<b>Transport energii w pokoju</b>		
<b>Optymalizacja obciążeń zewnętrznych</b> – Powierzchnie okien i ich jakość – Powierzchnie ścian i ich jakość – Zacienienie przeciwsłoneczne <b>Optymalizacja obciążeń wewnętrznych</b> – Wyposażenie (PC, monitory, sprzęt, ...) <b>Optymalizacja mas akumulujących</b> – Dostęp do tych mas (nieobniżone stropy) <b>Innowacyjne materiały budowlane</b> <b>Chłodzenie nocne</b>	<b>Transport energii w pokoju przy niskich temperaturach (12–17°C)</b> – Aktywacja rdzenia betonowego – Stropy i ściany kaplarne – Chłodzenie podłogowe (przez podłogowe systemy)	<b>Systemy ciche i klimatyzacja przez syst. powietrza świeżego/wylotowego</b> – bez nawilżania – z nawilżaniem (+30% na potrzeby własne) – z odzyskiem ciepła odpadowego z centralnej wentylacji  <b>Systemy stropowe (kasety)</b> – z dostawą zimnej wody – z dostawą medium chłodniczego (split)
<b>Energia-Kompilacja</b>		
	<b>Potencjał środowiskowy</b> – Sondy gruntowe – Kolektory gruntowe – Fontanny/studnie – Rzeki i jeziora	<b>Chłodzenie techniczne</b> – Chłodziarki sprężarkowe

## 2.5. Termomodernizacja budynków

Realizacja przedsięwzięć powodujących zmniejszenie zużycia energii i obniżenie kosztów na nią ponoszonych nazywana jest termomodernizacją.

Główne zabiegi termomodernizacyjne to:

- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie stropów, podłóg na gruncie,
- ocieplenie dachów, stropodachów wentylowanych i pełnych, stropów pod nieogrzewanymi poddaszami,
- wymiana stolarki zewnętrznej, głównie okien i drzwi.

Przedsięwzięcia termomodernizacyjne polegające na modernizacji lub wymiana źródła ciepła, modernizacja lub wymianie wewnętrznej instalacji grzewczej, montażu automatyki sterującej, modernizacji lub wymiana układu przygotowania ciepłej wody użytkowej, modernizacji systemu wentylacji oraz zastosowaniu technologii wykorzystujących odnawialne źródła energii przedstawiono w innych rozdziałach.

### Ocieplenie ścian zewnętrznych

Ściany są elementami budynku, które zazwyczaj tracą 24–35% ciepła. Ocieplenie ścian polega na dodaniu do istniejącej ściany dodatkowych warstw materiałów izolacyjnych (czasami wiąże się to z usunięciem starych, zniszczonych warstw). Zabieg taki powoduje przede wszystkim zmniejszenie straty

ciepła oraz podwyższenie temperatury ściany od strony pomieszczeń, przez co w znaczącym stopniu redukuje się zagrożenie powstawania pleśni i zagrzybień (wykraplanie pary wodnej). Najczęstszym sposobem izolowania ścian jest izolowanie od zewnątrz, dzięki czemu likwiduje się mostki cieplne występujące w konstrukcjach zewnętrznych (wierce, pręty płyt żelbetowych, zbrojenia, kołki i inne), tworzy się jednorodną izolację na całej powierzchni, poprawia się estetykę często starych i uszkodzonych elewacji. Ponadto wzrasta akumulacyjność cieplna budynku, dzięki czemu nawet przy czasowym obniżeniu ogrzewania (np. przykręcanie zaworów przygrzejnikowych na czas nieobecności użytkowników) temperatura w budynku nieznacznie spada, a doprowadzenie jej do wymaganego poziomu zajmuje znacznie mniej czasu. Rzadziej i w zasadzie tylko w przypadkach, kiedy nie ma możliwości ocieplania budynku od zewnątrz realizowane jest izolowanie ścian od strony pomieszczeń wewnętrznych (np. budynki zabytkowe lub o elewacjach wzbogacanych rzeźbami, gzymsami, attykami itp.).

Najpopularniejszym systemem zewnętrznego izolowania elewacji budynków jest Bezspoinowy System Ociepleniowy (BSO), nazywany powszechnie Metodą Lekką Mokrą. Najczęściej stosowanym materiałem izolacyjnym w tej metodzie jest styropian, wykorzystywany od ponad 30 lat w budownictwie, a obecnie dominujący na budowach, oprócz styropianu, aczkolwiek rzadziej, stosuje się płyty z wełny mineralnej. Przy stosowaniu metody BSO warstwy izolacyjne klejone są i mocowane przy pomocy kołków do ścian, a następnie wzmocniane zbrojeniem z siatki wykonanej z włókna szklanego, zatopionej w cienkiej warstwie kleju, a od strony zewnętrznej pokryte cienką warstwą tynku. W zależności od rodzaju systemu i stosowanych w nim materiałów wiążących konieczne może być równoległe z klejeniem mechaniczne mocowanie płyt styropianowych przy użyciu kołków kotwiących. Mocowanie tego typu niezbędne jest tam, gdzie występuje słabe podłoże lub izolowane są wysokie budynki. Bardzo ważnym jest użycie styropianu sezonowanego (dystrybutorzy mają zakaz sprzedawania niesezonowanego styropianu, ale rzeczywistość jest różna), aby wyeliminować efekty skurczu technologicznego, przy użyciu niesezonowanego materiału po pewnym czasie powstają szczeliny pomiędzy płytami, a więc miejsca wychłodzeń. Wszystkie systemy zewnętrznego izolowania ścian, obecne na polskim rynku budowlanym, muszą posiadać aprobatę techniczną, wydawaną przez Instytut Techniki Budowlanej w Warszawie.

## ***Ocieplenie stropów nad nieogrzewanymi piwnicami***

Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi są elementami budynku, które zazwyczaj tracą 5–10% ciepła. Ocieplenie wykonuje się głównie od strony pomieszczeń piwnic przez zamocowanie płyt izolacyjnych, głównie styropianowych do stropów (podwieszanie lub przyklejanie).

## **Ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem, dach, stropodach**

Dachy, stropodachy i stropy nad ostatnią kondygnacją są elementami budynku, które zazwyczaj tracą 8–20% ciepła.

Najprostszym sposobem zaizolowania stropów nad ostatnią kondygnacją oddzielających pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanego poddasza jest ułożenie warstw izolacyjnych wprost na stropie i jeżeli poddasze nie jest użytkowe, to w zasadzie nie jest konieczna dalsza obróbka i wykonywanie utwardzenia posadzki. W przypadku poddaszy użytkowych oprócz izolacji o wzmocnionych parametrach (utwardzanych) należy wykonać zabezpieczenie chroniące przed uszkodzeniem warstwy izolacyjnej poprzez wykonanie odeskowania lub wylewki gładzi cementowej.

Tego typu ocieplenie jest stosunkowo prostym i tanim sposobem na zaoszczędzenie kilku do kilkunastu procent ciepła rocznie.

W sytuacji stropodachów wentylowanych, gdzie powyżej stropu nad najwyższą kondygnacją, a pod płytami dachowymi znajduje się wentylowana, zazwyczaj kilkudziesięciocentymetrowa warstwa pustki



powietrznej. Dostęp do takiej pustki jest bardzo trudny i wykonanie ułożenia warstw z mat izolacyjnych nie jest praktycznie możliwe. W takim przypadku stosuje się metodę polegającą na wdmuchiwanu do zamkniętej przestrzeni stropodachu granulatu materiału izolacyjnego, który tworzy grubą warstwę ocieplającą. Metoda taka wymaga użycia specjalistycznego sprzętu, zdolnego do wdmuchiwania granulatu.

Ocieplenie stropodachów pełnych wykonuje się przez ułożenie dodatkowych warstw izolacyjnych i pokryciowych na istniejącym pokryciu dachowym.

### **Modernizacja okien i drzwi zewnętrznych**

Okna są elementami budynku, które zazwyczaj tracą 10–15% ciepła, a w przypadku okien nieszczelnych straty te znacznie rosną, nawet 30% i więcej.

Najbardziej rozpowszechnionym i najsukuteczniejszym sposobem zmniejszenia strat ciepła jest wymiana istniejących okien na nowoczesne, energooszczędne okna. Rynek obecnie jest bardzo bogaty w różnego rodzaju ofertę okien, od drewnianych, aluminiowych po najpopularniejsze – wykonywane z tworzywa sztucznego. Wybór jest również po stronie szklenia, dostępne są okna podwójnie szklone, potrójnie, a także z różnego rodzaju szkła specjalnego, niskoemisyjne, bezpieczne itp. Również wypełnienie przestrzeni międzyszybowej może być wykonane z różnego rodzaju gazów, które mają wpływ na jakość okien. Często wymiana okien to nie tylko zabieg poprawiający efektywność cieplną, ale również zabieg poprawiający bezpieczeństwo użytkowania, jak i samą użyteczność okien (stare, wyeksploatowane okna często nie mają nawet możliwości otwierania). Tak więc mimo wysokich kosztów związanych z wymianą okien uzyskuje się wiele korzyści dodatkowych, jak np. poprawienie warunków akustycznych, szczelność, łatwość konserwacji (brak konieczności malowania okien z PCV).

Innym sposobem zmniejszenia strat ciepła jest zmniejszenie powierzchni okien tam, gdzie ich powierzchnia jest zdecydowanie za duża w stosunku do potrzeb naświetlenia naturalnego, częste zjawisko w przypadku budynków użyteczności publicznej, gdzie nierzadko całe ciągi komunikacyjne, czy klatki schodowe przeszklone są stolarką okienną, często stalową lub aluminiową o bardzo złych parametrach izolacyjnych.

### **Budownictwo pasywne**

Budynek pasywny jest kolejnym etapem w podejściu do oszczędzania energii we współczesnym budownictwie. Znajduje się na drodze pomiędzy budynkiem energooszczędnym a budynkiem zero energetycznym (samowystarczalnym). Niewątpliwą zaletą budynków pasywnych jest wykorzystanie istniejących, sprawdzonych rozwiązań, a nie tworzenie nowych, przez co uzyskuje się dużą niezawodność obiektów wykonanych w tej technologii. Ponadto technologia ta doczekała się licznych realizacji, zwłaszcza w państwach „starej” Unii Europejskiej.

Technologia budynków pasywnych charakteryzuje się tym, że korzysta się w niej z materiałów lepszej jakości niż te stosowane standardowo w trakcie budowy nowych obiektów. Dzięki takiemu podejściu, oprócz znacznego zmniejszenia zapotrzebowania na energię do ogrzewania, nawet o 85%, dodatkowo uzyskujemy wzrost trwałości i podniesienie wartości rynkowej budynku.

Co bardzo istotne, koncepcja budynku pasywnego niejako naturalnie łączy się z kwestią wykorzystywania odnawialnych źródeł energii. Budynki wykonane w omawianej technologii wykazują dużo mniejsze zapotrzebowanie na energię niż budynki tradycyjne. Prowadzi to do obniżenia kosztów związanych z zastosowaniem takich rozwiązań, jak pompy ciepła, kolektory słoneczne czy gruntowe wymienniki ciepła. Już znacznie mniejsze i tańsze instalacje tego typu są w stanie pokryć zapotrzebowanie na ciepło w budynku.

Wszystkie przegrody zewnętrzne budynku, a więc: ściany, dach, okna czy podłoga na gruncie posiadają bardzo niski współczynnik przenikania ciepła. Jest on odpowiednio 2–3-krotnie mniejszy niż w przypadku budownictwa standardowego (w rozumieniu obecnych wymogów stawianych budynkom nowo budowanym).

Takie rozwiązanie pozwala zminimalizować straty ciepła przez przegrody, a w przypadku okien na uzyskanie dodatniego bilansu energetycznego (większe zyski ciepła od słońca niż straty przez przenikanie ciepła przez okna). Ponadto budynek pasywny musi być szczelny dla powietrza, aby zapobiec niekontrolowanej ucieczce ciepła wraz z wydostającym się powietrzem.

Cechą wyróżniającą domy pasywne jest sposób ich ogrzewania. Budynki pasywne nie są bowiem wyposażone w typowe instalacje grzewcze, z jakimi zwykle mamy do czynienia. Budynki te nie posiadają hydraulicznej instalacji grzewczej, tak więc nie ma w nich grzejników czy ogrzewania podłogowego. Ogrzewanie budynku jest natomiast realizowane w połączeniu z wentylacją mechaniczną. Pamiętajmy, że budynek powinien być tak zaprojektowany i wykonany, aby jego jednostkowe zapotrzebowanie na ciepło było zbliżone do poziomu 15 kWh/m<sup>2</sup> na rok. Przy tak niskim zużyciu energii wystarczy ogrzewanie powietrza wentylacyjnego nawiewanego do pomieszczeń, np. za pomocą nagrzewnicy umieszczonej w rekuperatorze lub za pomocą pompy ciepła powietrze–powietrze.

## 2.6. Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej

Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej jest skutecznym sposobem racjonalizacji zużycia paliw. Obecny stan techniki i bogata oferta rynkowa w zakresie urządzeń służących do skojarzonego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej w oparciu o rozmaite paliwa powinny stanowić – dla przedsiębiorstw produkcyjnych i podmiotów świadczących usługi na rzecz społeczeństwa – zdecydowaną zachętę do rozważenia możliwości zastosowania kogeneracji we własnych obiektach i instalacjach.

Oczywiście zawsze należy przeprowadzić staranną analizę ekonomiczną, uwzględniającą relacje nakładów inwestycyjnych, kosztów eksploatacyjnych i amortyzacji na tle obecnych i przewidywanych kosztów i cen energii i ciepła w danej lokalizacji.

Wszelako obowiązujące w Polsce przepisy i systemy wspierające kogenerację są nakierowane na wspieranie tego rodzaju inwestycji. Nie sposób w krótkim poradniku odnieść się do wszystkich zapisów i regulacji w tym zakresie, ale należałoby wspomnieć przynajmniej te najważniejsze, bardzo skrótowo.

Podstawowy dokument polityczny w UE stanowi *Dyrektywa EC/2004/8*, w której m.in. zapisano, że: „Potencjał kogeneracji jako metody oszczędzania energii jest obecnie wykorzystywany przez Wspólnotę w niewystarczającym stopniu. Promowanie wysokowydajnej kogeneracji w oparciu o zapotrzebowanie na ciepło użytkowe stanowi priorytet Wspólnoty ze względu na związane z nią potencjalne korzyści w zakresie oszczędzania energii pierwotnej, unikania strat sieciowych oraz ograniczania emisji szkodliwych substancji, w szczególności gazów cieplarnianych. Ponadto efektywne użytkowanie energii poprzez kogenerację może wpłynąć pozytywnie na bezpieczeństwo dostaw energii oraz konkurencyjność Unii Europejskiej i jej Państw Członkowskich. Należy zatem podjąć środki, które zapewnią lepsze wykorzystanie potencjału kogeneracji w ramach wewnętrznego rynku energii”.

W praktyce w Polsce obowiązuje wiele przepisów, mających na celu wdrażanie zapisów Dyrektyw UE, związanych z kogeneracją i innymi aspektami efektywności energetycznej w tym obszarze. Najważniejsze akty prawne obejmują całą gamę zagadnień. Jednym z najważniejszych aktów prawnych jest *Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z 9 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej wytwarzanej w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła*, który to akt prawny nakłada na przedsiębiorstwo energetyczne obowiązek zapewnienia – w skali rocznej – sprzedaży energii elek-

trycznej odbiorcom końcowym tak, aby stopniowo osiągnąć udział energii elektrycznej pochodzącej ze skojarzonych źródeł energii wynoszący 16% w 2010 r.

Ustawa z 12 stycznia 2007 r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne, ustawy – Prawo ochrony środowiska oraz ustawy o systemie oceny zgodności, wprowadzają zapisy o handlu tzw. „czerwonymi certyfikatami”. Jest to mechanizm, który mocno i nowatorsko wspiera stosowanie kogeneracji. Dla niektórych przedsiębiorstw istotnym wsparciem w zakresie inwestowania w kogenerację może okazać się komunikat prezesa URE w sprawie możliwości uznania gazów specjalnych za paliwa gazowe, na potrzeby wydawania świadectw pochodzenia z kogeneracji. Generalnie chodzi tu o możliwość uznania niektórych gazów specjalnych za paliwa gazowe. Dzięki takiemu podejściu – a dotyczy to licznych przedsiębiorstw – możliwe jest uzyskanie uprawnienia do korzystania z systemu wsparcia zapisanego w ustawie Prawo energetyczne. Wspomniany komunikat Prezesa URE, do gazów specjalnych, mogących znaleźć zastosowanie w układach kogeneracyjnych, zalicza między innymi:

- gazy z procesów zgazowania paliw stałych (np. węgla),
- gazy syntezowe,
- gaz z odmetanowania kopalń,
- gaz koksowniczy,
- inne gazy odpadowe z procesów technologicznych (głównie hutniczych i chemicznych) – m.in. gaz gardzielowy.

Znaczące wsparcie dla kogeneracji wnosi również obecna strategia i polityka energetyczna Polski, a ponadto oczekuje się dalszego wprowadzania mechanizmów wspierających, definiowanych w tego rodzaju dokumentach, w przyszłości. Według obecnego stanu prawnego i w oparciu o dostępne mechanizmy finansowe, wsparcie inwestycji w zakresie wysokosprawnej kogeneracji może następować z wykorzystaniem środków Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko oraz ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

## **2.7. Ciepło odpadowe, wymienniki oraz pompy ciepła**

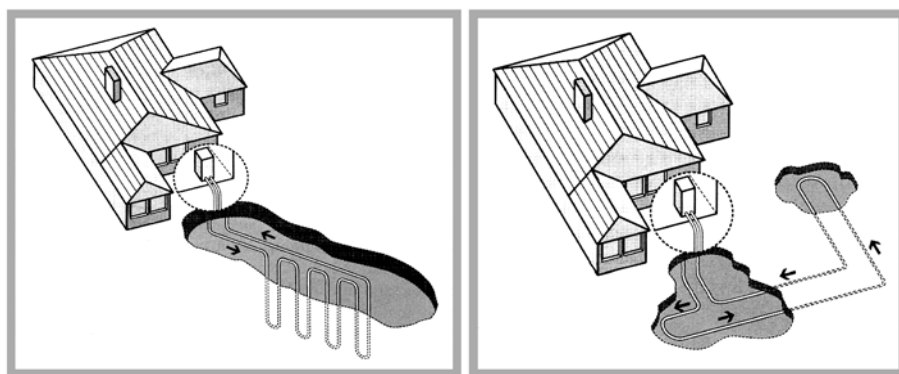
Otoczające nas powietrze, wody powierzchniowe i głębinowe też są źródłem ciepła, ale mają niską temperaturę. Są to powierzchniowe źródła ciepła. Pozyskiwanie i użytkowanie ciepła niskotemperaturowego, pochodzącego z takich źródeł, jak powietrze, woda czy gleba jest możliwe dzięki urządzeniom nazwanym pompami ciepła.

Pompa ciepła odbiera ciepło z otoczenia – gruntu, wody lub powietrza – i przekazuje je do instalacji c.o. i c.w.u, ogrzewając w niej wodę, albo do instalacji wentylacyjnej, ogrzewając powietrze nawiewane do pomieszczeń. Przekazywanie ciepła z zimnego otoczenia do znacznie cieplejszych pomieszczeń jest możliwe dzięki zachodzącym w pompie ciepła procesom termodynamicznym. Do napędu pompy potrzebna jest zazwyczaj energia elektryczna. Jednak ilość pobieranej przez nią energii jest kilkakrotnie mniejsza od ilości dostarczanego ciepła.

Pompy ciepła najczęściej odbierają ciepło z gruntu. Przez cały sezon letni powierzchnia gruntu chłonie energię słoneczną, akumulując ją coraz głębiej, ilość zakumulowanego ciepła zależy oczywiście od pory roku. Aby odebrać ciepło, niezbędny jest do tego wymiennik ciepła, który najczęściej wykonywany jest z długich rur z tworzywa sztucznego lub miedzianych powlekanych tworzywem. Przepływający nimi czynnik ogrzewa się od gruntu, który na głębokości ok. 2 m pod powierzchnią ma zawsze dodatnią temperaturę.

W przypadku pomp ciepła wykorzystujących ciepło z gruntu lub z wody niezbędny jest wymiennik, za którego pośrednictwem ciepło dostarczane będzie do parownika pompy (w małych układach krąży

czynnik roboczy pompy, więc rury wymiennika są jednocześnie parownikiem). W zasadzie prawidłowe wykonanie oraz dobór wielkości wymiennika determinuje poprawne funkcjonowanie pompy i jest najbardziej kłopotliwym etapem instalowania urządzenia.



Rysunek 20. Gruntowe pompy ciepła

Najczęściej spotykanymi wymiennikami są wymienniki gruntowe, w kilku różnych wariantach ułożenia. Zazwyczaj układa się je poziomo, w jednej lub dwóch płaszczyznach albo w formie spirali. Stabilna, jednakowa przez cały rok temperatura gruntu występuje na głębokości powyżej 10 m. Jest ona w przybliżeniu równa średniorocznej temperaturze powietrza (w naszych warunkach wynosi ok. 8°C). Jednak ze względu na wysoki koszt robót poziome wymienniki układa się na głębokości 1,5–2 m, gdzie temperatura zmienia się od 11–17°C w lecie oraz od 0–5°C zimą. Wysokość temperatury zależy w dużym stopniu od nasłonecznienia terenu i właściwości fizycznych gleby, dlatego przed wykonaniem wymiennika powinno się ją zbadać, bo zbyt optymistyczne założenie temperatury gruntu wokół wymiennika będzie skutkowało niedostateczną wydajnością pompy ciepła, a w konsekwencji problemem z dogrzaniem obiektu. Najlepsze warunki do pozyskania ciepła występują w mokrym gruncie gliniastym. Gęstość strumienia ciepła, od której zależy efektywność wymiennika gruntowego, wynosi w nim 40–50 W/m<sup>2</sup>, podczas gdy w gruncie suchym tylko 10–30 W/m<sup>2</sup>, czyli nawet pięciokrotnie mniej.

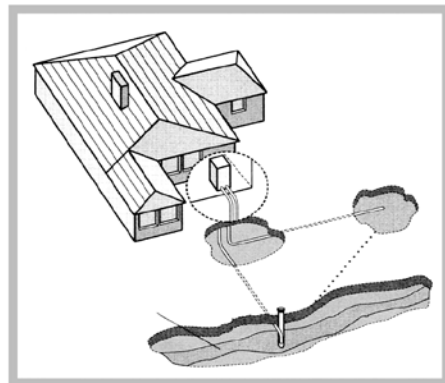
Aby moc pompy ciepła wynosiła 15 kW, konieczne jest wykonanie wymiennika o długości rur wynoszącej około 700 m. W zależności od sposobu ułożenia (jedna lub dwie płaszczyzny, spirala) trzeba na nie przeznaczyć powierzchnię od kilkudziesięciu do kilkuset metrów kwadratowych. Ze względu na opory przepływu długość jednej pętli rury o średnicy 1" może wynosić maksymalnie ok. 200 m, jeśli zaś rura ma średnicę 1,5", jej długość może sięgać 350 m. Jeżeli na działce nie ma dostatecznej ilości miejsca do ułożenia rur w poziomie, wykonuje się wymienniki pionowe. Wymaga to z kolei wywiercenia w ziemi kilku otworów o długości ok. 20 m, oddległych od siebie przynajmniej 5 m i włożenia do każdego jednej pętli rur. Jest to zdecydowanie trudniejsze niż wykonanie wymiennika poziomego, gdyż wymaga zatrudnienia wykonawców ze specjalistycznym sprzętem i dlatego kosztuje znacznie więcej. Jest to opłacalne jedynie na działce o bardzo niskim poziomie wód gruntowych.

Pozyskanie ciepła z wody jest bardziej kłopotliwe. Przede wszystkim trzeba mieć do niej dostęp. W przypadku wód powierzchniowych (rzek, jezior), których temperatura waha się między 0 a 10°C, problemy wynikają z zamarzania parownika, co oznacza unieruchomienie pompy. Poza tym w celu uzyskania niezbędnej ilości ciepła konieczne jest przepompowanie stosunkowo dużej ilości wody. Do osiągnięcia mocy 10 kW potrzebny jest przepływ ponad 2 m<sup>3</sup>/h wody o temperaturze 5°C. Zużycie energii do napędu pompy wymuszającej taki przepływ wpływa niekorzystnie na sprawność układu, podobnie jak zanie-

czyszczenie wody, które powoduje konieczność stosowania układów filtrujących i wymienników pośrednich. Wszystko to znacznie podnosi koszt inwestycji.

Efektywnym źródłem ciepła jest woda gruntowa, która przez cały rok ma temperaturę ok. 10°C. Aby ją wykorzystać, trzeba wywiercić studnię o wydajności przynajmniej 1,5 m<sup>3</sup>/h. Pompowana w niej woda będzie oddawać ciepło w parowniku. Następnie trzeba ją odprowadzić do drugiej studni, tzw. chłonnej. Jeśli jej chłonność jest niewystarczająca, trzeba wywiercić więcej studni, co oczywiście znacznie podnosi koszt inwestycji. Istotne jest, aby woda nie była zbyt twarda – kamień osadzający się na wymienniku ograniczy wymianę ciepła. Jeżeli woda będzie zawierała dużo żelaza i manganu, szybko zniszczy pompę i wymiennik.

Powietrzna pompa ciepła wykorzystuje jako dolne źródło ciepła powietrze i jest najmniej kłopotliwa do zainstalowania. Nie potrzebuje zewnętrznego wymiennika ciepła. Powietrze zasysane jest do jej wnętrza przez wentylator i bezpośrednio omywa parownik, oddając ciepło czynnikowi robocznemu krążącemu w obiegu wewnętrznym pompy. Powietrze to może pochodzić z zewnątrz, ale jej wydajność jest tym mniejsza, im niższa jest temperatura powietrza. Poniżej -10°C pompa w ogóle nie pracuje. Innym rozwiązaniem jest pompa odzyskująca ciepło z powietrza wywiewanego z pomieszczeń, którego temperatura wynosi na ogół ok. 20°C. Powietrzna pompa ciepła sprawdza się w naszym klimacie jako urządzenie do podgrzewania wody użytkowej. Do ogrzewania pomieszczeń można ją stosować tylko z drugim źródłem ciepła, które zastąpi ją w czasie dużych mrozów.



## Efektywność pompy ciepła

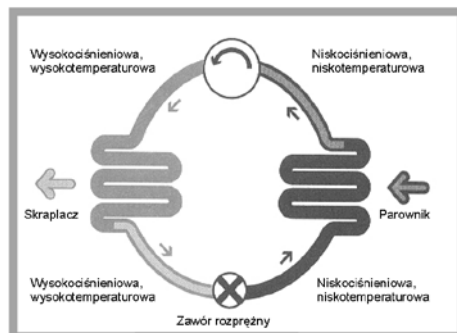
Sprężarkowe pompy ciepła są najpopularniejszym rodzajem pomp. Urządzenie wykorzystuje zjawisko pobierania ciepła w niskiej temperaturze podczas odparowania cieczy, a następnie po sprężeniu pary – skraplania z oddawaniem ciepła. Ciepło z dolnego źródła (gruntu, wody, powietrza) odebrane w parowniku przez czynnik roboczy, jest oddawane w skraplaczu do instalacji grzewczej, w której jest zwykle ogrzewana woda, ewentualnie powietrze.

Zazwyczaj niezbędną energię do czynnika roboczego dostarcza się z sieci elektrycznej. Dwie spośród wielu wartości, które charakteryzują pompy ciepła to moc grzewcza oraz pobór mocy elektrycznej. Stosunek tych wartości określany jest jako współczynnik efektywności pompy ciepła (**COP**).

Moc cieplna pompy jest podawana w ściśle określonym zakresie temperatur, który z kolei zależy od rodzaju dolnego i górnego źródła ciepła. Moc pompy ciepła dobiera się na podstawie uprzednio oszacowanego zapotrzebowania cieplnego budynku.

Współczynnik efektywności w sprężarkowych pompach ciepła jest tym wyższy, im mniejsza jest różnica temperatur pomiędzy górnym a dolnym źródłem.

Sprężarkowe pompy ciepła mają ograniczone parametry pracy. Wynika to z rodzaju zastosowanego w obiegu wewnętrznym czynnika oraz technicznych



Rysunek 21. Pompa ciepła

parametrów sprężarki. Dla sprężarkowych pomp można przyjąć następujące zakresy temperaturowe dolnego i górnego źródła ciepła:

- dolne źródło ciepła: od  $-7^{\circ}\text{C}$  do  $25^{\circ}\text{C}$ ,
- górne źródło ciepła: od  $25^{\circ}\text{C}$  do  $60^{\circ}\text{C}$ .

Parametrami określającymi ilościowo dolne źródło ciepła są: zawartość ciepła, temperatura źródła i jej zmiany w czasie; natomiast od strony technicznej istotne są: możliwość ujęcia i pewność eksploatacji.

Górne źródło ciepła stanowi instalacja grzewcza, jest ono więc tożsame z potrzebami cieplnymi odbiorcy. Parametry techniczne pomp ciepła ograniczają ich przydatność do następujących celów:

- ogrzewania podłogowego:  $25\text{--}29^{\circ}\text{C}$ ,
- ogrzewania sufitowego: do  $45^{\circ}\text{C}$ ,
- ogrzewania grzejnikowego o obniżonych parametrach: np.  $55/40^{\circ}\text{C}$ ,
- podgrzewania ciepłej wody użytkowej:  $55\text{--}60^{\circ}\text{C}$ ,
- niskotemperaturowych procesów technologicznych:  $25\text{--}60^{\circ}\text{C}$ .

Nie jest to wcale mały obszar zastosowania. Wskutek budowy dobrze izolowanych termicznie budynków temperatura obliczeniowa powierzchni grzejnych jest coraz niższa.

Ze względów ekonomicznych oraz strat wynikających z przesyłu ciepła pompy ciepła powinno się montować w pobliżu źródeł ciepła, zarówno dolnego, jak i górnego.

## **2.8. Kolektory słoneczne i ogniwa fotowoltaiczne, ściany solarne**

W Polsce, w zależności od miejsca, słońce dostarcza w ciągu roku od 900 kWh do 1200 kWh energii na każdy  $\text{m}^2$  powierzchni poziomej.

W uproszczeniu przyjmuje się, że średnio w Polsce do  $1\text{ m}^2$  powierzchni dociera w ciągu roku 1000 kWh energii słonecznej, co odpowiada energii zawartej w 100 litrach oleju opałowego. Nie jest to ilość mała, ale i nie na tyle duża, aby w 100% pokryć zapotrzebowanie na energię potrzebną do ogrzewania naszych budynków, zwłaszcza że efektywnie można wykorzystać 30–50% rocznego promieniowania słonecznego. Z tego względu instalacje solarne w Polsce służą głównie do celów przygotowania ciepłej wody użytkowej i sporadycznie jako wspomaganie systemu ogrzewania. Do obliczeń konkretnych przypadków instalacji solarnych należy przyjmować dokładne wartości promieniowania słonecznego dla danej lokalizacji.

### ***Powietrzne kolektory słoneczne***

Oparte o powietrzne kolektory słoneczne systemy solarnego podgrzewania powietrza (SPP) wykorzystują energię promieniowania słonecznego do podgrzewania powietrza. Ogrzane w ten sposób powietrze można wykorzystać do wentylacji budynku lub do procesów technologicznych, które wymagają ciepłego powietrza, takich jak np. suszenie. Ponieważ słońce nie świeci na Ziemi przez cały czas jednako intensywnie, systemy solarnego podgrzewania powietrza zazwyczaj dostarczają jedynie pewną część energii wymaganej do ogrzania powietrza wentylacyjnego lub technologicznego. W ten sposób systemy te pozwalają na zmniejszenie zapotrzebowania na energię konwencjonalną, pochodzącą np. z gazu ziemnego czy oleju opałowego, przez co generują znaczne oszczędności.

Korzyści wynikające z solarnego podgrzewania powietrza nie dotyczą tylko podgrzewu powietrza. Tego typu systemy solarne równocześnie spełniają funkcję układów zwiększających odporność budynku na warunki pogodowe.

Kolektor słoneczny stanowi zwykle pomalowana na ciemny kolor płyta stalowa lub aluminiowa, w której wykonano perforację w postaci bardzo drobnych, regularnie rozmieszczonych otworków. Woda,



renowacji zewnętrznej, ale może wymagać niewielkich modyfikacji istniejącego układu wentylacji. Jeśli koszt energii jest wysoki, solarne podgrzewanie powietrza może być finansowo korzystne jako składnik modernizacji lub jako źródło ciepła procesowego, tylko dzięki wnoszonym korzyściom energetycznym.

Kolor czarny absorbuje więcej energii słonecznej niż inne kolory, ale nie zawsze stanowi on najlepszy wybór w przypadku kolektora słonecznego. Większość ciemnych kolorów może przetworzyć 80 do 95% padającej na nie energii słonecznej na ciepło, tak że zamiana koloru czarnego na inny ciemny kolor zmniejsza wydajność kolektora najwyżej o 15%. W związku z tym względy architektoniczne są często bardziej istotne, niż niewielka poprawa działania kolektora, jaką zapewniłby kolor czarny.

Kiedy w budynku nie przebywają osoby, zapotrzebowanie na wentylację i podgrzewanie powietrza energią słoneczną maleje. To powoduje, że solarne podgrzewanie powietrza jest bardziej konkurencyjne wówczas, gdy w budynku jego użytkownicy przebywają przez całą dobę, również w weekendy i wakacje.

Kolektor słoneczny najłatwiej jest zainstalować na ścianie, w której nie ma okien ani drzwi przechodzących przez kolektor, ale jeśli jest to konieczne, można się dostosować i do innej sytuacji.

Systemy solarne podgrzewania powietrza generują małe lub wcale nie generują kosztów utrzymania. Letnie obejście żaluzjowe może być obsługiwane w taki sam sposób, jak inne tego typu elementy układu wentylacji. Wentylatory układu wentylacji budynku wymagają takiej samej konserwacji, bez względu na to, czy zasysają powietrze przez kolektor słoneczny, czy przez zwykły wlot. Stalowy kolektor nie ma wymagań dotyczących utrzymania, innych niż te, które miałyby elewacja, jaką zastąpił, a w razie konieczności może być przemalowany. Zabrudzenia nie zmniejszają znacząco sprawności kolektora. Pyłki roślinne, kurz ani śnieg nie zatykają perforacji, a natężenie przepływu powietrza jest zbyt małe, aby spowodować ich zasysanie w kierunku ściany budynku. Przepływ ciepłego powietrza osusza przestrzeń poza kolektorem, dzięki czemu nie jest ona gościnną dla insektów. Każdy z tych względów jest istotny z punktu widzenia właścicieli i projektantów budynków, którzy rozważają zastosowanie podgrzewania powietrza energią słoneczną.

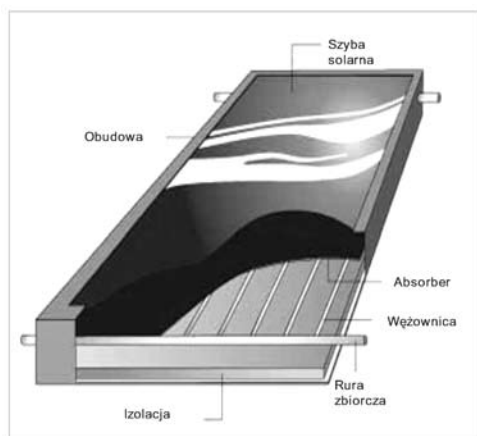
## **Wodne kolektory słoneczne**

W Polsce stosuje się dwa główne typy kolektorów, a mianowicie kolektory płaskie i rurowe (próżniowe). Oba typy różnią się oczywiście budową, co z kolei ma wpływ na ich sprawność oraz jak to zwykle bywa, na cenę. Kolektory próżniowe charakteryzują się wyższą sprawnością aniżeli kolektory płaskie. Dodatkowo można je montować na powierzchniach pionowych (np. na ścianie budynku) lub płasko na powierzchniach poziomych (np. na dachu). W przypadku kolektorów płaskich, dla naszej szerokości geograficznej należy montować je z kątem pochylenia wynoszącym od 35° do 45°. Wszystkie rodzaje kolektorów należy montować od strony południowej, gdzie nasłonecznienie jest największe.

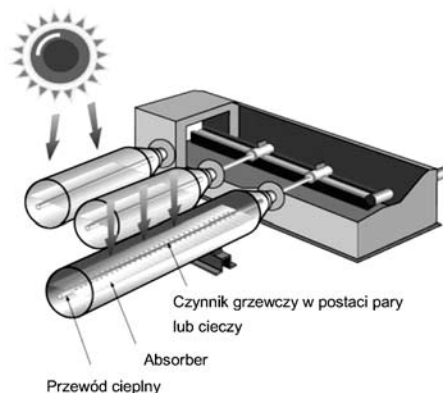
Zasada działania układu kolektorów słonecznych jest stosunkowo prosta. Słońce ogrzewa absorber kolektora i krążący w nim nośnik ciepła, którym zazwyczaj jest mieszanina wody i glikolu. Nośnik ciepła za pomocą pompy obiegowej (rzadziej grawitacyjnie) transportowany jest do dolnego wymiennika ciepła, gdzie przekazuje swoją energię ciepłą wodzie.

Regulator solarny włącza pompę obiegową w przypadku, gdy temperatura w kolektorze jest wyższa od temperatury w dolnym wymienniku. W praktyce przyjmuje się, że opłacalny uzysk energii słonecznej jest możliwy przy różnicy temperatur powyżej 3 K. Gdy różnica ta będzie mniejsza, może się okazać, że zużyta energia elektryczna na pracę pompki obiegowej przewyższa wartością uzyskaną energią słoneczną. W przypadku gdy promieniowanie słoneczne nie wystarcza do nagrzania wody do wymaganej temperatury, to wówczas musimy dogrzać ją przy wykorzystaniu konwencjonalnych źródeł energii. Przykład ten pokazuje jedną z głównych wad układów wykorzystujących energię słoneczną, a mianowicie





**Kolektor płaski**



**Kolektor próżniowy**

Rysunek 23. Kolektory słoneczne

Źródło: RETScreen International

ich dużą zależność od zmiennych warunków pogodowych, co wprowadza konieczność równoległego stosowania układów opartych o energię konwencjonalną, które będą mogły wspomagać oraz w razie konieczności zastąpić energię słoneczną. Ponadto dla optymalnego wykorzystania energii słonecznej powinno się stosować podgrzewacze zasobnikowe do magazynowania energii.

Drugą i zdaje się ostatnią wadą stosowania systemów solarnych jest ich cena. Niestety koszt kompletnej instalacji solarnej wraz z montażem jest duży w stosunku do możliwości budżetowych polskich gospodarstw domowych oraz miast i gmin, do których należą budynki użyteczności publicznej. Koszt jednostkowy kolektora płaskiego w zależności od producenta wynosi od 700 do 1200 zł/m<sup>2</sup>, a dla kolektorów próżniowych koszt ten jest dwukrotnie wyższy. Do tego dochodzą koszty zakupu zasobnika wody, regulatora, instalacji, pompki obiegowej, konstrukcji dla montażu kolektora itp.

Zdecydowanie lepiej wygląda sprawa kosztów samej eksploatacji instalacji solarnej. Praktycznie oprócz kosztu energii elektrycznej zużywanej przez pompkę obiegową o niewielkiej mocy (80 W–360 W) użytkownik nie ponosi żadnych dodatkowych kosztów. Obecnie producenci kolektorów deklarują ich żywotność na ponad 20 lat, tak więc w przypadku odpowiednio dobranej wielkości instalacji jest możliwy zwrot poniesionych nakładów inwestycyjnych z oszczędności kosztów energii. Odpowiedni dobór powierzchni kolektorów zależy od indywidualnych potrzeb energetycznych budynku, jednak istnieją pewne ogólne zasady doboru tego typu urządzeń. I tak, za racjonalne uznaje się instalacje kolektorów słonecznych, które pokrywają około 60% zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz do 30% zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń. Dogrzewanie pomieszczeń z zastosowaniem układów solarnych jest najbardziej wydajne w okresach przejściowych: marzec–kwiecień i wrzesień–październik. Średnio przyjmuje się 1 m<sup>2</sup> kolektora słonecznego na 10 m<sup>2</sup> powierzchni ogrzewanej. Coraz częściej można też spotkać instalacje solarne wykorzystywane do ogrzewania wody basenowej. W okresie od czerwca do sierpnia, utrzymanie temperatury wody na poziomie 23–24°C wymaga zainstalowania 0,4–0,6 m<sup>2</sup> kolektora na m<sup>2</sup> basenu.

Podstawowym powodem stosowania kolektorów słonecznych na całym świecie jest ich wpływ, a może raczej brak ich wpływu na środowisko naturalne. W porównaniu z nowoczesnym kotłem grzewczym już 4 m<sup>2</sup> powierzchni kolektorów słonecznych pozwala uniknąć do jednej tony dwutlenku węgla wyemitowanego do atmosfery!

Głównym warunkiem opłacalności stosowania kolektorów słonecznych jest odbiór i zagospodarowanie wytworzonego ciepła. Dlatego też najlepiej nadają się do tego obiekty o dużym i ciągłym zużyciu ciepłej wody.

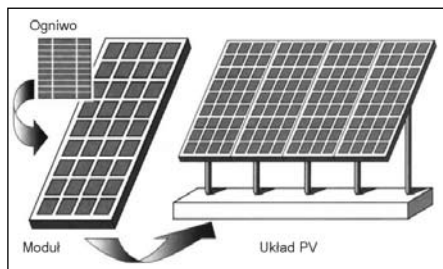
Kolektory słoneczne można w zależności od warunków budowlanych montować zarówno na dachu domu, ustawić na dachu płaskim albo założyć na fasadzie budynku. Producenci kolektorów posiadają bogatą ofertę wyposażenia dodatkowego, które dopuszcza realizację każdej z wymienionych powyżej możliwości.

Szeregowo można łączyć ograniczoną liczbę kolektorów. W zależności od typów kolektorów i od ich producenta zależy maksymalna ilość kolektorów, jaką można w ten sposób połączyć. Gdy istnieje konieczność połączenia w układ większej ilości kolektorów od dopuszczanej przez producenta, to możliwe jest zastosowanie kombinacji połączenia szeregowego z równoległym. Równolegle powinno się łączyć układy szeregowo składające się z tej samej liczby kolektorów.

W przypadku ustawiania większej ilości kolektorów jeden za drugim, na powierzchniach płaskich należy pamiętać o zachowaniu pomiędzy nimi odpowiedniego odstępu, aby nie dochodziło do wzajemnego zacieniania się kolektorów, zwłaszcza w okresie zimowym, gdy słońce znajduje się niżej nad horyzontem.

## Ogniwa fotowoltaiczne (PV)

Na pierwszy rzut oka ogniwa fotowoltaiczne zamontowane na dachu budynku trudno odróżnić od płaskich kolektorów słonecznych. Ogniwa fotowoltaiczne, nazywane bateriami słonecznymi, służą jak już wspomniano do zamiany promieniowania słonecznego w energię elektryczną, a nie w ciepło, jak to ma miejsce w przypadku kolektorów.



Rysunek 24. Ogniwa fotowoltaiczne (PV)

Ogniwo fotowoltaiczne to układ fotoogniw wykonanych z półprzewodnika, zazwyczaj krzemu. Pod wpływem padającego na nie światła słonecznego w ogniwie powstaje napięcie elektryczne, a po podłączeniu odbiornika zaczyna płynąć prąd.

Aby uzyskać odpowiednio wysokie napięcie, ogniwa łączy się szeregowo, natomiast dla zwiększenia mocy baterii, ogniwa łączy się równolegle. Wiele połączonych ze sobą ogniw tworzy tzw. panel.

Systemy fotowoltaiczne mają kilka cech, które dla niektórych użytkowników są równie ważne, jak zdolność tych systemów do generowania energii elektrycznej.

### Po pierwsze, niezawodność

Moduły fotowoltaiczne należą do najbardziej niezawodnych źródeł energii elektrycznej, jaki kiedykolwiek wyprodukowano. Nie zawierają ruchomych części i będą przez dziesięciolecia funkcjonować bez interwencji ze strony człowieka. Jest to zasadnicza cecha dla lokalizacji, gdzie doświadczenie techniczne i infrastruktura potrzebne do obsługi skomplikowanych systemów elektroenergetycznych nie są dostępne po cenach, jakie byłyby możliwe do zaakceptowania przez właściciela systemu. Takie lokalizacje można znaleźć nie tylko w krajach rozwijających się. Istnieją one na całym świecie, a nawet w przestrzeni okołozemskiej (satelity i sondy kosmiczne, które stały się pierwotną motywacją dla rozwoju technologii fotowoltaicznych).

## Po drugie: prostota

Systemy PV zawierają niewiele elementów składowych i podlegają bardzo prostym procedurom w zakresie eksploatacji i utrzymania. Dzięki temu mogą być wykorzystywane przez ludzi, którzy prawdopodobnie nie posiadają umiejętności i wiedzy niezbędnych do eksploataowania generatora napędzane- go paliwem kopalnym.

## Po trzecie, modularność

Moc elektryczna dostarczana przez ogniwa fotowoltaiczne, przy pewnych warunkach nasłonecznie- nia, w znacznym stopniu jest podyktowana przez wielkość i liczbę modułów fotowoltaicznych, zainstalo- wanych w systemie. Po dołożeniu dodatkowych modułów, osiąga się większą moc systemu. Pozwala to na łatwe skalowanie systemu i dopasowanie go w ślad za zmianami w zakresie zapotrzebowania mocy lub dostępności środków inwestycyjnych. Na przykład, jeśli w gospodarstwie planuje się zakup kom- putera za dwa lata, to użytkownicy będą mogli zwiększyć moc systemu wtedy, gdy zapotrzebowanie wzrośnie i nie będą zmuszeni do znalezienia niezbędnych pieniędzy już teraz, żeby z góry zapłacić za jeszcze niepotrzebnie przewymiarowany system.

## Po czwarte, „image”

Niewiele systemów energetycznych przykuwa wyobraźnię tak, jak systemy PV. W świecie krajów roz- winiętych mają one „image” urządzeń hi-tech i ekologicznych, a w krajach rozwijających się PV może stać się symbolem nowoczesności, który zmniejsza złudną atrakcyjność dużych miast.

## Po piąte, bezgłośna praca

Systemy PV wytwarzają energię elektryczną w absolutnej ciszy. Są zatem zbawienne dla ludzi, którzy w przeciwnym razie musieliby żyć lub pracować blisko generatora zasilanego olejem lub benzyną.

Systemy PV wytwarzają prąd stały, dlatego układy z ogniwami fotowoltaicznymi często zawierają podzespoły, które przetwarzają go na prąd przemienny

Ponieważ moduł PV dostarcza niewiele energii w okresach zachmurzenia i nie dostarcza energii w nocy, niepołączone z siecią energetyczną systemy fotowoltaiczne muszą magazynować nadmiarową energię, generowaną w okresach słonecznych. Funkcję tę spełnia bateria akumulatorów lub, w przypad- ku systemów pompowania wody, zbiornik magazynowy wody. Około 90% akumulatorów stosowanych w systemach fotowoltaicznych stanowią akumulatory kwasowo-ołowiowe. O ile akumulator kwasowo- ołowiowy jest stosunkowo tani i powszechnie stosowany, o tyle nie jest tak trwały, jak moduł fotowolta- iczny i wymaga nieco obsługi, takiej jak uzupełnianie wody traconej w czasie jego użytkowania.

Systemy fotowoltaiczne mogą również obejmować elektroniczne układy optymalizacji mocy. Układy te regulują moc wyjściową układów w taki sposób, aby spełniały bieżące wymagania w zakresie prądu i napięcia wymaganych przez odbiorniki. Powszechnie stosowanymi regulatorami są przetworniki, które przetwarzają prąd stały w prąd przemienny. Jeśli układ PV posiada taki przetwornik, to wówczas może zasilać powszechnie stosowane urządzenia zaprojektowane na zasilanie z sieci, takie jak standardowe pralki i telewizory lub może podawać energię wprost do sieci.

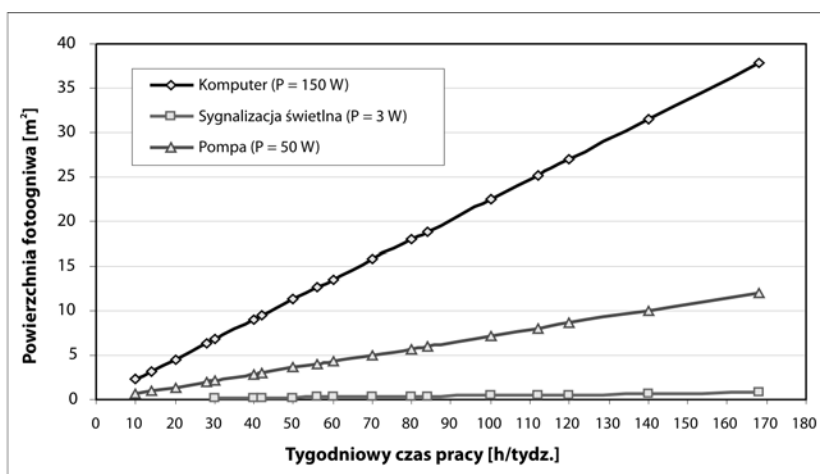
Regulatory obciążenia, stanowiące odrębną grupę urządzeń optymalizujących moc wyjściową, ogra- niczają tę moc w układach ładujących akumulator wtedy, kiedy akumulator jest naładowany. Przetworniki

pełnią funkcję odwrotną do przetworników: przetwarzają prąd przemienny na prąd stały. Pozwala to odbiornikom na prąd stały i akumulatorom pracującym w systemach PV na otrzymanie dodatkowej energii ze źródła prądu przemiennego, takiego jak sieć lub generator wirnikowy. Przetwornik prąd stały-prąd stały pozwala na to, aby układ i odbiorniki pracowały przy różnych napięciach. Można go stosować po to, aby układ PV był eksploatowany przy napięciu, które pozwala wytworzyć największą możliwą moc elektryczną lub też po to, aby wzmocnić prąd zasilający silnik elektryczny lub pompę podczas rozruchu.

Obecnie na rynku istnieje bogata oferta paneli różnej wielkości i mocy. Dostępne są także panele zintegrowane z pokryciem dachowym lub fasadą budynku, a nawet półprzezroczyste moduły, które można montować w oknach.

Systemy PV instalowane na dachach domów mogą mieć moc rzędu kilku kilowatów. Teoretycznie jest więc możliwe zasilanie z nich wszystkich elektrycznych urządzeń domowych. Jednak dla naszej szerokości geograficznej ilość i zmiany promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni ziemi powodują, że systemy te nie w każdych warunkach zapewnią całkowite pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną.

Rozwiązaniem tego problemu może być wielokrotne zwiększenie mocy baterii, jednak wiąże się to również ze zwiększeniem powierzchni ogniwa fotowoltaicznego (patrz rysunek poniżej), a co za tym idzie znacznym zwiększeniem kosztów takiej instalacji.



Rysunek 25. Przykład możliwości zasilania urządzeń elektrycznych za pomocą fotoogniw

Na powyższym wykresie widać, że np. dla zasilania z ogniwa fotowoltaicznych komputera pracującego przez 8 h dziennie, powierzchnia zestawu modułów fotowoltaicznych musiałaby wynosić blisko 40 m<sup>2</sup>. Tak duża powierzchnia wynika z faktu, że aby zapewnić pracę komputera w nocy i w okresach gorszej pogody, należy zakumulować odpowiednią ilość energii w ciągu dnia. Tę odpowiednią ilość energii jest w stanie zapewnić tylko duża powierzchnia baterii słonecznych. Nieco lepiej wygląda sprawa dla odbiorników energii małej mocy (kilka W mocy). Na przykładzie sygnalizacji świetlnej widać, że już ok. 1 m<sup>2</sup> powierzchni fotoogniwa w połączeniu z niewielkim akumulatorem zapewni ciągłą pracę sygnalizacji w dzień i w nocy.

Z opisanych powyżej powodów, dla zasilania większych odbiorników ogniwa fotowoltaiczne nie są stosowane jako jedyne źródło energii elektrycznej dla budynku. Zwykle stosuje się je w połączeniu z generatorami spalinowymi, gazowymi czy wiatrowymi. W takim przypadku mówimy o układach hy-

brydowych. Układy te wymagają nieco bardziej skomplikowanego systemu kontroli i regulacji niż układy wolno stojące.

Ich eksploatacja praktycznie nic nie kosztuje, jednak cena kompletnego systemu PV, w skład którego obok ogniw wchodzi akumulatory, regulatory sterujące procesem ich ładowania i rozładowania, regulator napięcia oraz falownik zamieniający wytwarzany przez baterie prąd stały na przemienny jest bardzo wysoki. Koszt takiej małej elektrowni słonecznej o mocy ponad 5 kW to obecnie wydatek znacznie przekraczający 100 tys. zł.

Jest jednak szansa na znaczną poprawę konkurencyjności tej technologii. Rozwój technologii produkcji ogniw fotowoltaicznych postępuje bardzo dynamicznie i uzyskiwane są coraz lepsze ich osiągi przy jednoczesnym ograniczeniu ich kosztu, co w niedługim czasie może spowodować ogromny wzrost popularności tych urządzeń.



### 3. Racjonalnie wydaję pieniądze – liczę efektywność ekonomiczną przedsięwzięć

#### 3.1. Rachunek ekonomiczny – nakłady, efekty, okres zwrotu

Do wyliczeń zastosujemy rachunek dyskonta, czyli będziemy uwzględniać wartość pieniądza w czasie.

Obecny nominal pieniądza np. 1000 zł za 10 lat będzie miał inną wartość, inną siłę nabywczą. Po pierwsze dlatego, że mamy prawie zawsze do czynienia z inflacją, czyli z corocznym wzrostem cen dóbr i usług w gospodarce, a po drugie – zawsze alternatywną inwestycją jest złożenie pieniędzy w banku na pewien procent (stopa procentowa depozytów bankowych). Dlatego też, jeżeli stopę procentową (dyskonta) przyjmiemy jako  $i = 5\%/rok$  ( $0,05/rok$ ), to po 5 latach  $F$  – wartość obecnego nominalu 1000 zł –  $P$  wyniesie:

$$F = \frac{1000}{(1+0,05)^5} = \frac{1000}{1,276} = 783 \text{ zł } 53 \text{ grosze.}$$

Ogólnie, jeżeli chcemy przeliczyć wartość bieżącą  $P$  na przyszłą  $F$  po  $n$  latach, przy stopie procentowej  $i$ , to:

$$F = \frac{P}{(1+i)^n}$$

#### Liczę jak w banku – wskaźniki efektywności NPV, IRR, ROI, zdyskontowany okres zwrotu, koszty w cyklu żywotności

W rachunku dyskonta koszt w cyklu żywotności LCC (akronim pochodzi z j. angielskiego: *Life Cycle Cost*) można obliczyć w taki sposób, że coroczne przepływy finansowe (np. koszty operacyjne), będzie się przeliczać na okres początkowy, to znaczy na tę chwilę, w której ponosimy koszty początkowe  $K_p$  (na czas „0”).

Stąd:

$$LCC = K_p + \sum_{n=1}^{n=t} \frac{Kop}{(1+i)^n} - \frac{SV}{(1+i)^t}$$

gdzie:  $n = 1 \dots 25$  kolejny rok kosztów,

$t = 25$  lat długość cyklu żywotności,

$i = \%/rok$  stopa procentowa,

$SV$  – końcowa wartość urządzeń systemu (po 25 latach).

Dla uproszczenia przyjmijmy:  $SV = 0$

Obliczenie LCC można uprościć, jeżeli przyjmie się założenie, że roczne koszty operacyjne w całym cyklu żywotności  $t$  są stałe, czyli  $Kop = const$ .

Wtedy

$$LCC = Kp + Kop \sum_{n=1}^{n=t} \frac{1}{(1+i)^n}$$

Sumę  $\sum_{n=1}^{n=t} \frac{1}{(1+i)^n}$  można obliczyć i wynosi ona:

$$\sum_{n=1}^{n=t} \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1-(1+i)^{-t}}{i} = \frac{1}{CRF}$$

Więc wyrażenie CRF wynosi

$$CRF = \frac{i}{1-(1+i)^{-t}}$$

i nazywa się ratą rozszerzonej reprodukcji lub współczynnikiem odzysku kapitału.

Wartość CRF obliczamy komputerowo lub szukamy w tablicach. Korzyść z uproszczenia ( $Kop = \text{const}$ ) jest taka, że nie musimy rozpisać sumy na 25 członów (dla każdego roku z 25 lat), lecz koszt w cyklu żywotności liczymy jak:

$$LCC = Kp + \frac{Kop}{CRF}$$

Na przykład, przy założeniu, że stopa procentowa  $i = 5\%/rok$

Oblicza się CRF:

$$CRF = \frac{0,05}{1-(1+0,05)^{-25}} = 0,0710$$

W przypadku analizowania wartości oszczędności kosztów energii na przestrzeni cyklu żywotności urządzenia wytwarzającego energię, np. 25 lat, wartość oszczędności kosztów energii sprowadzona do roku początkowego (0), maleje wraz z upływem lat, bo mnoży koszty energii w danym roku przez współczynnik  $\frac{1}{(1+0,05)^n}$

gdzie:  $n$  oznacza dany, kolejny rok.

Na ogół, w przypadku porównywania dwóch opcji urządzeń wytwarzających energię, które znacznie różnią się wysokością kosztów początkowych, silniejszy wpływ na wynik ma koszt początkowy  $Kp$  w roku 0, aczkolwiek oszczędności bieżące, wynikające z samej eksploatacji urządzeń też mają znaczenie. Wynik zawsze jest przypisany indywidualnej sytuacji. Koszty w cyklu żywotności dla każdego z rozpatrywanych wariantów możemy policzyć jak niżej:

$$LCC = Kp + \sum_{n=1}^{n=t} \frac{Ke, o(1+re)^n}{(1+i)^n}$$

gdzie:  $re$  – stopa wzrostu cen energii elektrycznej

$Ke, o$  – koszt operacyjny równy kosztowi energii elektrycznej w roku zerowym (budowy instalacji).

Policzmy, ile będzie wynosił zdyskontowany okres zwrotu kapitału własnego DPBP (własnych wydatków), jeżeli np. w modelu finansowym zakłada się 50% wydatków własnych, 50% dotacji z funduszu ekologicznego, odpowiednio, w kosztach początkowych  $Kp$ .



Zastosujemy definicję zdyskontowanego okresu zwrotu kapitału DPBP.

Jest to rok, w którym wydatki do tego czasu ponoszone i oszczędności się równoważą, to znaczy:

$$NPV = \Delta Kp + \sum_{n=1}^{n=DPBP} \frac{\Delta Kop}{(1+i)^n} = 0$$

gdzie: NPV – wartość bieżąca netto,

$\Delta Kp$  – różnica kosztów początkowych,

$\Delta Kop$  – różnica kosztów operacyjnych,

DPBP – rok, w którym zdyskontowane poniesione wydatki równoważą się z wartością oszczędności, czyli  $NPV = 0$ ,

$\Delta$  – różnica między dwoma wariantami inwestycji, na korzyść wariantu o niższych kosztach w cyklu żywotności.

Takie ujęcie NPV stosujemy wtedy, kiedy porównujemy warianty, a NPV tworzy się z różnicy kosztów dwóch wariantów.

Jeżeli, jak poprzednio założyliśmy, że koszty operacyjne Kop to tylko koszty energii  $K_e$  i cena energii elektrycznej rośnie o  $re = 3\%/rok$  oraz uzyskano 50% grantu dla poniesienia kosztu początkowego, to wyrażenie  $NPV = 0$  przekształca się jak niżej:

$$\sum_{n=1}^{n=DPBP} \frac{(K_{e,A} - K_{e,B})(1+re)^n}{(1+i)^n} = \Delta Kp$$

Z pomocą arkusza kalkulacyjnego liczymy lewą stronę wyrażenia L, a wartość tego wyrażenia dla danego roku n (od 1 do 25) oraz sumę narastającą do danego roku.

### **Mierzenie efektów podejmowanych działań – czy cel został osiągnięty?**

Zastosowanie odnawialnych źródeł energii wiąże się ze zmniejszeniem emisji zanieczyszczeń środowiska w porównaniu z systemem energetycznym opartym na wykorzystaniu paliw kopalnych.

Dla budynków zmniejszenie emisji zanieczyszczeń, np. powietrza może występować:

- bezpośrednio, jeżeli budynek ma własne źródło energii, np. wytwarzania ciepła w kotle do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody do mycia,
- pośrednio, jeżeli budynek zasilany jest tylko w sieciowe nośniki energii, jak: energia elektryczna, ciepło sieciowe i zmniejszamy zużycie tych nośników przez zastosowanie odnawialnych źródeł energii.

Dla obliczenia efektu ekologicznego trzymajmy się rachunku dla całego cyklu żywotności systemów. Pamiętajmy, że dla naszego przykładu przyjęliśmy długość tego cyklu  $n = 25$  lat. Efekt ekologiczny liczymy ze zmniejszenia emisji zanieczyszczeń np. powietrza w ciągu cyklu żywotności n, a więc:

$$\Delta ZCL = ZLC_K - ZLC_{OZE}$$

gdzie:

ZLC – emisja zanieczyszczeń w cyklu żywotności,

Indeksy k, OZE – konwencjonalny, z odnawialnymi źródłami system energetyczny.



# Wymiana silnika

**RETScreen**

Silniki: 1 2 3 4 5    Opis: Silnik    Metoda: 1 2

Typ		Stan bazowy		Stan planowany	
		Standardowy	Energospzczędny	Standardowy	Energospzczędny
Moc	kW	75	75		
Sprawność nominalna	%	93	95,1		
Współczynnik obciążenia	%	75	75,0		
Prędkość - pełne obciążenie	rpm	1 500	1 500		
Typ zapotrzebowania		Odśrodkowa			
Sprawność robocza	%	92,2	94,3		
Moc na wale	kW	56,3	56,3		
Ilość godzin pracy	h/rok	5 000	5 000		
Dodatkowe koszty początkowe	PLN			11 300	
Oszczędności kosztów EK	PLN				
Ilość silników		1	1		
Zapotrzebowanie en. elektrycznej	MWh	302	296		2,2%

Wpływ na chłodzenie:  Tak  Nie

Wpływ na ogrzewanie:  Tak  Nie

**Charakterystyka obiektu**

Podział	Ciepło GJ	Chłód GJ	Energia elektryczna GJ	Dodatkowe koszty początkowe PLN	Oszczędności kosztów paliwa PLN	Oszczędności kosztów EK PLN	Przewidywany okres zwrotu rok	Zawiera przedsięwzięcie? F
Oszczędność paliwa								
System ciepłowniczy								
System odśrodkowy								
System odśrodkowy								
Wentylacja								
Swobodny								
Uciążliwa elektryczna								
Ogrzewanie								
Domowy								
Wentylacja								
Silniki								
Silnik			24	11 300	2 337	0	4,8	F
Energia elektryczna - energia technologiczna								
Opłaty technologiczne								
Plan technologiczny								
Stopy 100%								
Obciążenie ciepła								
Stopy 100%								
Obciążenie								
Razem	0	0	24	11 300	2 337	0	4,83	

**Porównanie**

Rodzaj paliwa	Zużycie paliwa - jednostka		Cena paliwa		Zużycie paliwa		Koszty paliwa		Zużycie paliwa		Koszty paliwa		Oszczędności kosztów paliwa	
	MWh	PLN	350 000		302,4	PLN	105 847	292,7	PLN	103 569	6,7	PLN	2 237	
Energia elektryczna														
Weryfikacja projektu	Zużycie paliwa - jednostka	Zużycie paliwa - historyczne	Zużycie paliwa - stan bazowy	Zużycie paliwa - zmienność										
Energia elektryczna	MWh		302,4											
Zapotrzebowanie energii	Ciepło GJ	Chłód GJ	Energia elektryczna GJ	Razem GJ										
Zapotrzebowanie energii - stan bazowy			1 089	1 089										
Zapotrzebowanie energii - stan planowany			1 085	1 085										
Oszczędność energii			24	24										
Oszczędność energia - %			2,2%	2,2%										
Punkt odniesienia	Jednostka energii	Jednostka odniesienia												
	GJ	m³	1 500											
Punkt odniesienia	Ciepło GJ/m³	Chłód GJ/m³	Energia elektryczna GJ/m³	Razem GJ/m³										
Zapotrzebowanie energii														
Zapotrzebowanie energii - stan bazowy			0,726	0,726										
Zapotrzebowanie energii - stan planowany			0,719	0,719										
Oszczędność energia			0,016	0,016										

*Uzupełnił: [imię] [nazwisko]*

**Analiza finansowa RETScreen - Przedsięwzięcia energooszczędne**

Parametry finansowe			
<b>Opłiny</b>			
Wskaźnik wzrostu kosztów paliwa	%		0,0%
Stopy inflacji	%		3,7%
Stopy dyskonta	%		8,0%
Czas trwania projektu	rok		15

<b>Finansowe</b>			
Zachęty i granty	PLN		
Wskaźnik zadłużenia	%		

**Analiza podatku dochodowego**

**Roczne przychody**

**Przychód z redukcji GHG**

Redukcja emisji GHG netto	1CO2/yr	6
Redukcja emisji GHG netto - 15 lat	1CO2	96

**Inne przychody (koszty)**

**Zestawienie kosztów i oszczędności/przychodów**

<b>Koszty początkowe</b>			
Przedsięwzięcia energooszczędne	91,3%	PLN	11 300
Pozostałe koszty	8,1%	PLN	1 000
<b>Łączne koszty początkowe</b>	<b>100,0%</b>	<b>PLN</b>	<b>12 300</b>

<b>Roczne koszty i spłaty zadłużenia</b>			
Eksploatacja i konserwacja	PLN	0	
Koszty paliwa - stan piarowany	PLN	103 509	
<b>Łączne koszty roczne</b>	<b>PLN</b>	<b>103 509</b>	

**Koszty (korzyści) skresowe**

**Roczne oszczędności i przychody**

Koszty paliwa - stan bazowy	PLN	105 847
<b>Łączne roczne oszczędności i przychody</b>	<b>PLN</b>	<b>105 847</b>

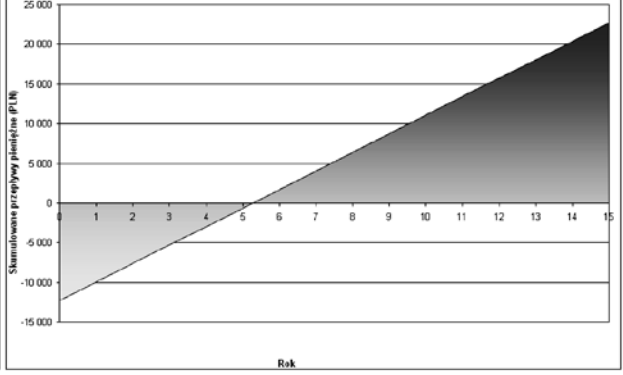
**Wykonalność finansowa**

IRR przed opodatkowaniem - kapitał	%	17,3%
IRR przed opodatkowaniem - aktywa	%	17,3%
IRR po opodatkowaniu - kapitał	%	17,3%
IRR po opodatkowaniu - aktywa	%	17,3%
Prosty okres zwrotu	rok	5,3
Zwrot kapitału	rok	5,3
Wartość bieżąca netto (NPV)	PLN	7 706
Roczne oszczędności w cyklu żywotności	PLN/rok	900
Stosunek korzyści-kosztów (K/C)		1,63
Koszt redukcji emisji GHG	PLN/CO2	0,40

**Roczne przepływy pieniężne**

Rok	Przed opodat.	Po opodat.	Skumulowane
#	PLN	PLN	PLN
0	-12 300	-12 300	-12 300
1	2 337	2 337	-9 963
2	2 337	2 337	-7 626
3	2 337	2 337	-5 289
4	2 337	2 337	-2 951
5	2 337	2 337	-619
6	2 337	2 337	1 724
7	2 337	2 337	4 061
8	2 337	2 337	6 398
9	2 337	2 337	8 736
10	2 337	2 337	11 073
11	2 337	2 337	13 410
12	2 337	2 337	15 748
13	2 337	2 337	18 085
14	2 337	2 337	20 422
15	2 337	2 337	22 760

**Wykres skumulowanych przepływów pieniężnych**



# Modernizacja oświetlenia

Charakterystyka obiektu		Podaj dane						
<b>Podaj:</b> Oszczędność energii System oświetlenia System zdalniczy Słupowe żadźdźki Wentylacja Światło Przewidziany hardware Urządzenia elektryczne Grzejna woda Stal Para technologiczna Odmrażanie Inne Razem	Ciepło MWh	CH4d MWh	Energia elektryczna MWh	Badażkowe koszty początkowe PLN	Oszczędności kosztów paliwa PLN	Oszczędności kosztów EK PLN	Prosty okres zwrotu rok	Zawleza przedsięwzięcie? T/N
	0	0	7	1 500	2 931	0	0,5	☑
	0	0	7	1 500	2 931	0	0,52	

Przeanalizuj		Podaj dane							
		Paliwo		Stan bazowy		Stan planowany		Oszczędności kosztów paliwa	
<b>Rodzaj paliwa</b>	<b>Zużycie paliwa - jednostka</b>	<b>Cena paliwa</b>	<b>Zużycie paliwa</b>	<b>Koszty paliwa</b>	<b>Zużycie paliwa</b>	<b>Koszty paliwa</b>	<b>Oszczędność paliwa</b>	<b>Oszczędności kosztów paliwa</b>	
Energia elektryczna	MWh	PLN/1000	9,2	PLN	2 771	2,3	PLN	040	7,1
									PLN
<b>Wynikacja projektu</b>	<b>Zużycie paliwa - jednostka</b>	<b>Zużycie paliwa - historyczne</b>	<b>Zużycie paliwa - stan bazowy</b>	<b>Zużycie paliwa - zmniejszone</b>					
Energia elektryczna	MWh		9,2						
<b>Zapotrzebowanie energii</b>	<b>Ciepło MWh</b>	<b>CH4d MWh</b>	<b>Energia elektryczna MWh</b>	<b>Razem MWh</b>					
Zapotrzebowanie energii - stan bazowy			9	9					
Zapotrzebowanie energii - stan planowany			2	2					
Oszczędność energii			7	7					
Oszczędność energii - %			77,7%	77,7%					
<b>Punkt odniesienia</b>									
Jednostka energii	MWh								
Jednostka odniesienia	m <sup>2</sup>								

Ocena emisji		Podaj dane			
<b>Stan bazowy systemu elektroenergetycznego (stan referencyjny)</b>	<b>Emisja GHG węglowy</b>	<b>Składowe</b>	<b>Współczynnik emisji GHG</b>		
Kraj - region	Rodzaj paliwa	CO2/MWh (bez PID)	%	CO2/MWh	
Włochy - Umbria	Wszystkie tryby	0,300	5,0%	0,274	
<b>Emisja GHG</b>					
Stan bazowy	CO2	2,5			
Stan planowany	CO2	0,9			
<b>Roczna red. emisji GHG brutto</b>	CO2	1,9			
Koszty węglowe - opt. trans.	%				
<b>Roczna redukcja emisji GHG netto</b>	CO2	1,9	odpowieda	0,4	niezwykłym samych osobowych i dostawczym
<b>Przychód z redukcji GHG</b>					
Koszt węglowy	PLN/CO2				

Analiza finansowa		Podaj dane	
<b>Parametry finansowe</b>	%		
Stopy inflacji		2,6%	
Czas trwania projektu	rok	15	
Wskaznik zwolnienia	%		
<b>Koszty początkowe</b>	PLN	1 500	100,0%
Przedsięwzięcia energooszczędne	PLN		0,0%
<b>Łączne koszty początkowe</b>	PLN	1 500	100,0%
<b>Zachęty i gubny</b>	PLN		0,0%
<b>Roczne koszty i spłaty zadłużenia</b>	PLN	0	
EIK (oszczędności) koszt	PLN	840	
Koszty paliwa - stan planowany	PLN		
<b>Łączne roczne</b>	PLN	840	
<b>Roczne oszczędności i przychody</b>	PLN	3 771	
Koszty paliwa - stan bazowy	PLN		
<b>Łączne roczne oszczędności i przychody</b>	PLN	3 771	
<b>Wykonalność finansowa</b>	%	198,7%	
IRR przed opodatkowaniem - aktywa	nek	0,5	
Prosty okres zwrotu	nek	0,5	
Zwrot kapitału	nek	0,5	

**Wykres skumulowanych przepływów pieniężnych**

# Instalacja kolektorów słonecznych

## RETScreen Konfiguracja systemu - Część ciepłownicza

Część ciepłownicza		Solarny podgrzewacz wody																																								
Technologia		Solarny podgrzewacz wody																																								
Charakterystyka zapotrzebowania		<input type="radio"/> Bieżni i gipsowy <input checked="" type="radio"/> Gorąca woda																																								
Zastosowanie																																										
Jednostka		Stan bieżący	Stan planowany																																							
Typ zapotrzebowania		Mjlna																																								
Ilość jednostek		4400/3000																																								
Dopuszczalne wykorzystanie		100%																																								
Dobowe zużycie ciepłej wody - oszacowane		3 400																																								
Dobowe zużycie ciepłej wody		3 400	3 400																																							
Temperatura		45	45																																							
Ilość dni pracy w trybie		5	5																																							
<input checked="" type="checkbox"/> Procent wykorzystania w miesiącu		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Miesiąc</th> <th>Stan bieżący</th> <th>Stan planowany</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Styczeń</td><td>70%</td><td>70%</td></tr> <tr><td>Luty</td><td>70%</td><td>70%</td></tr> <tr><td>Marzec</td><td>80%</td><td>80%</td></tr> <tr><td>Kwiecień</td><td>90%</td><td>90%</td></tr> <tr><td>Maj</td><td>100%</td><td>100%</td></tr> <tr><td>Czerwiec</td><td>100%</td><td>100%</td></tr> <tr><td>Lipiec</td><td>100%</td><td>100%</td></tr> <tr><td>Sierpień</td><td>100%</td><td>100%</td></tr> <tr><td>Wrzesień</td><td>100%</td><td>100%</td></tr> <tr><td>Pazdziernik</td><td>100%</td><td>100%</td></tr> <tr><td>Listopad</td><td>90%</td><td>90%</td></tr> <tr><td>Grudzień</td><td>80%</td><td>80%</td></tr> </tbody> </table>		Miesiąc	Stan bieżący	Stan planowany	Styczeń	70%	70%	Luty	70%	70%	Marzec	80%	80%	Kwiecień	90%	90%	Maj	100%	100%	Czerwiec	100%	100%	Lipiec	100%	100%	Sierpień	100%	100%	Wrzesień	100%	100%	Pazdziernik	100%	100%	Listopad	90%	90%	Grudzień	80%	80%
Miesiąc	Stan bieżący	Stan planowany																																								
Styczeń	70%	70%																																								
Luty	70%	70%																																								
Marzec	80%	80%																																								
Kwiecień	90%	90%																																								
Maj	100%	100%																																								
Czerwiec	100%	100%																																								
Lipiec	100%	100%																																								
Sierpień	100%	100%																																								
Wrzesień	100%	100%																																								
Pazdziernik	100%	100%																																								
Listopad	90%	90%																																								
Grudzień	80%	80%																																								
Metoda temperatury zasilania		Formuła																																								
Temperatura wody - minimum		5.0																																								
Temperatura wody - maksimum		11.9																																								
Zapotrzebowanie na ciepło		Jednostka	Stan bieżący																																							
		MWh	40.6																																							
		Stan planowany	40.6																																							
		Oszczędność energii	0%																																							
		Dodatkowe koszty początkowe																																								
Ocena zombów		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Umacniany</th> <th>Stan bieżący</th> <th>Stan planowany</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Szyber śnieżny stożek</td><td>45.0</td><td></td></tr> <tr><td>Nachylenie</td><td>0.0</td><td></td></tr> <tr><td>Azymut</td><td>0.0</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Umacniany	Stan bieżący	Stan planowany	Szyber śnieżny stożek	45.0		Nachylenie	0.0		Azymut	0.0																												
Umacniany	Stan bieżący	Stan planowany																																								
Szyber śnieżny stożek	45.0																																									
Nachylenie	0.0																																									
Azymut	0.0																																									
<input checked="" type="checkbox"/> Pokaż dane																																										
Solarny podgrzewacz wody		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Typ</th> <th>Zakryty</th> <th>PN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Panelcent</td><td></td><td>41 915</td></tr> <tr><td>Model</td><td>HS 2000 SP</td><td></td></tr> <tr><td>Powierzchnia bruto kolektora słonecznego</td><td>2 10</td><td></td></tr> <tr><td>Powierzchnia użytkowa przypadająca na kolektor słoneczny</td><td>1 83</td><td></td></tr> <tr><td>Współczynnik Fr (bez a10)</td><td>0.66</td><td></td></tr> <tr><td>Współczynnik Fr UL</td><td>4.03</td><td></td></tr> <tr><td>Współczynnik temperatury dla Fr UL</td><td>21</td><td></td></tr> <tr><td>Liczba kolektorów</td><td>21</td><td></td></tr> <tr><td>Powierzchnia kolektora</td><td>44 321</td><td></td></tr> <tr><td>Moc</td><td>26 89</td><td></td></tr> <tr><td>Pozostałe straty</td><td>2.7%</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Typ	Zakryty	PN	Panelcent		41 915	Model	HS 2000 SP		Powierzchnia bruto kolektora słonecznego	2 10		Powierzchnia użytkowa przypadająca na kolektor słoneczny	1 83		Współczynnik Fr (bez a10)	0.66		Współczynnik Fr UL	4.03		Współczynnik temperatury dla Fr UL	21		Liczba kolektorów	21		Powierzchnia kolektora	44 321		Moc	26 89		Pozostałe straty	2.7%				
Typ	Zakryty	PN																																								
Panelcent		41 915																																								
Model	HS 2000 SP																																									
Powierzchnia bruto kolektora słonecznego	2 10																																									
Powierzchnia użytkowa przypadająca na kolektor słoneczny	1 83																																									
Współczynnik Fr (bez a10)	0.66																																									
Współczynnik Fr UL	4.03																																									
Współczynnik temperatury dla Fr UL	21																																									
Liczba kolektorów	21																																									
Powierzchnia kolektora	44 321																																									
Moc	26 89																																									
Pozostałe straty	2.7%																																									
Pozostałe koszty		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Magazynowanie</th> <th>Tak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Pojemność zasobnika / powierzchnia kolektora</td><td>1 m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Pojemność zasobnika</td><td>1 920.5</td></tr> <tr><td>Wymiennik ciepła</td><td>Nie</td></tr> <tr><td>Pozostałe straty</td><td>3.7%</td></tr> <tr><td>Moc pompy / powierzchnia kolektora słonecznego</td><td>5.00</td></tr> <tr><td>Cena energii elektrycznej</td><td>0.413</td></tr> </tbody> </table>		Magazynowanie	Tak	Pojemność zasobnika / powierzchnia kolektora	1 m <sup>2</sup>	Pojemność zasobnika	1 920.5	Wymiennik ciepła	Nie	Pozostałe straty	3.7%	Moc pompy / powierzchnia kolektora słonecznego	5.00	Cena energii elektrycznej	0.413																									
Magazynowanie	Tak																																									
Pojemność zasobnika / powierzchnia kolektora	1 m <sup>2</sup>																																									
Pojemność zasobnika	1 920.5																																									
Wymiennik ciepła	Nie																																									
Pozostałe straty	3.7%																																									
Moc pompy / powierzchnia kolektora słonecznego	5.00																																									
Cena energii elektrycznej	0.413																																									
Podsumowanie		<table border="1"> <tbody> <tr><td>Zapotrzebowanie na es. oklat. - pompowanie</td><td>MWh</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>Ciepło dostarczone</td><td>MWh</td><td>15.1</td></tr> <tr><td>Udział ciepła z kolektorów</td><td>%</td><td>45%</td></tr> </tbody> </table>		Zapotrzebowanie na es. oklat. - pompowanie	MWh	0.4	Ciepło dostarczone	MWh	15.1	Udział ciepła z kolektorów	%	45%																														
Zapotrzebowanie na es. oklat. - pompowanie	MWh	0.4																																								
Ciepło dostarczone	MWh	15.1																																								
Udział ciepła z kolektorów	%	45%																																								
<input checked="" type="checkbox"/> System ciepłowniczy		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Weryfikacja projektu</th> <th>Stan bieżący</th> <th>Stan planowany</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Różnica paliwa</td> <td>Energia elektryczna</td> <td>Energia elektryczna</td> </tr> <tr> <td>Sprawność sezonowa</td> <td>100%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>Zużycie paliwa - rocznie</td> <td>MWh</td> <td>22.4</td> </tr> <tr> <td>Cena paliwa</td> <td>PLN/MWh</td> <td>0.410</td> </tr> <tr> <td>Koszty paliwa</td> <td>PLN</td> <td>9 203</td> </tr> </tbody> </table>		Weryfikacja projektu	Stan bieżący	Stan planowany	Różnica paliwa	Energia elektryczna	Energia elektryczna	Sprawność sezonowa	100%	100%	Zużycie paliwa - rocznie	MWh	22.4	Cena paliwa	PLN/MWh	0.410	Koszty paliwa	PLN	9 203																					
Weryfikacja projektu	Stan bieżący	Stan planowany																																								
Różnica paliwa	Energia elektryczna	Energia elektryczna																																								
Sprawność sezonowa	100%	100%																																								
Zużycie paliwa - rocznie	MWh	22.4																																								
Cena paliwa	PLN/MWh	0.410																																								
Koszty paliwa	PLN	9 203																																								
Uzupełnij dane analizy kosztów																																										

Zobacz szczegóły techniczne  
Szczegółowe dane techniczne

Analiza finansowa RETScreen - Część ciepłownicza

Parametry finansowe			
Opłata			
Wskaznik wzrostu kosztów paliwa	%		0,0%
Stopa inflacji	%		3,7%
Stopa dyskonta	%		8,0%
Czas trwania projektu	rok		15

Finansowe			
Zachęty i granty	PLN		
Wskaznik zadłużenia	%		

Analiza podatku dochodowego			
			<input type="checkbox"/>

Roczne przychody			
Przychody ze sprzedaży en. elektrycznej			

Przychód z redukcji GHG			
Redukcja emisji GHG netto	tCO2/yr	17	
Redukcja emisji GHG netto - 15 lat	tCO2	254	

Przychody z tytułu premii (subsidów)			
			<input type="checkbox"/>

Inne przychody (koszty)			
			<input type="checkbox"/>

Przychody z produkcji Czystej Energii (CE)			
			<input type="checkbox"/>

Zestawienie kosztów i oszczędności przychodów

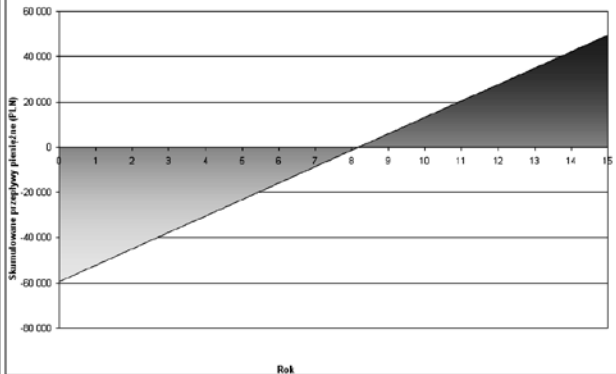
Koszty początkowe			
System ciepłowniczy	100,0%	PLN	69 415
Pozostałe koszty	0,0%	PLN	0
<b>Łączne koszty początkowe</b>	<b>100,0%</b>	<b>PLN</b>	<b>69 415</b>
<b>Roczne koszty i spłaty zadłużenia</b>			
Eksploatacja i konserwacja		PLN	0
Koszty paliwa - stan planowany		PLN	9 369
<b>Łączne koszty roczne</b>		<b>PLN</b>	<b>9 369</b>
<b>Koszty (korzyści) okresowe</b>			
<b>Roczne oszczędności i przychody</b>			
Koszty paliwa - stan bazowy		PLN	16 634
<b>Łączne roczne oszczędności i przychody</b>		<b>PLN</b>	<b>16 634</b>

Wykonalność finansowa			
IRR przed opodatkowaniem - kapitał	%		8,8%
IRR przed opodatkowaniem - aktywa	%		8,8%
IRR po opodatkowaniu - kapitał	%		8,8%
IRR po opodatkowaniu - aktywa	%		8,8%
Prosty okres zwrotu	rok		8,2
Zwrot kapitału	rok		8,2
Wartość bieżąca netto (NPV)	PLN		2 766
Roczne oszczędności w cyklu żywotności	PLN/rok		323
Stosunek korzyści-kosztów (K-K)			1,05
Koszt redukcji emisji GHG	PLN/tCO2		0,9

Roczne przepływy pieniężne

Rok #	Przed opodatk.	Po opodatk.	Skumulowane
	PLN	PLN	PLN
0	59 415	-59 415	-59 415
1	7 265	7 265	-52 150
2	7 265	7 265	-44 885
3	7 265	7 265	-37 621
4	7 265	7 265	-30 356
5	7 265	7 265	-23 091
6	7 265	7 265	-15 826
7	7 265	7 265	-8 562
8	7 265	7 265	-1 297
9	7 265	7 265	5 968
10	7 265	7 265	13 233
11	7 265	7 265	20 498
12	7 265	7 265	27 762
13	7 265	7 265	35 027
14	7 265	7 265	42 292
15	7 265	7 265	49 557

Wykres skumulowanych przepływów pieniężnych







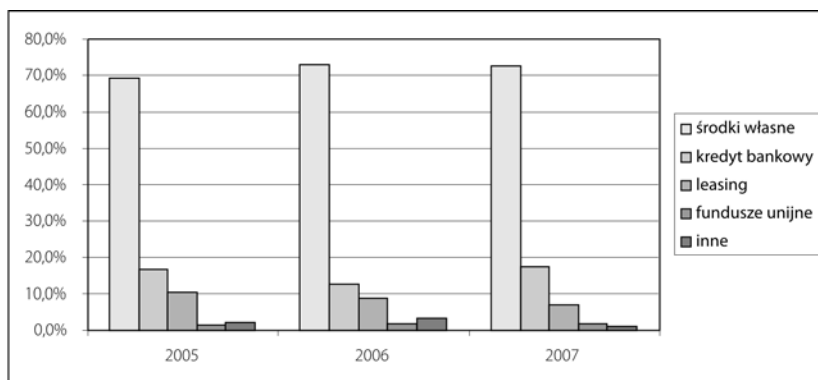
## 4. Jak sfinansować przedsięwzięcie i zwiększyć jego efektywność?

### 4.1. Sposoby finansowania przedsięwzięć (środki własne, fundusze pomocowe, środki komercyjne, finansowanie strony trzeciej, ESCO)

Wyniki przeprowadzanych w przemyśle analiz pokazują, że istnieje wiele efektywnych ekonomicznie inwestycji prowadzących do zmniejszenia energochłonności. Warunkami opłacalności ekonomicznej są: prawidłowa identyfikacja źródeł oszczędności i sposobu ich osiągnięcia oraz dysponowanie środkami inwestycyjnymi i racjonalne ich wykorzystanie.

Wciąż jedną z najpoważniejszych barier dla ich rozwoju stanowi brak środków finansowych na ich modernizację i rozwój. Wśród małych i średnich przedsiębiorstw utrzymuje się tendencja do finansowania rozwoju przede wszystkim w oparciu o środki własne, a w dalszej kolejności kredyt bankowy czy leasing.

Sposób finansowania inwestycji w przedsiębiorstwach z sektora MSP wg danych z Raportu o stanie sektora małych i średnich przedsiębiorstw w Polsce w latach 2007–2008 – PARP przedstawiono na poniższym rysunku.



Rysunek 26. Sposób finansowania inwestycji w przedsiębiorstwach z sektora MSP

Po akcesji do UE wzrosły możliwości pozyskania przez przedsiębiorstwa polskie bardziej preferencyjnych środków na przedsięwzięcia inwestycyjne. Środki unijne trafiają tu do przedsiębiorców w formie dotacji. Należy jednak pamiętać, że finansowanie tego typu przekazywane jest najczęściej jako refundacja poniesionych wcześniej nakładów, co pociąga za sobą często konieczność wspierania się kredytem pomostowym. Oczywiście wymagane jest tu również wykazanie wkładu w postaci środków własnych.

W ramach realizacji przedsięwzięć z zakresu ochrony środowiska, w tym podnoszenia efektywności energetycznej, ofertę wsparcia dla przedsiębiorców oferują również fundusze krajowe, takie jak Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz Wojewódzkie Fundusze Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Wsparcie ze środków krajowych dla przedsiębiorstw proponowane jest tu zazwy-

czaj w postaci preferencyjnych pożyczek. Na ewentualne dotacje można liczyć przy próbie pozyskania środków na przedsięwzięcia związane z odnawialnymi źródłami energii.

Bogată ofertę kredytową skierowaną do przedsiębiorców na działania proekologiczne posiada również Bank Ochrony Środowiska SA.

Innym podejściem do finansowania przedsięwzięć oszczędzających energię jest tzw. finansowanie przez stronę trzecią (Third Party Financing – TPF). Oznacza ono, że wyspecjalizowane przedsiębiorstwo usług energetycznych (energy service company – ESCO), jako jeden podmiot realizuje inwestycję, dostarczając rozwiązania techniczne i organizacyjne, również w zakresie jej finansowania. Zakłada się, że zwrot kosztów przedsięwzięcia następuje na bazie osiągniętych oszczędności energii. W ramach ESCO zazwyczaj zawierana jest umowa o efekt energetyczny (Energy Performance Contracting – EPC). Mogą być formułowane dwa główne rodzaje umów o efekt:

- umowa alternatywna (*first out contract*) zawiera szczegółowy podział szacowanych całkowitych kosztów projektu łącznie z opłatą (należnością) gwarantowaną dla firmy ESCO,
- umowa o podziale oszczędności (*shared savings contract*), w której ESCO i klient dokonują wcześniejszego podziału efektów finansowych wynikających z oszczędności energii lub z oszczędności energii podczas całego okresu trwania umowy. Umowa określa przedsięwzięcia do realizacji, ale nie dzieli kosztów projektu jak w poprzednim rodzaju umowy.

W obu rodzajach umów ESCO otrzymuje należności tylko wtedy, gdy wykazane są oszczędności zgodnie z pomiarami lub obliczeniami według procedury uzgodnionej w umowie. W ramach kontraktu firma ESCO jest odpowiedzialna za:

- opracowanie wraz z klientem strategii działania;
- wykonanie audytu energetycznego dla klienta, opracowanie projektu technicznego, udzielenie gwarancji oszczędności oraz przygotowanie umowy o efekt energetyczny;
- finansowanie, wykonanie i odbiór wyposażenia usprawniającego użytkowanie energii;
- realizację projektu;
- monitoring oszczędności energii, włączając zapewnienie oszczędności energii;
- obsługę i utrzymanie wyposażenia.

Szeroki zakres odpowiedzialności firmy ESCO obejmuje więc przygotowanie projektu, zapewnienie jego finansowania i wdrożenie. ESCO jest odpowiedzialna za funkcjonowanie projektu, a jej należności pochodzą z oszczędności energii gwarantowanych przez projekt. Oszczędności kosztów w czasie wprowadzania w życie inwestycji energooszczędnych muszą więc być wystarczająco wysokie, aby zapewnić pokrycie odsetek i spłacanie kosztów inwestycji, eksploatacji i utrzymania.

Nowe możliwości finansowania przedsięwzięć energooszczędnościowych może dać planowany do wdrożenia w ramach Ustawy o efektywności energetycznej system białych certyfikatów. Prawdopodobnie ustawa wejdzie w życie z początkiem 2010 roku.

Certyfikaty wydawane będą za inwestycje nakierowane na zmniejszenie zużycia energii, zwiększenie sprawności wytwarzania energii, ograniczenie strat w przesyłce i dystrybucji i będą wydawane przez Prezesa URE.

Prawa majątkowe z białych certyfikatów będą mogły być zbywane na Towarowej Giełdzie Energii. Przedsięwzięcia, które będą mogły być certyfikowane będą zapisane w katalogu działań wydanym jako rozporządzenie, a przyznanie certyfikatu (świadczenia efektywności energetycznej przedsięwzięcia) będzie odbywało się na zasadzie przetargu, tzn. uczestnik przetargu ubiegający się o certyfikat określa ilość zaoszczędzonej energii i ilość certyfikatów, jaką chce otrzymać w ramach tej oszczędności – wygrywają oferty najkorzystniejsze.

Zainteresowane pozyskaniem świadectw efektywności energetycznej będą podmioty zajmujące się wytwarzaniem energii lub jej obrotem i sprzedające energię (elektryczną, ciepłą, paliwa gazowe) odbiorcom końcowym. Będą one miały obowiązek przedłożenia wyznaczonej ilości certyfikatów do umorzenia Prezesowi URE lub uiszczenia opłaty zastępczej.

## **4.2. Przegląd i możliwości dofinansowania z funduszy pomocowych**

### ***Środki unijne***

W latach 2007–2013 Polska, w ramach polityki spójności, rozwoju obszarów wiejskich i polityki rybackiej, będzie mogła przeznaczyć na cele rozwojowe około 85 mld EUR pochodzących z funduszy Unii Europejskiej. Wraz z wkładem krajowym do wykorzystania będzie około 108 mld EUR.

Działania mające na celu zwiększenie efektywności wykorzystania energii oraz rozwój energetyki opartej o odnawialne źródła energii mogą być wspierane przez fundusze przeznaczone na realizację wielu Programów Operacyjnych, takich jak:

- Infrastruktura i Środowisko,
- większość regionalnych (wojewódzkich) programów operacyjnych.

Dodatkowo do przedsięwzięć kierowany jest Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka, który ma na celu wspieranie szeroko rozumianej innowacyjności. Strona internetowa programu – <http://www.poig.gov.pl>.

### ***Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko***

Strona główna programu – <http://www.pois.gov.pl>.

Celem programu jest poprawa atrakcyjności inwestycyjnej Polski i jej regionów poprzez rozwój infrastruktury technicznej przy równoczesnej ochronie i poprawie stanu środowiska, zdrowia, zachowaniu tożsamości kulturowej i rozwijaniu spójności terytorialnej. W ramach programu realizowanych jest 15 priorytetów. Priorytety dotyczące bezpośrednio zagadnień efektywności energetycznej i odnawialnych źródeł energii to:

- Przedsięwzięcia dostosowujące przedsiębiorstwa do wymogów ochrony środowiska o budżecie 667,0 mln euro. Instytucją odpowiedzialną za wdrażanie priorytetu jest NFOŚiGW – <http://www.nfosigw.gov.pl>,
- Infrastruktura energetyczna przyjazna środowisku i efektywność energetyczna o budżecie 1 403,0 mln euro Instytucją odpowiedzialną za wdrażanie priorytetu jest NFOŚiGW oraz Instytut Paliw i Energii Odnawialnej – <http://www.ipieo.pl>.

Ponadto każde z województw realizuje swój program operacyjny zawierający elementy programu krajowego. Szczegółowych informacji na ten temat należy szukać na stronach urzędów marszałkowskich pod hasłem Regionalny Program Operacyjny.

### ***Środki funduszy krajowych – NFOŚiGW oraz WFOŚiGW***

Obok koordynacji we wdrażaniu projektów finansowanych ze środków unijnych Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej posiada ofertę dla przedsiębiorców w ramach finansowania przedsięwzięć ze środków krajowych. Przedsiębiorcy mogą pozyskiwać wsparcie finansowe głównie

w postaci preferencyjnych pożyczek z możliwością częściowego ich umorzenia. Preferowane są projekty duże, o skali krajowej. Finansowane mogą być zadania mieszczące się w programach ogłaszanych przez NFOŚiGW. W zakresie efektywności energetycznej są to:

- Program dla przedsięwzięć w zakresie odnawialnych źródeł energii i obiektów wysoko sprawnej kogeneracji,
- Program dla przedsięwzięć służących wdrażaniu technologii zapewniających czystsza i energooszczędną produkcję oraz oszczędność surowców naturalnych i energii pierwotnej,
- Program dla przedsięwzięć w zakresie oszczędzania energii,
- Program dla przedsięwzięć w zakresie ograniczenia emisji z procesów energetycznego spalania paliw.

Finansowanie w danym programie jest realizowane po ogłoszeniu naboru wniosków.

Oferta Wojewódzkich Funduszy Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej dotyczy projektów w skali województwa. Jest ona zróżnicowana ze względu na dany oddział Funduszu. Przedsiębiorcy mogą pozyskiwać wsparcie finansowe głównie w postaci preferencyjnych pożyczek z możliwością częściowego ich umorzenia. Wysokość dofinansowania wynosi do 80% kosztów kwalifikowanych zadania. Wnioski na ogół przyjmowane są na bieżąco.

Zestawienie tabelaryczne z informacją o stronie internetowej danego WFOŚiGW oraz finansowanych zadaniach przedstawiono poniżej.

### ***Oferta kredytów proekologicznych Banku Ochrony Środowiska***

BOS SA oferuje dla przedsiębiorców następujące preferencyjne linie kredytowe:

- kredyty preferencyjne w BOŚ S.A. z dopłatami do oprocentowania wnoszonymi przez NFOŚiGW,
- kredyty we współpracy z WFOŚiGW,
- kredyty na zakup lub montaż urządzeń i wyrobów służących ochronie środowiska,
- kredyty dla firm realizujących inwestycje w formule „Trzeciej strony”,
- kredyty z 5 linii KfW na długoterminowe inwestycje – linia jest dofinansowana przez Council of Europe Development Bank (CEB), a także wspierana przez Komisję Europejską.

Więcej informacji pod adresem: <http://www.bosbank.pl/> w zakładce EKOLOGIA.

Tabela 14. Dane o Wojewódzkich Funduszach Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

<b>Lp.</b>	<b>Nazwa instytucji</b>	<b>Strona internetowa</b>	<b>Linia finansowa/finansowane zadania (listy przedsięwzięć priorytetowych 2009)</b>
1	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska we Wrocławiu	<a href="http://www.fos.wroc.pl">http://www.fos.wroc.pl</a>	Zmniejszanie emisji pyłów i gazów z energetycznego spalania paliw i procesów technologicznych. Racjonalizacja gospodarki energią. Wykorzystanie źródeł energii odnawialnej, w tym biopaliw. Wdrażanie programów czystszej produkcji i systemów zarządzania środowiskowego. Wprowadzanie programów oszczędzania surowców i energii.
2	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska w Toruniu	<a href="http://www.wfosgw.torun.pl">http://www.wfosgw.torun.pl</a>	Wspieranie działań dotyczących wykorzystania odnawialnych źródeł energii w systemach grzewczych.
3	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska w Lublinie	<a href="http://www.wfos.lublin.pl">http://www.wfos.lublin.pl</a>	Działania ukierunkowane na obniżanie emisji do powietrza, podejmowane przez zakłady przemysłowe i zakłady energetyki zawodowej. Ograniczenie niskiej emisji poprzez wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, modernizację lub likwidację kotłowni opalanych paliwem stałym, oszczędzanie energii drogą modernizacji miejskich sieci ciepłowniczych oraz termomodernizacji i termorenowacji budynków.
4	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska w Zielonej Górze	<a href="http://www.wfosigw.zgora.pl">http://www.wfosigw.zgora.pl</a>	Gospodarka ściekowa w przedsiębiorstwach – inwestycje mające na celu zmniejszenie zużycia wody oraz ilości substancji niebezpiecznych odprowadzanych ze ściekami. Wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii. Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń powstających w procesach energetycznych. Podniesienie efektywności gospodarowania energią, m.in. poprzez ograniczanie strat w procesie przesyłania i dystrybucji energii, w tym przebudowa systemów ciepłowniczych oraz obniżenie energochłonności sektora publicznego.
5	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska w Łodzi	<a href="http://www.wfosigw.lodz.pl">http://www.wfosigw.lodz.pl</a>	Redukcja emisji zanieczyszczeń w przemyśle. Wymiany lokalnych kotłowni. Modernizacje istniejących sieci ciepłych. Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Zastosowanie energooszczędnych technologii. Realizacja przedsięwzięć termomodernizacyjnych.
6	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska w Krakowie	<a href="http://www.wfos.krakow.pl">http://www.wfos.krakow.pl</a>	Ochrona powietrza – ograniczanie emisji. Termomodernizacja.

Lp.	Nazwa instytucji	Strona internetowa	Linia finansowa/finansowane zadania (listy przedsięwzięć priorytetowych 2009)
7	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska w Warszawie	<a href="http://www.wfosigw.pl">http://www.wfosigw.pl</a>	<p>Wsparanie zadań i programów w zakresie wykorzystania odnawialnych źródeł energii.</p> <p>Modernizacja systemów ciepłych w połączeniu z likwidacją lokalnych kotłowni o niskiej sprawności i złym stanie technicznym.</p> <p>Wsparanie zadań z zakresu ograniczania emisji pyłowych i gazowych.</p> <p>Wprowadzanie nowych technologii w zakładach przemysłowych, mających na celu ograniczenie emisji zanieczyszczeń do powietrza.</p> <p>Działania związane ze zwiększeniem efektywności energetycznej, w tym termomodernizacja.</p>
8	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska w Opolu	<a href="http://www.wfosigw.opole.pl">http://www.wfosigw.opole.pl</a>	<p>Termomodernizacja budynków.</p> <p>Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.</p> <p>Modernizacja sieci ciepłowniczych.</p> <p>Modernizacja instalacji przemysłowych spalania paliw.</p>
9	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska w Rzeszowie	<a href="http://www.wfosigw.rzeszow.pl">http://www.wfosigw.rzeszow.pl</a>	<p>Likwidacja tzw. „niskich” źródeł emisji na terenach miast.</p> <p>Realizacja przedsięwzięć dotyczących odnawialnych źródeł energii.</p>
10	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska w Białymstoku	<a href="http://www.wfosigw.bialystok.pl">http://www.wfosigw.bialystok.pl</a>	<p>Ograniczenie niskiej emisji w szczególności na terenach miejskich, uzdrowskowych, parków narodowych i krajobrazowych.</p> <p>Energetyczne wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, w tym produkcji biopaliw.</p> <p>Instalowanie urządzeń ograniczających emisję pyłów i gazów.</p> <p>Zmniejszenie zużycia energii cieplnej i elektrycznej.</p>
11	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska w Gdańsku	<a href="http://www.wfosigw-gda.pl">http://www.wfosigw-gda.pl</a>	<p>Ograniczenie niskiej emisji.</p> <p>Ograniczanie emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń do powietrza przez modernizację technologii spalania paliw oraz zmianę rodzaju i jakości paliw.</p> <p>Wsparanie wykorzystania odnawialnych źródeł energii.</p> <p>Wdrażanie nowoczesnych technologii w przemyśle, energetyce i gospodarce komunalnej.</p>
12	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska w Katowicach	<a href="http://www.wfosigw.katowice.pl">http://www.wfosigw.katowice.pl</a>	<p>Wdrażanie projektów wysoko sprawnych i efektywnych układów lub systemów ciepłowniczych.</p> <p>Budowa lub zmiana systemu ogrzewania na bardziej efektywny ekologicznie i energetycznie.</p> <p>Modernizacja układów technologicznych z wprowadzaniem nowoczesnych technik spalania paliw.</p> <p>Poprawa efektywności energetycznej źródeł, przesyłu i wykorzystania ciepła.</p> <p>Budowa i modernizacja systemów redukcji zanieczyszczeń pyłowo-gazowych.</p> <p>Wykorzystanie metanu z kopalń węgla kamiennego.</p> <p>Wdrażanie projektów z zastosowaniem odnawialnych i alternatywnych źródeł energii.</p> <p>Wdrażanie projektów nowoczesnych, efektywnych i przyjaznych środowisku układów technologicznych, przesyłu i użytkowania energii.</p> <p>Termoizolacja budynków w zakresie wynikającym z audytu energetycznego.</p>

Lp.	Nazwa instytucji	Strona internetowa	Linia finansowa/finansowane zadania (listy przedsięwzięć priorytetowych 2009)
13	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska w Kielcach	<a href="http://www.wfos.com.pl">http://www.wfos.com.pl</a>	Przedsięwzięcia zmierzające do ograniczenia emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłowych do atmosfery poprzez przebudowę i unowocześnianie technologii produkcji, technologii spalania paliw. Przebudowa lub wykonanie nowych instalacji do ograniczenia emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłowych do atmosfery. Przebudowa systemów ciepłowniczych. Przedsięwzięcia termomodernizacyjne. Przedsięwzięcia wykorzystujące niekonwencjonalne, odnawialne źródła energii.
14	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska w Olsztynie	<a href="http://www.wfosgw.olsztyn.pl">http://www.wfosgw.olsztyn.pl</a>	Energetyczne wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Produkcja energii w kogeneracji z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii.
15	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska w Poznaniu	<a href="http://www.wfosgw.poznan.pl">http://www.wfosgw.poznan.pl</a>	Ograniczenie niskiej emisji. Ograniczenie emisji zanieczyszczeń z instalacji mogących znacząco oddziaływać na środowisko. Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł. Wdrażanie kompleksowych programów w zakresie oszczędności energii.
16	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska w Szczecinie	<a href="http://www.wfos.szczecin.pl">http://www.wfos.szczecin.pl</a>	Racjonalizacja i ograniczenie zużycia wody. Wspieranie zadań w zakresie likwidacji źródeł niskiej emisji. Wspieranie zadań dotyczących wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Wspieranie zadań związanych z redukcją gazów i pyłów w energetyce zawodowej oraz zakładach przemysłowych. Wspieranie kompleksowych działań związanych z termomodernizacją.





## 5. Gdzie dowiedzieć się więcej, kto może pomóc?

### *Usługi Enterprise Europe Network*

Funkcjonująca od 1 stycznia 2008 r. Enterprise Europe Network jest europejską siecią oferującą bezpłatne, kompleksowe usługi informacyjno-szkoleniowe i doradcze dla małych i średnich przedsiębiorstw. Sieć, powstała na bazie dwóch uprzednio działających na rzecz sektora MSP sieci: Euro Info Centres i Innovation Relay Centres, łączy w sobie ich dorobek i zalety.

Enterprise Europe Network świadczy na rzecz małych i średnich przedsiębiorstw szeroki zakres usług, które mają pomóc w pełni rozwinąć ich potencjał i zdolności innowacyjne. Dodatkowo pełni ona także rolę pośrednika umożliwiającego instytucjom Unii Europejskiej pełniejszą orientację w potrzebach małych i średnich przedsiębiorstw.

Ośrodki sieci, afiliowane przy różnych organizacjach wspierających rozwój gospodarczy, takich jak izby przemysłowo-handlowe, agencje rozwoju regionalnego, centra wspierania przedsiębiorczości, działają na zasadzie non profit. Źródłem finansowania ich działalności są środki unijne oraz budżet państwa.

Obecnie w Europie i krajach basenu Morza Śródziemnego działa ponad 500 jednostek sieci. Enterprise Europe Network to jednak więcej niż pojedyncze instytucje rozmieszczone w różnych krajach i regionach. Wyjątkowa wartość i możliwości sieci wypływają ze ścisłej współpracy ośrodków, która umożliwia im szybkie uzyskiwanie i przekazywanie informacji.

Działalność ośrodków sieci opiera się na zasadzie „zawsze właściwych drzwi”, co oznacza, iż wszystkie MSP, które zwrócą się z konkretnym zapytaniem, otrzymają niezbędne informacje i dostęp do zindywidualizowanych usług dostosowanych do ich potrzeb, przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii i zaangażowaniu adekwatnych merytorycznie ośrodków sieci.

Ośrodek przy Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości działa w ramach konsorcjum o nazwie **Central Poland – Business Support Network (CP-BSN)**.

W skład tego konsorcjum wchodzi następujące organizacje:

- Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości (koordynator) – Warszawa,
- Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego – Warszawa,
- Fundacja Rozwoju Przedsiębiorczości – Łódź,
- Toruńska Agencja Rozwoju Regionalnego – Toruń,
- Stowarzyszenie „Wolna Przedsiębiorczość” – Gdańsk,
- Centrum Transferu Technologii – Gdańsk.

Więcej informacji:

Ośrodek Enterprise Europe Network

Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości

ul. Pańska 81/83

00-834 Warszawa

e-mail: [coordinator\\_cpbsn@parp.gov.pl](mailto:coordinator_cpbsn@parp.gov.pl)

[www.een.org.pl](http://www.een.org.pl)

tel. + 48 22 432 71 02, faks + 48 22 432 70 46

czynny w godz. 9:00–16:00

## **Omówienie wybranych narzędzi wspomagających wykonanie audytu energetycznego**

Na rynku dostępnych jest wiele narzędzi pozwalających obliczyć efekty energetyczne stosowania różnych technologii. Większość producentów silników, pomp, wentylatorów, układów automatyki i sterowania, materiałów termoizolacyjnych, urządzeń grzewczych oferuje dedykowane programy, pozwalające ocenić efekty stosowania oferowanych przez nich produktów lub rozwiązań. Powstało również wiele narzędzi niezależnych od producentów, pozwalających na ocenę i porównanie różnych opcji technologicznych zarówno w zakresie poprawy efektywności użytkownika, jak i dostawy energii. Przykłady takich programów przedstawiono poniżej.

EFEmotor – [www.efemotor.pemp.pl](http://www.efemotor.pemp.pl) – narzędzie wspomagające gospodarowanie silnikami elektrycznymi w przedsiębiorstwie i podejmowanie działań zmierzających do zmniejszenia zużycia i kosztów energii elektrycznej w napędach elektrycznych. Program EFEmotor przeznaczony jest do: prowadzenia inwentaryzacji silników elektrycznych pracujących w przedsiębiorstwie (z uwzględnieniem indywidualnych parametrów i warunków pracy silnika, miejsca zastosowania, urządzeń napędzanych itd.), szacowania sprawności i stopnia wykorzystania poszczególnych silników, wspomagania podejmowania decyzji przy zakupie nowych silników (zasadność wyboru modeli energooszczędnych), wspomagania podejmowania decyzji przy kierowaniu do naprawy silników uszkodzonych (zasadność zakupu nowego silnika zamiast naprawy uszkodzonego), prowadzenia analiz dotyczących zużycia i kosztów energii w grupach urządzeń (zakłady, oddziały, poszczególne maszyny, silniki określonych wielkości, wieku, stopnia wykorzystania etc.), znajdowania zamienników (zarówno z katalogu nowych silników, jak i silników znajdujących się w magazynie użytkownika) dla silników pracujących w określonych warunkach, których zastosowanie może przynieść akceptowalne przez użytkownika korzyści (określony okres zwrotu nakładów, określona wielkość nakładów i oszczędności).

EFEmotor zawiera bazę danych o krajowych silnikach elektrycznych zarówno obecnie sprzedawanych (serie sg, sh, SEE), jak i starszych (serie sf).

Analogiczne zastosowanie mają programy: amerykański Motor Master Plus i europejski EuroDEEM – [sunbird.jrc.it/energyefficiency/eurodeem](http://sunbird.jrc.it/energyefficiency/eurodeem).

Inne godne polecenia narzędzia, niestety niedostępne w polskiej wersji językowej, to: ProMot (Promotion of Energy Efficient Motor Systems) [http://promot.cres.gr/promot\\_plone](http://promot.cres.gr/promot_plone) – narzędzie dla oceny potencjału efektywnościowego w elektrycznych układach napędowych, obejmujących silniki elektryczne, układy sprężonego powietrza, układy pompowe, układy chłodnicze. Narzędzie stworzone przy wsparciu europejskiego programu SEVE.

EINSTEIN (Expert system for an Intelligent Supply of Thermal Energy in Industry) [sourceforge.net/projects/einstein](http://sourceforge.net/projects/einstein) – narzędzie wspomagające wykonanie audytu energetycznego przedsiębiorstwa w zakresie systemów ciepłych oraz projektowanie efektywnych energetycznie systemów dostawy ciepła i chłodu. Obecnie EINSTEIN jest rozwijany w ramach programu Inteligentna Energia – Program dla Europy (IEE).

Pakiem narzędzi szczególnie wartych polecenia jest RETScreen® International <http://www.retscren.net/>. Jest to pakiet narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji oraz obliczenia parametrów technicznych i finansowych projektów z wykorzystaniem energooszczędnych i czystych technologii energetycznych oraz w zakresie poprawy efektywności energetycznej. Program został opracowany i jest

rozwijany przez Ministerstwo Zasobów Naturalnych Kanady i CANMET Centrum Technologii Energetycznych w Varennes we współpracy z Programem Środowiskowym Organizacji Narodów Zjednoczonych (UNEP), GEF i NASA. Trzonem narzędzia jest znormalizowany i zintegrowany program analityczny, który może służyć do oceny możliwości technicznych i opłacalności ekonomicznej (koszt w cyklu życia) produkcji energii w oparciu o technologie energooszczędne i odnawialne źródła energii oraz szerokiego zakresu przedsięwzięć efektywnościowych, a także do wyznaczania towarzyszącej tym przedsięwzięciom redukcji emisji gazów cieplarnianych. Dodatkowym atutem programu jest dostępność polskiej wersji językowej.

Szereg doskonałych bezpłatnych programów komputerowych wspierających wykonanie przemysłowych audytów energetycznych i prowadzenie zarządzania energią w przedsiębiorstwie można znaleźć na stronach Departamentu Energii USA, w ramach programu technologii przemysłowych [www.eere.energy.gov/industry/bestpractices/software.html](http://www.eere.energy.gov/industry/bestpractices/software.html).

Można tam znaleźć dedykowane narzędzia do oceny układów sprężonego powietrza (AIRMaster+), obiegów wody chłodzącej (Chilled Water System Analysis Tool), wentylatorów (Fan System Assessment Tool), silników (MotorMaster+), układów pompowych (Pumping System Assessment Tool) i inne.

## ***Linki do interesujących informacji***

### **Odniesienia krajowe:**

[www.mos.gov.pl:1092/preview/pl/bref.html](http://www.mos.gov.pl:1092/preview/pl/bref.html) – strony Ministerstwa Środowiska, zawierające dokumenty referencyjne dotyczące Najlepszych Dostępnych Technik (BAT),

[www.mg.gov.pl/Gospodarka/Energetyka/Efektywnosc+energetyczna/](http://www.mg.gov.pl/Gospodarka/Energetyka/Efektywnosc+energetyczna/) – strony Ministerstwa Gospodarki poświęcone efektywności energetycznej,

[www.funduszeuropejskie.gov.pl](http://www.funduszeuropejskie.gov.pl) – strony poświęcone funduszom europejskim na lata 2007–2013, komplet informacji dla ubiegających się o dofinansowanie,

[www.topten.info.pl](http://www.topten.info.pl) – strony zawierające informacje o efektywnych energetycznie produktach dostępnych na krajowym rynku.

[www.een.org.pl](http://www.een.org.pl) – polska strona sieci Enterprise Europe Network, zawierająca informacje o prawie europejskim, dotacjach, działalności innowacyjnej oraz o imprezach organizowanych przez poszczególne ośrodki sieci.

### **Odniesienia międzynarodowe:**

[ec.europa.eu/energy/efficiency](http://ec.europa.eu/energy/efficiency) – portal Komisji Europejskiej dotyczący efektywności energetycznej, podstawowe źródło informacji o prawie i programach dotyczących efektywności energetycznej,

[ec.europa.eu/energy/intelligent](http://ec.europa.eu/energy/intelligent) – serwis poświęcony programowi Inteligentna Energia – Program dla Europy, zawiera informacje o wszystkich zrealizowanych projektach,

[www.topten.info](http://www.topten.info), [www.eu-energystar.org](http://www.eu-energystar.org) – strony promujące najbardziej efektywne energetycznie produkty,

[eippcb.jrc.es](http://eippcb.jrc.es) – strony europejskiego biura Zintegrowanego Zapobiegania i Ograniczania Zanieczyszczeń (IPPC – Integrated Pollution Prevention and Control), w serwisie dostępne są wszystkie dokumenty referencyjne dotyczące Najlepszych Dostępnych Technik (BAT), w tym w zakresie efektywności energetycznej.

[http://www.enterprise-europe-network.ec.europa.eu/index\\_en.htm](http://www.enterprise-europe-network.ec.europa.eu/index_en.htm) – ogólnoeuropejska strona sieci Enterprise Europe Network

## ***Institucje i firmy doradcze w przedmiotowym zakresie***

### **Agencje energetyczne**

KAPE – Krajowa Agencja Poszanowania Energii – [www.kape.gov.pl](http://www.kape.gov.pl)

FEWE – Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii – [www.fewe.pl](http://www.fewe.pl)

NAPE – Narodowa Agencja Poszanowania Energii – [www.nape.pl](http://www.nape.pl)

### **Źródła finansowania**

NFOSiGW – Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej – [www.nfosigw.gov.pl](http://www.nfosigw.gov.pl)

Wojewódzkie Fundusze Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

BOŚ – Bank Ochrony Środowiska – [www.bosbank.pl](http://www.bosbank.pl)

BGK – Bank Gospodarstwa Krajowego – [www.bgk.com.pl](http://www.bgk.com.pl)

## **6. Bibliografia**

### ***Efektywność energetyczna w polityce energetycznej i prawie Unii Europejskiej***

Komunikat Komisji: Efektywność energetyczna w Unii Europejskiej – w kierunku strategii racjonalnego użytkowania energii, Bruksela, 29.04.1998 COM(2006)545.

Rezolucja Rady Europy z 7 grudnia 1998 dotycząca efektywności energetycznej w Unii Europejskiej, Official Journal C 394, 17/12/1998 P.0001 - 0003.

Komunikat Komisji: Plan działania na rzecz racjonalizacji zużycia energii Unii Europejskiej, Bruksela, 26.04.2000 COM(2006)545.

Zielona Księga w sprawie racjonalizacji zużycia energii, czyli jak uzyskać więcej mniejszym nakładem środków, Bruksela, 22.6.2005 COM(2005) 265.

Komunikat Komisji: Plan działania na rzecz racjonalizacji zużycia energii: sposoby wykorzystania potencjału, Bruksela, 19.10.2006 COM(2006)545.

Krajowy plan działań dla poprawy efektywności energetycznej.

### ***Oświetlenie***

1. Artykuł „Oprawy typu „downlight” do świetlówek kompaktowych”; miesięcznik „ELEKTROSYSTEMY” nr 5/2002. Autor: Marek Kołakowski ([www.lighting.pl](http://www.lighting.pl))
2. Artykuł z kwartalnika „Oświetlenie INFO” nr 4(20) październik–grudzień 2007. Autorzy: Damian Rośleń, Marek Kołakowski ([www.lighting.pl](http://www.lighting.pl))
3. Artykuł „Światło a nasze zdrowie, samopoczucie i produktywność”; kwartalnik „Oświetlenie INFO” nr 1(13) styczeń–marzec 2006. Autor: Marek Kołakowski (na podstawie wykładu profesora Wout van Bommel – Przewodniczącego Międzynarodowego Komitetu Oświetleniowego CIE oraz Dyrektora Central Lighting Design and Application Centre koncernu Philips Lighting w Eindhoven, materiałów konferencji „Światło i Zdrowie” zorganizowanej przez Instytut Elektrotechniki w Warszawie) ([www.lighting.pl](http://www.lighting.pl))
4. Artykuł „Oświetlenie biura” ([www.pracaizdrowie.com.pl](http://www.pracaizdrowie.com.pl))
5. Artykuł „Diody świecące LED – od wskaźników świetlnych do źródeł światła” ([www.lighting.pl](http://www.lighting.pl))
6. Office lighting ([www.eup4light.net](http://www.eup4light.net))

### ***Komputery, sprzęt RTV, wyposażenie biur i pomieszczeń usługowych, AGD***

1. Personal Computers (desktops & laptops) and computer monitors <http://www.ecocomputer.org/completed>
2. Imaging equipment: copiers, faxes, printers, scanners, multifunctional devices <http://www.ecoimaging.org/>
3. Consumer electronics: televisions <http://www.ecotelevision.org/>

4. Standby and off-mode losses of EuPs <http://www.ecostandby.org/>
5. Battery chargers and external power supplies <http://www.ecocharger.org/>
6. Commercial refrigerators and freezers, including chillers, display cabinets and vending machines <http://www.ecofreezercom.org/>
7. Domestic refrigerators and freezers <http://www.ecocolddomestic.org/>
8. Domestic dishwashers and washing machines. <http://www.ecowetdomestic.org/>
9. Complex set top boxes (with conditional access and/or functions that are always on) <http://www.ecocomplexstb.org/>
10. Poradnik. Energooszczędny sprzęt i urządzenia w domu, w biurze, w firmie. Jak wybrać, kupić i eksploatować. Praca zbiorowa. Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii 2008