

Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii – FEWE – jest działającą od 1990 roku, niezależną organizacją pozarządową. Promuje racjonalne gospodarowanie energią i przyjazne środowisku jej wytwarzanie.

W ramach swojej działalności FEWE realizuje: projekty edukacyjne, szkoleniowe i doradcze, demonstracyjne wdrożenia, programy transformacji rynku energooszczędnych urządzeń, plany i analizy w zakresie zrównoważonej gospodarki energetycznej, audyty energetyczne. Dodatkowo FEWE wspomaga samorządy, instytucje publiczne i firmy w definiowaniu projektów i programów związanych z racjonalną gospodarką energetyczną, wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii, ograniczeniem emisji ze spalania paliw kopalnych i pozyskaniu środków na ich realizację.

Szczegółowe informacje dotyczące działalności FEWE, realizowanych projektów i możliwości współpracy zamieszczamy na naszych stronach internetowych

www.fewe.pl

Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii - FEWE
ul. Rymera 3/4, 40-048 Katowice
Tel/fax: +48 32 203 51 20
e-mail: office@fewe.pl

ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII

Efektywne wykorzystanie w budynkach Finansowanie przedsięwzięć



Poradnik

ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII

**Efektywne wykorzystanie w budynkach
Finansowanie przedsięwzięć**

Poradnik

Autorzy: Sławomir Pasierb, Mariusz Bogacki, Arkadiusz Osicki, Jerzy Wojtulewicz

Poradnik opublikowano dzięki pomocy finansowej Unii Europejskiej i Budżetu Państwa w ramach Programu Phare PL2003/004-379.01.01 oraz Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach.

Za treść poradnika odpowiada Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii, poglądy w nim wyrażone nie odzwierciedlają w żadnym razie oficjalnego stanowiska Unii Europejskiej.

Copyright by Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii

Wydawca: Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii
ul. Rymera 3/4, 40-048 Katowice
www.fewe.pl, www.oze.info.pl
Wydanie I, Katowice 2006, nakład 500 egz.

Projekt graficzny: www.drukarniacyfrowa.pl
Druk i oprawa: www.drukarniacyfrowa.pl

ISBN 83-907727-7-9

Spis treści

1. WPROWADZENIE.....	5
2. CO I JAK MOŻESZ ZASTOSOWAĆ W SWOIM BUDYNKU	7
2.1. Do czego potrzebujesz i zużywasz energię i paliwa.....	7
2.2. Ile energii potrzeba na ogrzewanie, czyli suma strat i zysków ciepła	11
2.3. Ile energii potrzeba na przygotowanie ciepłej wody użytkowej.....	19
3. KTO I JAK MOŻE CI POMÓC W DOFINANSOWANIU PRZEDSIĘWZIĘĆ	24
4. DZIAŁASZ EKONOMICZNIE.....	31
4.1. Minimum ekonomii w Twoich decyzjach	31
5. BARDZIEJ SZCZEGÓŁOWO O WYKORZYSTANIU ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII W OGRZEWANIU BUDYNKÓW I PRZYGOTOWANIU CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ	45
5.1. Wykorzystanie biomasy.....	45
5.2. Bierne wykorzystanie promieniowania słonecznego.....	50
5.3. Aktywne wykorzystanie promieniowania słonecznego	59
5.4. Wykorzystanie ciepła z powierzchniowych źródeł ciepła.....	75
6. BARDZIEJ SZCZEGÓŁOWO O WYKORZYSTANIU ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII W WYTWARZANIU ENERGII ELEKTRYCZNEJ	81
7. ZAKOŃCZENIE	88

1. WPROWADZENIE

Drogi Czytelniku

Liczymy na to, że ten poradnik dotrze do Ciebie i spotka się z Twoim zainteresowaniem.

Do kogo się zwracamy

Do milionów właścicieli, zarządców i deweloperów budynków. Do tych, którzy już mają budynki i zamierzają je modernizować, ale również do tych, którzy będą budować budynki mieszkalne, usługowe, użyteczności publicznej. Nie wszędzie można racjonalnie wykorzystać odnawialne źródła energii, nie wszyscy zdecydują się na taki krok.

Ale jest coraz więcej zastosowań, nie tylko wprowadzonych przez entuzjastów, również przez tych, którzy podejmują ekonomiczne decyzje.

Ten poradnik w zasadzie kierujemy dla początkujących, dla tych, którzy pierwszy raz przyglądają się do systemów energetycznych budynków zasilanych z odnawialnych źródeł energii. Również do tych, którzy chcą poszerzyć wiedzę o możliwościach zastosowania odnawialnych źródeł energii w budynkach lub tę wiedzę przekazać innym.

Czyli do nauczycieli, wykładowców szkoleń lub wprost do uczniów i studentów.

Na pewno nie jest to pierwszy tego typu poradnik, ale być może pierwszy, który próbuje całościowo ująć tematykę zastosowania odnawialnych źródeł energii w budynkach i jest powszechnie dostępny na stronach internetowych.

Ten poradnik rozpoczyna cykl działań dla przygotowania potencjalnych inwestorów i ekspertów do stosowania odnawialnych źródeł energii w budynkach. Końcowym etapem będzie upowszechnienie i przyswojenie profesjonalnego programu obliczeniowego „RETScreen® International”.

Dlaczego zachęcamy do stosowania odnawialnych źródeł energii w budynkach?

Rośnie nasza świadomość ekologiczna, coraz bardziej jesteśmy przekonani, że zrównoważony rozwój świata, krajów, miast i wsi to nasza potrzeba i obowiązek na rzecz przyszłych pokoleń.

Zasoby paliw kopalnych: węgla, gazu ziemnego, ropy naftowej itp. wystarczą jeszcze na 40-50 lat – węglowodorowe i na 200-300 lat węgiel. Ale zużywamy coraz więcej energii. Zrównoważoną gospodarkę energetyczną musimy oprzeć na bardziej efektywnym wykorzystaniu paliw i energii, na zwiększającym się udziale odnawialnych źródeł w zaopatrzeniu w paliwa i energię. W budynkach zużywa się coraz więcej energii, ponad 40% paliw i energii jest zużywanych w gospodarstwach domowych, czyli w budynkach mieszkalnych. Do tego dochodzi zużycie energii w budynkach usługowych, administracyjnych i użyteczności publicznej.

W budynkach paliwa i energię zużywa się na ogrzewanie pomieszczeń, przygotowanie ciepłej wody do użycia, oświetlenie, napędy sprzętu gospodarstwa domowego itp. Część energii w postaci ciepła i energii elektrycznej mogą dostarczyć odnawialne źródła energii. Polska jako członek Unii Europejskiej musi się dostosować do wspólnych przepisów prawnych i celów zwiększania udziału odnawialnych źródeł energii w produkcji energii elektrycznej i ciepła.

Na przykład musimy w Polsce osiągnąć 7,5% udział odnawialnych źródeł energii w bilansie zaopatrzenia kraju w paliwa pierwotne w 2010. Na razie mamy około 4% udział i wiele do zrobienia w krótkim czasie. Wiele możemy zrobić w budynkach. Wiele więc zależy od Ciebie.

Świadomość ekologiczna i społeczna – świadomością ale czy to jest opłacalne? Oczywiście dobre pytanie, na które ma Ci odpowiedzieć i pomóc nasz poradnik. W skrócie – odnawialne źródła energii w niektórych przypadkach mogą zmniejszyć Twoje rachunki za paliwa i energię. Bowiem:

- albo już są bardziej opłacalne od systemów energetycznych budynków opartych na kopalnych paliwach i energii przetworzonej z tych paliw,
- albo istnieją fundusze pomocowe dofinansowujące (dotacje, niskooprocentowane pożyczki) przedsięwzięcia odnawialnych źródeł energii.

Z drugiej strony musisz sobie zdawać sprawę, że systemy energetyczne w Twoim budynku mają żywotność 15-20 lat i więcej. W tym czasie na pewno drożeć będą nośniki energii jak: węgiel, gaz ziemny, energia elektryczna, olej opałowy i napędowy, benzyna itp.

A więc w rachunku ekonomicznym w cyklu żywotności urządzeń energetycznych budynków zwiększać się będzie opłacalność odnawialnych źródeł energii, bo:

- postęp technologiczny i rynkowy dostarczać będzie coraz tańszych urządzeń odnawialnych źródeł energii,
- drożeć będą paliwa i energia, być może nawet do 50-100% i może więcej.

Warto więc myśleć i działać na przyszłość.

Które technologie i urządzenia w budynkach

Poradnik skupia się na tych technologiach i urządzeniach odnawialnych źródeł energii, które z punktu widzenia technicznego mogą być zastosowane w budynkach, a z punktu widzenia ekonomicznego dzisiaj lub w przyszłości mogą być opłacalne w praktyce.

Dlatego też przedstawiamy:

- wykorzystanie energii promieniowania słonecznego do produkcji ciepła lub biernego ogrzewania budynków: wodne i powietrzne kolektory słoneczne oraz do produkcji energii elektrycznej w ogniwach fotowoltaicznych,
- wykorzystanie ciepła powierzchniowych (do 100 m w głąb) warstw gruntu i produkcję ciepła w pompach ciepła.

W tym poradniku nie przedstawiamy wykorzystania energii wiatru w przybudynkowych siłowniach wiatrowych i wykorzystania energii cieków wodnych, jako mających małe szanse wykorzystania w budynkach.

Nie możemy jednak zapominać o przybudynkowych siłowniach wiatru, które w ostatnich latach znacząco się rozwijają i mają coraz większe zastosowanie w rozproszonej produkcji energii elektrycznej.

Wprowadzimy wykorzystanie energii wiatru w budynkach w następnej wersji poradnika.

Stawiamy na kompleksowość

Chcemy zaprezentować Ci poradnik ujmujący całościowo to co potrzebne jest w podejmowaniu decyzji inwestycyjnych, to jest:

- minimum techniki,
- energia – do czego zastosować,
- ekologia – jakie skutki korzystne dla środowiska,
- ekonomia – rachunek kosztów i efektów,
- finansowanie – ile kosztuje, skąd wziąć dofinansowanie.

2. CO I JAK MOŻESZ ZASTOSOWAĆ W SWOIM BUDYNKU

2.1. Do czego potrzebujesz i zużywasz energię i paliwa

W celu określenia możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE) przede wszystkim należy zdać sobie sprawę jakie potrzeby energetyczne obecnie mamy oraz jakie przewidujemy w perspektywie kilku najbliższych lat.

Działania związane z gospodarką energetyczną budynków to działania głównie nastawione na długoterminowy cykl żywotności, np. dla kotłów ok. 20 lat. Z tego też względu poprawny wybór technologii i dobór urządzeń ma tak ogromne znaczenie już na etapie podejmowania pierwszych decyzji.

Za komfort użytkowania energii trzeba płacić i obserwując sytuację na rynku paliw i energii płacić coraz więcej. W obecnej chwili mamy do czynienia z dużą niepewnością cen głównie dla paliw i ich pochodnych importowanych z zagranicy, jak ropa naftowa czy gaz ziemny. Należy jednak przypuszczać, że ceny węgla w najbliższych latach również zaczną znacząco wzrastać, dlatego też istotnym jest stopniowe uniezależnienie się od tego typu źródeł energii i sposobem na to jest wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii. Przy obecnych cenach energii i paliw oraz wysokich kosztach inwestycyjnych technologii wykorzystujących OZE, analizy opłacalności często nie wykazują dodatniego efektu ekonomicznego lub jest on niski. Mając jednak w perspektywie wzrost cen nośników i prawdopodobny spadek kosztów inwestycyjnych technologii OZE, należy się spodziewać, że opłacalność rzeczowych inwestycji zacznie wzrastać z roku na rok.

Wysokie koszty energii są również wynikiem jej nadmiernego zużycia, co najczęściej dotyczy budynków użyteczności publicznej, ale nie tylko.

Przyjrzyjmy się najpierw jakie i do jakich celów najczęściej zużywane są nośniki energii w budynkach.

Tabela 1. Rodzaje nośników energii oraz sposoby ich wykorzystania

Energia elektryczna	Gaz ziemny	Ciepło sieciowe	Paliwa stałe i ciekłe (węgiel, koks, olej opałowy, gaz LPG)
• oświetlenie • napędy • sprzęt biurowy • przygotowanie c.w.u. • gotowanie • inne	• gotowanie • przygotowanie c.w.u. • ogrzewanie pomieszczeń	• ogrzewanie pomieszczeń • przygotowanie c.w.u.	• ogrzewanie pomieszczeń • przygotowanie c.w.u. • gotowanie

Różne typy budynków i obiektów cechują się odmiennymi potrzebami, wynikającymi przede wszystkim z różnic związanych z charakterem użytkowania, a którymi należy się kierować podejmując decyzje o wyborze takiej czy innej technologii. Inne potrzeby energetyczne posiada budynek administracyjny (np. urząd miasta), inne budynek edukacyjny (szkoła, przedszkole), a jeszcze inne szpital, obiekt sportowy czy też budynek mieszkalny.

W celu określenia charakterystycznych potrzeb energetycznych dla różnych typów obiektów wprowadzono podział dla kilku głównych i najczęściej spotykanych grup budynków, czyli:

a. budynki mieszkalne:

- jednorodzinne,
- wielorodzinne,

b. budynki użyteczności publicznej – szkoła.

Niestety zastosowanie takiego podziału pozwoli nam jedynie na przybliżone określenie struktury zużycia energii w danym typie obiektu. Nie trudno bowiem wyobrazić sobie różnicę w zużyciu energii na poszczególne cele w szkole z basenem i stołówką i w szkole bez pływalni, w której nie przygotowuje się posiłków. Tak więc ilość i przeznaczenie zużywanych w obiekcie paliw i energii jest sprawą mocno indywidualną i zależy od specyfiki użytkowania każdego z obiektów.

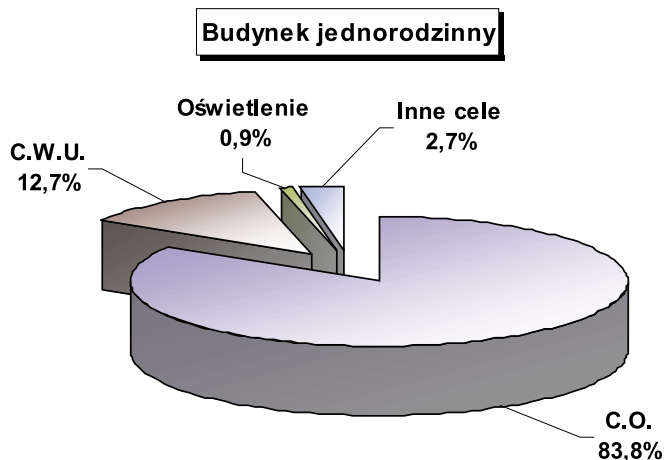
Budynki mieszkalne jednorodzinne stanowią chyba najwdzięczniejszą grupę ze wszystkich pozostałych. Dlaczego? Przede wszystkim dlatego, że za decyzje podejmowane przy wyborach inwestycyjnych odpowiada jeden podmiot, którym zazwyczaj jest właściciel. Tak więc w takiej sytuacji oprócz warunków technicznych, jedynymi ograniczeniami ze strony inwestora są jego możliwości finansowe. Celem tego poradnika jest pomoc w podejmowaniu trafnych decyzji inwestycyjnych, tak aby dobór technologii był jak najlepiej dopasowany do rodzaju potrzeb energetycznych oraz ich wielkości.

Potrzeby energetyczne budynku mieszkalnego jednorodzinnego można podzielić na kilka podstawowych grup:

- a. ogrzewanie pomieszczeń (c.o.),
- b. przygotowanie ciepłej wody użytkowej (c.w.u.),
- c. oświetlenie,
- d. potrzeby bytowe (gotowanie, inne urządzenia elektryczne).

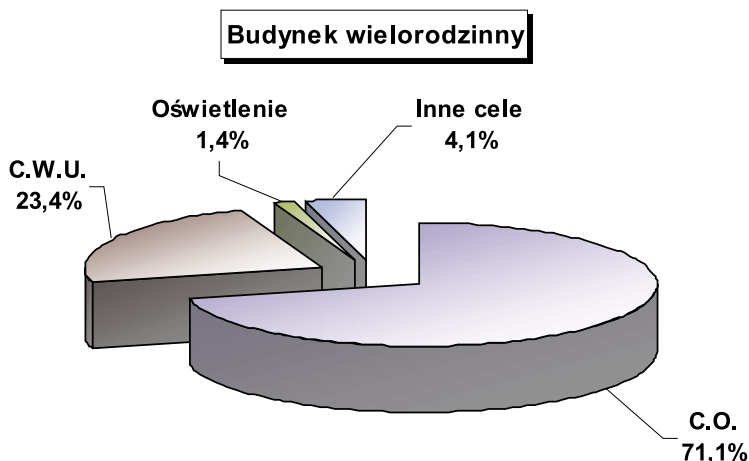
Powyższe rodzaje potrzeb energetycznych różnią się nie tylko sposobem ich zaspokajania (energia elektryczna, gaz, paliwa stałe, itp.) ale także wielkością zapotrzebowania na energię, wielkością mocy oraz czasem ich występowania zarówno w cyklu dobowym jak i rocznym. Tak więc ogrzewanie w sposób naturalny występuje w okresie zimowym podczas gdy np. przygotowanie c.w.u. występuje prawie niezmiennie w ciągu roku. Również bardzo trudno jest dopasować jedno urządzenie, które może zaspokoić oba typy potrzeb przez cały rok bez utraty sprawności. Problem ten dotyczy zarówno urządzeń konwencjonalnych jak i wykorzystujących zasoby OZE. Inny przykład stanowią urządzenia zasilane energią elektryczną jak np. oświetlenie, gdzie już sam rodzaj dostarczanej energii stwarza ograniczenia w doborze alternatywnej technologii umożliwiającej pracę takich urządzeń i w sposób zdecydowany zawęża obszar wyboru technologii. W przypadku celów bytowych oraz zasilania urządzeń powszechnego użytku głównymi nośnikami energii wykorzystywanymi do ich pokrywania są nośniki sieciowe, jak: energia elektryczna czy gaz sieciowy oraz rzadziej zwłaszcza do gotowania: gaz płynny LPG i paliwa stałe. Do tej pory dosyć powszechnym zjawiskiem, zwłaszcza na wsiach jest wykorzystywanie biomasy w postaci drewna i odpadów drzewnych do przygotowywania posiłków. Wynika to raczej z braku technicznych możliwości podłączenia do sieci gazowej oraz łatwej dostępności i niskiej ceny drewna a nie świadomej chęci korzystania z odnawialnych źródeł energii jaką jest biomasa. Jak już wspomniano dobór urządzeń i technologii uzależniony jest od kilku czynników, najbardziej przydatnym wskaźnikiem dla projektanta są zapotrzebowanie na energię oraz moc niezbędne do zaspokojenia określonych potrzeb, a także struktura zużycia energii na poszczególne cele w całkowitym zużyciu energii.

Na poniższym wykresie przedstawiono strukturę zużycia energii na różne cele dla przykładowego budynku mieszkalnego jednorodzinnego.



Rys. 1. Struktura zużycia energii na poszczególne cele w budynkach jednorodzinnych

Budynki mieszkalne wielorodzinne cechują się podobnymi parametrami potrzeb energetycznych jak budynki jednorodzinne, co wynika przede wszystkim z takich samych potrzeb oraz rozkładu tych potrzeb w czasie, czyli od charakteru użytkowania. Podstawową różnicą występującą pomiędzy budynkami jedno i wielorodzinnymi to powierzchnia tych budynków, a więc można przyjąć, że powierzchnia średniego mieszkania w budynku wielorodzinnym jest dwu a nawet trzykrotnie mniejsza przy podobnej liczbie mieszkańców. Mniejsza powierzchnia mieszkań w budownictwie wielorodzinnym to również mniejsze zużycie ciepła na ich ogrzewanie w stosunku do innych potrzeb. Sposób zaspakajania potrzeb w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych jest również podobny jak w budynkach jednorodzinnych, choć zdecydowanie częściej tego typu budynki podłączone są do sieci ciepłowniczych. Rzadziej jako podstawowe źródło ciepła stosuje się obecnie paliwa stałe, choć problem ten nadal występuje i dotyczy głównie ogrzewania piecowego.



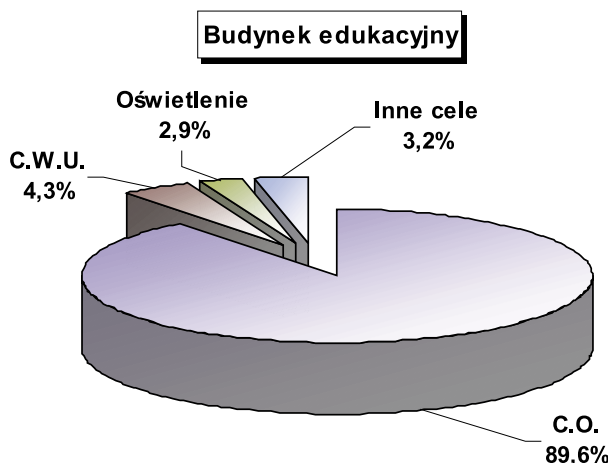
Rys. 2. Struktura zużycia energii na poszczególne cele w budynkach wielorodzinnych

W przypadku budynków wielorodzinnych występuje jedna podstawowa różnica w stosunku do budynków jednorodzinnych, mianowicie często decyzje o inwestycjach nie zależą od woli użytkowników, np. w sytuacji gdy mamy do czynienia ze spółdzielniami mieszkaniowymi,

lub rozbieżność zdań wśród najemców i współwłaścicieli stwarza niemożliwe do sforsowania bariery, często mentalne, jak np. występuje we wspólnotach mieszkaniowych. Z kolei przewagą budownictwa wielorodzinnego nad jednorodzinnym są istniejące na krajowym rynku systemy wspierania przedsięwzięć energetycznych w tym technologii OZE, mniej lub bardziej atrakcyjne, ale są, czego praktycznie nie można powiedzieć o budynkach indywidualnych, jednorodzinnych.

Budynki użyteczności publicznej to przede wszystkim budynki utrzymywane z budżetów jednostek samorządowych: wojewódzkich, powiatowych i gminnych, a więc głównie dotyczy to obiektów typu: szkoły, przedszkola, szpitale i przychodnie, budynki administracyjne, obiekty kulturalne i sportowe itp. Jak widać jest to bardzo szeroki wachlarz typów obiektów, a więc również bardzo zróżnicowane struktury pokrywania potrzeb energetycznych. Na temat każdego z tych typów obiektów zapewne można by było stworzyć oddzielny poradnik jak w nich zarządzać energią i jakie technologie OZE można w nich zastosować. Praktycznie w celu prawidłowego oszacowania wielkości i rodzaju potrzeb energetycznych w konkretnych budynkach, a nawet nie obiektach należałoby odwołać się do przeprowadzenia pełnego audytu energetycznego.

Biorąc „pod lupę” najbardziej rozpowszechnioną grupę budynków użyteczności publicznej, jakimi są szkoły, mamy do czynienia z tak dużymi rozbieżnościami, że trudno jest przedstawić przybliżoną strukturę potrzeb energetycznych. Często mamy do czynienia z sytuacją, że w budynkach tych ciepła woda użytkowa nie jest przygotowywana w ogóle, czasami jedynie w kuchni, a czasami jest jej przygotowywanej bardzo dużo np. w obiektach, w których znajduje się pływalnia. Na podstawie kilkunastu audytów energetycznych sporządzono uśrednioną strukturę zużycia energii na poszczególne cele, należy się jednak liczyć z faktem, że w szerzej stosowanych układach przygotowania ciepłej wody udział tego typu potrzeb w ogólnej strukturze zużycia energii może być nieco większy.



Rys. 3. Struktura zużycia energii na poszczególne cele w budynkach edukacyjnych – przykład szkoły

Trudno jest ocenić na wyczuć jakie przedsięwzięcia są opłacalne w konkretnym obiekcie a jakie nie. Dlatego, aby się dowiedzieć dokładnie najlepszym rozwiązaniem jest skorzystanie usługi fachowca, który sporządzi audyt energetyczny budynku. Zanim jednak wyda się pieniądze na audytora warto samemu przeprowadzić wstępną, uproszczoną analizę, która po-

zwoli na oszacowanie potencjału zmian zużycia energii, opłacalności inwestycji oraz efektu ekologicznego, możliwych do osiągnięcia w wyniku zastosowania technologii wykorzystujących OZE. Ponadto otrzymana w wyniku obliczeń wiedza pozwoli osobie odpowiedzialnej za podejmowanie istotnych decyzji zabrać głos w dyskusji między audytorem, projektantem, czy też nawet dystrybutorem danego typu technologii próbującego przedstawić swój produkt jako najlepszy i idealnie dopasowany do naszych potrzeb, a co jak pokazuje życie nie zawsze jest prawdziwe.

Jak już wiadomo największy udział w pokryciu potrzeb energetycznych stanowią: ogrzewanie pomieszczeń i przygotowanie c.w.u..

2.2. Ile energii potrzeba na ogrzewanie, czyli suma strat i zysków ciepła

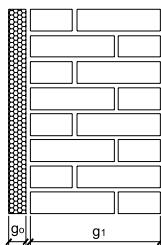
W celu przeprowadzenia wstępnej analizy opłacalności możliwych do wyboru technologii OZE w pierwszej kolejności należy oszacować ile energii trzeba dostarczyć do obiektu celem pokrycia strat ciepła przez przegrody zewnętrzne budynku.

Do najważniejszych typów przegród zewnętrznych zaliczamy:

- ściany zewnętrzne,
- dach, stropodach lub strop nad pod nieogrzewanym poddaszem,
- podłogi na gruncie lub strop nad nieogrzewaną piwnicą,
- okna i drzwi zewnętrzne.

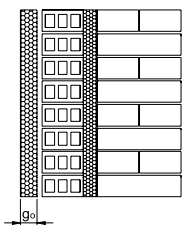
W tabelach poniżej przedstawiono wartości współczynników przenikania ciepła U dla wymienionych przegród w kilku wybranych wariantach. Oczywiście im niższy współczynnik, tym lepiej, tym mniej tracimy ciepła. Jeżeli ściany budynku są inne niż w tabeli, to najlepszym rozwiązaniem jest obliczenie z tych wskaźników posługując się normą PN-EN ISO 6946.

g_1	g_0	U	g_1	g_0	U
cm	cm	W/m^2K	cm	cm	W/m^2K
25	-	1,918	38	8	0,374
25	5	0,565	38	12	0,272
25	8	0,397	51	-	1,182
25	12	0,284	51	5	0,477
38	-	1,477	51	8	0,351
38	5	0,519	51	12	0,260



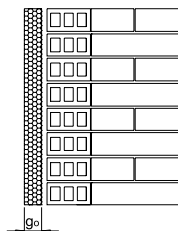
od lewej:
warstwa izolacji - opcjonalnie
mur z cegły - opcjonalnie
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

g_0	U
cm	W/m^2K
-	0,548
5	0,325
8	0,261
10	0,231
12	0,207



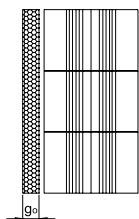
od lewej:
warstwa izolacji - opcjonalnie
cegła dziurawka - 12 cm
warstwa izolacji - 5 cm
mur z cegły - 25 cm
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

g_0	U
cm	W/m ² K
-	1,399
5	0,509
8	0,368
10	0,311
12	0,269



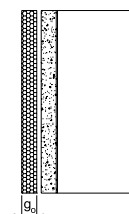
od lewej:
warstwa izolacji - opcjonalnie
cegła dziurawka - 12 cm
mur z cegły - 25 cm
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

g_0	U
cm	W/m ² K
-	1,164
5	0,474
8	0,350
10	0,298
12	0,259



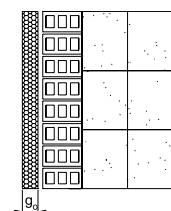
od lewej:
warstwa izolacji - opcjonalnie
pustak MAX - 29 cm
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

g_0	U
cm	W/m ² K
-	1,439
5	0,514
8	0,371
10	0,313
12	0,271



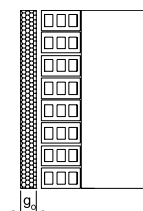
od lewej:
warstwa izolacji - opcjonalnie
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm
suprema (płyty wiórowo-cementowe) - 5 cm
żelbet (elementy prefabrykowane) - 24 cm
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

g_0	U
cm	W/m ² K
-	1,383
5	0,507
8	0,367
10	0,310
12	0,269



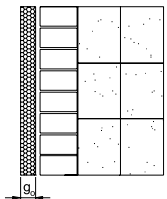
od lewej:
warstwa izolacji - opcjonalnie
mur z cegły dziurawki - 12 cm
pustak żużłobetonowy - 24 cm
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

g_0	U
cm	W/m ² K
-	1,883
5	0,561
8	0,395
10	0,330
12	0,283



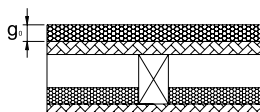
od lewej:
warstwa izolacji - opcjonalnie
żelbet - 24 cm
mur z cegły dziurawki - 12 cm
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

g_0	U
cm	W/m^2K
-	1,459
5	0,517
8	0,372
10	0,314
12	0,271



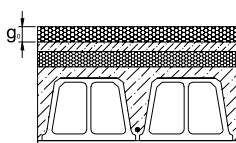
od lewej:
warstwa izolacji - opcjonalnie
mur z cegły pełnej - 12 cm
pustak żużłobetonowy - 24 cm
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

g_0	U
cm	W/m^2K
-	0,643
5	0,357
8	0,281
10	0,247
12	0,220



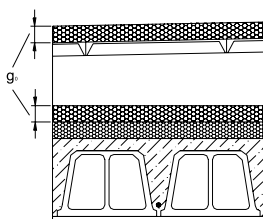
od góry:
warstwa ocieplenia - opcjonalnie
deski - 4 cm
przestrzeń powietrzna - 10 cm
warstwa izolacji - 5 cm
deski - 3 cm

g_0	U
cm	W/m^2K
-	0,674
5	0,366
8	0,287
10	0,251
12	0,223



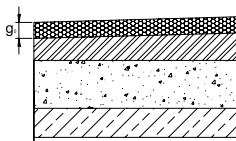
od góry:
warstwa izolacji - opcjonalnie
beton - 3 cm
warstwa izolacji - 5 cm
srop gęstożebrowy (Akerman, DZ, Fert i inne)
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

g_0	U
cm	W/m^2K
-	0,678
5	0,367
8	0,288
10	0,252
12	0,224



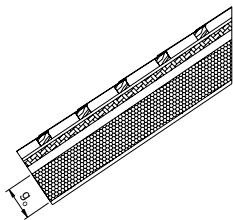
od góry:
warstwa izolacji - opcjonalnie
2 x papa na lepiku
płyta korytkowa
przestrzeń wentylowana - 20 cm
warstwa izolacji - opcjonalnie
izolacja - 5 cm
srop gęstożebrowy (Akerman, DZ, Fert i inne)
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

g_0	U
cm	W/m^2K
-	1,099
5	0,463
8	0,344
10	0,293
12	0,256



od góry:
warstwa izolacji - opcjonalnie
2 x papa na lepiku
gładź cementowa - 4 cm
żużel - 15 cm
papa asfaltowa
płyta żelbetowa - 8 cm
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

g_0	U
cm	W/m²K
10	0,342
15	0,240
18	0,203
20	0,184



od góry:
dachówka ceramiczna
papa asfaltowa
deski - 2,5 cm
szczelina powietrzna - 3 cm
warstwa izolacji - opcjonalnie
folia paroizolacyjna
płyta gipsowo-kartonowa - 1,25 cm

Oprócz współczynników przenikania ciepła niezbędną informacją do obliczenia strat przez przegrodę zewnętrzną danego typu jest jej łączna powierzchnia. Powierzchnie strat ciepła zawsze oblicza się dla wymiarów w osiach przegród, dlatego niezbędna jest znajomość grubości przegród. Na rysunku 4 przedstawiono przykładowy budynek i jego podstawowe wymiary zewnętrzne, ponadto przyjęto, że grubość ścian, stropów i stropodachów wynosi po 38 cm. Dla tak przyjętych danych dokonano przykładowego obliczenia poszczególnych powierzchni strat ciepła (Tabela 2).

Tabela 2. Sposób obliczania powierzchni poszczególnych przegród zewnętrznych dla przykładowego budynku (jak na rys.4)

Rodzaj przegrody		Sposób obliczenia	Powierzchnia okien [m ²]	Powierzchnia drzwi [m ²]	Powierzchnia [m ²]
Ściana zewnętrzna	południowa	$A_{śc.S} = (8,0 - 0,38) \cdot (5,85 - 0,38)$	$(1,8 \cdot 1,5) + 2 \cdot (0,8 \cdot 1,5)$	$(1,1 \cdot 2,2)$	34,16
	wschodnia	$A_{śc.E} = (7,5 - 0,38) \cdot (5,85 - 0,38)$	$4 \cdot (1,8 \cdot 1,5)$	–	28,15
	północna	$A_{śc.N} = (8,0 - 0,38) \cdot (5,85 - 0,38)$	$3 \cdot (1,8 \cdot 1,5) + (2,2 \cdot 1,5)$	–	30,28
	zachodnia	$A_{śc.W} = (7,5 - 0,38) \cdot (5,85 - 0,38)$	–	–	38,95
Stropodach		$A_{st.dachu} = (8,0 - 0,38) \cdot (7,5 - 0,38)$	–	–	54,25
Strop nad piwnicą		$A_{stropu} = (8,0 - 0,38) \cdot (7,5 - 0,38)$	–	–	54,25

W celu obliczenia strat ciepła przez poszczególne przegrody posłużyć należy się wzorem:

$$Q_{p_i} = \frac{A_i \cdot U_i \cdot (t_w - t_{z_sr}) \cdot \tau}{1000} \quad [kWh / rok]$$

gdzie:

Q_i – straty ciepła przez i-tą przegrodę w sezonie grzewczym,

A_i – powierzchnia i-tej przegrody,

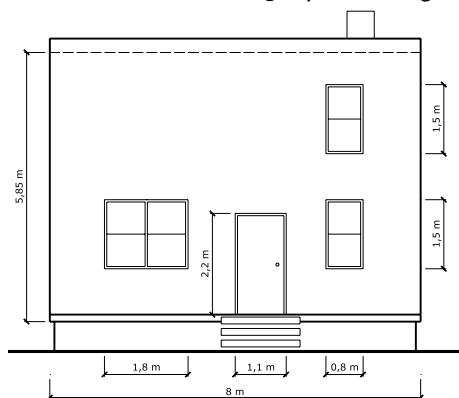
U_i – współczynnik przewodzenia ciepła przez i-tą przegrodę,

t_{w_i} – temperatura wewnętrzna pomieszczeń, przyjęto 20°C,

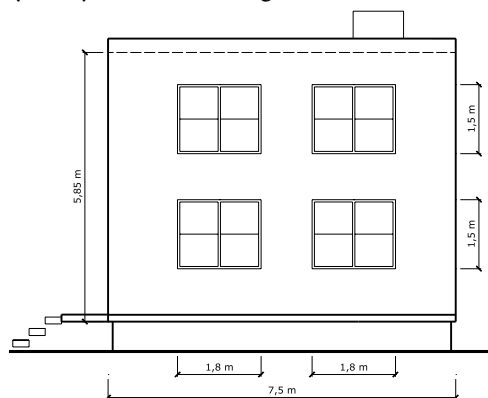
t_{z_sr} – średnia temperatura sezonu grzewczego, przyjęto 2,2°C,

τ – średnia długość okresu grzewczego w ciągu roku, przyjęto 5100 h/rok.

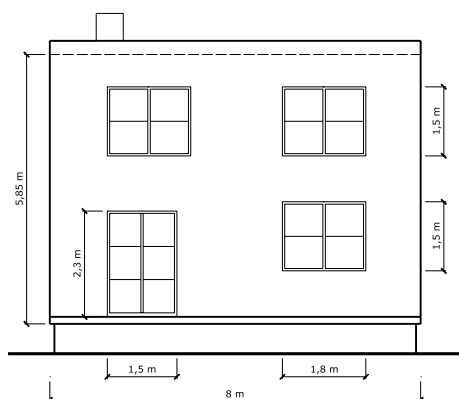
Rysunek 4. Podstawowe wymiary zewnętrzne do obliczenia zapotrzebowania na ciepło przykładowego budynku jednorodzinnego



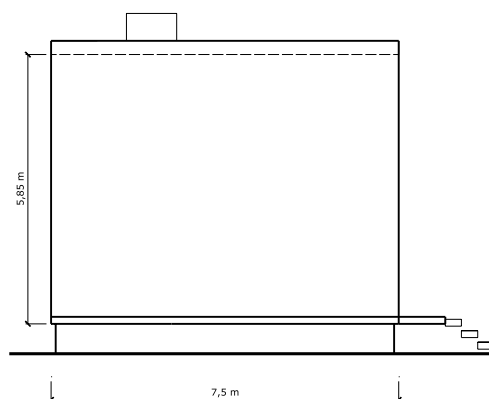
Elewacja południowa



Elewacja wschodnia



Elewacja północna



Elewacja zachodnia

Dla tak przyjętych danych stosujemy uproszczony wzór na obliczenie strat ciepła przez daną przegrodę w ciągu roku:

$$Q_{p_i} = 90,78 \cdot A_i \cdot U_i \quad [kWh / rok]$$

lub,

$$Q_{p_i} = 0,3268 \cdot A_i \cdot U_i \quad [GJ / rok]$$

bo 1000 kWh = 3,6 GJ

Do strat ciepła przez przegrody zewnętrzne należy dodać również ciepło na wentylację, tzn. ilość ciepła niezbędną do podgrzania świeżego powietrza dostarczanego do pomieszczeń. W sposób uproszczony można to wyliczyć z następującego wzoru:

$$Q_w = 38 \cdot A_{uz} \cdot H_{kond} \quad [kWh / rok]$$

gdzie:

Q_w – ciepło na ogrzewanie powietrza wentylacyjnego,

A_{uz} – powierzchnia użytkowa pomieszczeń,

H_{kond} – wysokość kondygnacji.

lub,

$$Q_w = 0,1368 \cdot A_{uż.} \cdot H_{\text{kond}} \quad [GJ / rok]$$

Ponadto przy nieszczelnych oknach występuje infiltracja niepożądanym powietrzem ze-wnętrznym, które dla zachowania komfortu cieplnego również musi być podgrzewane. Wielkość ciepła na infiltrację to dodatkowo około 10% zapotrzebowania powietrza wentyla-cyjnego - przy dużej nieszczelności, którego nie należy pomijać w obliczeniach.

Oprócz strat w budynkach występują również zyski ciepła, pochodzą one głównie od słońca, tzw. zyski słoneczne, które są tym większe im większa jest powierzchnia prze-szklona oraz tzw. zyski bytowe, czyli ciepło wytwarzane przez urządzenia, ludzi, podczas gotowania, itp. Wielkość udziału zysków ciepła w całkowitym zapotrzebowaniu na ciepło budynku nie jest taka sama we wszystkich budynkach i zależy od wielkości strat. Tak, więc udział zysków ciepła w całkowitym zapotrzebowaniu na ciepło budynku jest mniej-szy w budynku nieocieplonym, z nieszczelnymi oknami itp. i może wynosić ok. 20% dla budynków niemieszkalnych oraz ok. 30% dla budynków mieszkalnych. Natomiast w bu-dynku dobrze zaizolowanym, w którym nie ma dużych strat energii udział zysków, w cał-kowitym zapotrzebowaniu ciepła może wzrosnąć do poziomu ok. 40% dla budynków niemieszkalnych oraz ok. 50% dla budynków mieszkalnych.

Do całkowitego obliczenia zapotrzebowania na ciepło budynku służy poniższy wzór uwzględniający wcześniejsze obliczenia strat i zysków ciepła.

$$Q_{\text{netto}} = \left(\sum_i Q_{p-i} + Q_w + i \cdot Q_w \right) \cdot (1 - z) \quad [GJ / rok] \quad \text{lub} \quad [kWh / rok]$$

gdzie:

$\sum_i Q_{p-i}$ – suma strat ciepła przez przegrody zewnętrzne,

Q_w – ciepło na wentylację,

i – stopień infiltracji (10% - dla nieszczelnych okien),

z – udział zysków ciepła w pokryciu całkowitych potrzeb cieplnych (budynek miesz-kalny: ocieplony – 50%, nieocieplony – 30%; budynek niemieszkalny: ocieplony – 40%, nieocieplony – 20%).

Po zbilansowaniu strat oraz zysków ciepła w budynku otrzymamy wielkość ciepła niezbędną do dostarczenia do budynku aby panowała w nim odpowiednia temperatura.

W celu obliczenia ile rzeczywiście energii potrzeba zużyć na ogrzanie budynku należy rów-nież uwzględnić sprawność układu grzewczego, na którą składają się 4 podstawowe skład-niki: sprawność wytwarzania czyli źródła ciepła (wymiennik, kocioł, piec, itp.), sprawność przesyłu ciepła (zależy od rodzaju i stanu instalacji grzewczej), sprawność regulacji systemu ogrzewania (zależy od sposobu regulacji, zaworów termostatycznych itp.) oraz sprawność wykorzystania (zależy od rodzaju i usytuowania grzejników).

Sprawność całkowita systemu grzewczego jest iloczynem poszczególnych sprawności skła-dowych:

$$\eta_c = \eta_w \cdot \eta_p \cdot \eta_r \cdot \eta_e$$

gdzie:

η_c – całkowita sprawność systemu grzewczego,

η_w – sprawność wytwarzania ciepła określona zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi kotłów grzewczych wodnych niskotemperaturowych gazowych oraz kotłów grzewczych stalowych o mocy grzewczej do 50 kW lub przyjmowana z tabeli 3 lub z dokumentacji technicznej,

η_p – sprawność przesyłania ciepła określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą izolacji cieplnej rurociągów, armatury i urządzeń lub przyjmowana z tabeli 6 lub z dokumentacji technicznej,

η_r – sprawność regulacji systemu grzewczego obliczana ze wzoru:

$$\eta_r = 1 - (1 - \eta_{co}) \cdot 2 \cdot \sqrt{z}$$

gdzie:

η_{co} – współczynnik regulacji systemu przyjmowana z tabeli 5,

z – udział zysków ciepła w całkowitym zapotrzebowaniu na ciepło budynku.

η_e – sprawność wykorzystania ciepła przyjmowana z tabeli ... lub z dokumentacji technicznej.

Tabela 3. Sprawność wytwarzania ciepła

Rodzaj kotła/pieca	Paliwo	Sprawność wytwarzania*		
		min	max	śred.
Kotły wyprodukowane przed 1980r.	węgiel, koks	0,50	0,65	0,61
Kotły wyprodukowane po 1980r.	węgiel, koks	0,65	0,75	0,70
Kotły z palnikami atmosferycznymi i regulacją włącz/wyłącz	gazowe, płynne	0,65	0,86	0,76
Kotły z palnikami wentylatorowymi i ciągłą regulacją procesu spalania	gazowe, płynne	0,75	0,88	0,82
Kotły kondensacyjne	gaz	0,95	1,00	0,98
Piece ceramiczne (kaflowe)	paliwo stałe	0,25	0,40	0,40
Piece metalowe	paliwo stałe	0,55	0,65	0,60
Kotły elektryczne przepływowe	–	0,94		0,94
Kotły elektryczne	–	0,97		0,97
Kotły elektrotermiczne	–	1,00		1,00
Kotły wrzutowe z ręczną obsługą do 100 kW	paliwo stałe (słoma)	0,57	0,63	0,60
Kotły wrzutowe z ręczną obsługą do 100 kW	paliwo stałe (drewno, brykiet, pelety, zrębki)	0,65	0,72	0,69
Kotły wrzutowe z ręczną obsługą powyżej 100 kW	paliwo stałe (słoma)	0,65	0,80	0,75
Kotły wrzutowe z ręczną obsługą powyżej 100 kW	paliwo stałe (drewno, brykiet, pelety, zrębki)	0,77	0,83	0,80
Kotły automatyczne o mocy do 100 kW	pelety	0,80	0,92	0,86
Kotły automatyczne o mocy powyżej 100 do 600 kW	paliwo stałe (słoma)	0,65	0,75	0,70

Rodzaj kotła/pieca	Paliwo	Sprawność wytwarzania*		
		min	max	śred.
Kotły automatyczne o mocy powyżej 100 do 600 kW	paliwo stałe (drewno, brykiet, pelety, zrębki)	0,80	0,85	0,83
Kotły z paleniskiem retortowym	węgiel	0,80	0,85	0,83
Kotły automatyczne z mechanicznym podawaniem paliwa o mocy powyżej 500 kW	Paliwo stałe (słoma, drewno, pelety)	0,85		0,85

*) – przyjmuje się w zależności od stanu technicznego

Tabela 4. Sprawność przesyłania ciepła

Rodzaj ogrzewania	Sprawność przesyłania
Źródło ciepła w pomieszczeniu	1,00
Instalacja c.o. z przewodami w dobrym stanie technicznym	0,95
Instalacja c.o. z przewodami w złym stanie technicznym	0,90

Tabela 5. Współczynnik regulacji systemu

Rodzaj ogrzewania	Współczynnik regulacji
Dla systemów z centralnym systemem regulacji, bez automatyki pogodowej i bez zaworów termostatycznych	co najmniej 0,75
Dla systemów z centralnym systemem regulacji, z automatyką pogodową, lecz bez zaworów termostatycznych	co najmniej 0,85
Dla systemów z elementami grzejnymi z termostatami, o dużej bezwładności cieplnej	nie więcej niż 0,95
Dla systemów z elementami grzejnymi z termostatami, o znikomej bezwładności cieplnej	nie więcej niż 0,99

Tabela 6. Sprawność wykorzystania ciepła

Rodzaj kotła/pieca	Paliwo	Sprawność wykorzystania		
		min	max	śred.
Ogrzewanie podłogowe		1,00		1,00
Ogrzewanie tradycyjne, grzejniki prawidłowo usytuowane w pomieszczeniu		0,95		0,95
Ogrzewanie tradycyjne, grzejniki z osłoną		0,90		0,90
Ogrzewanie tradycyjne, obudowa grzejników nie uwzględniona w ich projektowaniu		0,80	0,90	0,85

Uwzględniając sprawność systemu ogrzewania obliczamy ostateczną ilość energii zużytej do ogrzewania budynku (poniższy wzór):

$$Q_{brutto} = \frac{Q_{netto}}{\eta_C} \quad [GJ / rok] \text{ lub } [kWh / rok]$$

I w ten prosty sposób można obliczyć przybliżone zapotrzebowanie na ciepło budynku. Podane wyżej uproszczone wzory zostały zmodyfikowane do warunków panujących w III strefie klimatycznej gdzie temperatura obliczeniowa wynosi $-20^{\circ}C$. W celu zastosowania powyższych obliczeń w innych niż III strefach klimatycznych można posłużyć się wskaźnikami korekcyjnymi zawartymi w poniższej tabeli poprzez pomnożenie ich przez otrzymane zapotrzebowanie ciepła.

Tabela 7. Wskaźniki korekcyjne

Strefa klimatyczna	Współczynnik korygujący
I	0,90
II	0,95
III	1,00
IV	1,05
V	1,10

Drugim podstawowym parametrem po zużyciu ciepła (paliw) jest zapotrzebowanie mocy cieplnej budynku. W celu obliczenia jej wartości można się posłużyć wcześniej wyliczoną wielkością zapotrzebowania na ciepło budynku netto (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego). Uwaga: podczas podstawiania do poniższych wzorów wartości zapotrzebowania na ciepło należy zwrócić uwagę, z których wzorów wcześniej się korzystało, tzn. dla jakich jednostek dokonano obliczeń, czy dla kWh czy dla GJ. Wstawienie do wzoru niewłaściwej wartości spowoduje zafałszowanie wyniku.

Moc cieplną budynku obliczamy z następujących wzorów:

Dla obliczenia zapotrzebowania mocy ciepła N wyrażanej w kW zastosuj wzory: wzór lewy, gdy Q_{netto} wyliczonego w GJ oraz wzór prawy dla Q_{netto} wyliczonego w kWh

$$N = 0,441 \cdot Q_{netto} / 1000 \quad N = 0,1224 \cdot Q_{netto}$$

Jeżeli twój obiekt znajduje się w innej niż III strefie klimatycznej skorzystaj z podanych wcześniej wskaźników korygujących podobnie jak to zrobiłeś dla obliczenia zapotrzebowania na ciepło i pomnóż przez nie otrzymaną w wyniku obliczeń wartość mocy N .

2.3. Ile energii potrzeba na przygotowanie ciepłej wody użytkowej

Ogólny wzór na obliczenie jednostkowego zapotrzebowania na ciepło q_{cwu} do przygotowania 1 m^3 ciepłej wody wygląda następująco:

$$q_{cwu} = \frac{c_w \cdot \rho \cdot V \cdot (t_c - t_z)}{1000000 \cdot \eta_{cwu}} \quad [GJ/m^3]$$

gdzie:

c_w – ciepło właściwe wody, [kJ/(kg · °C)]

ρ – gęstość wody, [kg/m³]

V – objętość podgrzewanej wody ($V = 1\text{m}^3$)

t_c – temperatura wody w podgrzewaczu, [°C]

t_z – temperatura wody zimnej, [°C]

η_{cwu} – sprawność całkowita układu przygotowania ciepłej wody

Do obliczeń szacunkowych można przyjąć następujący uproszczony wzór dla którego przyjęto, że temperatura wody zimnej wynosi 10°C, a ciepłej 55°C:

Tabela 8. Współczynniki korekcyjne k

Temperatura wody w podgrzewaczu °C	Współczynnik korekcyjny
70	0,75
65	0,818
60	0,90
55	1,00
50	1,125
45	1,286

$$q_{cwu} = \frac{0,18855 \cdot k}{\eta_{cwu}} \quad [\text{GJ/m}^3]$$

gdzie:

k – współczynnik korekcyjny temperatury

Jeżeli woda w twoim podgrzewaczu ma temperaturę inną niż 55°C, należy posłużyć się współczynnikiem korygującym tę różnicę. W tabeli 8 zestawiono kilka współczynników dla różnych temperatur podgrzanej wody.

Tabela 9. Sprawności wytwarzania ciepłej wody

Rodzaj systemu przygotowania ciepłej wody	Sprawność przygotowania c.w.u.
Lokalna kotłownia gazowa	0,85
Lokalna kotłownia gazowa kondensacyjna	0,92
Lokalna kotłownia olejowa	0,85
Lokalna kotłownia węglowa	0,75
Lokalna kotłownia na biomase	
Ogrzewacze elektr. bezpośrednie (podgrzewacze przepływowe)	1,00
Ogrzewanie elektr. akumulacyjne (podgrzewacze pojemnościowe)	0,93
Ciepło z systemu zdalczego	1,00

Sprawność całkowita układu przygotowania ciepłej wody zależy od dwóch podstawowych czynników: sposobu przygotowania ciepłej wody, a więc rodzaju źródła oraz przesyłu wody, czyli rodzaju instalacji. Sprawność całkowitą układu η_{cwu} liczymy za pomocą poniższego wzoru podstawiając wartości z tabel 9 i 10: sprawność przygotowania η_w (tabela 9) oraz sprawność przesyłu η_p (tabela 10):

$$\eta_{cwu} = \eta_w \cdot \eta_p$$

Tabela. 10. Sprawności przesyłu ciepłej wody

Rodzaje instalacji ciepłej wody	Sprawność przesyłu wody ciepłej
1. Miejscowe przygotowanie wody ciepłej, instalacje c.w. bez obiegów cyrkulacyjnych	
Miejscowe przygotowanie ciepłej wody bezpośrednio przy punktach poboru wody ciepłej	1
Miejscowe przygotowanie ciepłej wody dla grupy punktów poboru wody ciepłej w jednym pomieszczeniu sanitarnym, bez obiegu cyrkulacyjnego	0,8
Mieszkaniowe węzły cieplne	0,85
2. Centralne przygotowanie wody ciepłej, instalacja c.w. bez obiegów cyrkulacyjnych	
Instalacje c.w. bez obiegu cyrkulacyjnego	0,6
3. Centralne przygotowanie wody ciepłej, instalacje z obiegami cyrkulacyjnymi, piony instalacje nie izolowane, przewody rozprowadzające izolowane	
Instalacje małe, do 30 punktów poboru c.w.	0,6
Instalacje średnie, 30-100 punktów poboru c.w.	0,5
Instalacje duże, powyżej 100 punktów poboru c.w.	0,4
4. Centralne przygotowanie wody ciepłej, instalacje z obiegami cyrkulacyjnymi, piony instalacje i przewody rozprowadzające izolowane	
Instalacje małe, do 30 punktów poboru c.w.	0,7
Instalacje średnie, 30-100 punktów poboru c.w.	0,6
Instalacje duże, powyżej 100 punktów poboru c.w.	0,5
5. Centralne przygotowanie wody ciepłej, instalacje z obiegami cyrkulacyjnymi z ograniczeniem czasu pracy, piony instalacje i przewody rozprowadzające izolowane	
Instalacje małe, do 30 punktów poboru c.w.	0,8
Instalacje średnie, 30-100 punktów poboru c.w.	0,7
Instalacje duże, powyżej 100 punktów poboru c.w.	0,6
Objaśnienia: 1) Układy instalacji wody ciepłej bez obiegu cyrkulacyjnego dopuszcza się tylko w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych 2) Przewody izolowane wykonane z rur stalowych lub miedzianych lub przewody nieizolowane wykonane z rur z tworzywa sztucznego 3) Ograniczenie zakresu pracy pompy cyrkulacyjnej do ciepłej wody w godzinach nocnych lub zastosowanie pomp obiegowych ze sterowaniem za pomocą układów termostatycznych	

Obliczenie dobowego zapotrzebowania na energię do przygotowania ciepłej wody użytkowej w badanym budynku wyrażamy jako:

$$E_{cwu} = q_{cwu} \cdot V_{dobowe}$$

gdzie:

q_{cwu} – jednostkowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania 1 m³ wody do temperatury 55°C;

V_{dobowe} – dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową obliczane ze wzoru:

$$V_{dobowe} = \frac{(j.o.) \cdot v_{jedn.}}{1000}$$

gdzie:

(j.o.) – jednostka odniesienia;

$v_{jedn.}$ – dobową ilość wody do podgrzania w przeliczeniu na jednostkę odniesienia np. osobę, łóżko szpitalne, ucznia itp. przyjmowane wg tabeli 11, [dm³/((j.o.)·d)];

1/1000 – współczynnik przeliczenia jednostek dm³/m³.

Tabela 11. Jednostkowe dobowe ilości ciepłej wody dla różnych typów budynków wyposażonych w różne rodzaje wewnętrznych instalacji ciepłej wody

Rodzaje budynków	Jednostka odniesienia [j.o.]	Jednostka dobową ilość c.w.u. [dm ³ /((j.o.)·d)]	
		min-max	śr.
1. Budynki mieszkalne (jedno- i wielorodzinne)	[osoba]	30-90	60
2. Budynki zamieszkania zbiorowego (hotele, motele, itp.)	[miejsce noclegowe]	40-120	90
3. Budynki użyteczności publicznej:			
3.1. Szpitale	[łóżko]	80-350	150
3.2. Szkoły	[uczeń]	1-10	5
3.3. Budynki biurowe	[pracownik]	1-10	4
Objaśnienia:			
1) W budynkach wielorodzinnych wyposażonych w wodomierze mieszkaniowie do rozliczania za c.w.u., podane wskaźniki jednostkowe można zmniejszyć o 20%			
2) Obliczeniową liczbę mieszkańców w zależności od rodzaju lokalu mieszkalnego można przyjmować wg tabeli 7 (jeżeli nie jest znana faktyczna liczba mieszkańców)			

Jeżeli brak jest informacji o liczbie mieszkańców w budynku wielorodzinnym, to obliczeniową liczbę mieszkańców w zależności od rodzaju lokalu mieszkalnego można przyjmować zgodnie z tabelą 12.

Tabela 12. Obliczeniowe liczby mieszkańców w budownictwie wielorodzinnym

Rodzaj lokalu mieszkalnego	Liczba mieszkańców w jednym lokalu
1-pokojowe	1
2-pokojowe	2,5
3-pokojowe	3,5
4-pokojowe	4
5-pokojowe	4,5
6-pokojowe	5

Przedstawione metody prostego obliczania zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej pozwolą na przeprowadzenie wstępnej analizy możliwości doboru technologii wykorzystujących odnawialne źródła energii w sposób maksymalnie zoptymalizowany i to zarówno pod względem energetycznym jak i ekonomicznym.

3. KTO I JAK MOŻE CI POMÓC W DOFINANSOWANIU PRZEDSIĘWZIĘĆ

W chwili obecnej w Polsce istnieje kilka źródeł wspierających finansowanie inwestycji związanych z OZE. Należą do nich:

- Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW),
- Wojewódzkie Fundusze Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (WFOŚiGW),
- Fundusz Ustawy Termomodernizacyjnej (FUT),
- Mechanizm Finansowy Europejskiego Obszaru Gospodarczego (EOG),
- EKOFUNDUSZ,
- Bank Ochrony Środowiska (BOŚ)
- Zintegrowany Program Operacyjny Rozwoju Regionalnego (ZPORR).

Tabela 13 pokazuje, którzy beneficjenci mogą starać się o pomoc finansową z wymienionych powyżej źródeł finansowania.

Tabela 13. Kto może starać się o współfinansowanie projektów OZE?

Źródło finansowania	Beneficjenci		
	samorządy terytorialne	przedsiębiorcy	odbiorcy indywidualni
NFOŚiGW, WFOŚiGW	☐	☐	☐ *
FUT	☐	☐	☐
EKOFUNDUSZ	☐	☐	☐
ZPORR	☐	☐ **	☐
BOŚ	☐	☐	☐
EOG	☐	☐	☐

* – brak możliwości bezpośredniego ubiegania się o współfinansowanie, istnieje możliwość ubiegania się o wsparcie finansowe za pośrednictwem Banku Ochrony Środowiska

** – Podmioty wykonujące usługi publiczne na podstawie umowy zawartej z jednostką samorządu terytorialnego, w których większość udziałów lub akcji posiada gmina lub miasto na prawach powiatu
– Podmioty wybrane w wyniku postępowania przeprowadzonego na podstawie przepisów o zamówieniach publicznych wykonujące usługi publiczne na podstawie umowy zawartej z jednostką samorządu terytorialnego na świadczenie usług z zakresu ochrony środowiska

Istotną sprawą przy ubieganiu się o wsparcie finansowe w przypadku odnawialnych źródeł energii jest możliwość otrzymania takiego wsparcia dla nowobudowanych budynków i obiektów, a nie tylko dla obiektów już istniejących, jak to ma miejsce w przypadku termomodernizacji.



Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) – www.nfosigw.gov.pl

Lista priorytetowych programów Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej planowanych do finansowania w roku 2006 zawiera m.in. działania cytowane poniżej:

„(...) 4. Ochrona powietrza przed zanieczyszczeniem poprzez zapobieganie i ograniczenie emisji zanieczyszczeń oraz oszczędzanie surowców i energii

Zadania finansowane w ramach programu:

4.1 Wykorzystanie alternatywnych źródeł energii,

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej będzie również finansował we współpracy z bankami poprzez linie kredytowe:

- inwestycje w zakresie odnawialnych źródeł energii, (...)

Narodowy Fundusz stosuje następujące formy dofinansowania:

1. pożyczki preferencyjne (z możliwością częściowego umorzenia),
2. pożyczki płatnicze,
3. kredyty udzielane ze środków Narodowego Funduszu przez banki w ramach linii kredytowych,
4. dopłaty do oprocentowania preferencyjnych kredytów i pożyczek,
5. dotacje.

Do wniosku o udzielenie kredytu należy dołączyć audyt energetyczny. Audyt może być wykonany w standardzie Ustawy Termomodernizacyjnej i rozszerzony o wyznaczenie efektu ekologicznego inwestycji (redukcja emisji substancji szkodliwych do atmosfery). Wykonania audytu może podjąć się praktycznie każdy, jednak lepiej powierzyć opracowanie tego dokumentu specjalistom, gdyż unikniemy wówczas błędów i braków, które zdyskwalifikują rozpatrywanie wniosku o dofinansowanie zadania.

Szczegółowe zasady co do udzielania pożyczek, umarzania, wysokości oprocentowania kredytów itd. dostępne są na stronach internetowych funduszu. Na stronach tych znajdziemy także formularze wniosków i listę wymaganych załączników.

Wojewódzkie Fundusze Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (WFOŚiGW)

Starając się o dofinansowanie przedsięwzięć wykorzystujących odnawialne źródła energii można zwrócić się do właściwego ze względu na miejsce zamieszkania Funduszu Wojewódzkiego. Poniżej pokazujemy możliwości i zasady udzielania pomocy finansowej na przykładzie Wojewódzkiego Funduszu w Katowicach.

Pomoc finansowa Funduszu może przyjmować jedną z następujących form:

- preferencyjnej pożyczki, w tym pożyczki pomostowej,
- dotacji,
- częściowego umorzenia udzielonej pożyczki,
- dopłaty do oprocentowania kredytów bankowych,
- kredytu w bankowych liniach kredytowych.

Dodatkową korzyścią jest to, że pomoc finansowa Funduszu udzielana jest bez pobierania prowizji i dodatkowych opłat.

Fundusz, po analizie wniosku, może zaproponować inną od wnioskowanej formę dofinansowania zadania.

Do wniosku o udzielenie kredytu należy dołączyć audyt energetyczny wykonany np. w standardzie Ustawy Termomodernizacyjnej i rozszerzony o wyznaczenie efektu ekologicznego inwestycji, którym jest redukcja emisji substancji szkodliwych do atmosfery i nieco rozszerzoną analizę ekonomiczną (NPV, IRR, CCF).

Lista przedsięwzięć priorytetowych planowanych do dofinansowania ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach na 2006 rok zawiera następujące zapisy:

„(...) Tabela nr 3. Ochrona powietrza i ochrona przed hałasem

Tabela nr 3. 1. Polepszenie jakości powietrza i ochrony klimatu ziemi

Zagadnienie	Cele krótkookresowe 2005-2008	Priorytetowe kierunki dofinansowania w roku 2006
Ograniczenie emisji pyłowo-gazowej	OA 4. Zastosowanie odnawialnych i alternatywnych źródeł energii	OA 4.1. Wdrażanie projektów z zastosowaniem odnawialnych i alternatywnych źródeł energii

Zasady udzielania pomocy przez poszczególne fundusze wojewódzkie mogą się nieznacznie między sobą różnić, dlatego w celu uzyskania szczegółowych informacji na ten temat odsyłamy do stron internetowych funduszy wojewódzkich:

- Dolnośląskie: www.fos.wroc.pl
- Kujawsko-Pomorskie: www.wfosigw.torun.pl
- Lubelskie: www.wfos.lublin.pl
- Łódzkie: www.wfosigw.lodz.pl
- Małopolskie: www.wfos-krakow.eco.pl
- Mazowieckie: www.wfosigw.pl
- Opolskie: www.wfosigw.opole.pl
- Podkarpackie: www.wfosigw.rzeszow.pl
- Podlaskie: www.wfosigw.bialystok.pl
- Pomorskie: www.wfosigw-gda.pl
- Śląskie: www.wfosigw.katowice.pl
- Świętokrzyskie: www.wfos.com.pl
- Warmińsko-Mazurskie: www.wfosigw.olsztyn.pl
- Wielkopolskie: www.wfosgw.poznan.pl
- Zachodnio-Pomorskie: www.wfos.szczecin.pl

Procedura postępowania samorządów terytorialnych przy pozyskiwaniu środków w Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej lub Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

1. Opracowanie audytu energetycznego.
2. Przeprowadzenie postępowania o udzielenie zamówienia publicznego na wykonanie dokumentacji projektowej, zgodnie z założeniami audytu.
3. Uzyskanie pozwolenia na budowę.
4. Opracowanie wniosku o dofinansowanie ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej lub Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej wraz z załącznikami.
5. Podjęcie uchwały Rady Miasta o zabezpieczeniu w budżecie środków niezbędnych do współfinansowania przedsięwzięcia, zgodnie z proporcjami wskazanymi w harmonogramie rzeczowo-finansowym.
6. Zawarcie umowy pożyczki/dotacji o współfinansowaniu ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej lub Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
7. Przekazanie zadania do realizacji.
8. Przeprowadzenie procedury przetargowej na wybór wykonawcy robót.

9. Wnioskowanie o częściowe sfinansowanie robót z pożyczki/dotacji, zgodnie z harmonogramem.
10. Realizacja przedsięwzięcia.
11. Rozliczenie końcowe zadania, zgodnie z harmonogramem.
12. Monitoring i kontrola przez Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej lub Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej zrealizowanej inwestycji.



Fundusz Ustawy Termomodernizacyjnej (FUT)

Ustawa z dnia 18 grudnia 1998 r. o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych wraz z późniejszymi zmianami, stwarza możliwość ubiegania się o preferencyjny kredyt na zadania termomodernizacyjne, do których zalicza całkowitą lub częściową zamianę konwencjonalnych źródeł energii na źródła niekonwencjonalne (w tym odnawialne).

Wysokość kredytu udzielanego na przedsięwzięcia termomodernizacyjne nie może przekroczyć 80% całkowitego kosztu inwestycji. Kredyt taki jest niżej oprocentowany (już od ok. 7%) aniżeli kredyty komercyjne, okres spłaty kredytu może wynosić 10 lat oraz co najważniejsze inwestor może liczyć na premię termomodernizacyjną, która wynosi 25% kwoty zaciągniętego kredytu.

O kredyt możemy ubiegać się praktycznie we wszystkich większych bankach w Polsce, jednak przed podjęciem decyzji o zaciągnięciu kredytu radzimy zapoznać się ze szczegółową ofertą banków, zwracając szczególną uwagę na wysokość oprocentowania i prowizje banku.

Do wniosku o udzielenie kredytu jednostki samorządu terytorialnego powinny dołączyć:

- audyt energetyczny
- statut,
- uchwały rady w sprawie powołania członków zarządu,
- dokumenty dotyczące zezwolenia na zaciągnięcie kredytu,
- aktualne zaświadczenie z urzędu skarbowego o terminowym regulowaniu zobowiązań podatkowych,
- zaświadczenie z ZUS o braku zaległości w regulowaniu składek na ubezpieczenie społeczne,
- dokumenty związane z ustanowieniem zabezpieczenia spłaty kredytu,
- sprawozdanie z wykonania budżetu za 2 lata poprzedzające złożenie wniosku,
- opinię bankową wystawioną przez bank prowadzący rachunek bankowy,
- inne decyzje administracyjne niezbędne do realizacji danej inwestycji.

Audyt energetyczny musi być wykonany zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dn. 15 stycznia 2002 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego.

Do wykonania audytu nie są wymagane specjalne uprawnienia, tak więc teoretycznie każdy może się podjąć wykonania tego opracowania. Każdy audyt jest weryfikowany przez uprawnione instytucje i w przypadku braków i błędów jest zwracany inwestorowi do korekty, a zmiany w audycie pociągają za sobą zmiany we wniosku itd. Tak więc cała procedura może znacznie się przedłużyć i kosztować nas więcej czasu i pieniędzy. Aby tego uniknąć warto zlecić opracowanie audytu osobom z odpowiednią wiedzą i doświadczeniem.

Mechanizm Finansowy Europejskiego Obszaru Gospodarczego (EOG)

Od września 2005 r. pojawiła się możliwość finansowania przedsięwzięć związanych z odnawialnymi źródłami energii przy pomocy środków Mechanizmu Finansowego Europejskiego Obszaru Gospodarczego.

Środki finansowe w ramach Mechanizmu Finansowego EOG są dostępne na realizację projektów w sześciu obszarach priorytetowych, a wśród nich:

- Ochronę środowiska, w tym środowiska ludzkiego, poprzez m.in. redukcję zanieczyszczeń i promowanie odnawialnych źródeł energii.

Zgodnie z zasadami i procedurami wdrażania Mechanizmów Finansowych, opracowanymi przez państwa-darczyńców, o środki finansowe mogą ubiegać się wszystkie instytucje sektora publicznego i prywatnego oraz organizacje pozarządowe, utworzone w prawny sposób w Polsce i działające w interesie publicznym.

W szczególności wnioskodawcami mogą być:

- organy administracji rządowej i samorządowej wszystkich szczebli,
- instytucje naukowe i badawcze,
- instytucje branżowe i środowiskowe,
- organizacje społeczne,
- podmioty partnerstwa publiczno-prywatnego.

W przypadku priorytetu: Ochrona środowiska, w tym środowiska ludzkiego, poprzez m.in. redukcję zanieczyszczeń i promowanie odnawialnych źródeł energii, beneficjentami mogą być wszystkie instytucje sektora publicznego i prywatnego oraz organizacje pozarządowe utworzone w prawny sposób w państwie beneficjencie, i działające w interesie publicznym. Maksymalne dofinansowanie projektów z Mechanizmów Finansowych może wahać się od 60 % do 90 % całkowitych kosztów kwalifikowanych. Poziom dofinansowania uzależniony jest przede wszystkim od źródła finansowania projektu po stronie krajowej. Projekty finansowane z budżetu państwa i budżetów jednostek samorządu terytorialnego mogą uzyskać dofinansowanie maksymalnie do 85% całkowitych kosztów kwalifikowanych, w pozostałych przypadkach – maksymalnie do 60% całkowitych kosztów kwalifikowanych.

Szczegółowe informacje nt. priorytetu znajdują się w „Programie Operacyjnym”, dostępnym na stronach internetowych mechanizmu: www.eog.gov.pl



EkoFundusz

EkoFundusz od początku swej działalności, a więc od 13 lat, szczególną wagę przykładą do stymulowania nowatorskich przedsięwzięć w ochronie środowiska poprzez organizowanie wielu konkursów ogólnopolskich oraz realizację wieloletnich programów sektorowych lub regionalnych. Są jednak projekty o charakterze powtarzalnym, dla których trudno jest skonstruować sensowne konkursy, ponieważ instalacje budowane mogą być w dowolnym miejscu w kraju i operują urządzeniami o podobnym stopniu nowoczesności. Do tej grupy projektów należą na przykład instalacje kolektorów słonecznych czy uprawy roślin energetycznych. Fundacja EkoFundusz wprowadziła w 2004 roku nowy mechanizm finansowy jakim są dopłaty do jednostki produktu w projektach o charakterze powtarzalnym.

Uruchomiono mechanizm dopłat dotyczący projektów, w których przewiduje się wyłącznie

instalację kolektorów słonecznych (płaskich lub próżniowych) wraz z niezbędną instalacją (konstrukcja wsporcza, zasobnik ciepła, rozrząd wody, armatura, sterowanie).

Wnioski mogą dotyczyć zarówno kolektorów instalowanych na istniejących budowlach, jak i nowobudowanych. Wszystkie obiekty muszą być własnością wnioskodawcy.

Dopłata ze strony Fundacji dla tego rodzaju projektów wynosi 1000 złotych za metr kwadratowy powierzchni czynnej kolektora, ale nie może przekroczyć 40% kosztów projektu. Dopłata ta nie może być niższa od 50 000 złotych co oznacza, że wniosek powinien dotyczyć instalacji wynoszącej co najmniej 50m² powierzchni czynnej kolektorów.

Roczny limit środków EkoFunduszu na projekty dotyczące budowy instalacji kolektorów słonecznych wynosi 10 mln zł (na 10 000 m²/rok), przy czym wnioski przyjmowane są aż do wyczerpania limitu.

Uwaga: projekty, w których kolektory słoneczne stanowią jedynie część większej instalacji (np. z pompami ciepła lub kotłami) rozpatrywane są indywidualnie, na ogólnych zasadach EkoFunduszu (patrz: „Zasady działania EkoFunduszu w latach 2004-2006” na stronach www.ekofundusz.org.pl).

EkoFundusz skłonny jest także dotować projekty dotyczące produkcji biomasy z plantacji roślin szybko rosnących z wykorzystaniem ich do celów energetycznych pod następującymi warunkami:

- wielkość plantacji powinna wynosić 50-500 ha, przy czym może ona być założona w jednym lub w kilku miejscach, będących własnością pojedynczego wnioskodawcy lub konsorcjum utworzonego zgodnie z Prawem Zamówień Publicznych (konieczne jest zaświadczenie z gminy o łącznej wielkości plantacji);
- powinna być załączona pozytywna opinia Wojewódzkiego Konserwatora Przyrody;
- powinien być udokumentowany zamiar odbioru biomasy przez pobliską kotłownię lub wyspecjalizowaną firmę dystrybucyjną (w formie listu intencyjnego czy porozumienia wstępnego).

Rada Fundacji zdecydowała o przyznaniu dopłat w wysokości do 1 000 zł na hektar nowej plantacji przy limicie rocznym 10 mln zł (na 10 000 ha/rok).



Bank Ochrony Środowiska (BOŚ)

Bank Ochrony Środowiska S.A. jest bankiem świadczącym kompleksowe usługi finansowe dla podmiotów realizujących projekty na rzecz ochrony środowiska naturalnego. Wśród bogatej oferty preferencyjnych kredytów możemy znaleźć kredyt na zakup lub montaż wyrobów służących ochronie środowiska (w tym odnawialne źródła energii).

Maksymalna kwota kredytu może wynosić do 100% kosztów zakupu i kosztów montażu, przy czym koszty montażu mogą być kredytowane w następujących przypadkach:

- gdy Sprzedawca, z którym Bank podpisał porozumienie jest jednocześnie Wykonawcą,
- gdy Wykonawca jest jednostką autoryzowaną przez Sprzedawcę, z którym Bank podpisał porozumienia,
- gdy Bank podpisał z Wykonawcą porozumienie dotyczące montażu urządzeń i wyrobów zakupionych wyłącznie na zasadach obowiązujących dla niniejszego produktu.

Okres kredytowania wynosi do 5 lat. Oprocentowanie takiego kredytu jest zmienne i zależy m.in. od okresu kredytowania.

BOŚ daje możliwość ubiegania się o kredyt w ramach Ustawy Termomodernizacyjnej, współpracuje także z Narodowymi i Wojewódzkimi Funduszami Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Szczegółowych informacji należy szukać w Oddziałach Banku.



W ramach działania 1.2 Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego możliwe jest wsparcie m.in. takich działań jak:

- poprawa jakości powietrza,
- wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.

Wysokość wsparcia może sięgać nawet 75% kosztów zadania. Należy jednak pamiętać, że o dofinansowanie w ramach działania 1.2 można ubiegać się z projektami infrastrukturalnymi o wartości od 1 mln do 10 mln euro.

Projekty środowiskowe o wartości całkowitej poniżej 1 mln euro dofinansowywane są w ramach Priorytetu 3 ZPORR „Rozwój lokalny”.

Pamiętaj, że bez względu z jakiego źródła będziesz ubiegał się o dofinansowanie, do wniosku będziesz musiał dołączyć audyt energetyczny lub studium wykonalności. Wyjątkiem mogą być niektóre warianty pomocy z Banku Ochrony Środowiska, gdzie wystarczy sam wniosek. Praktyka jednak pokazuje, że dla pozyskania informacji potrzebnych do wypełnienia wniosku należy sporządzić przynajmniej uproszczony audyt energetyczny. Aby uniknąć błędów, które wydłużą całą procedurę ubiegania się o wsparcie finansowe, zwłaszcza w przypadku dużych inwestycji, radź się audytorów energetycznych, projektantów czy biur konsultingowych.

4. DZIAŁASZ EKONOMICZNIE

4.1. Minimum ekonomii w Twoich decyzjach

Kiedy i o czym decydujesz

Przed nami i przed Tobą drogi Czytelniku trudne zadanie. W krótkiej lekcji chcemy Cię przeprowadzić przez rachunek ekonomiczny i finansowy.

Zakładamy, że Twoje decyzje są ekonomiczne, to znaczy wybierasz rozwiązanie – inwestycję, która jest bardziej opłacalna dla Ciebie. Oczywiście możesz mieć inne kryterium w decyzji co wybierasz, np. jesteś entuzjastą i działasz dla dobra środowiska, „samoopodatkowując się” przez wybór mniej albo nieopłacalnego rozwiązania, wybierając daną technologię wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Ale i wtedy musisz mieć jakiś miernik, a więc musisz przejść przez rachunek ekonomiczny i finansowy.

Pomożemy Ci w tym. A więc do dzieła.

Jeżeli w Twoim budynku chcesz ogrzewać pomieszczenia, używać ciepłej wody do mycia, produkować energię elektryczną, to masz zawsze nie jedną ale wiele możliwości technologicznych by zaspokoić swoje potrzeby.

Na przykład, jeżeli chcesz mieć ciepłą wodę do mycia, to w swoim budynku, możesz zainstalować systemy ciepłej wody użytkowej, w którym źródłem ciepła będą:

- kocioł wodny lub parowy opalany węglem,
- kocioł przepływowy opalany gazem ziemnym lub olejem opałowym,
- kocioł wodny lub parowy opalany biomasą (drewnem, zrębkami drzewnymi, odpadami rolniczymi),
- ciepło sieciowe ze zdalczynnego systemu ciepłowniczego,
- bojler elektryczny

i w końcu inne odnawialne źródła energii jak:

- kolektory słoneczne,
- pompy ciepła.

Na pewno to nie koniec potencjalnego wyboru, ale oczywiście systemy sieciowych nośników energii muszą być dostępne dla Ciebie. W ten sposób chcemy Ci zwrócić uwagę, że jest wiele systemów energetycznych. Wybór należy do Ciebie. Powiesz – liczy się ekonomia. Bardzo dobrze. Więc zróbmy rachunek ekonomiczny i finansowy.

Trochę teorii

Twoja analiza jest zawsze oparta na porównaniu kosztów co najmniej dwóch rozwiązań – dwóch systemów energetycznych.

Na przykład:

- jeżeli budujesz nowy budynek, to porównujesz koszty wielu wariantów rozwiązań – czy węgiel, czy gaz może olej, a może odnawialne źródła energii,
- jeżeli masz już budynek i eksploatujesz go, to znaczy, że istnieją już w nim systemy energetyczne, np. przygotowania ciepłej wody do mycia. Jeżeli chcesz zmienić istniejący system, to koszty obecnego systemu energetycznego porównujesz z kosztami systemu, w którym chcesz zastosować odnawialne źródła energii.

Wszystkie Twoje koszty związane z budową i eksploatacją systemu energetycznego w Twoim budynku, możemy podzielić na dwie grupy:

- pierwsza grupa – to koszty początkowe (K_p) związane z zainstalowaniem systemu czyli koszty zakupu urządzeń (K_z) plus koszt montażu (K_m) plus koszt serwisu rozruchowego (K_r) czyli $K_p = K_z + K_m + K_r$
- druga grupa – to wszystkie koszty ponoszone co roku w całym okresie żywotności Twojej inwestycji – systemu energetycznego, a to:
 - koszty paliwowe i energii K_e
 - koszty obsługi i utrzymania ruchu KOUR
 - koszty obsługi finansowej kredytów (spłaty rat kapitałowych i odsetek) K_f
 - koszty za użytkowanie środowiska (drobni użytkownicy nie płacą jeszcze opłat za emisję zanieczyszczeń do środowiska) $K_{\text{śr}}$
- inne koszty, jeżeli występują, K_{in}

czyli roczne koszty operacyjne ponoszone w czasie eksploatacji K_{op}

$$K_{\text{op}} = K_e + K_{\text{OUR}} + K_f + K_{\text{śr}} + K_{\text{in}}$$

Brzmi to skomplikowanie, ale ilustrując przykładem łatwiej będzie przebrnąć przez ten rachunek.

Najlepiej uczyć się na przykładzie

Wybieramy przykład dla małego, zwykle jednorodzinnego domu mieszkalnego i porównamy koszty konwencjonalnego sposobu przygotowania ciepłej wody do mycia.

Podstawowe cechy przykładu to:

- system konwencjonalny przygotowania ciepłej wody do mycia – źródło ciepła – boiler elektryczny
- system z odnawialnym źródłem ciepła – kolektory słoneczne z instalacją ciepłej wody i zbiornikiem ciepłej wody, podgrzewanym energią elektryczną, w przypadku niedostatku ciepła z kolektorów słonecznych,
- moment decyzyjny – budowa domu i wybór systemów energetycznych lub modernizacja systemu przygotowania ciepłej wody,
- zapotrzebowanie na ciepłą wodę o temp. 55°C (przed ewentualnym zmieszaniem z zimną wodą) dla 4 osób:

$$4 \text{ osoby} \times 60 \text{ l/osobę/dzień} \times 7 \text{ dni/tydzień} \times 52 \text{ tygodnie/rok} = 87360 \text{ l/rok}$$

- dla podgrzania 87360 l/rok ciepłej wody ze średniorocznej temperatury zimnej wody 11°C do 55°C potrzebna jest energia jak niżej:

Tabela 14.

Rodzaj systemu		
Wielkość	Boiler elektryczny	Kolektory słoneczne z dodatkowym podgrzewaniem wody energią elektryczną
Ciepło odebrane z kolektorów słonecznych	–	2180 kWh/rok
Zużycie energii elektrycznej na podgrzanie wody	4490 kWh/rok	2310 kWh/rok
Zużycie energii elektrycznej na cyrkulację cieczy w kolektorach słonecznych	–	120 kWh/rok

- wielkość bojlera elektrycznego: pojemność 100 l, moc elektryczna 1 kW (kilowat),

- wielkość i parametry systemu kolektorów słonecznych:
 - 2 kolektory słoneczne płaskie o powierzchni 2,5 m² każdy, razem 5,0 m²,
 - sprawność cieplna systemu 38%,
 - ilość ciepła wykorzystanego ze systemu słonecznego 2180 kWh/rok (7,86 GJ/rok),
 - udział systemu kolektorów słonecznych w przygotowaniu ciepłej wody 49%,
- żywotność systemów: bojlera i kolektorów słonecznych 25 lat.

Rodzaje kosztów

Skąd je poznać? Pytaj w sklepie, zażądaj oferty od dostawców i wykonawców. Koszty energii musisz policzyć, ale to jest proste.

Dla naszego przykładu:

A. Koszty systemu z bojlerem elektrycznym

Koszt początkowy Kp:

Kz – koszt zakupu bojlera 100 l	500 zł
Km = Kr – koszt montażu i serwisu rozruchowego	150 zł
RAZEM Kp	650 zł

Koszty operacyjne Kop w ciągu roku:

Ke – koszty energii elektrycznej dla podgrzania ciepłej wody w bojlerze (tabela 14)

Ke = 4490 kWh/rok x 0,38 zł/kWh = 1706 zł/rok

Pozostałe koszty operacyjne będą przyjęte lub obliczone w rachunkach obliczeniowych

B. Koszty systemu kolektorów słonecznych

Na koszt początkowy Kp: zakupu, zainstalowania i włączenia systemu kolektorów do instalacji ciepłej wody do mycia składa się:

- Kz – koszt zakupu urządzeń:

Kolektory słoneczne	5,0 zł/m ² x 5 m ²	= 8085 zł
Zbiornik na wodę	9,50 zł/l x 250 l	= 1900 zł
Rury, złączki itp.	26,0 zł/m x 39 m	= 1005 zł
Pompa cyrkulacyjna 75 W		375 zł
RAZEM Kz		11 367 zł

- Km + Kr – koszt montażu i serwisu rozruchowego:

Km + Kr = 3550 zł

Więc koszt początkowy Kp:

Kp = Kz + Km + Kr = 11 365 zł = 3550 zł = 14 915 zł

Dalej liczymy koszty operacyjne Kop ponoszone co roku w ciągu 25 lat żywotności systemu:

- Ke – koszt energii elektrycznej

Energię elektryczną musisz zużyć na (tabela 14):

- Podgrzanie wody w zbiorniku, gdy efekt promieniowania słonecznego jest niedostateczny 2180 kWh/rok
 - Na pompowanie cieczy w instalacji kolektorów 120 kWh/rok
- Razem roczne zużycie energii elektrycznej 2300 kWh/rok

Założmy, że jesteś odbiorcą energii elektrycznej w taryfie jednoczesonowej (najczęściej w gospodarstwach domowych) i płacisz średnio w roku (cena energii elektrycznej) 0,38 zł/kWh (38 groszy za kWh)

Koszt energii elektrycznej K_e :

$$K_e = 2300 \text{ kWh/rok} \times 0,38 \text{ zł/kWh} = 874 \text{ zł/rok}$$

Pozostałe koszty operacyjne będą przyjęte lub obliczone w rachunkach obliczeniowych.

Rachunek obliczeniowy dla początkujących

Proponujemy dla oceny ekonomicznej wariantów A i B przyjąć koszt w cyklu żywotności LCC

W uproszczonym rachunku wygląda to prosto, bo:

LCC – koszt w cyklu żywotności (25 lat) obliczamy:

$$LCC = K_p + t \times K_{op}$$

Gdzie t - ilość lat – żywotności systemów

Upraszczamy rachunek dla początkujących, pomijając inne koszty operacyjne w obu systemach A i B, a więc koszty operacyjne K_{op} będą równe tylko kosztom energii elektrycznej K_e

$$K_p = K_e$$

Wariant A z bojlerem elektrycznym

Najpierw liczymy koszt w cyklu żywotności LCC dla systemu z bojlerem elektrycznym

$$LCC = 650 \text{ zł} + 25 \text{ lat} \times 1706 \text{ zł/rok} = 650 \text{ zł} + 42650 \text{ zł} = 43300 \text{ zł}$$

Wariant B z kolektorami słonecznymi

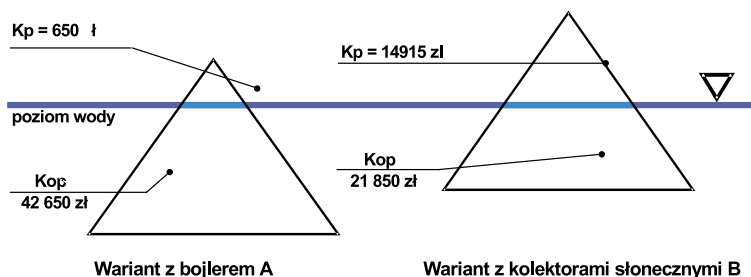
$$LCC = 14915 \text{ zł} + 25 \text{ lat} \times 874 \text{ zł/rok} = 14915 + 21\ 850 \text{ zł} = 36765 \text{ zł}$$

Który wariant bardziej ekonomiczny?

Ocena kosztów w cyklu żywotności pozwala obiektywnie ocenić wszystkie koszty, a nie tylko koszty początkowe K_p (zakupu i instalacji urządzeń).

Często inwestorzy kierują się tylko kosztami początkowymi w wyborze wariantu, w tym wypadku przygotowania ciepłej wody. Można to nazwać syndromem góry lodowej postrzegania kosztów wariantów. Widzą tylko wierzchołek góry lodowej, nie widzą całkowitych kosztów operacyjnych K_{oc} w całym cyklu żywotności inwestycji (Rys. 5).

Rysunek 5. Porównanie kosztów wariantów A i B



W całym cyklu żywotności koszty wariantu z bojlerem (A) wynoszą 43300 zł, koszty wariantu z kolektorami słonecznymi B wynoszą 36765 zł, a więc wariant z kolektorami słonecznymi ma w cyklu żywotności niższe koszty o:

$$43300 \text{ zł} - 36765 \text{ zł} = 6535 \text{ zł}$$

Tyle zaoszczędzisz.

Ale po ilu latach zwrócą się nakłady inwestycyjne – koszt początkowy.

W ten sposób poznajesz następny wskaźnik oceny ekonomicznej – prosty okres zwrotu nakładów inwestycyjnych SPBP.

Obliczamy SPBP w sposób jak niżej:

$$SPBP = \frac{\Delta K_p}{\Delta K_{op}} = \text{różnica kosztów początkowych wariantów} / \text{roczna oszczędność kosztów operacyjnych}$$

W naszym przykładzie

$$\Delta K_p = K_{p(B)} - K_{p(A)} = 14915 \text{ zł} - 650 \text{ zł} = 14265 \text{ zł}$$

$$\Delta K_{op} = K_{op(A)} - K_{op(B)} = 1706 \text{ zł} - 874 \text{ zł} = 832 \text{ zł}$$

A więc prosty okres zwrotu nakładów inwestycyjnych SPBP wariantu z kolektorami słonecznymi:

$$SPBP = 14625 \text{ zł} / 832 \text{ zł/rok} = 17,6 \text{ lat}$$

Podyskutujmy o wyniku ekonomicznym

Przypomnijmy sobie ważniejsze założenia przyjętego modelu finansowania:

- pieniądze wykładamy z własnej kieszeni, nie bierzemy kredytu,
- nie mamy żadnej dopłaty z ekologicznych funduszy pomocowych,
- cena energii elektrycznej pozostaje stała w ciągu 25 lat żywotności wariantów.

Taką dyskusję „co byłoby, gdyby było” w stosunku do pierwotnych założeń ekonomicznych, fachowcy nazywają analiza wrażliwości i analizą ryzyka.

Oceńmy więc wyniki ekonomiczne wyboru wariantu z kolektorem słonecznym (B):

- w cyklu żywotności zaoszczędzimy 6535 zł – dobrze
- nakłady inwestycyjne zwrócą się po prawie 18 latach – nie zachęcająco

Ale wybraliśmy twarde założenia modelu finansowania.

Czy mogą być inne?

Mogą. Na przykład cenę energii elektrycznej założyliśmy stałą 0,38 zł/kWh w ciągu 25 lat. Energia elektryczna będzie drożeć, możemy przyjąć, że w tempie 3% na rok. Jak zmieni to nasze koszty operacyjne K_{op} , w przykładzie równe kosztom energii elektrycznej, jeżeli co roku o 3% będzie wyższa cena energii elektrycznej (tabela 15).

Tabela 15.

Wielkość	Wariant (A) z bojlerem elektrycznym	Wariant (B) z kolektorami słonecznymi
Koszty energii elektrycznej w zerowym roku	1706 zł	874 zł
Koszty energii elektrycznej w 25 roku żywotności	5777 zł	2960 zł
Koszt roczny średni energii elektrycznej w cyklu żywotności (uproszczenie w postaci liniowej funkcji, błąd uproszczenia ok. 6%)	3742 zł	1917 zł

W takim przypadku koszt cyklu żywotności LCC wyniesie:

Wariant (A)

$$LCC = 650 \text{ zł} + 25 \text{ lat} \times 3742 \text{ zł/rok} = 650 \text{ zł} + 93350 \text{ zł} = 94200 \text{ zł}$$

Wariant (B)

$$LCC = 14915 \text{ zł} + 25 \text{ lat} \times 1917 \text{ zł/rok} = 14915 + 47925 = 62840 \text{ zł}$$

A więc wybierając wariant z kolektorami słonecznymi zaoszczędziłbyś w cyklu żywotności urządzeń $94200 \text{ zł} - 62840 \text{ zł} = 31360 \text{ zł}$

Prosty okres zwrotu nakładów inwestycyjnych wyniesie

$$SPBP = 14915 \text{ zł} - 650 \text{ zł} \quad (3742 \text{ zł/rok} - 1917 \text{ zł/rok} = 14265 \text{ zł}) \quad (1825 \text{ zł/rok} = 7,8 \text{ lat}$$

A więc mniej.

To jednak nie koniec, bo:

- możesz dostać dopłatę (dotację) do kosztów inwestycyjnych z funduszy pomocowych, na przykład z Gminnego lub Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej,
- w niedługiej przyszłości prawdopodobne jest uzyskanie finansowego uznania za efekt ekologiczny, w tym za redukcję emisji gazów cieplarnianych, np. dwutlenek węgla CO_2 . Czyli jeżeli zaoszczędzi się energię elektryczną, to uzyskać by można ekwiwalent finansowy za uniknięte emisje zanieczyszczeń powietrza w elektrowniach.

Twój rachunek ekonomiczny może być znacznie korzystniejszy.

Rachunek obliczeniowy dla bardziej zaawansowanych

Będzie się różnił od rachunku dla początkujących, przede wszystkim tym, że zastosujemy rachunek dyskonta.

Oznacza to, że będziemy uwzględniać wartość pieniądza w czasie.

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

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

W rachunku dyskonta koszt w cyklu żywotności LCC można obliczyć, w taki sposób, że coroczne przepływy finansowe, w naszym przykładzie koszty operacyjne, będzie przeliczać na okres początkowy, to znaczy na tę chwilę, w której ponosimy koszty początkowe Kp (na czas „0”).

Stąd:

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

gdzie n = 1 ... 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

Wygląda to skomplikowanie, ale od tego są obliczeniowe programy komputerowe, które ułatwiają nam życie.

Obliczenie LCC możemy uprościć jeżeli przyjmimy, że mamy te same roczne koszty operacyjne w całym cyklu żywotności t, czyli Kop = const.

Wtedy

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

Sumę $\sum_{n=1}^{n=t} \frac{1}{(1+i)^n}$ daje się 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 = const) jest taka, że nie musimy rozpiszać sumy na 25 członów (dla każdego roku z 25 lat), lecz koszt w cyklu żywotności liczymy jak:

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

Przejdźmy więc do naszego przykładu.

Dodatkowe założenia to:

- stopa procentowa $i = 5\%/rok$

Liczymy najpierw CRF:

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

Policzmy więc koszt w cyklu żywotności naszego przykładu w rachunku z dyskontem, jak w tabeli 16:

Tabela 16. Koszty w cyklu żywotności (dla rozpatrywanego przykładu)

Wielkość	Wariant (A) z bojlerem elektrycznym	Wariant (B) z kolektorami słonecznymi
1. Koszt początkowy K_p	650 zł	14 915 zł
2. Koszt operacyjny $K_o = K_e$ dla stałej ceny energii elektrycznej	1706 zł	874 zł
3. Współczynnik odzysku kapitału CRF	0,0710	0,0710
4. Koszt w cyklu żywotności $LCC = K_p + K_o/CRF$	24 678 zł	27 224 zł

Stąd wynika, że uwzględniając rachunek dyskonta, koszty w cyklu żywotności wariantu z kolektorami słonecznymi są wyższe. Więc z punktu widzenia ekonomicznego ten wariant (B) jest nieopłacalny w porównaniu z wariantem z boilerem (A).

Dlaczego teraz koszty wariantu (B) są wyższe?

Dlatego, że wartość oszczędności kosztów energii sprowadzona do roku początkowego

(0), maleje wraz z upływem lat, bo mnoży koszty energii w danym roku przez $\frac{1}{(1+0,05)^n}$, gdzie n dany rok.

W tym wypadku silniej wpływa koszt początkowy K_p w roku 0, który jest znacznie wyższy w przypadku wariantu (B) z kolektorami słonecznymi.

Jeżeli byśmy uwzględnili, że ceny energii elektrycznej będą rosły o 3%/rok, to koszty w cyklu żywotności w obu wariantach możemy policzyć jak niżej:

$$LCC = K_p + \sum_{n=1}^{n=t} \frac{K_{e,o}(1+re)^n}{(1+i)^n}$$

gdzie re – stopa wzrostu cen energii elektrycznej

$K_{e,o}$ – koszt operacyjny równy kosztowi energii elektrycznej w roku zerowym (budowy instalacji).

Obliczenie wykonamy dla $re = 3\%/rok$ i $i = 5\%/rok$ i otrzymamy:

- dla wariantu (A)

$$\begin{aligned} LCC &= 650 \text{ zł} + 1706 \text{ zł} \sum_{n=1}^{n=25} \frac{(1+0,03)^n}{(1+0,05)^n} = 650 \text{ zł} + 1706 \text{ zł} \times 19,80 = 650 \text{ zł} + 33778 \text{ zł} \\ &= \mathbf{34429 \text{ zł}} \end{aligned}$$

* dla wariantu (B)

$$LCC = 14915 \text{ zł} + 874 \text{ zł} \times 19,80 = 14915 \text{ zł} + 17305 \text{ zł} = \mathbf{32220 \text{ zł}}$$

Sumę obliczyliśmy komputerowo za Ciebie.

Porównując koszty w cyklu żywotności LCC, znowu korzystniej wypada wariant (B) z kolektorami słonecznymi, aczkolwiek różnica nie jest duża.

Policzmy jeszcze ile będzie wynosił zdyskontowany okres zwrotu kapitału własnego DPBP (własnych wydatków) jeżeli:

- model finansowy to: 50% wydatków własnych, 50% dotacji z funduszu ekologicznego w kosztach początkowych K_p wariantu (B) z kolektorami słonecznymi. Czyli K_p dzieli się na:

$$14915 / 2 = 7457,5 \text{ zł kapitału własnego i } 7457,5 \text{ zł dotacji z funduszu}$$

ceny energii elektrycznej 0,38 zł/kWh i nie rosną.

Zastosujmy definicję zdyskontowanego okresu zwrotu kapitału DPBP.

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

$$NPV = \Delta K_p + \sum_{n=1}^{n=DPBP} \frac{\Delta K_{op}}{(1+i)^n} = 0$$

gdzie NPV – wartość bieżąca netto

ΔK_p – różnica kosztów początkowych

ΔK_{op} – różnica kosztów operacyjnych

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

Δ – 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 K_{op} to tylko koszty energii K_e i cena energii elektrycznej rośnie o $re = 3\%/rok$ oraz uzyskano 50% grantu do kosztu początkowego wariantu (B) z kolektorami słonecznymi, to wyrażenie NPV = 0 przekształcamy jak niżej:

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

Dla naszego przykładu:

$$\sum_{n=1}^{n=DPBP} \frac{(1706 - 874)(1 + 0,03)^n}{(1 + 0,05)^n} = 14915 \times 0,5 - 650$$

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 przedstawiamy w tabeli 17:

Tabela 17.

L danego roku		L=Σ
Rok n	$a \cdot b^n / c^n$ n=1..25	$\Sigma a \cdot b^n / c^n$ n=1..25
1	816,2	816,2
2	800,6	1616,8
3	785,4	2402,1
4	770,4	3172,5
5	755,7	3928,2
6	741,3	4669,6
7	727,2	5396,8
8	713,4	6110,1
9	699,8	6809,9
10	686,4	7496,3
11	673,4	8169,7
12	660,5	8830,2
13	648,0	9478,2
14	635,6	10113,8
15	623,5	10737,3
16	611,6	11349,0
17	600,0	11948,9
18	588,6	12537,5
19	577,3	13114,8
20	566,3	13681,2
21	555,6	14236,7
22	545,0	14781,7
23	534,6	15316,3
24	524,4	15840,7
25	514,4	16355,1

Z tabeli wynika, że wartość lewej strony wyrażenia L równoważy się z wartością prawej strony wyrażenia $P = 14915 \times 0,5 - 650 = 6807,5$ praktycznie w dziewiątym roku. Możemy więc przyjąć, że zdyskontowany okres zwrotu większych kosztów początkowych Kp wariantu (B) w stosunku do wariantu (A) wynosi $DPBP = 9$ lat.

Rachunek obliczeniowy dla profesjonalistów

Zainteresowanych odsyłamy do programu obliczeniowego „RETScreen® International”, który możemy bezpłatnie pobrać ze strony internetowej www.etscreen.net

Efekty ekologiczne to też korzyść

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:

$$\Delta ZLC = ZLC_k - ZLC_{OZE}$$

gdzie

ZLC – emisja zanieczyszczeń w cyklu żywotności

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

Ile emituje się zanieczyszczeń z danego urządzenia czy technologii jest to przedmiotem wielu badań i pomiarów. Wyniki są często uśredniane i podawane w tabelach. Na przykład dla kotłów małej i średniej mocy (Tabela 18).

Tabela 18. Kotły małej i średniej mocy, w tym domowe

Lp.	Substancja	Olej opałowy		Gaz ziemny wysokometanowy		Węgiel kamienny		Drewno		Słoma	
		Jedn.	N < 5,5MW	Jedn.	<1,4 MW	Jedn.	Ciąg naturalny	Jedn.		Jedn.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	SO ₂	kg/m ³	4,75	kg/10 ⁶ m ³	0	kg/Mg	11,88	kg/Mg	1,5	kg/Mg	1,43
2	NO ₂	kg/m ³	5	kg/10 ⁶ m ³	1280	kg/Mg	3,13	kg/Mg	1,5	kg/Mg	2,13
3	CO	kg/m ³	0,6	kg/10 ⁶ m ³	360	kg/Mg	48,75	kg/Mg	1	kg/Mg	10,238
4	CO ₂	kg/m ³	1650	kg/10 ⁶ m ³	1964000	kg/Mg	1850	kg/Mg	0	kg/Mg	0
5	Pyl	kg/m ³	1,8	kg/10 ⁶ m ³	15	kg/Mg	3,13	kg/Mg	10	kg/Mg	1,875
6	B(α)P	kg/m ³				kg/Mg	0,0007	kg/Mg		kg/Mg	

Spytasz dlaczego masz je znać, dlaczego masz ocenić – jaki efekt ekologiczny występuje w Twoim rozważanym przedsięwzięciu.

Po pierwsze jako świadomy i proekologicznie nastawiony obywatel będziesz chciał wiedzieć, jak zastosowane w Twoim budynku odnawialne źródła energii powodują zmniejszenie obciążenia środowiska i chronią zasoby przyrody.

Po drugie będziesz mógł argumentować zasadność wniosku na dofinansowanie Twojego przedsięwzięcia z funduszy ekologicznych – jeżeli takowe promują lub będą promowały zastosowanie odnawialnych źródeł energii w małych i dużych budynkach – przedstawiając obliczony efekt ekologiczny.

Najlepiej przećwiczmy obliczenie efektu ekologicznego na naszym przykładzie, w którym zastępujemy system przygotowania ciepłej wody do mycia przez boiler elektryczny, systemem z kolektorami słonecznymi i dodatkowym wspomagającym podgrzewaniem energią elektryczną.

Dla przypomnienia przedstawiamy raz jeszcze ile energii elektrycznej zużywa się w wariantach (A) z boilerem i w wariantach (B) z kolektorami słonecznymi.

Tabela 19.

Wielkość	Wariant (A) z boilerem	Wariant (B) z kolektorami słonecznymi
Roczne zużycie energii elektrycznej	4490 kWh/r	2430 kWh/r
Zużycie energii elektrycznej w cyklu żywotności $n = 25$	112250 kWh	60750 kWh
Oszczędność energii elektrycznej w cyklu żywotności $n = 25$ lat	–	51500 kWh

Czyli nasz efekt ekologiczny wiąże się z oszczędnością energii elektrycznej. Z kolei oszczędność energii elektrycznej przyczynia się do unikniętej emisji zanieczyszczeń np. do powietrza jakie towarzyszą spalaniu paliw, w Polsce głównie węgla, dla wyprodukowania energii elektrycznej.

A więc powtórzmy jeszcze raz, oszczędzając energię elektryczną, pośrednio zmniejszasz emisję zanieczyszczeń środowiska, tam gdzie ta energia musiałaby być wyprodukowana, czyli głównie w elektrowniach i elektrociepłowniach.

Bierzmy się więc do liczenia.

Wyprodukowanie i dostarczenie do odbiorcy, czyli do Ciebie, 1 kWh energii elektrycznej, powoduje średnią emisję zanieczyszczeń. Ograniczmy się tylko do powietrza, wielkość zanieczyszczeń towarzyszącej wyprodukowaniu i dostarczeniu 1 kWh energii elektrycznej przedstawiają się jak niżej (2003 rok):

- 993,2 g CO₂ – dwutlenku węgla
- 0,338 g PM10 – pyły
- 0,235 g CO – tlenku węgla
- 1,820 g NO₂ – tlenków azotu
- 5,614 g SO₂ – dwutlenku siarki
- 0,035 x 10 g B(a)P – benzo(a)pirenu

Dwutlenek węgla – CO₂ jest zanieczyszczeniem globalnym i jego emisja powoduje wzrost stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze.

Emisja pozostałych gazów i pyłów to regionalne i lokalne pogorszenie jakości powietrza. Zajmijmy się najpierw lokalnymi i regionalnymi zanieczyszczeniami powietrza, które tworzą takie toksyczne zanieczyszczenia jak: dwutlenek siarki – SO₂, tlenek węgla – CO, tlenki azotu NO_x, benzo(a)piren – B(a)P i pyły PM10.

Zastąpienie 1 kWh energii elektrycznej w budynku równoważną ilości energii użytecznej z odnawialnych źródeł energii powoduje równoczesne zmniejszenie wielu zanieczyszczeń powietrza.

Czy można wszystkie te zanieczyszczenia sprowadzić do wypadkowego efektu toksyczności jednej substancji, np. do dwutlenku siarki – SO₂?

Można, liczymy to jak niżej:

$$Z_r = Z_{SO_2} + Z_{CO}x \frac{e_{SO_2}}{e_{CO}} + Z_{NO_2}x \frac{e_{SO_2}}{e_{NO_2}} + Z_{BaP}x \frac{e_{SO_2}}{e_{BaP}} + Z_{PM10}x \frac{e_{SO_2}}{e_{PM10}}$$

gdzie:

Z_r – emisja równoważna na SO_2

$Z_{SO_2}, Z_{CO}, Z_{NO_2}, Z_{PM10}$ – emisja danego zanieczyszczenia (t)

$\frac{e_{SO_2}}{e_{CO}}, \frac{e_{SO_2}}{e_{NO_2}}, \frac{e_{SO_2}}{e_{BaP}}, \frac{e_{SO_2}}{e_{PM10}}$ – współczynniki toksyczności danego zanieczyszczenia w stosunku do dwutlenku siarki SO_2

Wartości współczynników toksyczności przedstawia tabela 20.

Tabela 20. Współczynniki toksyczności różnych zanieczyszczeń powietrza

Substancja	Współczynnik toksyczności e_{SO_2}/e_t
Dwutlenek siarki – SO_2	1
Tlenek węgla	0,5
Tlenki azotu przeliczono na NO_2	2,9
Benzo(α)piren	6253
Pył PM 10	2,9

Łatwo więc obliczymy emisję równoważną jako towarzyszy wyprodukowaniu i dostarczeniu 1 kWh do Twojego domu.

$$Z_r = 5,614 + 0,235 \times 0,5 + 1,820 \times 2,9 + 0,035 \times 10^{-3} \times 6253 + 0,338 \times 2,9 \\ = 12,136 \text{ g } SO_2/kWh$$

Jeżeli w wariantcie B z kolektorami słonecznymi zaoszczędzimy 51500 kWh, to mnożąc tę ilość przez emisję danego zanieczyszczenia na 1 kWh otrzymamy zmniejszenie zanieczyszczeń powietrza w cyklu żywotności jak niżej:

• Dwutlenek węgla CO_2
51500 kWh x 899 g CO_2 /kWh = 46298,5 kg CO_2

Dalej podobnie licząc:

• Dwutlenku siarki SO_2 289,1 kg SO_2
• Tlenku węgla CO 12,1 kg CO
• Tlenków azotu NO_2 93,7 kg NO_2
• Benzo(α)pirenu B(α)P 0,00180 kg BaP
• Pyłu PM 10 19,98 kg PM 10
• Emisji równoważnej przeliczonej na SO_2 625 kg rów. SO_2

Policzmy teraz ile kosztuje zmniejszenie jednostki zanieczyszczenia powietrza:

• danego zanieczyszczenia t
• emisji równoważnej SO_2
• emisji gazów cieplarnianych CO_2

Przypominamy sobie to, co poznaliśmy w rachunku ekonomicznym, a więc:

• ΔLCC różnicę kosztów w cyklu żywotności między wariantem (A) z bojlerem elektrycznym i wariantem (B) z kolektorami słonecznymi
• liczymy koszt efektu ekologicznego – zmniejszenia emisji zanieczyszczeń powietrza w pierwszym przykładzie, w którym koszt w cyklu żywotności w wariantcie A z bojle-

rem elektrycznym wynosi $LCC = 43300$ zł a w wariantcie B z kolektorami słonecznymi 36765 zł

czyli w całym cyklu żywotności:

$$\bullet \Delta LCC = 6535 \text{ zł}$$

$$\bullet \Delta Z_{SO_2} = 289,1 \text{ kgSO}_2$$

$$\bullet \Delta Z_r = 625,0 \text{ kg rów. SO}_2$$

$$\bullet \Delta Gc(CO_2) = 46298,5 \text{ kgCO}_2$$

To wystarczy by policzyć koszty jednostkowe zmniejszenia zanieczyszczeń:
dla SO_2

$$KZ_{SO_2} = \frac{\Delta LCC}{\Delta Z_{SO_2}}$$

dla każdego rodzaju zanieczyszczenia t:

$$KZ_t = \frac{\Delta LCC}{\Delta Z_t}$$

dla emisji równoważnej

dla emisji gazu cieplarnianego CO_2

$$KZ_{CO_2} = \frac{\Delta LCC}{\Delta GC}$$

Przejdźmy więc do liczenia:

Zestawmy obliczone wielkości efektu ekologicznego w cyklu żywotności naszego przykładu:

a. zmniejszyliśmy emisję:

dwutlenku siarki 298,1 kg SO_2

równoważną w przeliczeniu 625,0 kg rów. SO_2

gazu cieplarnianego CO_2 46298,5 kg CO_2

b. ponieśliśmy koszty jednostkowe (różnicowe między dwoma wariantami)

na zmniejszenie emisji

dwutlenku siarki 21922 zł/Mg SO_2

równoważną w przeliczeniu na SO_2 10456 zł/Mgr, SO_2

gazu cieplarnianego CO_2 141 zł/Mg CO_2

To wcale nie są złe wyniki kosztów redukcji zanieczyszczeń powietrza w naszym przykładzie. Jeżeli weźmiemy pod uwagę, że koszt jednostkowy zmniejszenia emisji CO_2 wynosi 141,1 zł/Mg CO_2 , a w pierwszym okresie rozliczeniowym opłata za ponad limitową wielkość uprawnień wynosi 40 Euro/Mg CO_2 (około 160 zł/Mg CO_2) a niebawem 100 Euro/Mg CO_2 (około 400 zł/Mg CO_2), to jest to wartość, którą mogą się zainteresować chętni na kupno zredukowanej emisji CO_2 .

Mogą, o ile stworzony zostanie mechanizm, umożliwiający małym inwestorom uzyskać dofinansowanie z tak zwanych pomocowych funduszy węglowych.

Jeżeli tak, to może zapłacić cały albo znaczną część różnicowego kosztu początkowego droższego inwestycyjnie wariantu B z kolektorami słonecznymi w stosunku do wariantu A z bojlerem elektrycznym.

5. BARDZIEJ SZCZEGÓŁOWO O WYKORZYSTANIU ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII W OGRZEWANIU BUDYNKÓW I PRZYGOTOWANIU CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ

5.1. Wykorzystanie biomasy

5.1.1. Co to jest biomasa i jakie może mieć zastosowanie – trochę o biomasie

Biomasa to substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które ulegają biodegradacji, pochodzące z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej oraz leśnej, a także przemysłu przetwarzającego ich produkty, a także inne części odpadów, które ulegają biodegradacji. Jest to źródłem energii odnawialnej w największym stopniu wykorzystywane w Polsce. Ogólnie, w krajach europejskich jej wykorzystanie znacznie przewyższa wszystkie pozostałe źródła.

W Polsce z 1 ha użytków rolnych zbiera się rocznie ok. 10 ton biomasy, co stanowi równowartość ok. 5 ton węgla kamiennego. Podczas jej spalania wydzielają się niewielkie ilości związków siarki i azotu. Powstający gaz cieplarniany - dwutlenek węgla jest asymilowany przez rośliny wzrastające na polach, czyli jego ilość w atmosferze nie zwiększa się. Zawartość popiołów przy spalaniu wynosi ok. 1% spalanej masy, podczas gdy przy spalaniu gorszych gatunków węgla sięga nawet 20%.

Energię z biomasy można uzyskać poprzez:

- spalanie biomasy roślinnej (np. drewno, odpady drzewne z tartaków, zakładów meblarskich i in., słoma, specjalne uprawy roślin energetycznych),
- wytwarzanie oleju opałowego z roślin oleistych (np. rzepak) specjalnie uprawianych dla celów energetycznych,
- fermentację alkoholową trzciny cukrowej, ziemniaków lub dowolnego materiału organicznego poddającego się takiej fermentacji, celem wytworzenia alkoholu etylowego do paliw silnikowych,
- beztlenową fermentację metanową odpadowej masy organicznej (np. odpady z produkcji rolnej lub przemysłu spożywczego).

Obecnie w Polsce wykorzystywana w przemyśle energetycznym biomasa pochodzi z dwóch gałęzi gospodarki: rolnictwa i leśnictwa. Najpoważniejszym źródłem biomasy są odpady drzewne i słoma. Część odpadów drzewnych wykorzystuje się w miejscu ich powstawania (przemysł drzewny), głównie do produkcji ciepła lub pary użytkowanej w procesach technologicznych. W przypadku słomy, szczególnie cenne energetycznie, a zupełnie nieprzydatne w rolnictwie, są słomy rzepakowa, bobikowa i słonecznikowa. Rocznie polskie rolnictwo produkuje ok. 25 mln ton słomy.

W ostatnim czasie obserwuje się zainteresowanie uprawą roślin energetycznych takich jak np. wierzba energetyczna. Jest to krzewiasta forma wierzby z rodziny *Salix viminalis*. Różnorodność materiału wyjściowego i konieczność dostosowania technologii oraz mocy powoduje, iż biopaliwa wykorzystywane są w różnej postaci. Drewno w postaci kawałkowej, rozdrobnionej (zrębków, ścinków, wiórów, trocin, pyłu drzewnego) oraz skompaktowanej (brykietów, peletów). Słoma i pozostałe biopaliwa z roślin nie-zdrewniałych są wykorzystywane w postaci sprasowanych kostek i balotów, sieczki jak też brykietów i peletów.

Obecnie potencjał biomasy stałej związany jest z wykorzystaniem nadwyżek słomy oraz

odpadów drzewnych, dlatego też wykorzystanie ich skoncentrowane jest na obszarach intensywnej produkcji rolnej i drzewnej. Jednak rozwój energetycznego wykorzystania biomasy powoduje wyczerpanie się potencjału biomasy odpadowej, a wówczas przewiduje się intensywny rozwój upraw szybko rosnących roślin na cele energetyczne. Aktualnie zakładane są plantacje roślin energetycznych (szybkorosnące uprawy drzew i traw).

5.1.2. Biomasa możesz ogrzewać budynek

Patrząc na całkowity techniczny potencjał energii odnawialnej możliwej do wykorzystania oczywistym staje się, że biomasa musi być rozwijana najszybciej i w najbliższych latach powinna osiągnąć znaczący udział w Polsce. Wykorzystywanie energii z biomasy jest nie tylko korzystne ze względów ekonomicznych ale także ze względu na łatwość dostępu do tego paliwa, zwłaszcza, że 28% powierzchni naszego kraju zajmują lasy.

W przypadku kotłów na biomasę pewne różnice technologiczne wpływające na sposób eksploatacji. Kotły te dzielą się na sterowane ręcznie oraz sterowane automatycznie. Kotły ładowane ręcznie, powinny być instalowane razem ze zbiornikami akumulacyjnymi, ażeby magazynować ciepło z jednego załadunku paliwa. Kotły automatyczne zaopatrzone są w silosy do magazynowania zrębków oraz peletów. Podajnik ślimakowy, samoczynnie doprowadza paliwo w zależności od potrzeb.

Jako paliwo w kotłach biomasowych może być wykorzystywane drewno nieprzetworzone jak: drewno opałowe, zrębki, trociny, wióry czy kora. Drewno takie ma istotną wadę, zawiera dużo wilgoci przez co zdecydowanie spada jego wartość opałowa. Dlatego też drewno takie wymaga długotrwałego przechowywania w odpowiednich warunkach (sezonowania), ok. 1-1,5 roku. Ponadto drewno ma stosunkowo małą gęstość, przez co wymaga ok. 2 razy więcej miejsca do składowania niż węgiel.

Ponadto oprócz drewna nieprzetworzonego wykorzystuje się drewno, które poddano przeróbce w postaci peletów i brykietów. Proces przetwarzania tego drewna polega na sprasowaniu pod wysokim ciśnieniem drobnych i wysuszonych trocin i wiórów. Tak przetworzone paliwo jest droższe od zwykłego drewna, ale dzięki niższej zawartości wilgoci i zwiększonej gęstości posiada zdecydowanie większą wartość opałową, a więc w celu otrzymania tej samej ilości ciepła mniej się go spala niż zwykłego drewna.

Postaci spalanego drewna:



Drewno opałowe – to przede wszystkim pnie, gałęzie i korzenie, rozdrobnione zwykle na kawałki długości 15-35 cm. Wartość opałowa suchego drewna zależy od zawartości wilgoci, której ilość w zależności od gatunku drzewa waha się w granicach 15 do 60%. Zawartość popiołu w drewnie opałowym wynosi ok. 2% suchej masy. Wartość opałowa suchej masy wynosi ok. 16 GJ/Mg.



Zrębki drzewne – jest to rozdrobnione na kawałki długości 5-50mm. Pochodzą głównie z wyrębów leśnych oraz jako produkt odpadowy z procesów obróbki w tartakach. Wilgotność zrębków waha się od 35 – 60%. Zawartość popiołu w igłach sięga 5%, w gałęziach i korze – 3%, a w łodygach – 0,6%. Wartość opałowa zrębków wynosi ok. 14GJ/Mg.



Trociny, wióry i kora – są to produkty powstające jako uboczny produkt przemysłu drzewnego. Zawartość wilgoci jest zróżnicowana i waha się w granicach od 5% dla wiórów do 60% dla kory. Średnia zawartość popiołu to ok. 0,5%, a wartość opałowa 15GJ/Mg.



Brykiety, pelety – brykiety mają kształt prostopadły lub cylindryczny o wymiarach 10-30cm. Pelety z kolei to małe walce długości ok. 5-40 mm i średnicy 8-12mm. Jedne i drugie są bardzo suche (wilgotność ok. 10%) i zawierają od 0,5 do 1% popiołu. Wartość opałowa brykietów wynosi około

17 GJ/Mg, a peletów około 19 GJ/Mg.

Efektywność energetyczna spalania paliw drewnopochodnych zależy nie tylko od rodzaju paliwa oraz stopnia zautomatyzowania procesu. Lepsze efekty spalania uzyskuje się w specjalnie skonstruowanych do tego typu paliwa kotłach.

• Kotły na biomasę do produkcji ciepła

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 najpopularniejszym 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 wykrapłania się pary wodnej zawartej w spalinach, a więc nie ma konieczności stosowania specjalnych wkładów kominowych ze stali kwasoodpornej. Ponieważ drewno zawiera dużo składni-

ków 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, miału i koks – 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 włączanym 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 sterowany automatycznie w zależności od warunków atmosferycznych. Automatycznie steruje także wentylatorem dozującym powietrze do spalania. Paliwo uzupełnia się co kilka dni, tym rzadziej, im większy jest zasobnik.

5.1.3. Dobór i dostosowanie kotłów na biomasę – jak mogą pracować w Twoim systemie ogrzewania budynków.

Jeżeli kocioł ma pracować oszczędnie i bezawaryjnie, należy właściwie dobrać jego moc. W jaki sposób obliczyć przybliżone zapotrzebowanie na moc grzewczą budynku oraz na moc do przygotowania ciepłej wody użytkowej już wiesz. Moc cieplna jest podstawowym kryterium doboru kotłów zarówno biomasowych jak i innych, wpływa to nie tylko na zapewnienie wymaganego komfortu cieplnego w budynku ale również na optymalną pracę kotłów oraz uniknięcie niepotrzebnych kosztów związanych z zakupem większej jednostki. Urządzenia pracujące na znacznie niższych obciążeniach niż znamionowe tracą na sprawności co z kolei powoduje wzrost kosztów eksploatacyjnych związanych ze spalaniem większej ilości paliwa.

Przy wymianie istniejącego systemu grzewczego należy uwzględnić prognozowane prace związane z termorenowacją budynku w najbliższym czasie tak, aby nowy system dostosować do niższych wartości wymaganych po termomodernizacji. Należy bezwzględnie pamiętać, że w przypadku doboru kotłów powiedzenie „Od przybytku głowa nie boli...” absolutnie się nie sprawdza, podobnie zresztą jest w przypadku innych urządzeń. Taki nieuzasadniony przybytek będzie pokutował zwiększonymi rachunkami za paliwo i to przez następne kilkanaście a nawet dwadzieścia lat.

Wydajność kotła na biomasę trudno jest szybko dostosować do zmieniającego się zapotrzebowania na ciepło. Dlatego w instalacjach z takimi kotłami zaleca się stosowanie zbiornika akumulacyjnego. Jego zadaniem jest przejmowanie nadwyżek ciepła wytwarzanego przez kocioł, które zostają wykorzystane jeśli kocioł wygaśnie. W zbiorniku o pojem-

ności 200-300 l zgromadzona jest woda ogrzana podczas pracy kotła. Jeszcze przez długi czas po wygaśnięciu kotła jest ona dostatecznie ciepła, by można ją było wykorzystać do ogrzewania pomieszczeń czy wody użytkowej. Zastosowanie zbiornika akumulacyjnego przyczynia się do znacznych oszczędności paliwa, nawet do 30%.

Dobór zbiornika akumulacyjnego do mocy kotłów nie jest sprawą jednoznaczną ale można przyjąć wstępnie założenie, że na każdy kW mocy zainstalowanej kotła przyjąć należy od 50 do 70 litrów pojemności zbiornika. W zbiorniku akumulacyjnym gromadzone są duże ilości wody podgrzanej do temperatury ok. 80-90°C, a więc należy zwrócić uwagę na odpowiednio dobrą izolacyjność zbiorników tak aby zminimalizować straty zgromadzonego ciepła do otoczenia.

Zbiorniki akumulacyjne są używane wszędzie tam, gdzie produkowanie i zapotrzebowanie ciepła nie odbywa się jednocześnie. Zbiorniki współpracujące z układem grzewczym zasilanym paliwami stałymi, w tym biomasowymi znajdują zastosowanie w układach wyposażonych w instalację solarną, które również, w celu uzyskania lepszych efektów, wymagają stosowania akumulacji ciepła.

Oprócz cyklicznej pracy kotłów na biomasę pracujących ze zbiornikami akumulacyjnymi, realizuje się również układy pracy ciągłej, co oczywiście wiąże się z dostosowaniem kotła do takiej pracy, np. retortowy. Praca takiego układu nie różni się znacząco od układu opalanego węglem, czy też innymi paliwami kopalnymi.

W przypadku większych obiektów, np. budynki wielorodzinne, czy szkoły których zapotrzebowanie na moc wynosi kilkaset kW lub więcej wówczas rozsądnym rozwiązaniem jest budowa układu pracującego z więcej niż jednym kotłem. Rozwiązanie takie pozwala na znacznie łatwiejsze dostosowanie produkcji ciepła do potrzeb przy jednoczesnym zagwarantowaniu pracy urządzeń na warunkach zbliżonych do znamionowych. Dobierane kotły wcale nie muszą mieć takiej samej mocy, wówczas mniejszy kocioł będzie mógł być używany np. do produkcji c.w.u. w okresie letnim oraz w początkowych okresach sezonu grzewczego kiedy temperatury zewnętrzne nie są jeszcze bardzo niskie.

Cechą charakterystyczną układów ogrzewanych biomasą jest konieczność zapewnienia odpowiedniej ilości miejsca na gromadzenie paliwa. Ze względu na stosunkowo małą gęstość tych paliw należy zwrócić uwagę również na łatwość dostępu dla dostawcy do miejsca składowania. Kotłownia musi być oddzielona od składowiska paliwa ze względów bezpieczeństwa przeciwpożarowego. Składowisko paliwa powinno być zbudowane z ogniotrwałych ścian, musi być suche oraz utrzymywane w czystości, tak aby nie następowało gromadzenie się dużych ilości pyłu drzewnego.

5.1.4. Czy Ci się to opłaci? Przykłady obliczeń ekonomicznych

Dla pokazania opłacalności stosowania kotłów opalanych biomasą w różnych wariantach posłużono się omówionym wcześniej przykładem domku jednorodzinnego, którego szczegółowy opis znajduje się w punkcie 2.2. Analizę techniczną i ekonomiczną stosowania kotłów opalanych biomasą przeprowadzono za pomocą narzędzi RETScreen dla 3 różnych wariantów, natomiast wyniki analizy pokazano w tabeli.

Wariant 1: Kocioł opalany drewnem o niskiej wartości opałowej. Cena jednostkowa drewna wraz z transportem wynosi 180 zł/t. Całość nakładów na kocioł pochodzi ze środków inwestora.

Wariant 2: Kocioł z podajnikiem automatycznym i zasobnikiem, opalany peletami. Cena jednostkowa pelet wraz z transportem wynosi 520 zł/t. Całość nakładów porywana ze środków inwestora.

Wariant 3: Kocioł na słomę wraz z podajnikiem. Cena jednostkowa słomy wynosi 160 zł/t. Całość nakładów na kocioł pochodzi ze środków inwestora.

Lp.	Omówienie	jedn.	wariant 1	wariant 2	wariant 3
1	Moc grzewcza	kW	13	13	13
2	Sprawność kotła	%	70	76	75
3	Wartość opałowa paliwa	MJ/kg	12074	17094	11051
4	Ilość paliwa (biomasy)	t	9,0	6,0	9,5
5	Koszt paliwa	zł/rok	1609	3023	1367
6	Oszczędność kosztów energii/paliwa	zł/rok	2238	824	2480
7	Całkowity koszt montażu kotła na biomasę	zł	6045	7384	8060
8	SPBT	lata	2,7	9,0	3,2
9	NPV	zł	21733	2840	22717

Na przykładzie przeprowadzonej analizy widać, że spalanie biomasy w nowoczesnych kotłach przeznaczonych do tego celu, może być wysoce opłacalne i korzystne dla środowiska.

5.1.5. Gdzie więcej się dowiedzieć?

- www.biomasa.org.pl - Polska Izba Biomasy
- www.polbiom.pl - Polskie Towarzystwo Biomasy
- www.pellets.pl - serwisie na temat ekologicznego paliwa o nazwie pellets.
- <http://ecbrec.pl> - Europejskie Centrum Energii Odnawialnej
- www.biomasa.org - serwis poświęcony energetycznemu wykorzystaniu biomasy
- www.bio-energia.pl - firma konsultingowa oraz operator organizujący i zarządzający łańcuchem dostaw biomasy m.in. dla producentów energii.
- www.ekokom.pl - przedsiębiorstwo działające w segmencie ekologii i ochrony środowiska.

5.2. Bierne wykorzystanie promieniowania słonecznego

Budynek pasywny

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.

Nie bez znaczenia jest to, że budynki pasywne na pierwszy rzut oka nie różnią się w istotny sposób od tradycyjnych budynków, komponując się z budownictwem na danym obszarze. Krótko mówiąc, technologia budynków pasywnych to:

- dostępność materiałów i urządzeń niezbędnych do wykonania budynku,
- duże oszczędności paliw i energii, mocno odczuwalne przy płaceniu rachunków,
- wysoka jakość wykonania obiektów oraz ich trwałość,
- pewność potwierdzona licznymi realizacjami w Europie Zachodniej.

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.

W związku z powyższym, wzrostowi kosztów budowy budynku pasywnego, można przeciwstawić istotne oszczędności eksploatacji budynku, które wynikają ze zmniejszonego zużycia energii oraz utrzymującej się na wyższym poziomie wartości rynkowej budynku. Należy także pamiętać o korzyściach jakie odnosi środowisko naturalne, a które to korzyści wynikają ze zmniejszenia emisji zanieczyszczeń do atmosfery.

Standard energetyczny budownictwa pasywnego

Pojęcie „budynek pasywny” oznacza standard wznoszenia obiektów budowlanych. Budynek wzniesiony w takim standardzie charakteryzuje się znikomym, bo aż ośmiokrotnie mniejszym zapotrzebowaniem na energię do ogrzewania w stosunku do tradycyjnego budynku. Wg definicji dr W. Feista dom Pasywny jest budynkiem o bardzo niskim zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania wnętrza ($15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$), w którym komfort termiczny zapewniony jest przez pasywne źródła ciepła (mieszkańcy, urządzenia elektryczne, ciepło słoneczne, ciepło odzyskane z wentylacji), tak że budynek nie potrzebuje autonomicznego, aktywnego systemu ogrzewania. Potrzeby cieplne realizowane są przez odzysk ciepła i dogrzewanie powietrza wentylującego budynek.

Podane zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania na poziomie $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$, oznacza że w przeciągu sezonu grzewczego do ogrzania budynku o powierzchni użytkowej 100 m^2 potrzeba 1500 kilowatogodzin energii, co odpowiada spaleniu 300 kg węgla. Dla porównania, zapotrzebowanie na ciepło dla budynków konwencjonalnych budowanych obecnie wynosi około $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$, a więc budynek o powierzchni 100 m^2 wzniesiony w technologii tradycyjnej zużyje w sezonie grzewczym 12000 kWh energii, co odpowiada 2400 kg węgla.

Jak wspomniano na wstępie, koncepcja budynku pasywnego powstała poprzez rozwinięcie i uzupełnienie koncepcji budynku energooszczędnego. W budynku pasywnym zapotrzebowanie na ciepło pokrywane jest przez:

- wykorzystanie promieniowania słonecznego,
- odzysk ciepła z powietrza wentylacyjnego,
- wewnętrzne zyski ciepła, takie jak urządzenia elektryczne, oświetlenie czy mieszkańcy.

W tego typu obiektach nie stosuje się tradycyjnego systemu grzewczego, a jedynie dogrzewanie powietrza wentylacyjnego. Należy pamiętać, że rozwiązania i materiały używane w budynkach pasywnych są ogólnodostępne. Istnieje wiele firm pochodzących z Polski i innych krajów Unii Europejskiej, które oferują niezbędne komponenty. Idea budynków pasywnych nie jest opatentowana, zastrzeżona ani nie podlega innym formom ochrony prawnej. Jest ona dostępna bez żadnych ograniczeń dla wszystkich. Wykorzystanie dostępnych ekonomicznych i sprawdzonych w praktyce rozwiązań, zaowocowało około 5000 zrealizowanych jednostek mieszkaniowych w krajach Unii Europejskiej.

W naszym kraju w ostatnich latach także powstały pierwsze domy pasywne. Możliwe jest wznoszenie budynków pasywnych w różnych technologiach budowlanych takich jak: tradycyjna murowana, szkielet drewniany (tzw. technologia kanadyjska) czy szkielet stalowy. Możliwe jest także zmodernizowanie budynków już istniejących i doprowadzenie ich do standardu budynków pasywnych.

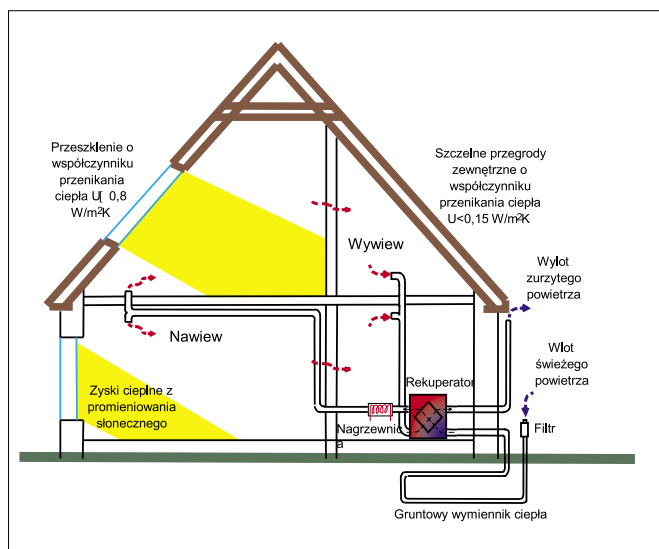
Kryteria jakie musi spełniać budynek pasywny:

- Współczynnik przenikania ciepła U dla przegród zewnętrznych (dach, ściany, podłoga na gruncie) powinien być mniejszy niż $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.
- Szczelność powłoki zewnętrznej budynku, sprawdzona przy pomocy testu ciśnieniowego, w którym przy różnicy ciśnienia zewnętrznego i wewnętrznego wynoszącej 50Pa , krotność wymiany powietrza nie powinna przekraczać $0,6$ wymian na godzinę.
- Przegrody zewnętrzne wykonane w taki sposób, aby maksymalnie zredukować mostki termiczne.
- Przeszklenie o współczynniku przenikania ciepła U poniżej $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ i całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego $g \geq 50 \%$.
- Ramy okienne o współczynniku przenikania ciepła U poniżej $0,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.
- Wydajność rekuperatora, stosowanego do odzysku ciepła z wentylacji, powyżej 75% .
- Ograniczenie strat ciepła w procesie przygotowania i zaopatrzenia w ciepłą wodę użytkową.
- Efektywne wykorzystanie energii elektrycznej.

Kiedy najlepiej decydować się na technologie pasywne?

Podstawowym założeniem budynku pasywnego jest maksymalizacja zysków energetycznych i ograniczenie strat ciepła. Dlatego wszystkie przegrody zewnętrzne powinny mieć niski współczynnik przenikania ciepła. Ponadto zewnętrzna powłoka budynku (skorupa budynku) musi być szczelna i nieprzepuszczalna dla powietrza. Stolarka okienna musi charakteryzować się mniejszymi stratami ciepłymi niż w standardowo stosowanych rozwiązaniach. Bardzo ważnym elementem jest system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła z powietrza wywiewanego (zużytego), co pozwala zmniejszyć straty zapotrzebowanie na podgrzanie powietrza wentylacyjnego o $70\text{-}80\%$.

Na rysunku 6 pokazano schemat działania budynku pasywnego.



Rysunek 6

Polega to na tym, że w okresie zimowym świeże powietrze zewnętrzne po przefiltrowaniu dostaje się do rekuperatora, w którym zostaje podgrzane ciepłym powietrzem wywiewanym z budynku. Dodatkowo zanim świeże powietrze trafi do rekuperatora możliwe jest jego wstępne podgrzanie w gruntowym wymienniku ciepła co dodatkowo wpływa na oszczędności energii.

Widać więc, że wymienione powyżej cechy budynku pasywnego można zastosować nie tylko w nowobudowanych obiektach, ale także już w tych istniejących.

Na niekorzyść modernizacji budynków istniejących w stosunku do obiektów nowobudowanych w technologiach pasywnych, wpływają ograniczone możliwości zwiększenia zysków ciepła z promieniowania słonecznego, które stanowią główne źródło ciepła do ogrzewania tego typu obiektów. Wynika to z trudności i kosztów związanych z koniecznością nieraz całkowitej zmiany układu funkcjonalnego pomieszczeń w budynku, czy brak możliwości pełnego wykorzystania zysków od słońca z uwagi na orientację istniejącego budynku względem stron świata.

Dlatego na technologie pasywne najlepiej decydować się już w fazie projektowania budynku. Pozwoli to na optymalne wykorzystanie zysków słonecznych oraz na ograniczenie kosztów związanych z ograniczeniem strat budynku, które w budynkach istniejących mogą wiązać się ze zmianami konstrukcyjnymi oraz koniecznością demontażu elementów istniejących co podwyższa koszty całego przedsięwzięcia.

Nie należy jednak rezygnować z technologii budynków pasywnych w budynkach istniejących. Nawet jeśli w wyniku modernizacji nie osiągniemy standardu budynku pasywnego to z pewnością do takiego standardu się zbliżymy, a to z kolei odbije się na zdecydowanie niższych rachunkach jakie przyjdzie nam płacić za zużyte paliwa i energię.

Tak więc w miarę możliwości technicznych i ekonomicznych powinniśmy dążyć do budynków posiadających następujące cechy:

- 1) Zapotrzebowanie na energię, niezbędną do ogrzania jednego metra kwadratowego powierzchni, podczas jednego sezonu grzewczego poniżej 15 kWh - co odpowiada spalaniu 3 kg węgla lub $1,5 \text{ l}$ oleju opałowego.
- 2) Bierne zyski słoneczne pokrywają 40% zapotrzebowania na ciepło.
- 3) Dobrze izolujące, niskoemisyjne szklenie okien (3-szybowe, lub ze specjalną membraną).

- 4) Dobrze izolujące ramy okienne.
- 5) Ściany o wysokiej izolacyjności cieplnej.
- 6) Ograniczenie do absolutnego minimum tzw. mostków termicznych.
- 7) Niska przepuszczalność powietrza do i na zewnątrz budynku, poprzez przegrody zewnętrzne.
- 8) Zwarta, nie rozczłonkowana bryła budynku.
- 9) Wentylacja mechaniczna, usuwająca wilgoć skuteczniej od tradycyjnej wentylacji grawitacyjnej.
- 10) Odzysk ciepła z powietrza wentylacyjnego (rekuperator).
- 11) Brak konwencjonalnego oddzielnego systemu ogrzewania. Ogrzewanie realizowane jest przez nadmuch ciepłego powietrza połączony z wentylacją mechaniczną.
- 12) Opcjonalnie pozyskiwanie ciepła z gruntu. Powietrze zewnętrzne nawiewane do budynku ogrzewane jest wstępnie w gruntowym wymienniku ciepła.
- 13) Opcjonalnie pozyskiwanie i magazynowanie ciepła z promieniowania słonecznego (kolektory słoneczne, izolacja transparentna, itp.).
- 14) Opcjonalnie pozyskiwanie ciepła utajonego z powietrza wentylacyjnego (pompa ciepła powietrze-powietrze).

Budynek pasywny w praktyce

Ciągle rosnące ceny energii oraz paliw, wymuszają ich oszczędność, a z kolei zmniejszanie zużycia energii, paliw i ich racjonalne wykorzystanie bezpośrednio wpływają na ochronę klimatu.

Aby budynek energooszczędny w optymalny sposób spełniał swoje funkcje, należy znaleźć dla niego odpowiednią lokalizację. Przy wyborze działki pod budowę powinniśmy kierować się możliwością zbudowania budynku zorientowanego na południe (odchylenia od kierunku południowego o kilkanaście stopni są dopuszczalne).

Ważne, aby szerokość działki pozwalała na takie zaprojektowanie układu funkcjonalnego pomieszczeń w budynku, aby wszystkim pomieszczeniom mieszkalnym dostarczyć południowego światła, natomiast pomieszczenia pomocnicze (łazienka, kuchnia, garderoba, pomieszczenia gospodarcze i techniczne, klatki schodowe, korytarze itp.) znajdowały się od strony północnej.

Bryła budynku powinna być jak najbardziej zwarta. Każde załamanie ścian zewnętrznych jest miejscem, w którym może powstać mostek termiczny, ale również należy pamiętać, że metr kwadratowy izolacji takiego budynku sporo kosztuje, a więc im mniej powierzchni do ocieplenia tym lepiej.

Stopień zwartości bryły architektonicznej wyraża stosunek sumy pól powierzchni wszystkich ścian zewnętrznych (wraz z oknami i drzwiami), dachów i stropodachów, podłóg na gruncie liczoną po obrysie zewnętrznym do kubatury ogrzewanej części budynku i jest to współczynnik A/V . Im mniejszą wartość przyjmuje ten współczynnik, tym lepiej. Dla domów jednorodzinnych współczynnik ten powinien przyjmować wartość od 0,8 do 1, w budynkach wysokościowych około 0,3, dla budynków parterowych około 1,2.

Bardzo ważnym elementem w domach pasywnych i energooszczędnych jest elewacja południowa, która praktycznie stanowi autonomiczny system, którego zadaniem jest z jednej strony zapewnienie zacienienia w okresie letnim, a z drugiej pozyskanie jak największych zysków od słońca w miesiącach zimowych. Aby spełnić te dwa pozornie wykluczające się założenia, należy sprostać kilku problemom natury projektowej. Po pierwsze trzeba zapewnić odpowiednie umocowanie elementów zacieniających, nie konstruując przy tym mostków termicznych. Problematyczne jest też mocowanie jakichkolwiek elementów do ściany z grubą warstwą izolacji. Poza odpowiednimi przeszkleniami, systemem zacienień i izolacją, można wykorzystać także kolektory słoneczne albo baterie fotowoltaiczne (patrz punkty 5 i 6).

Kolejnym istotnym etapem w rozwoju systemu fasady południowej, jest wybudowanie tzw. „strefy buforowej” budynku. Strefa buforowa stanowi dodatkową, nie ogrzewaną kubaturę, która niejako zwiększa grubość przegrody termicznej, jaką jest ściana południowa do wartości nawet kilku metrów. Strefa buforowa może być lekką, przeszkloną, wentylowaną konstrukcją szkieletową, którą można porównać do rozbudowanego ogrodu zimowego, rozciągającego się na długości całej fasady południowej.

Przegrody zewnętrzne - ściany, dachy, fundamenty i okna

Zagadnienia projektowania domów pasywnych mówią przede wszystkim o wykorzystaniu technologii, a w mniejszym stopniu dotyczą estetyki. Z punktu widzenia oszczędności energetycznych ważne jest, aby izolowana termicznie kubatura była jak najbardziej kompaktowa, a budynek osłonięty był od niekorzystnych zjawisk atmosferycznych.

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 nowobudowanym).

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.

Tabela 21.

Rodzaj przegrody	wymagania Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dn. 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie		Standard budynku pasywnego
	budynek jednorodzinny	budynek użyteczności publicznej	wsp. przenikania ciepła
	U [W/m ² K]	U [W/m ² K]	U [W/m ² K]
ściany zewnętrzne o budowie warstwowej z izolacją	0,30	0,55	≥ 0,15
ściany zewnętrzne – pozostałe	0,50		
stropodach	0,30	0,30	≥ 0,15
okna dla I, II i III strefy klimatycznej	2,60	2,30	≥ 0,8
okna dla IV i V strefy klimatycznej	2,00		
drzwi zewnętrzne wejściowe	2,60	2,60	≥ 1,1

Wentylacja i ogrzewanie

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 15kWh/m² na rok. Przy tak niskim zużyciu energii, wystarczy ogrzewanie powietrza wentylacyjnego nawiewanego do pomieszczeń, np. za pomocą nagrzewnicy umieszczonej w rekuperatorze lub przy pomocy pompy ciepła powietrze-powietrze.

Jak już wspomniano domy pasywne wyposażone są w system wentylacji mechanicznej. 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.

Schemat działania wymiennika krzyżowego



źródło: www.budynkipasywne.pl

Rysunek 7.

Przy tak dużej izolacji jaka ma miejsce w domach pasywnych, znacząco rośnie rola wentylacji, jednakże często jest źle rozumiana i nie doceniana. Bez sprawnie działającej wentylacji mechanicznej nie byłby możliwy odzysk ciepła przy pomocy rekuperatora, pozyskanie ciepła utajonego przy pomocy pompy ciepła oraz pozyskanie ciepła przy pomocy 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 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 licznych 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 dla potrzeb budynków pasywnych.

Zalety i wady budynków pasywnych

Zalety:

- Niskie wydatki na energię do ogrzewania;
- Minimalizacja kosztów utrzymania budynku w wypadku wzrostu cen energii w przyszłości;
- Dobre warunki mikroklimatyczne w budynku - brak pyłków i innych zanieczyszczeń powietrza;
- Stabilne i wyrównane temperatury;
- Redukcja emisji spalin;
- Możliwość taniego chłodzenia pomieszczeń w lecie;
- Brak przyłącza gazowego, a w konsekwencji brak konieczności dokonywania przeglądów instalacji oraz wyższy poziom bezpieczeństwa budynku;
- Brak przewodów spalinowych;
- Ograniczenie hałasu z zewnątrz – wietrzenie bez otwierania okien;

- Możliwości uzyskania dofinansowań.

Wady:

- Konieczność zatrudnienia wykwalifikowanych wykonawców i dopilnowania precyzyjnego i starannego wykonania budynku.
- Brak wiedzy i doświadczenia w zakresie budynków pasywnych wśród wykonawców.
- Większe o około 15% koszty wykonania budynku

Gdzie więcej się dowiedzieć

Strony polskojęzyczne:

<http://www.budynkipasywne.pl/>

Serwis Krajowego Ruchu Ekologiczno Społecznego, organizatora programu „Budynki pasywne - mistrzowie oszczędzania energii”.

<http://www.dompasywny.com/>

Strona poświęcona budynkom pasywnym.

<http://www.ibp.com.pl/>

Strona Instytutu Budynków Pasywnych

<http://www.domypasywne.pl/>

Strona prowadzona przez Instytut Domu Pasywnego

<http://www.arch.pw.edu.pl/kpka/domypasywne/>

Projekty pasywnych domów jednorodzinnych wykonane przez studentów, w ramach zajęć prowadzonych w Katedrze Podstaw Kształtowania Architektury na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej.

<http://www.dompasywny.rockwool.pl/>

Strona prezentująca wyniki studenckiego konkursu na projekt jednorodzinnego budynku pasywnego.

Strony obcojęzyczne:

<http://www.retscreen.net>

Strona zawiera pakiet narzędzi i materiałów dotyczących analizy projektów OZE, w tym m.in. projektów solarnego ogrzewania pasywnego.

<http://www.passivehouse.org.nz>

Nowozelandzka strona poświęcona budynkom pasywnym (j. angielski)

<http://www.paea.it/>

Włoska strona poświęcona budynkom pasywnym (j. włoski)

<http://www.passiefhuisplatform.be/>

Passiefhuis-Platform - Belgijski serwis internetowy poświęcony budynkom pasywnym.

<http://www.passiefhuis.nl/>

Holenderski serwis poświęcony budynkom pasywnym

<http://www.pasivnidomy.cz/>

Czeski serwis internetowy poświęcony budynkom pasywnym

<http://www.passiv.de>

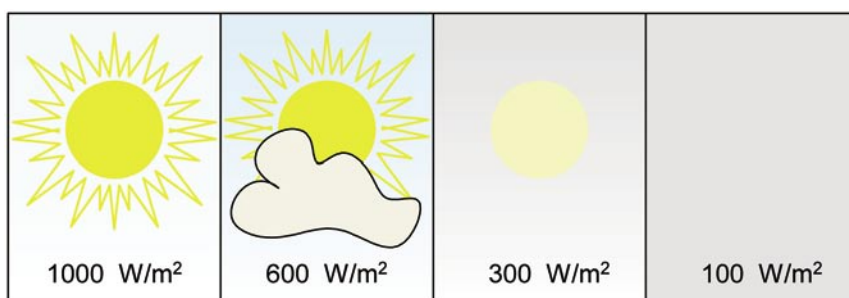
Strona Instytutu Domu Pasywnego w Darmstadt w Niemczech
(j. niemiecki)

<http://www.ig-passivhaus.de>

Niemieckie stowarzyszenie zajmujące się propagacją budynków pasywnych (j. niemiecki)

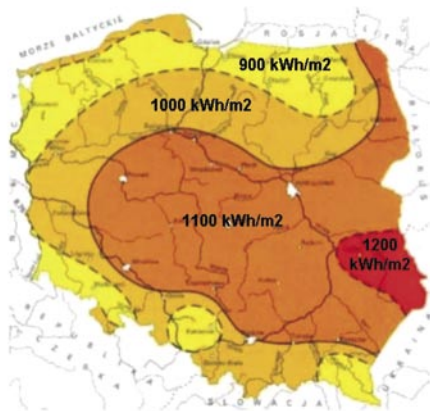
5.3. Aktywne wykorzystanie promieniowania słonecznego

Już 5 minut promieniowania słonecznego na powierzchnię Ziemi odpowiada rocznemu zużyciu energii na całym świecie. Słońce dostarcza Ziemi energię od 5 milionów lat i będzie to czynić przez następnych 5 miliardów lat. Ilość tej energii nie jest jednakowa dla każdego miejsca na naszym globie. Dodatkowo ilość energii słońca docierająca do powierzchni ziemi zależy od lokalnych warunków pogodowych np. od ilości dni bezchmurnych w ciągu roku i w związku z tym może docierać do powierzchni Ziemi jako promieniowanie bezpośrednie lub dyfuzyjne. Promieniowanie dyfuzyjne powstaje w wyniku rozpraszania, odbijania i załamывania promieniowania słonecznego na chmurach i cząsteczkach zawartych w powietrzu. Pomimo tego promieniowanie dyfuzyjne jest, z punktu widzenia techniki solarnej, promieniowaniem użytecznym. I tak w ciągu pochmurnego dnia, gdy promieniowanie dyfuzyjne stanowi powyżej 80% promieniowania całkowitego, ciągle możemy zmierzyć do 300 W/m² strumienia mocy promieniowania słonecznego.



Rysunek 8.

W Polsce, w zależności od miejsca, słońce dostarcza w ciągu roku od 900 kWh do 1200 kWh energii na każdy m² powierzchni poziomej. *Rozkład ilości promieniowania słonecznego na obszarze Polski pokazuje rysunek 9.*



źródło: www.cire.pl

Rysunek 9.

W uproszczeniu przyjmuje się, że średnio w Polsce do 1 m² 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 domów, 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.

5.3.1. Jak przetworzyć energię promieniowania słonecznego na efekt użyteczny?

Powietrzne kolektory słoneczne

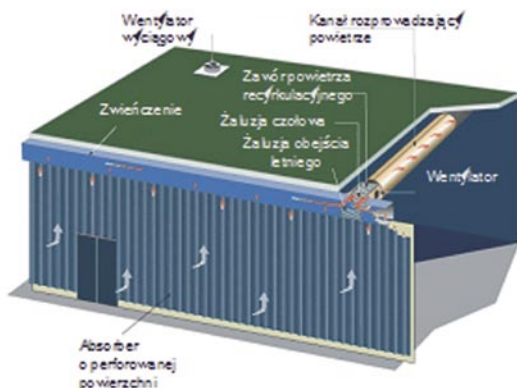
W Polsce powietrzne kolektory słoneczne są jak dotąd mało rozpowszechnioną technologią. Oparte o nie systemy solarnego podgrzewania powietrza (SPP) wykorzystują energię promieniowania słonecznego do podgrzewania powietrza. Ogrzane w ten sposób powietrze można wykorzystać do wentylacji budynku lub do procesów technologicznych, które wymagają ciepłego powietrza takich jak np. suszenie. Ponieważ słońce nie świeci na Ziemi przez cały czas jednakowo 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, która może przedostać się poprzez te otworki spływa po we-

wewnętrznej powierzchni osłony i wypływa dołem. Nie wykonuje się szklenia, a konstrukcja kolektora jest prosta i stabilna.

Elementy systemu solarnego podgrzewania powietrza

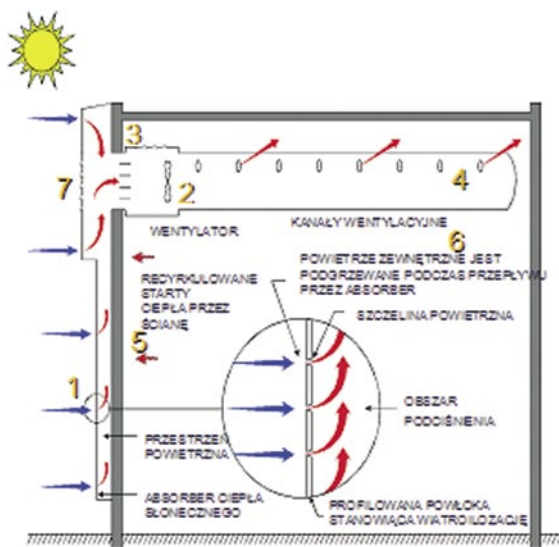


Rysunek 10. źródło: RETScreen International

gromadzi się pod stropem, a poniżej zalegają kolejne warstwy coraz chłodniejszego powietrza. Tam, gdzie występuje takie zjawisko stratyfikacji, dochodzi do strat ciepła przez dach budynku, przy czym równocześnie osoby pracujące na poziomie podłogi odczuwają chłód. Solarny układ podgrzewania powietrza może wykorzystać ciepło nagromadzone pod stropem i ograniczyć zjawisko stratyfikacji.

Dodatkowo w wielu budynkach obserwuje się niekorzystne zjawisko podciśnienia, co wynika z tego, że układy wentylacji wyprowadzają więcej powietrza niż dopływa go przez wloty. Rezultatem tego jest infiltracja zimnego powietrza i powstawanie przeciągów i przewiewów w korytarzach. Dodatkowo, solarne podgrzewanie może wyeliminować ten problem.

Działanie systemu SPP



Rysunek 11. źródło: RETScreen International

System solarnego podgrzewania powietrza obejmuje szczelinę powietrzną pomiędzy osłoną zewnętrzną a ścianą budynku. Szczelina ta stanowi równocześnie dodatkową izolację budynku. Ponadto, dzięki temu, że w szczelinie gromadzi się ogrzane ciepłem słonecznym powietrze, ciepło uchodzące przez ścianę budynku w większym stopniu podlega rekuperacji niż ucieka na zewnątrz. Z tego względu systemy SPP zmniejszają straty ciepła przez ściany, na których są zainstalowane.

W budynkach przemysłowych o dużej kubaturze, ciepłe powietrze często

Pomimo tego, że zasada działania systemu SPP jest bardzo prosta, to zapewnia ona konwersję od 50 do 80% chwilowej energii słonecznej na ciepło użyteczne. Solarny system podgrzewania składa się ze stosunkowo niewielkiej liczby podzespołów. Zawiera ciemnej barwy, perforowany kolektor, często zainstalowany na ścianie jako osłona pogodowa. Kolektor jest wykonany ze stali lub z aluminium, nie posiada powłoki szklanej, a jego wykonanie jest niezbyt kosztowne i proste. Za osłoną znajduje się szczelina powietrzna, dzięki której możliwy jest ruch powietrza ku górze, do sklepienia, które równomiernie odbiera powietrze płynące wzdłuż ściany. Przepływ powietrza jest wymuszany przez wentylator, nato-

miast dystrybucja powietrza wokół i w budynku następuje poprzez kanały wentylacyjne. Poszczególne elementy składowe systemu pracują w opisany poniżej sposób.

Najpierw, światło słoneczne operuje na kolektor ogrzewający powietrze, który, dzięki swej ciemnej barwie, absorbuje promieniowanie i nagrzewa się. Powietrze znajdujące się blisko kolektora również się ogrzewa.

Następnie, wentylator zasysa powietrze z zewnątrz poprzez perforację w kolektorze, do przestrzeni (szczeliny) i do sklepienia systemu. Należy zauważyć, że zawarte w powietrzu będącym blisko kolektora ciepło, które inaczej byłoby tracone przez konwekcję, jest doprowadzane do budynku. Ponadto temperatura kolektora ustala się stosunkowo blisko temperatury otoczenia (powietrza), co dodatkowo zmniejsza straty ciepła. Są to zasadnicze powody, dla których nieoszlony kolektor działa tak efektywnie.

Po trzecie, urządzenia kontrolne regulują temperaturę powietrza wpływającego do budynku. Te urządzenia mogą również nastawiać stopień mieszania powietrza recyrkulowanego i powietrza podgrzanego w systemie solarnym, a także regulować moc dodatkowej nagrzewnicy, zazwyczaj zasilanej gazem, olejem lub energią elektryczną.

Po czwarte, powietrze jest rozprowadzane w budynku poprzez kanały powietrzne.

Należy zauważyć, że ciepło uchodzące przez ścianę budynku (nr 5 na schemacie powyżej), dopływa do powietrza zasysanego z powrotem do budynku. W efekcie, o około 50% zmniejszają się straty ciepła przez ścianę.

W budynkach, w których występuje stratyfikacja, temperatura powietrza rozprowadzanego wokół stropu, może być mniejsza od wymaganej wewnętrznej temperatury powietrza. Kiedy to chłodniejsze powietrze miesza się z górnymi warstwami gorącego powietrza, powstająca w ten sposób mieszanina osiąga wymaganą temperaturę. Pozwala to na wykorzystanie ciepła, które w przeciwnym razie byłoby rozpraszane poprzez strop lub przez zamontowane wydmuchowe wentylatory dachowe.

Natomiast żaluzja obejściowa w sklepieniu pozwala na to, aby niepodgrzane powietrze dopływało w lecie do systemu wentylacyjnego, kiedy to podgrzewanie nie jest wymagane.

Zwykle stosuje się jeden z dwóch systemów wentylacji w budynkach komercyjnych i mieszkalnych. W budynkach mieszkalnych i w szkołach na ogół stosuje się układy wentylacyjne, które działają niezależnie od układów ogrzewania i chłodzenia zainstalowanych w budynku. Takie układy wentylacyjne są odpowiedzialne tylko za odświeżanie powietrza w budynku. W innych budynkach mogą znajdować się układy kombinowane: wentylacyjne i grzewcze lub chłodzące. Kanały powietrzne służą do rozprowadzania powietrza ogrzanego lub schłodzonego, z czego 10-20% stanowi powietrze świeże. Solarne podgrzewanie powietrza można zastosować w połączeniu z każdym z tych systemów.

W budynkach komercyjnych i mieszkalnych, solarne podgrzewanie powietrza zwykle nie wymaga instalowania dodatkowych wentylatorów i kanałów wentylacyjnych. Sklepienie ponad kolektorem solarnym jest połączone kanałem bezpośrednio z wlotu powietrza układu konwencjonalnego. Powietrze o stałym przepływie jest zasysane poprzez kolektor. W rezultacie podnosi się temperatura powietrza wpływającego do wlotu, dzięki czemu zmniejsza się zapotrzebowanie na ciepło z ogrzewania konwencjonalnego, wykorzystywane do podwyższenia temperatury powietrza do poziomu zapewniającego komfort użytkownikom budynku. Zastosowanie SPP wiąże się zatem z niskim kosztem samego urządzenia (systemu) i kosztami materiałowymi, a układ można łatwo zintegrować z konwencjonalnymi układami wentylacyjnymi.

Zamierzeniem stosowania solarnego systemu podgrzewania powietrza w budynku komercyjnym lub mieszkalnym nie jest zapewnienie braku stratyfikacji powietrza, powietrze w takich budynkach jest zwykle dobrze wymieszane, a stropy są stosunkowo niskie, tak że stratyfikacja rzadko stanowi tutaj problem.

Poprzez podwyższenie temperatury powietrza dopływającego do konwencjonalnego układu wentylacyjnego, system SPP umożliwia układowi regulacyjnemu w obiegu ekonomizera energii na doprowadzenie większej ilości świeżego powietrza, co może poprawić jakość powietrza wewnątrz budynku. Obieg podgrzewacza realizuje strategię eksploatacyjną w budynku, poprzez stosowanie powietrza świeżego do chłodzenia budynku wtedy, kiedy temperatura powietrza na zewnątrz jest niższa od temperatury powietrza wyprowadzanego z wnętrza budynku. Stanowi to oszczędność energii w porównaniu z eksploatacją mechanicznego układu chłodzenia. Kiedy temperatura powietrza na zewnątrz jest niska, obieg ekonomizera miesza powietrze świeże z powietrzem recyrkulowanym w budynku, w celu uzyskania wymaganej temperatury. Im niższa jest temperatura zewnętrzna, tym mniej stosuje się świeżego powietrza.

Solarne podgrzewanie powietrza ma sens tylko wówczas, gdy ciepło jest generowane wtedy, kiedy jest faktycznie potrzebne. Z tego względu niektóre osoby wątpią w użyteczność tej techniki, ponieważ zakładają, że ciepło jest potrzebne zimą, a wtedy światło słoneczne jest mniej dostępne. Jednak jak pokazała praktyka, już niewielkie ilości słońca mogą znacznie ograniczyć ilość energii potrzebnej na podgrzanie powietrza wentylacyjnego, także w warunkach polskich.

Korzyści i oszczędności systemów SPP

Zakup i instalacja solarnego systemu podgrzewania powietrza wiąże się z pewnymi kosztami, ale i generowanymi korzyściami. Zarówno koszty jak i korzyści można wyrazić w wyniku prostej analizy, w jednostkach na metr kwadratowy kolektora. Solarny system podgrzewania powietrza wymaga niewiele lub wcale nie wymaga czynności utrzymania, co ogranicza ich koszty. Z drugiej jednak strony, systemy te generują roczne oszczędności poprzez zmniejszenie wydatków na paliwo.

Korzyści.

W większości instalacji jeden metr kwadratowy kolektora wygeneruje pomiędzy 1 a 3 GJ użytecznego ciepła rocznie. To ciepło pochodzące z energii słonecznej zmniejsza zapotrzebowanie na ciepło konwencjonalne, wytwarzane zwykle w oparciu o gaz ziemny, węgiel czy energię elektryczną. Cena jednostkowa ciepła dla każdego z tych nośników zmienia się w funkcji czasu i w zależności od lokalizacji.

Na przykład gaz ziemny, tam gdzie jest dostępny, generalnie kosztuje pomiędzy 1,2 a 1,7 zł/m³. Jeśli przyjąć wydajność cieplną typowego solarnego systemu podgrzewania powietrza na poziomie 2 GJ/m² rocznie i jeśli przyjąć pewne uzasadnione założenia dotyczące sprawności konwencjonalnych układów grzewczych, to można wyliczyć roczne oszczędności w zakresie kosztów w przeliczeniu na metr kwadratowy kolektora. I tak metr kwadratowy kolektora pozwala zaoszczędzić od 30 do 90 zł rocznie jeśli zastępuje ogrzewanie gazowe, od 10 do 40 zł rocznie jeśli zastępuje ogrzewanie węglowe oraz od 60 do 110 zł rocznie jeśli zmniejsza zużycie energii elektrycznej.

Jaki jest koszt metra kwadratowego kolektora? Zakup i instalacja kolektora kosztuje po-

między 300 a 800 zł za metr kwadratowy. Zależy to od lokalizacji i wielkości kolektora oraz szczególnych cech budynku. Modyfikacja systemu wentylacji na ogół nie jest wymagana, ale w niektórych sytuacjach może stanowić dodatkowe 300 zł na metr kwadratowy kolektora. Tak więc całkowity koszt kolektora wynosi od 600 do 1100 zł za metr kwadratowy. Ale należy zaznaczyć że kolektor zastępuje tradycyjne wykańczanie elewacji, a zatem koszty materiałów i robocizny tego sposobu należy odjąć od kosztów całkowitych dotyczących kolektora. Te oszczędności stanowią od jednej trzeciej do połowy kosztów zakupu i instalacji kolektora. A zatem koszt netto systemu solarnego będzie zawierać się w przedziale od 300 do 550 zł za metr kwadratowy kolektora, przy czym dla większości instalacji koszty mieszczą się w dolnym zakresie tego przedziału.

Porównanie kosztów początkowych z oszczędnościami rocznymi uwidacznia typowy prosty okres zwrotu wynoszący od dwóch do pięciu lat. Ponadto, solarne systemy podgrzewania mają trwałość sięgającą dziesięcioleci i generują oszczędności rok w rok również po okresie zwrotu nakładów wstępnych.

Uwarunkowania systemów SPP

Solarne podgrzewanie powietrza jest najbardziej efektywne, kiedy instaluje się go w nowym budynku. Dzięki temu kolektor zastępuje niektóre formy wykańczania budynku, redukując w ten sposób koszty netto samego systemu. Ponadto, układ wentylacyjny budynku można zaprojektować i zainstalować w sposób umożliwiający jego integrację z systemem solarnym, przez co unika się budowy dodatkowych kanałów powietrza i wentylatorów.

Następnym najbardziej efektywnym zastosowaniem SPP jest modernizacja, umotywowana potrzebą renowacji lub naprawy istniejącej ściany zewnętrznej, poprawy jakości powietrza wewnątrz budynku lub wyeliminowania problemów z podciśnieniem. W takiej sytuacji system solarny zastąpi niektóre koszty 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.

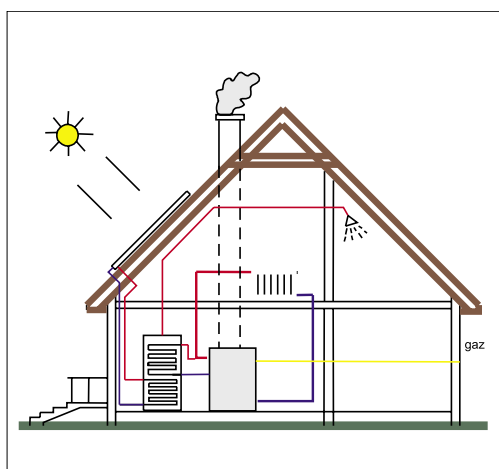
Kolektor solarny najłatwiej jest zainstalować na ścianie, w której nie ma okien ani drzwi przechodzących przez kolektor, ale jeśli jest to konieczne, można się dostosować i do innej sytuacji.

Systemy solarnego 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 gościnna 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

Sercem systemu solarnego jest kolektor słoneczny. 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.



Rysunek 12

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. Przykładowy schemat przygotowania ciepłej wody użytkowej w układzie solarnym pokazano obok.

Regulator solarny włącza pompę obiegową w przypadku, gdy temperatura w kolektorze jest wyższa od temperatury w dolnym wymienniku. W praktyce przyjmuje się, że opła-

calny 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 pompy obiegowej przewyższa wartością uzyskaną energię 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 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 stosować się 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/m² 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 (80W – 360W) 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 1m² kolektora słonecznego na 10m² 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 m² kolektora na 1m² 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 m² 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. Będą to:

- domy opieki społecznej,
- internaty,
- szpitale,
- baseny,
- szkoły z basenami,
- obiekty sportowe.

Dobór powierzchni kolektora pracującego na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (c.w.u.)

Po określeniu całkowitego zapotrzebowania na ciepło potrzebne do przygotowania c.w.u. wg metody opisanej w punkcie 2.3, zajmijmy się doбором instalacji kolektorów dla naszych potrzeb.

W tym celu konieczne jest m.in. określenie kierunku i kąta pochylenia kolektorów słonecznych oraz współczynnika pokrycia zapotrzebowania na ciepło do przygotowania c.w.u. z instalacji solarnej.

Optymalny kąt nachylenia płaszczyzny kolektorów w kierunku południowym w poszczególnych miesiącach w Polsce pokazuje poniższa tabela. Widać z niej, że optymalny kąt nachylenia kolektorów zmienia się w zakresie od 10° w lecie do 65° zimą.

Tabela 22.

Dla promieniowania całkowitego	Kąt nachylenia względem poziomu, w stopniach											
	miesiąc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	60	55	45	30	15	10	15	30	45	55	65	65

Dla systemu solarnego, który pracować ma przez cały rok, najodpowiedniejszym kątem nachylenia kolektorów jest kąt 45°. W przypadku gdy ustawienie kolektorów odbiega od optymalnego kierunku południowego i kąta nachylenia 45°, to roczna ilość energii promieniowania słonecznego na powierzchnię kolektorów jest tym mniejsza im większe są te odchyłki. „Braki” te można skompensować przez zastosowanie większej powierzchni kolektorów.

Tabela poniżej zawiera współczynniki korekcyjne (K), które wykorzystuje się przy projektowaniu kolektorów, w zależności od ich kąta nachylenia oraz kierunku ustawienia. podane wartości określono dla szerokości geograficznej 48°-54°.

Tabela 23.

Kierunek geograficzny	Nachylenie kolektora		
	30°	50°	70°
W	1,64	1,61	1,61
W-PdW	1,45	1,47	1,61
Pd-W	1,17	1,15	1,34
Pd-PdW	1,04	0,98	1,14
Pd	1,00	0,94	1,11
Pd-PdZ	1,03	0,97	1,13
PdZ	1,13	1,09	1,27
Z-PdZ	1,35	1,35	1,60
Z	1,61	1,61	1,61

Kolejnym krokiem jest określenie współczynnika pokrycia zapotrzebowania na ciepło dla przygotowania c.w.u. z systemu solarnego (SD). Współczynnik ten nazywany w skrócie współczynnikiem pokrycia, stanowi wielkość, której uzyskanie jest celem projektowania instalacji solarnej, a która to wielkość miarodajnie określa wymaganą powierzchnię kolektorów oraz wielkość zasobnika c.w.u.

Zimą w Polsce, z uwagi na dość mocno ograniczoną ilość promieniowania słonecznego, stuprocentowe pokrycie zapotrzebowania na ciepło z instalacji kolektorów słonecznych jest możliwe tylko w przypadku odpowiedniego zwiększenia ich powierzchni. Należy jednak pamiętać, że zabieg ten nieuchronnie doprowadzi do sytuacji, w której w miesiącach letnich wystąpi znaczny nadmiar energii, co oprócz bardzo niskiej rentowności takiej inwestycji spowoduje powstanie dodatkowych obciążeń termicznych całej instalacji. Rozwiązaniem tego typu problemu jest włączenie do instalacji dodatkowego odbiornika ciepła, funkcjo-

nującego jedynie w miesiącach letnich, np. basenu kąpielowego. W przypadku instalacji solarnych najczęściej stosowanych w domach jedno- i dwurodzinnych, stosuje się rozwiązania ze stuprocentowym pokryciem zapotrzebowania w miesiącach letnich, co daje około 60% pokrycie zapotrzebowania na ciepło dla celów c.w.u. w skali roku.

W praktyce lepszym rozwiązaniem jest założenie mniejszej wartości współczynnika pokrycia zapotrzebowania na ciepło z instalacji solarnej, gdyż każdy niewykorzystany nadmiar energii należy traktować jako stratę.

Tak potraktowany problem nadmiaru energii nabiera znaczenia zwłaszcza przy większych instalacjach solarnych (powyżej 30-40 m² powierzchni kolektorów). Z uwagi na wysokie koszty takich instalacji, priorytetem powinno być poszukiwanie optymalnego rozwiązania. W odniesieniu do problemu ilości ciepła pokrywanych przez układ kolektorów mówi się tutaj o tzw. instalacjach do wstępnego podgrzewania. Instalacje takie najefektywniej pracują przy niższym poziomie temperatur oraz przy około 30% współczynniku pokrycia. Dla małych instalacji słonecznych, tego typu oszczędności są bardzo niewielkie i wiążą się jedynie z nieznacznym zmniejszeniem powierzchni kolektorów co nie wpłynie znacząco na obniżenie kosztów prac projektowych oraz kosztów pozostałych elementów instalacji (ilość rur, zasobnik c.w.u., pompa i regulator).

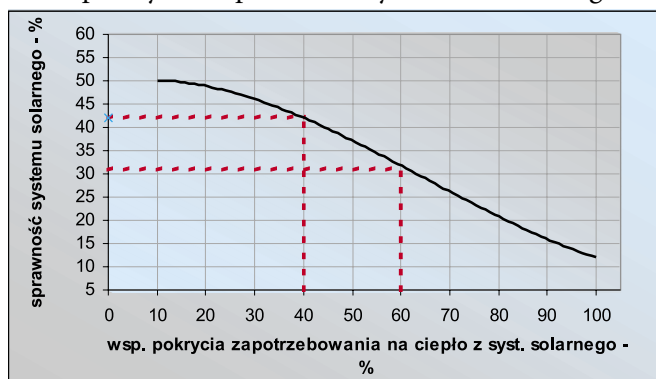
Dla instalacji kolektorów słonecznych średniej wielkości tj. o powierzchni kolektorów ok. 10-35 m², także zakłada się niższe wartości pokrycia zapotrzebowania ciepła z instalacji solarnej (poniżej 50%).

Współczynnik pokrycia zapotrzebowania na ciepło z instalacji solarnej zachowuje się przeciwnie do sprawności systemu solarnego (zobacz rysunek 13).

Wraz ze wzrostem wartości współczynnika solarnego maleje wartość sprawności systemu!

Należy to tłumaczyć tym, że instalacje słoneczne pokrywające większą część całkowitego zapotrzebowania na ciepło pracują, w przeciwieństwie do instalacji wstępnego podgrzewania, przy wyższym poziomie temperatur i zarazem gorszym współczynniku sprawności kolektora. Dodatkowo instalacje o wyższym współczynniku pokrycia, nieraz w miesiącach letnich pozyskują nadmiarową ilość promieniowania słonecznego, która nie może być wykorzystana.

Rysunek 13. Współczynnik solarnego pokrycia zapotrzebowania na ciepło oraz współczynnik sprawności systemu słonecznego.



Standardowo wartość współczynnika sprawności systemu solarnego mieści się w przedziale 20-50%, a wartość współczynnika pokrycia zapotrzebowania na ciepło w przedziale 60-30%.

Sprawność systemu solarnego to nic innego jak stosunek ilości ciepła oddanego konwencjonalnemu systemowi przygotowania ciepłej wody do wypromieniowanej na powierzchnię kolektorów energii słonecznej. Służy ona przede wszystkim do energetycznej oceny instalacji i dlatego jej wartość rozpatruje się w dłuższym okresie czasu (nawet jeden rok).

Górne wartości sprawności systemu wynoszą około 70%, jednak w praktyce osiągnięcie takich wartości jest praktycznie niemożliwe. Wynika to z oddziaływania takich czynników jak:

- duże długości rur
- niewystarczająca lub uszkodzona izolacja
- brak równoczesności zapotrzebowania na ciepłą wodę i jej produkcji przez kolektory
- wysoka wartość temperatury ciepłej wody w stanie gotowości

Przykłady zrealizowanych instalacji solarnych pokazują, że w praktyce sprawność systemów z kolektorami słonecznymi osiąga wartości od 20% do 55%. Górną wartość sprawności osiągają z reguły instalacje z kolektorami próżniowymi (rurowymi), ale także optymalnie dobrana instalacja z kolektorami płaskimi może zbliżyć się do tej wartości.

Po określeniu całkowitego zapotrzebowania na ciepło dla potrzeb c.w.u., ustaleniu kierunku ustawienia i kąta nachylenia kolektorów oraz po wyznaczeniu współczynnika pokrycia zapotrzebowania na ciepło przez instalację solarną, można przystąpić do określenia powierzchni kolektorów.

Dla zgrubnego oszacowania i orientacyjnego określenia powierzchni kolektorów w praktyce sprawdza się następująca reguła:

Dla uzyskania 60% pokrycia zapotrzebowania na ciepło do przygotowania c.w.u. z instalacji solarnej w domach jedno- i wielorodzinnych, powinno zakładać się około 1,0 do 1,5 m² powierzchni czynnej (absorbera) kolektora płaskiego na osobę lub 0,8 m² powierzchni czynnej kolektora próżniowego (rurowego).

Jeśli kierunek ustawienia kolektorów odbiega od orientacji południowej a ich kąt nachylenia od 45° to dodatkowo można otrzymaną wartość powierzchni skorygować, mnożąc ją przez wartości współczynników korekcyjnych K, podanych w tabeli 23.

W celu bardziej szczegółowego określenia powierzchni kolektorów płaskich, można posłużyć się następującą zależnością:

$$A_k = \frac{S_D \cdot Q_z \cdot K}{\eta_s \cdot Q_{prom}}$$

gdzie:

- A_k – powierzchnia kolektorów (czynna).
- S_D – współczynnik pokrycia zapotrzebowania na ciepło przez instalację solarną
- η_s – sprawność systemu solarnego
- Q_z – zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u.

- Q_{prom} – ilość energii promieniowania słonecznego padająca na 1 m² powierzchni kolektora
 K – współczynnik korekcyjny wg tabeli 23

Dla celów określenia wartości sprawności systemu solarnego można posłużyć się rysunkiem 14.

Dla przykładu w domu jednorodzinnym, zwykle przyjmuje się, że instalacja solarna pokrywać będzie 60% zapotrzebowania na ciepło do celów c.w.u. W takim przypadku należy przyjąć wartość sprawności systemu na poziomie 30-35%. Gdybyśmy jednak przyjęli, że kolektory dostarczać będą 30% potrzebnego ciepła, wówczas powinniśmy przyjąć wartość sprawności na poziomie około 45%.

Za wartości O_z i Q_{prom} należy wstawiać wartości roczne. Można jednakże przeprowadzić obliczenia dla wartości dziennych, odpowiadających dniom w okresie letnim. W takim przypadku należy przyjąć wartość współczynnika pokrycia 100%.

Należy pamiętać aby nie wstawiać do wzoru średniej dziennej wartości promieniowania słonecznego otrzymanej w wyniku podzielenia wartości promieniowania rocznego przez 365 dni! Jest to istotne dlatego, że wartości dzienne w okresie letnim znacznie przewyższają wartości średnioroczne.

Dla kolektorów próżniowych, otrzymaną z powyższej zależności powierzchnię kolektorów, można zmniejszyć o 25%.

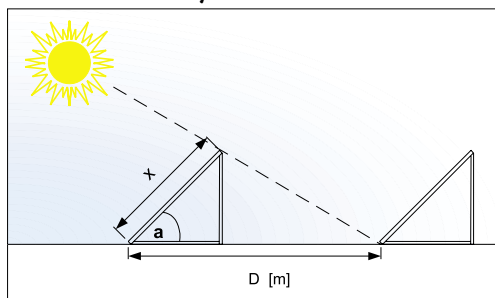
Montaż kolektorów

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 (zobacz rysunek).

Rysunek 14.



Poniżej pokazano uproszczony wzór, który pomoże nam określić odstęp pomiędzy kolektorami.

$$D = x * y \text{ [m]}$$

gdzie:

D – minimalny odstęp pomiędzy kolektorami [m],

x – wysokość kolektora [m],

y – wartość dla odpowiedniego kąta nachylenia kolektorów odczytana z tabeli 24

Tabela 24

kąt nachylenia - α	30	35	40	45	50
y	2,00	2,12	2,23	2,31	2,38

Dodatkowo, znając ograniczenia powierzchni jaką dysponujemy (np. wymiary dachu), możemy z pomocą powyższego wzoru wyznaczyć maksymalną ilość rzędów, a tym samym ilość kolektorów jaką jesteśmy w stanie zainstalować. W nielicznych bowiem przypadkach, może okazać się, że nie ma możliwości technicznej ustawienia takiej ilości kolektorów, która w sumie da uzyskaną wcześniej z obliczeń powierzchnię.

Dobór pozostałych elementów instalacji solarnej dla przygotowania c.w.u.

A. Podgrzewacz zasobnikowy

Aby można było magazynować pozyskaną przez kolektory słoneczne energię, zwłaszcza w dniach o wysokim natężeniu promieniowania słonecznego, a następnie korzystać z niej kiedy słońce nie świeci już tak mocno, należy stosować większe podgrzewacze zasobnikowe niż w przypadku systemów konwencjonalnych. Z drugiej jednak strony, zbyt duży zasobnik zmniejszy udział energii słonecznej w całkowitym zapotrzebowaniu na energię, a tym samym konwencjonalne źródło ciepła (np. kocioł gazowy) będzie musiał dogrzewać wodę użytkową, nawet w lecie.

Zwykle w instalacjach solarnych stosuje się podgrzewacze zasobnikowe do przygotowania c.w.u. o pojemności odpowiadającej 1,5-2,0 krotności dziennego jej zużycia.

Jednak minimalna pojemność solarnych podgrzewaczy powinna wynosić około 50 litrów na 1 m² powierzchni kolektora.

B. Wymiennik ciepła

Powierzchnia wymiennika ciepła w solarnym podgrzewaczu zasobnikowym ciepłej wody użytkowej, może być określona przy założeniu, że na każdy metr kwadratowy brutto kolektora przypada co najmniej 0,3-0,4 m² powierzchni wymiennika z rurami żebrowanymi lub 0,2 m² powierzchni wymiennika z rurami gładkimi.

C. Naczynie zbiorcze

Podstawowym zadaniem naczynia zbiorczego jest przejmowanie przyrostu objętości cieczy solarnej w wyniku jej podgrzania oraz niedopuszczenie do zadziałania zaworu bezpieczeństwa w sytuacji zatrzymania przepływu cieczy solarnej w instalacji i wytworzeniu się

pary w kolektorze.

Pojemność naczynia wzbiórczego wynosi około 8,5% całkowitej objętości systemu. Szczegółowego doboru naczynia wzbiórczego powinien dokonać projektant lub instalator systemu solarnego.

Dobór instalacji solarnych do wspomagania ogrzewania pomieszczeń

Coraz powszechniejszym staje się montaż instalacji solarnych do wspomagania systemów ogrzewania pomieszczeń w domach jedno- i dwurodzinnych. Rozwiązanie takie oferuje wysoki potencjał oszczędności energii konwencjonalnej oraz wysoką redukcję substancji szkodliwych i CO₂ do atmosfery.

Instalacje solarne wspomagające system ogrzewania pomieszczeń oprócz przygotowania ciepłej wody użytkowej podgrzewają część wody grzewczej. Zwłaszcza w okresach przejściowych (początek i koniec sezonu grzewczego) wnoszą znaczny wkład w ogrzewanie pomieszczeń. W przypadku domu jedno- i dwurodzinnego zwykle montuje się instalacje z kolektorami słonecznymi, które pokryją w ok. 20% zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u. i ogrzewania pomieszczeń. Powierzchnia kolektorów nie powinna być zbyt duża, aby latem nie dochodziło do sytuacji, w której nadmiar wyprodukowanego ciepła nie będzie mógł być wykorzystany. Z drugiej jednak strony naturalnym wydaje się dążenie do uzyskania jak największego udziału energii słonecznej w całkowitym zapotrzebowaniu na ciepło. Cel ten łatwiej jest osiągnąć w budynkach z dobrze izolowanymi przegrodami zewnętrznymi i energooszczędną stolarką okienną i drzwiową.

Im mniejsze zapotrzebowanie na ciepło w budynku tym lepiej wykorzystane ciepło uzyskane z instalacji solarnej. Istotnym dla efektywnej pracy instalacji solarnej dla wspomagania c.o. jest temperatura w obiegu grzewczym. Optymalny zakres temperatur pracy obiegu grzewczego do współpracy z instalacją solarną wynosi od 20 do 40°C. Z tego względu zaleca się łączenie instalacji solarnej z ogrzewaniem podłogowym lub ściennym.

Do wspomagania ogrzewania można stosować zarówno kolektory płaskie jak i próżniowe.

Praktyczne reguły stosowania solarnego wspomagania ogrzewania:

- stosunkowo niskie zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku (izolacja przegród zewnętrznych, energooszczędna stolarka okienna i drzwiowa)
- możliwie niskie temperatury pracy instalacji grzewczej (zasilanie – powrót)
- instalacje o małej bezwładności i dużym stopniu regulacji
- korzystne ukierunkowanie powierzchni kolektorów

Instalację solarną należy dobierać tak, aby uzyskać z niej 20% pokrycia zapotrzebowania na ciepło dla celów c.w.u. i c.o. Dla osiągnięcia tej wartości można w przybliżeniu przyjąć:

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• 0,8 do 1,1 m² powierzchni kolektorów płaskich na każde 10 m² powierzchni mieszkalnej• 0,5 do 0,8 m² powierzchni kolektorów próżniowych na każde 10 m² powierzchni mieszkalnej• Pojemność podgrzewacza zasobnikowego od 50 do 70 litrów na 1 m² powierzchni kolektorów |
|--|

Zestaw solarny do ogrzewania wody w basenie

Przy uproszczonym doborze ilości kolektorów i wielkości wymiennika w instalacji basenowej można skorzystać z poniższej tabelki i wzoru:

Współczynnik wykorzystywany w uproszczonej metodzie doboru ilości kolektorów do podgrzewu wody w basenie do 24°C.

Tabela 25.

l.p.	rodzaj basenu	współczynnik k [m²/m² powierzchni basenu]
1	kryty w budynku ogrzewanym	0,4
2	odkryty, izolowany folią	0,6
3	odkryty, bez izolacji	0,8

$$L_k = \frac{F_b \cdot k}{F_k}$$

gdzie:

L_k – liczba kolektorów [szt.]

F_b – powierzchnia basenu [m²]

F_k – powierzchnia czynna jednego kolektora [m²]

k – współczynnik wg tabeli

Dobór wielkości wymiennika basenowego typu JAD do instalacji basenowych

Tabela 26.

l.p.	Liczba kolektorów	Wielkość wymiennika
1	4	B180
2	6	B250
3	8	B300
4	12	B500

Czy to się opłaca?

Poniżej pokazano wyniki z przeprowadzonej za pomocą narzędzia RETScreen analizy przykładowej instalacji kolektorów słonecznych pracujących na przygotowanie c.w.u. w trzech różnych wariantach.

Zapotrzebowanie na c.w.u. w przykładowym budynku jednorodinnym oraz układ przygotowania c.w.u. w stanie istniejącym (przed montażem kolektorów) zostały omówione wcześniej.

Wariant 1: Układ kolektorów słonecznych płaskich wraz z całym wyposażeniem dodatkowym (m.in. pompa obiegowa, regulator, naczynie wzbiorcze, przewody rurowe z izolacją, konstrukcja pod mocowanie kolektorów) wraz z zasobnikiem c.w.u. o pojemności 200 l. Kolektory zorientowane w kierunku południowym pod kątem 40°.

Całość przedsięwzięcia finansowana ze środków własnych inwestora.

Wariant 2: Układ kolektorów słonecznych jak w wariantie 1.

Przedsięwzięcie współfinansowane ze środków zewnętrznych. Wysokość dotacji wynosi 50% całkowitych nakładów.

Wariant 3: Układ kolektorów słonecznych rurowych (próżniowych) wraz z całym wyposażeniem dodatkowym oraz zasobnikiem c.w.u. o pojemności 200 l. Absorbery kolektorów zorientowane w kierunku południowym pod kątem 40°.

Przedsięwzięcie współfinansowane ze środków zewnętrznych. Wysokość dotacji wynosi 50% całkowitych nakładów.

Tabela 27.

L.p.	Omówienie	jedn.	wariant 1	wariant 2	wariant 3
1	Powierzchnia kolektorów	m ²	5,0	5,0	4,1
2	Sprawność systemu solarnego	%	40	40	52
3	Średnioroczna wartość promieniowania słonecznego na powierzchnię nachyloną	kWh/m ² rok	1140	1140	1140
4	Pokrycie zapotrzebowania ciepła na cele przygotowania c.w.u. przez system solarne	%	49	49	51
5	Oszczędność kosztów energii/paliwa	zł/rok	911	911	955
6	Całkowity koszt montażu instalacji solarnej ponoszony przez inwestora	zł	14 715	7 357	10 962
7	SPBT	lata	16,2	8,1	11,5
8	NPV	zł	-4 099	3 258	169

Z przeprowadzonej analizy przygotowania c.w.u. w instalacji solarnej w przykładowym budynku widać, że kolektory słoneczne są racjonalnym sposobem na pozyskanie energii do przygotowania c.w.u., jednak warunkiem opłacalności inwestycji jest uzyskanie wsparcia finansowego ze źródeł zewnętrznych (np. krajowe fundusze ekologiczne). Widać również, że wybór wysokosprawnych urządzeń przy aktualnych relacjach cenowych niekoniecznie jest opłacalny.

Gdzie się więcej dowiedzieć:

Tematyczne strony internetowe:

<http://www.ekologika.pl>

Serwis internetowy zawierający dużą liczbę artykułów publikowanych na temat m.in. odnawialnym źródłom energii, w tym kolektorów słonecznych.

<http://www.termomodernizacja.com.pl>

Bogaty serwis internetowy zawierający informacje na temat termomodernizacji budynków oraz technologii i urządzeń wykorzystujących odnawialne źródła energii, także energię słońca.

<http://www.energieodnawialne.pl>

Serwis poświęcony odnawialnym źródłom energii.

<http://www.spf.ch>

Strona szwajcarskiego Instytutu techniki solarnej, na której znajdziemy szczegółowe wyniki testów kolektorów słonecznych różnych producentów.

<http://www.retscreen.net>

Strona zawiera pakiet narzędzi i materiałów dotyczących analizy projektów OZE, w tym m.in. projektów solarnego podgrzewania wody i powietrza.

Strony internetowe producentów:

- www.vaillant.pl
- www.hewalex.com.pl
- www.viessmann.pl
- www.watt.pl
- www.kolektory.com.pl
- www.solarshop.pl
- www.neon.new.pl

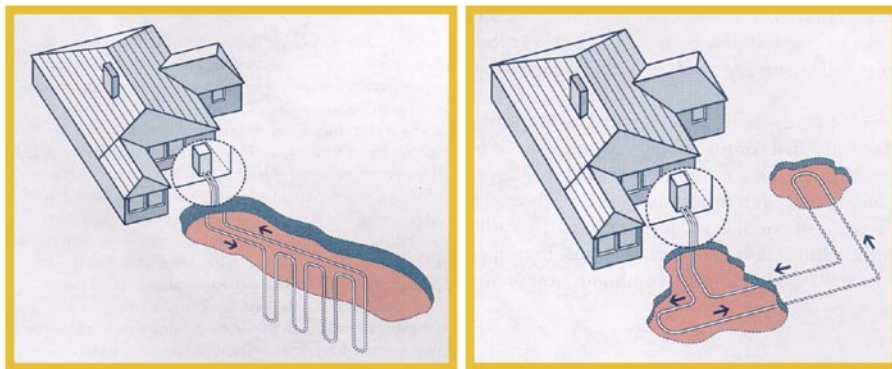
5.4. Wykorzystanie ciepła z powierzchniowych źródeł ciepła

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 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.

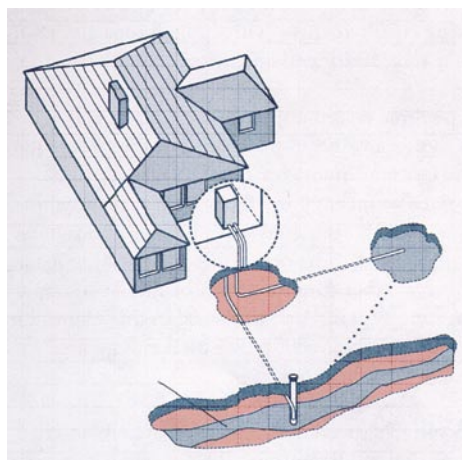
W przypadku pomp ciepła wykorzystujących ciepło z gruntu lub zwody niezbędny jest wymiennik, za którego pośrednictwem ciepło dostarczane będzie do parownika pompy (w małych układach krąży czynnik roboczy pompy, więc rury wymiennika są jednocześnie parownikiem). W zasadzie prawidłowe wykonanie oraz dobór wielkości wymiennika determinuje poprawne funkcjonowanie pompy i jest najbardziej kłopotliwym etapem instalowania urządzenia.



Rysunek 15.

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 $11-17^{\circ}\text{C}$ w lecie oraz od $0-5^{\circ}\text{C}$ zimą. Wielkość 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 skutkować niedostateczną wydajnością pompy ciepła, a w konsekwencji problemem z dogrzaniem obiektu. Najcieplejsze warunki do pozyskania ciepła występują w mokrym gruncie gliniastym. Gęstość strumienia ciepła, od której zależy efektywność wymiennika gruntowego, wynosi w nim $40-50\text{ W/m}^2$, podczas gdy w gruncie suchym tylko $10-30\text{ W/m}^2$, 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. Odległych 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 $2\text{ m}^3/\text{h}$ wody o temperaturze 5°C . Zużycie energii do napędu pompy wymuszającej taki przepływ wpływa niekorzystnie na sprawność układu, podobnie jak zanieczyszczenie wody, które powoduje konieczność stosowania układów filtrujących i wymienników pośrednich. Wszystko to znacznie podnosi koszt inwestycji.

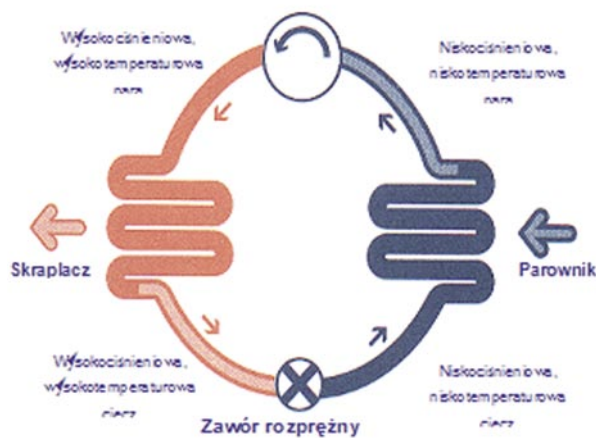


Rysunek 16.

Efektywnym źródłem ciepła jest woda gruntowa, która przez cały rok ma temperaturę ok. 10°C . Aby ją wykorzystać trzeba wywiercić studnię o wydajności przynajmniej $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$. 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 sprawdza się jako urządzenie do podgrzewania wody użytkowej. Do ogrzewania pomieszczeń można ją stosować tylko z drugim źródłem ciepła, które zastąpi ją w czasie dużych mrozów.

Opis budowy i działania sprężarkowej pompy ciepła.



Rysunek 17.

Sprężarkowe pompy ciepła są najpopularniejszym rodzajem pomp. Zbudowana jest z parownika, skraplacza sprężarki i zaworu rozprężnego. Jej układ wypełniony jest czynnikiem roboczym. 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 dostarczaną 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).

wana woda, ewentualnie powietrze. Zazwyczaj niezbędną energię dostarczaną 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 posiadają ograniczone parametry pracy. Wynika to z rodzaju zastosowanego w obiegu wewnętrznym czynnika oraz technicznych parametrów sprężarki. Dla sprężarkowych pomp można przyjąć następujące zakresy temperaturowe dolnego i górnego źródła ciepła:

- dolne źródło ciepła: -7 st.C do 25 st.C
- górne źródło ciepła: 25 st.C do 60 st.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: 25-29°C
- ogrzewania sufitowego: do 45°C
- ogrzewania grzejnikowego o obniżonych parametrach: np. 55/40°C
- podgrzewania ciepłej wody użytkowej: 55-60°C
- niskotemperaturowych procesów technologicznych: 25-60°C.

Nie jest to wcale mały obszar zastosowania. Wskutek budowy dobrze izolowanych termicznie budynków temperatura obliczeniowa powierzchni grzejnych jest coraz niższa i zbliża się do wartości 60°C.

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

5.4.4.Czy to się opłaca?

Przystępując do oceny efektywności ekonomicznej zastosowania sprężarkowych pomp ciepła warto pamiętać, że energia elektryczna stosowana do napędu sprężarki jest zdecydowanie najdroższa, zatem o opłacalności decydować będzie przede wszystkim średnia efektywność energetyczna w rocznym okresie eksploatacji urządzenia. Nie bez znaczenia są również stosunkowo duże koszty inwestycyjne. Analizując wpływ poszczególnych czynników na efektywność ekonomiczną stosowania sprężarkowych pomp ciepła, można je scharakteryzować następująco:

- Efektywność energetyczna pomp ciepła – jak wcześniej wspomniano efektywność energetyczna zależy przede wszystkim od różnicy temperatur pomiędzy dolnym i górnym źródłem ciepła i jest tym wyższa, im o mniejszą wartość musimy „podnieść temperaturę”. Przesądza to o tym, że dla celów centralnego ogrzewania pompy ciepła są urządzeniami niekoherentnymi. Im niższe temperatury zewnętrzne, tym wyższa wymagana temperatura w instalacji odbiorczej i z reguły niższa temperatura w dolnym źródle ciepła - pociąga to za sobą spadek efektywności pompy właśnie wtedy, gdy zużycie ciepła znacznie wzrasta. Zwrócić należy również uwagę, że stosowanie pośrednich wymienników zarówno na górnym jak i na dolnym źródle znacznie pogarsza efektywność energetyczną pomp ciepła.

- Wielkość nakładów inwestycyjnych – nakłady inwestycyjne są bardzo zróżnicowane. Zależą przede wszystkim od rodzaju dolnego źródła ciepła i sposobu jego ujęcia. Dla instalacji o mniejszych mocach koszt wykonania ujęcia dolnego źródła nierzadko przewyższa koszt zakupu samej pompy ciepła i staje się wtedy główną pozycją w koszcie całej inwestycji. Analizując koszty inwestycyjne należy również zwrócić uwagę na uwzględnienie różnicy kosztów pomiędzy wykonaniem instalacji odbiorczej dostosowanej do tradycyjnych źródeł ciepła, a wykonaniem instalacji niskoparametrowej współpracującej z pompami ciepła, która wymaga większych nakładów.
- Koszty eksploatacji sprężarkowych pomp ciepła – sprężarki są najczęściej zasilane silnikami elektrycznymi, a sprężarka i silnik elektryczny stanowią hermetycznie zamkniętą całość. Zwarta budowa pompy ciepła oraz wyposażenie jej w sterownik programowalny powoduje, że nie wymaga ona żadnej obsługi oraz przeglądów i serwisu. Koszt eksploatacji ograniczony jest do kosztu zakupu energii elektrycznej. Dla odbiorców indywidualnych cena zakupu energii elektrycznej przy liczniku jednotaryfowym (taryfa G11) wynosi ok. 0,35-0,36 zł/kWh brutto.
- Efektywność ekonomiczna – na efektywność ekonomiczną stosowania pomp ciepła wpływ mają głównie dwa czynniki: z jednej strony efektywność energetyczna i cena zakupu energii napędowej, z drugiej strony koszty inwestycyjne. Efektywność ekonomiczna waha się w dużych granicach; przykładowo dla temperatury górnego źródła ciepła 55°C i temperatury w parowniku -7°C (wymenniki gruntowe) efektywność energetyczna wynosi 2,4; odpowiednio dla temperatur 30°C (ogrzewanie podłogowe) i 5°C (woda gruntowa) efektywność wyniesie aż 5,4.

Podejmując decyzję o zastosowaniu sprężarkowych pomp ciepła należy bardzo starannie przeanalizować celowość takiej inwestycji, a w szczególności porównać z innymi możliwymi do zastosowania źródłami ciepła.

Opłacalność ekonomiczną stosowania pompy ciepła, która w pokazanym przykładzie zastępuje wysłużony kocioł gazowy, pokazano dla 4 różnych wariantów.

Wariant 1: Pompa ciepła wraz z poziomym wymiennikiem gruntowym. Pompa ciepła pracuje w taryfie dziennej. Koszty instalacji pompy ciepła pokryty w 100% ze środków inwestora.

Wariant 2: Pompa ciepła wraz z poziomym wymiennikiem gruntowym. Pompa ciepła 50% czasu pracuje w taryfie dziennej natomiast drugie 50% w taryfie nocnej. Koszty instalacji pompy ciepła pokrywa w 100% inwestor.

Wariant 3: Pompa ciepła wraz z poziomym wymiennikiem gruntowym. Pompa ciepła pracuje w taryfie dziennej. Przedsięwzięcie w 30% dofinansowane ze środków krajowych funduszy ekologicznych lub środków europejskich.

Wariant 4: Pompa ciepła wraz z poziomym wymiennikiem gruntowym o wyższym niż w wariantach 1-3 współczynniku COP. Pompa ciepła 50% czasu pracuje w taryfie dziennej natomiast drugie 50% w taryfie nocnej. Przedsięwzięcie w 30% dofinansowane ze środków krajowych funduszy ekologicznych lub środków europejskich.

Tabela 28.

L.p.	Omówienie	jedn.	wariant 1	wariant 2	wariant 3	wariant 4
1	Moc grzewcza	kW	13	13	13	13
2	COP	–	3,5	3,5	3,5	4,0
3	Jednostkowy koszt energii elektrycznej	zł/kWh	0,3418	0,3210	0,3418	0,3429
4	Oszczędność kosztów energii/paliwa	zł/rok	1896,0	2107,0	1896,0	2243,0
5	Koszt pompy ciepła wraz z wymiennikiem	zł	31658	31658	22161	24155
6	SPBT	lata	16,7	15,0	11,7	10,8
7	NPV	zł	-8749	-6131	748	3066

Z analizy opłacalności stosowania układów pomp ciepła przeprowadzonej dla omówionego przykładu za pomocą programu RETScreen wynika, że przy obecnych cenach energii konwencjonalnej pochodzącej z gazu ziemnego czy węgla, inwestycja w pompę ciepła staje się opłacalna w przypadku uzyskania dofinansowania ze środków zewnętrznych. Warto także zainwestować w droższe urządzenie o wyższym współczynniku wydajności (COP).

5.4.5. Gdzie się więcej dowiedzieć?

http://www.biomasa.org/edukacja/energia_ziemi/pompy - serwis edukacyjny

<http://iga.igg.cnr.it/index.php> - International Geothermal Association

<http://www.ehpa.org/> - European Heat Pump Association

6. BARDZIEJ SZCZEGÓŁOWO O WYKORZYSTANIU ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII W WYTWARZANIU ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Nie tylko na energię cieplną, jak pokazano, może być przetwarzana energia słoneczna. Możliwe jest także jej przetwarzanie na energię elektryczną.

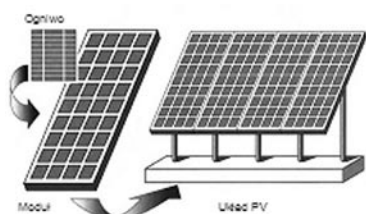
Produkcja energii elektrycznej z energii słonecznej może odbywać się na dwa sposoby:

- pośredni, tzw. metoda termodynamiczna (heliotermiczna), w której to metodzie ciepło dostarczane jest czynnikowi obiegowemu, który krążąc w obiegu zbliżonym do tradycyjnej elektrowni przyczynia się do wytwarzania energii elektrycznej
- bezpośredni (fotowoltaiczny), który polega na wykorzystaniu przetworników fotoelektrycznych i termoemisyjnych (ogniwa fotowoltaiczne, tzw. PV).

Ponieważ pierwszy sposób dotyczy wytwarzania energii elektrycznej na dużą skalę (jak w elektrowni), nie znajduje on zastosowania w budynkach czy przy zasilaniu pojedynczych urządzeń. Do tego celu wykorzystywany jest drugi sposób, a mianowicie wykorzystywanie do produkcji energii elektrycznej generatorów fotoelektrycznych, termoelektrycznych lub termoemisyjnych. Najszerze zastosowanie znalazły jak dotąd fotoogniwa krzemowe i je także uważa się za najbardziej perspektywiczne.

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 18.

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. moduł.

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, jakie 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 kra-

jach 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 napędzanego paliwem kopalnym.

Po trzecie, modularność.

Moc elektryczna dostarczana przez ogniwa fotowoltaiczne, przy pewnych warunkach nasłonecznienia, w znacznym stopniu jest podyktowana przez wielkość i liczbę modułów fotowoltaicznych, zainstalowanych 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 komputera 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 wzrok tak, jak systemy PV. W świecie krajów rozwiniętych 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.

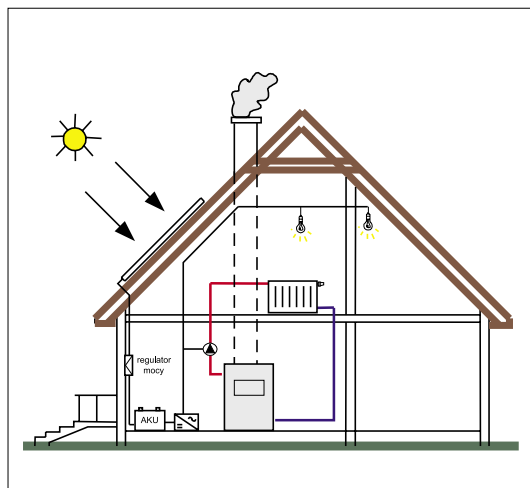
Systemy PV wytwarzają energię elektryczną w absolutnej ciszy. Są zatem zbawienne dla ludzi, którzy w przeciwnym razie musieliby żyć lub pracować blisko generatora zasilanego olejem lub benzyną.

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

Ponieważ moduł PV dostarcza niewiele energii w okresach zachmurzenia i nie dostarcza energii w nocy, nie połączone z siecią energetyczną systemy fotowoltaiczne muszą magazynować nadmiarową energię, generowaną w okresach słonecznych. Funkcję tę spełnia bateria akumulatorów lub w przypadku 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 fotowoltaiczny 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 zmienny. Jeśli układ PV posiada taki falownik, 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.



Rysunek 19.

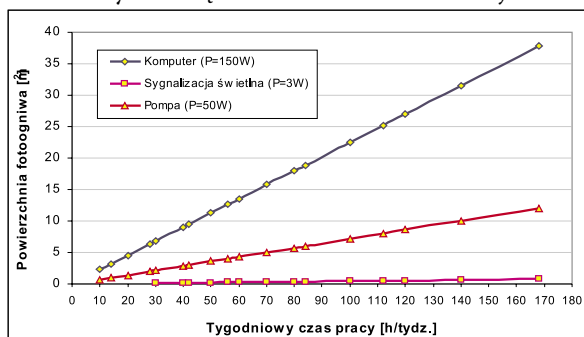
Regulatory obciążenia, stanowiące odrębną grupę urządzeń optymalizujących moc wyjściową, ograniczają tę moc w układach ładujących akumulator wtedy, kiedy akumulator jest naładowany. Prostowniki pełnią funkcję odwrotną do falowników: przetwarzają prąd zmienny na prąd stały. Pozwala to odbiornikom na prąd stały i akumulatorom pracującym w systemach PV na otrzymanie dodatkowej energii ze źródła prądu zmiennego, 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 20.

Na rysunku 20 widać, że np. dla zasilania z ogniw fotowoltaicznych komputera pracującego przez całą dobę (np. serwer), powierzchnia zestawu modułów fotowoltaicznych musiałaby wynosić blisko 40 m². 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. Tą 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 m² powierzchni fotoogniwa w połączeniu z niewielkim akumulatorem zapewni ciągłą pracę sygnalizacji w dzień i w nocy.



Z opisanych powyżej powodów, dla zasilania większych odbiorników ogniw 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 hybrydowych. Układy te wymagają nieco bardziej skomplikowanego systemu kontroli i regulacji niż układy wolnostojące.

Ich eksploatacja praktycznie nic nie kosztuje, jednak cena kompletnego systemu PV, w skład którego obok ogniw wchodzi akumulatorem, 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 wydatek znacznie przekraczający 100 tys. zł!

Tak więc baterie słoneczne (PV) mogą być alternatywą dla sieci energetycznej w miejscach, w których podłączenie do niej jest albo niemożliwe lub byłoby bardzo kosztowne i kłopotliwe. Mogą także dostarczać energię do pomp obiegowych zamontowanych w instalacjach grzewczych, np. we współpracy z pompą ciepła czy kolektorami słonecznymi, zwiększając przez to bezpieczeństwo energetyczne w budynku.

Zdają także egzamin przy zasilaniu urządzeń małej mocy, także wówczas gdy pracują nieprzerwanie przez cały rok (np. parkomaty, sygnalizacja świetlna, automatyczne stacje meteo, boje sygnalizacyjne itp.).

Układy PV podłączone do sieci

Sieć stanowi zbiór rozproszonych geograficznie odbiorców i generatorów, wzajemnie połączonych za pośrednictwem elektroenergetycznych linii przesyłowych. Układ fotowoltaiczny może stanowić jedno z licznych źródeł generujących energię, przyłączonych do tej sieci. Układy fotowoltaiczne można łączyć z siecią w centralnej instalacji, lub z lokalizacji rozproszonych. Połączenie scentralizowane jest korzystne dla przedsiębiorstw energetycznych, które zakupują energię z elektrowni konwencjonalnych – węglowych, wodnych, gazowych – lub elektrowni jądrowych. W ogólności, takie podejście ułatwia regulację, eksploatację i utrzymanie systemu i wiąże się z ekonomicznym efektem skali. Jest jednakże sprawą dyskusyjną, czy te zalety są istotne dla układów fotowoltaicznych, z uwagi na ich modularność, prostotę i niezawodność.

Podejście „rozproszone” chociaż niewłaściwe w przypadku elektrowni konwencjonalnych, ma zastosowanie dla systemów fotowoltaicznych. Ma tę dużą zaletę, że pokonuje dużą nie-

dogodność systemów scentralizowanych, ponieważ w systemach „rozproszonych” układy PV mogą być montowane na dachach i fasadach, aczkolwiek koszt dużej połaci terenu przeznaczonego na wielomodułowy centralny układ PV może być bardzo istotny.

W przypadku łączenia z siecią układów rozproszonych, wielomodułowe układy PV zazwyczaj montuje się na budynkach. Kiedy świeci słońce, energia elektryczna generowana w układzie PV może zasilать niektóre lub wszystkie odbiorniki w budynku. Ogranicza to ilość energii, którą właściciel budynku musi kupować z sieci. Jeśli wydajność układu fotowoltaicznego przekracza całkowite zapotrzebowanie w budynku, istnieje techniczna możliwość sprzedaży energii do sieci. Wiąże się to jednak z dość czasochłonną i zawiłą procedurą formalno-prawną. Ilość wymaganych dokumentów i pozwoleń oraz warunki umowne sprzedaży energii do sieci elektroenergetycznej skutecznie odstrasza chęć skorzystać z takiej możliwości.

Układy fotowoltaiczne można połączyć z siecią centralną lub siecią wydzieloną. Sieć centralna pokrywa duże terytorium geograficzne, z tysiącami źródeł energii i milionami odbiorców. Sieci wydzielone są małe, z niewielką liczbą źródeł energii i jej odbiorów, nie są połączone z siecią centralną. Zasilają w energię elektryczną niewielkie obszary, takie jak pojedyncze, odległe gminy lub kompleksy budynków.

Pomimo, że na świecie istnieje duża liczba połączonych w sieci systemów fotowoltaicznych, to takie systemy rzadko kiedy stanowią konkurencję dla konwencjonalnych elektrowni, przynajmniej w zakresie kosztów, chyba że systemy PV są w jakiś sposób subsydiowane.

Układy PV nie połączone z siecią

Wiele małych odbiorników energii, nie połączonych z siecią można zasilать z wolnostojących układów PV. Takie systemy mogą obejmować tylko moduł fotowoltaiczny przyłączony do akumulatora, chociaż większość z nich będzie również obejmować regulator obciążenia. Są to układy w najwyższym stopniu niezawodne, ponieważ zawierają bardzo niewiele elementów, nie zawierają ruchomych części i minimum układów elektronicznych.

Na szerokościach geograficznych, gdzie mniej światła słonecznego dociera zimą, układ wielomodułowy, który byłby w stanie dostarczyć moc do dużego odbiornika w zimie, byłby bardzo kosztowny. Im większe obciążenie i im bardziej wyraźna jest różnica pomiędzy dostępnością światła słonecznego w lecie i w zimie, tym lepsze podstawy do tego, aby dołączyć generator zasilany paliwem konwencjonalnym lub małą elektrownie wiatrową i zbudować w ten sposób system hybrydowy.

W odróżnieniu od systemów połączonych z siecią, układy nie połączone z siecią są często bardzo opłacalne w porównaniu do innych źródeł energii elektrycznej. W szczególności jest to widoczne w przypadku małych obciążeń, do 10 kW. Rozbudowa sieci i doprowadzenie jej do odległego odbiornika jest bardzo kapitałochłonne, nawet w porównaniu z wysokimi nakładami kapitałowymi systemów PV. Małe odbiory nie uzasadniają praktycznie nieograniczonej ilości energii dostępnej z sieci. Zasilanie w energię tylko z genseta (generator z silnikiem spalinowym lub gazowym) lub z baterii jest początkowo niezbyt kosztowne, ale obciąża operatora wysokimi kosztami bieżącego uzupełniania paliwa lub kosztami wymiany baterii, zmusza do częstych wizyt na miejscu i obsługi oraz remontów genseta. Na dłuższą metę takie koszty sumują się i sprawiają, że początkowo bardziej kapitałochłonny system PV może okazać się bardziej atrakcyjny. Dlatego przed podjęciem decyzji o wyborze takiego czy innego źródła energii elektrycznej warto przeprowadzić przynajmniej wstępną analizę opłacalności, np. za pomocą narzędzi RETScreen®.

Czy to się opłaca?

Dla pokazania opłacalności układów fotoogniw, za pomocą programu RETscreen przeanalizowano układ PV w trzech różnych wariantach. Część najważniejszych założeń i otrzymanych wyników przeprowadzonej analizy zestawiono w tabeli poniżej.

Wariant 1: Kompletny układ PV o mocy 1,0 kW (wraz z akumulatorem, regulatorem i falownikiem) w całości finansowany ze środków inwestora.

Wariant 2: Kompletny układ PV (jak w wariantcie 1) w połowie dofinansowany z zewnętrznych źródeł finansowania. Drugą połowę nakładów pokrywa inwestor.

Wariant 3: Układ PV o mocy 0,13 kW (wraz z akumulatorem i regulatorem) pracuje na zasilanie odbiornika na prąd stały. Przedsięwzięcie w 50% dofinansowane ze środków krajowych funduszy ekologicznych lub środków europejskich.

Tabela 28.

L.p.	Omówienie	jedn.	wariant 1	wariant 2	wariant 3
1	Moc układu PV	kW	1,0	1,0	0,13
2	Sprawność układu PV	%	9,6	9,6	9,6
3	Powierzchnia fotoogniw	m ²	8,5	8,5	1,1
4	Średnioroczna wartość promieniowania słonecznego na powierzchnię nachyloną	kWh/m ² rok	1140	1140	1140
5	Ilość dostarczonej energii przez układ PV	kWh/rok	939	939	122
6	Oszczędność kosztów energii	%	357	357	46
7	Koszt montażu układu PV ponoszony przez inwestora	zł	21788	10894	1263
8	SPBT	lata	61,0	30,5	27,2
9	NPV	zł	-17628	-6734	-722

Z przeprowadzonej szczegółowej analizy opłacalności dla zastosowania układów PV w omówionych przykładach widać, że w chwili obecnej koszty tego typu urządzeń są tak wysokie, że inwestycja nie spłaca się w okresie żywotności urządzeń nawet przy 50% dofinansowaniu. Największą szansę na osiągnięcie korzyści finansowych i powodzenie projektu mają przedsięwzięcia wykorzystujące fotoogniwa o stosunkowo małej mocy (od kilku do kilkunastu W).

Dodatkowym aspektem przemawiającym na korzyść układów PV, a nie uwzględnionym w powyższych przykładach może być spora odległość odbiornika (odbiorników) energii elektrycznej od centralnej sieci elektroenergetycznej. Koszty podłączenia mogą bowiem być zbliżone a nawet przewyższać nakłady związane z kupnem i montażem układu PV.

Gdzie się więcej dowiedzieć:

<http://www.pv.pl>

Serwis internetowy „Centrum fotowoltaiki” przy Politechnice Warszawskiej, zawierający

liczne informacje o stanie i rozwoju PV w Polsce i na świecie.

<http://www.retscreen.net>

Strona zawiera pakiet narzędzi i materiałów dotyczących analizy projektów OZE, w tym m.in. projektów solarnego podgrzewania wody i powietrza.

<http://www.nrel.gov/ncpv>

Liczne informacje w zakresie fotowoltaiki (w tym o badaniach naukowych) oraz o programie R&D. Plany i perspektywy rozwoju fotowoltaiki, aktualności oraz narzędzie do doboru układu PV.

<http://pvportal.com>

Portal internetowy, poświęcony energii słonecznej i globalnemu rynkowi fotoogniw. celu, może być wysoce opłacalne i korzystne dla środowiska.

7. ZAKOŃCZENIE

Drogi Czytelniku

Naszym zamiarem było rozpowszechnienie informacji o możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w budynkach. Mamy nadzieję, że podaliśmy w przystępnej formie wszystkie potrzebne wiadomości jakie odnawialne źródła energii można zastosować w budynku, jakie są efekty ekonomiczne i ekologiczne z ich wykorzystania oraz skąd można uzyskać pomoc zarówno techniczną jak i finansową.

Jak napisaliśmy we wprowadzeniu ten poradnik rozpoczyna cykl działań dla przygotowania potencjalnych inwestorów i ekspertów do stosowania odnawialnych źródeł energii w budynkach. Końcowym etapem będzie upowszechnienie profesjonalnego programu obliczeniowego „RETScreen International”. O postępie prac informujemy na naszej stronie:

www.oze.fewe.pl

Gdzie jeszcze można znaleźć informacje o odnawialnych źródłach energii:

<http://www.pnec.org.pl/>

<http://www.mos.gov.pl/>

<http://www.ekoenergia.pl/>

<http://www.ine-isd.org.pl/>

<http://www.wwf.pl/>

<http://www.ekoinfo.pl/>

<http://www.pigeo.org.pl/>

<http://www.energetyka.xtech.pl/>

FEWE poleca pakiet narzędzi RETScreen www.retscreen.net

RETScreen® International jest pakietem narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji w zakresie inwestowania w energooszczędne, czyste i odnawialne technologie energetyczne. Pozwala na łatwe i precyzyjne wyznaczenie kosztów i efektów planowanych przedsięwzięć. Program został opracowany przez Ministerstwo Zasobów Naturalnych Kanady i CANMET Centrum Technologii Energetycznych w Varennes we współpracy z UNEP, GEF i NASA.

Wszystkie programy pakietu RETScreen, podręczniki, materiały prezentacyjne i przykłady zrealizowanych w oparciu o RETScreen projektów dostępne są bezpłatnie. FEWE sukcesywnie tłumaczy na język polski narzędzia i dokumenty pakietu RETScreen oraz organizuje szkolenia dla użytkowników pakietu RETScreen w Polsce. Programy pakietu RETScreen dostępne są również bezpośrednio z serwisu www.oze.fewe.pl, gdzie zamieszczamy dodatkowe informacje, przykłady analiz, oraz porady dla użytkowników.

RETScreen® International

Programy i dane | Materiały szkoleniowe | Przykłady

Pokaż lub ukryj szczegóły

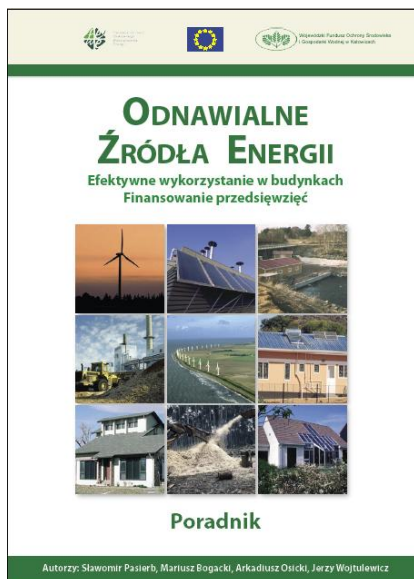
Programy i dane	Podręcznik użytkownika	Podręcznik projektowania
Programy i dane	Wersja 4	Wersja 3
Wprowadzenie	Wersja 3.0	Wersja 3.0
Energia wiatru	Wersja 3.2	1.8 MB
Małe hydroelektrownie	Wersja 3.2	2.8 MB
Ogrzewanie fotowoltaiczne	Wersja 3.2	2.8 MB
Stojące wytworzenie ciepła i energii elektrycznej	Wersja 3.6	0.8 MB
Spalanie biomasy	Wersja 3.1	2.8 MB
Solne podgrzewanie powietrza	Wersja 3.1	1.8 MB
Solne podgrzewanie wody	Wersja 3.1	2.8 MB
Pasywne ogrzewanie solenne	Wersja 3.1	2.8 MB
Grułowe pompy ciepła	Wersja 3.1	2.8 MB
Chłodziwo	Wersja 3.1	2.8 MB

Witamy na stronie partnerskiej na energii".

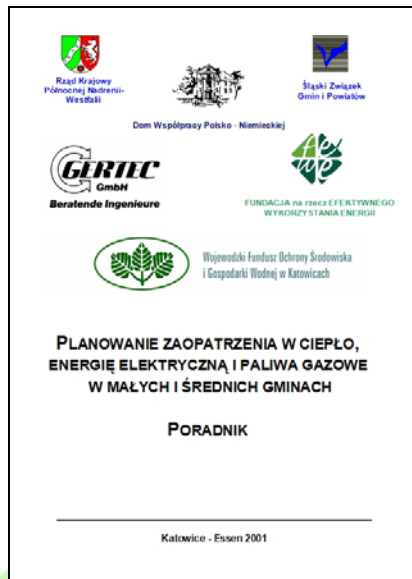
Strony niniejszego serwisu poświęcone są zagadnieniom związanym z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii (OZE) w budynkach. Oprócz informacji o samym projekcie, serwis zawiera informacje zarówno o możliwościach jak i barierach związanych z realizacją tego typu przedsięwzięć, a wymiana informacji i doświadczeń partnerów projektu, pokazanie dobrych przykładów zastosowania OZE w budynkach i możliwości finansowania tego typu projektów oraz prezentacja narzędzi do oceny projektów OZE mają pokazać jak wspomniane bariery można przełamywać.

[Więcej informacji o projekcie...](#)

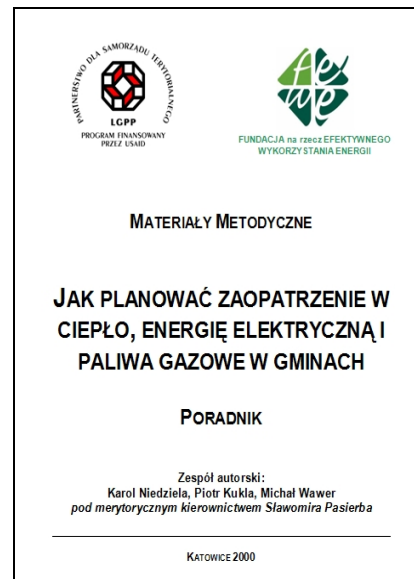
Stworzone przez goor
Ostatnia zmodyfikowana 2006-07-22 03:07 AM



www.oze.info.pl



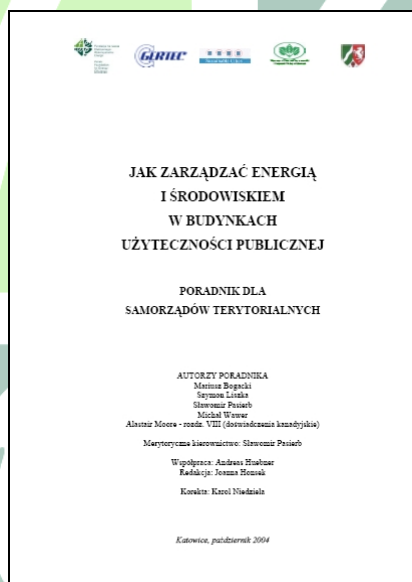
www.eplan.info.pl



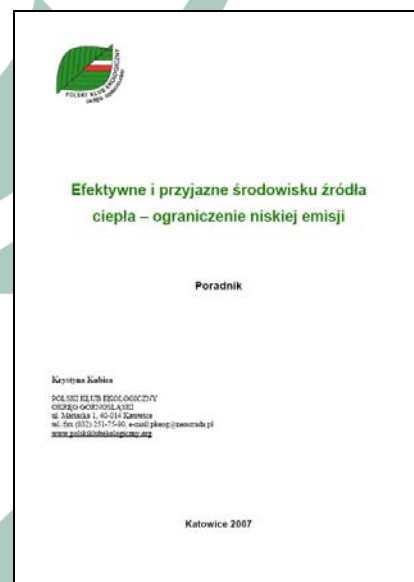
www.eplan.info.pl



www.fewe.pl



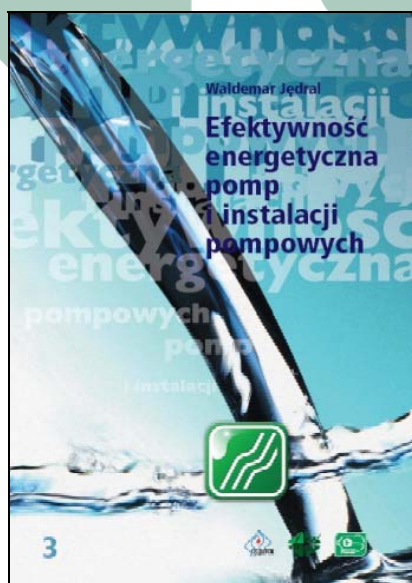
www.eplan.info.pl



www.czystochowa.energiaisrodowisko.pl



www.centrum.pemp.pl



www.centrum.pemp.pl



www.centrum.pemp.pl

Serwisy prowadzone przez FEWE:



Ideą projektu Euro-TopTen jest prezentowanie najbardziej efektywnych energetycznie grup produktów wśród danej kategorii urządzeń powszechnego użytku. Serwis umożliwia także porównanie urządzeń zarówno pod względem zużycia energii jak i ceny oraz kosztów użytkowania.

www.topten.info.pl



Witryna poświęcona szeroko pojętej problematyce efektywności energetycznej elektrycznych układów napędowych. Prócz informacji dotyczących projektu oraz produktów serwis służy jako platforma wymiany informacji o efektywnych energetycznie urządzeniach napędowych.

www.centrum.pemp.pl



Strony serwisu poświęcone są zagadnieniom związanym z planowaniem energetycznym w miastach oraz gminach. Oprócz informacji o projektach realizowanych przez FEWE, serwis zawiera poradniki, prezentacje oraz inne przydatne materiały z zakresu realizacji „Projektów założeń” oraz „Planów zaopatrzenia w ciepło, en. elektr. i paliwa gazowe”.

www.eplan.info.pl



Serwis mający na celu promowanie odnawialnych źródeł energii wśród podmiotów gospodarczych, jednostek terytorialnych oraz społeczeństwa. Zawiera wiele przydatnych informacji oraz porad związanych z możliwościami wykorzystania OZE. Serwis wzbogacony jest o ciągły monitoring pracy układu kolektorów słonecznych zainstalowanych w budynku edukacyjnym.

www.oze.info.pl



Serwis internetowy projektu „Zarządzanie energią i środowiskiem w budynkach użyteczności publicznej w województwie śląskim”. Zawiera informacje na temat finansowania przedsięwzięć, sposobów zarządzania energią, raportowania i monitorowania zmian w budynkach użyteczności publicznej, a także opis dostępnych technologii zmniejszających zużycie energii.

www.eis.slask.pl



Witryna dotycząca programu EFEmotor wspomagającego racjonalne gospodarowanie silnikami elektrycznymi w przedsiębiorstwie. Ze strony pobrać można program EFEmotor wraz z materiałami instruktażowymi, a także znaleźć pożyteczne informacje dla użytkowników energooszczędnych silników elektrycznych.

www.efemotor.pemp.pl

Więcej informacji na: www.fewe.pl

