# Rozwój technologii OZE w budownictwie

**Działalność człowieka zazwyczaj destrukcyjnie wpływa na środowisko naturalne. Przy projektowaniu i wykonywaniu budynków stosunkowo mało osób zwraca uwagę na coraz wyższe koszty ich eksploatacji. Celem artykułu jest zwiększenie świadomości inwestorów w zakresie energooszczędnych rozwiązań z zakresu technologii odnawialnych, umożliwiających obniżenie kosztów eksploatacji budynku, które pozwolą ograniczyć negatywny wpływ na środowisko naturalne jednocześnie poprawiając komfort jego użytkowania.**

## Wstęp

W niniejszym artykule poruszone będą podstawy budownictwa energooszczędnego, niskoenergetycznego i zeroenergetycznego w powiązaniu z rozproszonymi OZE. Koszty użytkowania obiektów mieszkalnych, w których znaczącą pozycję stanowi energia, stale wzrastają. W takiej sytuacji pojawia się problem możliwości redukcji wydatków związanych z konsumpcją energii. Koszty state, które dostawcy naliczają są stopniowo zwiększane i należy domniemywać, że odbiorca ponosi opłaty związane nie tylko z administrowaniem i przesytem, ale również pokrywa wszelkie dodatkowe koszty dostawcy energii. Na tę sytuację nakłada się problem energochłonności polskiej gospodarki, która jest średnio trzykrotnie wyższa niż w innych krajach Unii Europejskiej, gdzie już od dawna oszczędzanie energii jest jednym z głównych priorytetów.
Z punktu widzenia globalnego zużycia energii, głównymi jej nośnikami są złoża kopalin: węgla, ropy i gazu. Poza nimi funkcjonuje energetyka jądrowa, wodna czy wiatrowa. Niemniej jednak struktura zużycia energii na świecie przedstawia się następująco: przeważa ropa naftowa 38,6%, węgiel kamienny i brunatny jest na poziomie 28,9%, a gaz ziemny 20,8%. Łącznie te trzy główne nośniki energii stanowią 88,3% światowego zapotrzebowania.
Ta sytuacja w Polsce wygląda inaczej, ponieważ niemal 98% energii dostarczane jest z nośników konwencjonalnych: dominuje węgiel kamienny i brunatny 76%, ropa naftowa 13% i gaz ziemny 9%. Eksploatacja tradycyjnych nośników energii pociąga za sobą liczne negatywne skutki, np. dziurę ozonową, zaburzenia równowagi życia biologicznego, zanieczyszczenie gleby i powietrza.
Rozwój technologii podąża w kierunku jak największej samowystarczalności energetycznej indywidualnych budynków. Alternatywne źródła energii są ogólnodostępne. Tylko Słońce corocznie dostarcza na Ziemię 10 tysięcy razy więcej energii niż wynosi roczne zużycie energii wytworzonej na Ziemi przez człowieka.

Fot. 1. © anweber – Fotolia.com

**OZE w Polsce i UE**

Wykorzystanie najnowszych technologii OZE stało się jednym z priorytetów rozwojowych wielu krajów świata. Poprzez inwestowanie w badania i rozwój, zwolnienia z podatków, gwarantowane ceny energii czy subsydia inwestycyjne, bardzo dużo zrobiono w celu promocji i wdrażania nowoczesnych technologii opartych na odnawialnych zasobach i źródłach energii. Dodatkowym atutem tej strategii jest zapewnienie większego bezpieczeństwa energetycznego poszczególnych państw, różnorodność dostaw energii, ochrona środowiska naturalnego i tworze-nie nowych miejsc pracy.
Do 2020 roku udział energetyki odnawialnej w ogólnym bilansie energii UE ma wzrosnąć do 22%. Aktualnie wynosi on ok. 6%. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto w Polsce w 2013 r. wyniósł 11,3%.
Te zamierzenia powodują dynamiczny rozwój takich branż jak energetyka wiatrowa i słoneczna, czy urzadzeń typu pompy ciepła. Standard polskiego budownictwa wynikający z warunków technicznych z 2014 roku - 120 kWh/($m^2$rok), w porównaniu do budownictwa zachodniego jest o 50% bardziej energochłonne, drogie w eksploatacji, często niedopasowane do współczesnego standardu życia. Przeciętnie wskaźnik energetycznego zapotrzebowania na ciepło budynków wznoszonych w Polsce do 1984 r. wahał się w granicach 220-350 kWh/($m^2$rok). Przyczyną techniczną tak wysokich wartości była zarówno słaba pod względem termicznym jakość ścian, jak i złej jakości, nieszczelna stolarka okienna. Przyczyna ekonomiczna to niskie ceny energii, z drugiej zaś strony - wysokie ceny materiałów izolacyjnych. Późniejsze zmiany norm dotyczących izolacyjności termicznej przegród zewnętrznych budynków zaowocowały polepszeniem jakości termicznej (wskaźnik EP zmalał do wartości 180-220 kWh/($m^2$rok). Obecnie wymagania ograniczają sezonowy wskaźnik zapotrzebowania na energię do wartości 80-120 kWh/($m^2$rok).

**Definicja budynku energooszczędnego**

Termin budynek energooszczędny oznacza budynek zużywający energię na określonym, racjonalnie niskim poziomie, przy zachowaniu wysokiej sprawności urządzeń i instalacji we-wnętrznych. Zużycie energii może się odnosić zarówno do zużycia całkowitego, na wszystkie potrzeby związane z bieżącym funkcjonowaniem obiektu, jak i tylko do wybranych (np. wyłącznie do ogrzewania). Ponieważ w warunkach Polski zapotrzebowanie grzewcze budynków stanowią największy składnik w całkowitym zużyciu energii, to przyjęło się mówić o budynku energooszczędnym jako obiekcie o niskim zapotrzebowaniu na energię dla celów grzewczych. Jednak, aby kompleksowo podejść do zagadnienia racjonalnego korzystania z energii

trzeba również wziąć pod uwagę pozostałe systemy takie jak: przygotowanie ciepłej wody użytkowej, oświetlenie, wentylację, klimatyzację itp.
To, czy budynek zostanie uznany za energooszczędny czy nie, zależy wyłącznie od przyjętych w danym kraju standardów energetycznych w budownictwie. Standardy te najczęściej dotyczą budownictwa mieszkalnego, zaś w odniesieniu do obiektów użyteczności publicznej stosowane są wymagania uproszczone, określające wartości graniczne współczynników przenikania ciepła przegród budynku. Należy przy tym zauważyć, że wymagania w tym zakresie szybko ulegają zmianie. Zdecydowana większość wzniesionych i użytkowanych w Polsce budynków to obiekty o dużej energochłonności; spuścizna po latach beztroskiego gospodarowania energią. Wartości służące do klasyfikacji budynków mieszkalnych jako energooszczędnych w Polsce i w Niemczech podano w tablicy 1.

Tablica 1. Klasyfikacje budynków energooszczędnych i pasywnych w Polsce i Niemczech

| Kraj | E – budynek energooszczędny | | E – budynek pasywny | |
|---|---|---|---|---|
| | [kWh/(m²rok)] | [kWh/(m³rok)] | [kWh/(m²rok)] | [kWh/(m³rok)] |
| Polska | < 70* | < 23 | < 15 | – |
| Niemcy | < 55 | < 18 | < 15 | < 5 |

* spotykana jest również wartość 90, 100 kWh/(m²rok)

Wskaźnik ten może służyć, i służy, do kwalifikacji energetycznej budynków, co obrazują definicje domu energooszczędnego, pasywnego i samowystarczalnego energetycznie.

Dom energooszczędny (low-energy house - LEH, dom niskoenergetyczny) to budynek, w którym roczne zapotrzebowanie na ciepło jest niższe niż 70 kWh/($m^2$rok). Kluczowymi cechami takich domów są dobra izolacja termiczna, zredukowane mostki cieplne, szczelność i kontrolowana wentylacja.

Dom pasywny (passive house - PH) to budynek, dla którego zapotrzebowanie na ciepło jest bardzo niskie. Według standardów niemieckich (a zatem i strefy klimatycznej jak w Polsce) oznacza to roczne zapotrzebowanie na ciepło poniżej 15 kWh/($m^2$rok).
Dom samowystarczalny energetycznie (self-sufficient house - SSH) nie wymaga żadnych dostaw energii z zewnątrz, poza promieniowaniem słonecznym lub wiatrem. Nie musi to być obiekt pasywny.

Wiele jest czynników decydujących o po¬wodzeniu realizacji budowy budynku, który z założenia mógłby być samowystarczalny energetycznie. Ważny jest wybór odpowiedniej działki, rozplanowanie funkcjonalno-przestrzenne, materiały budowlane i instalacyjne, przemyślany sposób rozprowadzenia ciepła, poprawna wentylacja budynku, odpowiedni dobór technologii zasilania budynku w ciepło oraz energię elektryczną. To główne, ale nie jedyne czynniki wpływające na komfort i ekonomiczność rozwiązania.

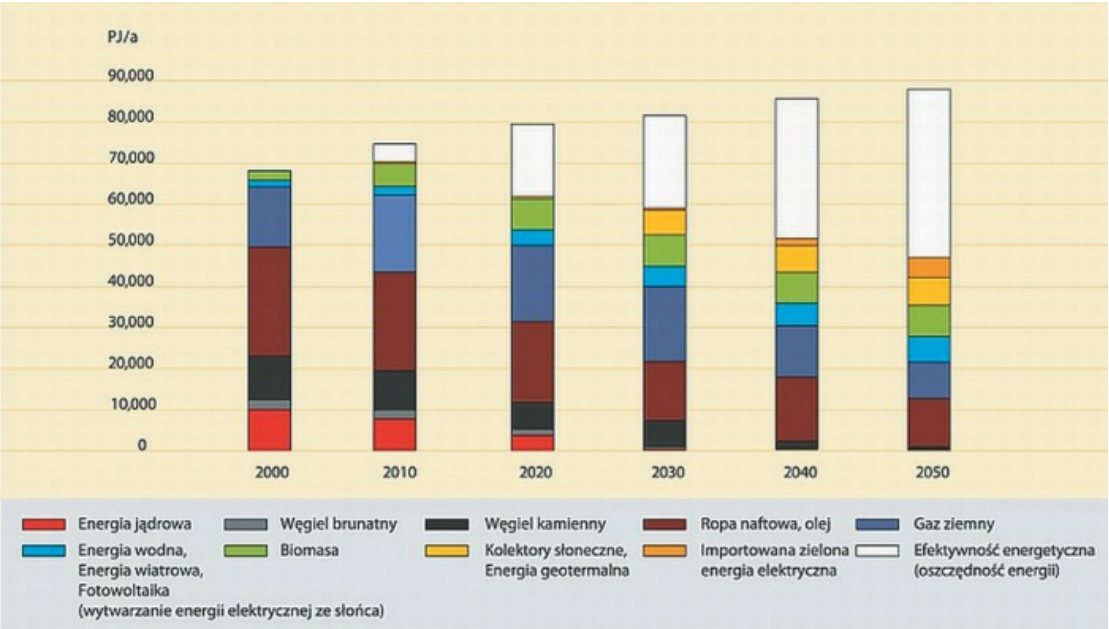
**Efektywność energetyczna**

Kluczem uzyskania wysokiego komfortu cieplnego przy niskim zużyciu energii jest zapewnienie tzw. efektywności energetycznej jako całości i jego poszczególnych elementów. Tę efektywność energetyczną gwarantuje bardzo dobra izolacja przegród (ścian, dachu, podłóg, okien), przy maksymalnej eliminacji mostków cieplnych. Domy muszą być szczelne i wyposażone w mechaniczny system wentylacji z wysokosprawnym odzyskiem ciepła z powietrza usuwanego z budynku. Konsekwencją takiego podejścia jest objęcie terminem „pasywności" nie tylko domu jako całego obiektu, ale również poszczególnych jego elementów. W tradycyjnym budynku nieszczelności konstrukcji umożliwiają infiltrację powietrza, dzięki której do pomieszczeń napływa świeże powietrze (lub dzięki otwartym oknom), często w niewystarczającej, gdyż niekontrolowanej ilości. Nieszczelności te mogą jednak być na tyle duże, że umożliwiają penetrację wilgoci pochodzącej z powietrza wewnętrznego, powodując uszkodzenia konstrukcji budynku.
Spełnienie standardu energooszczędności czyli 40 kWh/($m^2$rok) jest zależne od bardzo wielu czynników,

mających wpływ na termoizolację i odzyskiwanie ciepła. Dlatego bardzo ważne jest, aby zwrócić szczególną uwagę na kilka znaczących elementów już na etapie planowania takiej inwestycji.
Do najważniejszych zasad budownictwa energooszczędnego należy:

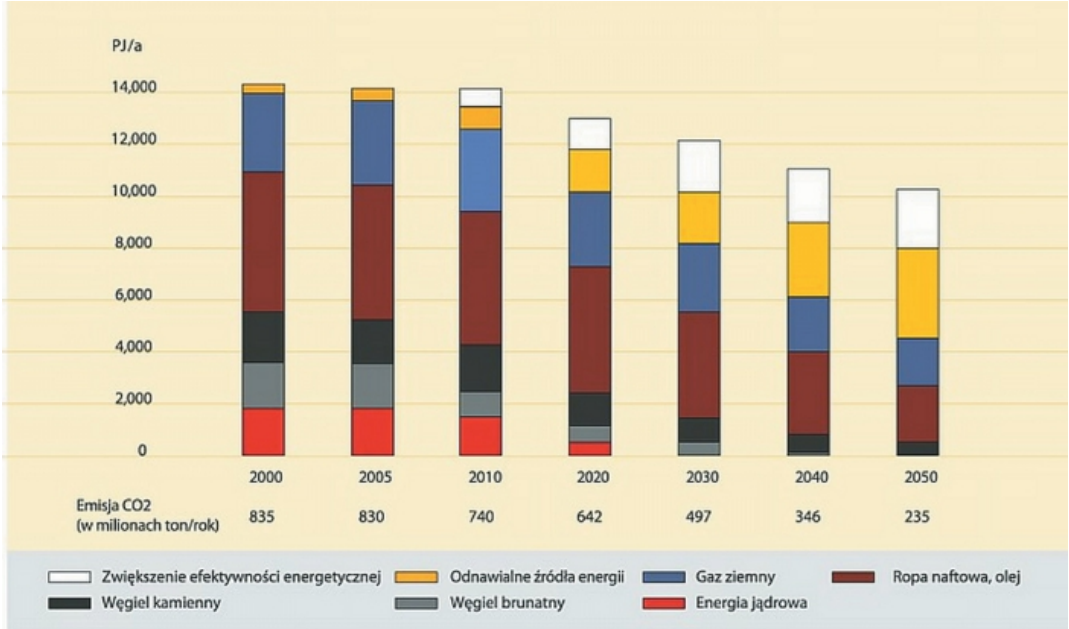
- odpowiednia architektura i geometria budynku
- odpowiednia orientacja względem stron świata i rozmieszczenie pomieszczeń
- odpowiednia izolacja termiczna budynku
- odpowiednia stolarka okienna i drzwiowa
- odpowiednia wentylacja i ogrzewanie
- wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.

Coraz częściej spotykamy w budownictwie energooszczędnym wykorzystanie jako dodatkowego źródła energii elektrycznej i cieplnej alternatywnych źródeł energii. Obecnie najczęściej stosowane są zarówno pompy ciepła do ogrzewania jak i kolektory słoneczne do podgrzania ciepłej wody użytkowej, wykorzystujące konwersję fototermiczną. Do ogrzewania możemy również zastosować kotły na biomasę, a jako uzupełnienie do produkcji energii elektrycznej instalację fotowoltaiczną lub małą turbinę wiatrową.
Wyrazem powyższych dążeń jest nowo tworzona od końca XX wieku - po wielkich awariach energetycznych w USA i Europie - energetyka rozproszona, oparta głównie o lokalnie dostępne zasoby odnawialne.
W połączeniu ze wzrostem efektywności wykorzystania energii, może ona dać pełne pokrycie rosnących potrzeb energetycznych ludzkości, mimo spadku zużycia pierwotnych nośników energii. Taka długoterminowa strategia rozwoju energetyki UE oraz prognoza na lata 2010-2050 została opracowana przez Eurostat oraz rząd Niemiec dla Europy, co przedstawia rysunek 1 [3, 4]. Należy podkreślić, iż od kilku lat model ten jest rozwijany i coraz szerzej wdrażany w wielu krajach. W Europie przykładem jest Norwegia (100% energii z wody), Austria (60% energii z zasobów odnawialnych), Niemcy (całkowita likwidacja energetyki jądrowej do 2030 roku, 50% energii „zielonej” do 2050 roku).
Dla porównania możliwości rozwojowych Polski w tym kierunku, pomocny w tworzeniu nowej wizji i strategii rozwoju Polski do roku 2050, może być przykład strategii rozwoju energetyki Niemiec (rys. 2) [3, 4].
Aktualnie Niemcy tylko w elektrowniach wiatrowych mają moc zainstalowaną, stanowiącą przeszło 7% mocy energetyki polskiej. Niemcy, leżące w strefie klimatu umiarkowanego bardzo zbliżonego do warunków w Polsce, posiadają w energetyce wiatrowej blisko 30 tys. elektrowni wiatrowych oraz 20 mln modułów fotowoltaicznych. Pozwoliło to wyłączyć już 13 elektrowni jądrowych i stworzyć przeszło 500 tys. nowych miejsc pracy. Pozostałe elektrownie jądrowe zostaną zamknięte do 2030 roku. Do tego czasu Niemcy pragną uzyskać całkowite bezpieczeństwo energetyczne z własnych zasobów i źródeł odnawialnych.




Rys. 1. Prognoza zapotrzebowania i wykorzystania różnych nośników energii dla Europy do 2050 roku wg

Eurostatu [3, 4]




Rys. 2. Prognoza wykorzystania różnych nośników energii w Niemczech do 2050 roku, nowa strategia energetyczna i gospodarcza rządu Niemiec [3, 4]

Zastosowanie odnawialnych źródeł energii w budownictwie w znacznym stopniu poprawia efektywność energetyczną, a także zmniejsza emisję szkodliwych substancji. Urządzenia i systemy odnawialnych źródeł energii znajdują zastosowanie w ogrzewaniu pomieszczeń, podgrzewaniu wody użytkowej oraz wytwarzaniu energii elektrycznej do oświetlenia i zasilania elektrycznych odbiorników domowych. Jeśli chodzi o odnawialne źródła energii, bezpośrednio zwią¬zane z danym obiektem budowlanym w warunkach polskich można wykorzystywać:

- energię promieniowania słonecznego - w pasywnych i aktywnych systemach grzewczych, w rozwiązaniach związanych z oświetleniem światłem dziennym oraz w instalacjach elektrycznych z ogniwami fotowoltaicznymi
- energię biomasy - w instalacjach z kotłami do spalania zrębków drewnianych, pelletów lub słomy
- energię zawartą w środowisku naturalnym (zastosowanie pomp ciepła)
- energię odpadową (w tym poprzez rekuperację ciepła z układów wentylacyjnych, ze ścieków i innych).

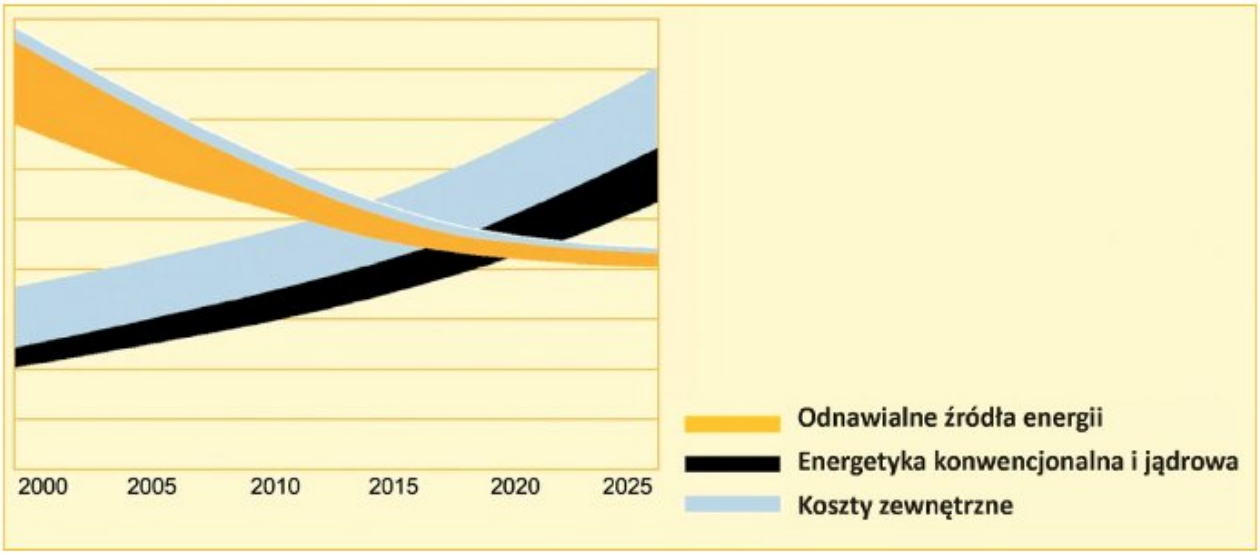
Celowe, a nawet konieczne jest - w przypadku już istniejących budynków - łączenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii z działaniami termomodernizacyjnymi. W zależności od potrzeb budynku szczególnie starannie dobierać należy systemy energetyki konwencjonalnej. Ich przewymiarowanie jest niekorzystne ekonomicznie.

**Rozwój OZE rozproszonego**

Prawidłowy rozwój OZE rozproszonego jest nierozerwalnie związany z podwyższaniem efektywności energetycznej budynków. Wiadomo, że najtańszą energią jest ta, której się nie zużywa. Ponadto nie da się oddzielić kwestii lokalnego wytwarzania energii od efektywności energetycznej obiektów, które będą przez nią zasilane. Wiąże się z tym także sprawa rozwiązań dotyczących magazynowania energii, a także ciepła. Ceny energii ze źródeł odnawialnych będą się obniżać, natomiast konwencjonalne źródła energii tzn. prąd z sieci i gaz ziemny mają tendencję zwyżkową. Według szacunków analityków oraz przeprowadzonych obliczeń ceny ciepła uzyskanego z kolektora słonecznego i pompy ciepła powinny spaść do 2020 roku o ok. 50% . Największy spadek odnotuje produkcja energii elektrycznej z ogniw fotowoltaicznych. Szacuje się 5-6-krotną obniżkę energii z tego źródła. Wynika to przede wszystkim z szybkiego rozwoju technologii, która w

tym momencie już wytwarza urządzenia o wysokiej sprawności. Pewien zastój przewidywany jest w uzyskiwaniu energii elektrycznej z siłowni wiatrowych. W tej branży technologia jest już dalece zaawansowana i nie przewiduje się istotnych zmian wpływających na koszt produkcji prądu przez elektrownie wiatrowe.

Biorąc pod uwagę te prognozy, koszt inwestycyjny całego systemu odnawialnego dla domu jednorodzinnego spadnie o ok. 60%, co spowoduje znacznie szybszy zwrot kapitału zainwestowanego.




Rys. 3. Prognoza kosztów wytwarzania energii elektrycznej z zasobów kopalnych i odnawialnych do 2025 r. w UE [3,4]

Tablica 2. Zestawienie kosztów produkcji energii w 2010 i 2020 roku

| Technologia | Koszt produkcji energii w 2010 roku [zł/kWh] | Koszt produkcji energii w 2020 roku [zł/kWh] |
|---|---|---|
| Siłownia wiatrowa | 0,12-0,24 | 0,09-0,30 |
| Ogniwa PV | 0,75-4,80 | 0,15-0,75 |
| Małe elektrownie wodne | 0,06-0,36 | 0,06-0,30 |
| Kolektory słoneczne | 0,36-1,02 | 0,12-0,60 |
| Pompa ciepła | 0,06-0,75 | 0,06-0,30 |
| Geotermia – energia cieplna | 0,02-0,15 | 0,02-0,15 |
| Geotermia – energia elektryczna | 0,06-0,30 | 0,03-0,24 |
| Biomasa – energia cieplna | 0,03-0,18 | 0,03-0,15 |
| Biomasa – energia elektryczna | 0,09-0,36 | 0,12-0,30 |

Według danych instytucji i organizacji zajmujących się energetyką zasobów odnawialnych w Unii Europejskiej te relacje w ciągu najbliższych 5-10 lat będą się zmieniać zdecydowanie na korzyść OZE (tablica 2). Decydując się jednak na ogrzewanie konwencjonalne, należy się zastanowić:

- Czy dzięki temu inwestor jest niezależny?
- W jakim stopniu finansuje istniejących na rynku monopolistów?
- Czy obecne bezpieczeństwo energetyczne z tych źródeł oznacza również bezpieczeństwo za 5 lub 10 lat?

Światowe trendy tak szybko się zmieniają, że przewidywalność tego, co nastąpi za kilka lat jest trudne, ale możliwe. Budynki wykonane w latach 80. obecnie tak dalece odbiegają od obowiązujących norm, że wymagają gruntownej renowacji, ponieważ utrzymanie ich w normalnym użytkowaniu wymaga ponoszenia zbyt wysokich kosztów eksploatacyjnych. Te same tendencje wysokich kosztów utrzymania mogą dotyczyć budynków realizowanych współcześnie. Zastosowanie energetyki odnawialnej - szczególnie w zakresie ogrzewania - zwraca się na tyle szybko, że warto pomyśleć o zabezpieczeniu i uniezależnieniu się od tradycyjnych nośników.

Koszty ogrzewania systemem hybrydowym: pompa ciepła i fotowoltaika są na tyle atrakcyjne, że każdy nowy budynek powinien być obecnie, obowiązkowo wyposażony w przynajmniej taki system. Zwrot

inwestycji w okresie 4-6 lat powinien być w tej sytuacji wystarczającym magnesem dla przewidującego inwestora.

**Podsumowanie**

Z punktu widzenia kosztów, należałoby wybudować budynek zasilany energią odnawialną uzyskaną przy wykorzystaniu pompy ciepła oraz energii elektrycznej z hybrydy: fotowoltaika i sieć elektroenergetyczna. Kompleksowa inwestycja w energooszczędny dom wyposażony w system hybrydowy pompa ciepła i fotowoltaika będzie zwracać się znacznie szybciej, i wówczas idea realizacji budynków samowystarczalnych będzie powszechna. Czas ten niewątpliwie nadchodzi, dlatego już dziś temat ten powinien budzić wśród projektantów, wykonawców, a w szczególności inwestorów duże zainteresowanie.

prof. dr hab. inż. Jacek Zimny,
mgr inż. Krzysztof Szczotka,
mgr inż. Sebastian Bielik
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

**Literatura**

1. Zimny J., *Rozważania na temat modelu energetycznego Polski. Czy Polska może być samowystarczalna energetycznie?* Akademia Górniczo-Hutnicza, Materiały dydaktyczne dla studiów podyplomowych Odnawialne Zasoby i Źródła Energii, Kraków 2015.
2. Zimny J., *Odnawialne źródta energii w budownictwie niskoenergetycznym*, PGA, AGH, WNT, Kraków-Warszawa, 2010.
3. *Geothermie - Energie fur die Zukunft*, Bundesministerium fur Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Umweltpolitik, Berlin, 2004.
4. *Renewable energies - innovations for the future*. Bundesministerium fur Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Federal Ministry for the Environment, Nature Conversation and Nuclear Safety), Berlin, 2006.
5. Kreith F, Yogi Goswami D., *Handbook of energy efficiency and renewable energy, Boca Raton*, CRC Press: Taylor & Francis Group, cop. 2007, Seria CRC Mechanical Engineering Series.