

## **ANALIZA EKONOMICZNA WYKORZYSTANIA KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH DO PODGRZEWANIA WODY UŻYTKOWEJ W ODNIESIENIU DO INNYCH ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII**

W krajach Unii Europejskiej jest on wykorzystany w 16%, podczas gdy w Polsce, krajowe wykorzystanie potencjału OZE, w zależności od oceny obecnej produkcji energii ze źródeł odnawialnych, szacuje się na 4% do 9% i wynika głównie z energetycznego wykorzystania drewna i odpadów drzewnych.

Najważniejszymi składnikami służącymi potencjalnej produkcji energii cieplnej to energia promieniowania słonecznego, energia biopaliw stałych oraz energia geotermalna. Energetyka wiatrowa, energetyka wodna oraz systemy skojarzonej produkcji energii oparte na biomasie to naturalne źródła energii elektrycznej. Biopaliwa ciekłe na bazie bioetanolu i estrów rzepakowych uzupełniają potencjał techniczny energii odnawialnej w Polsce w zakresie możliwości produkcji paliw pędnych.

Analizą objęto 16 grup technologii OZE:

- kolektory słoneczne do podgrzewania wody użytkowej,
- kolektory słoneczne do podgrzewania powietrza,
- kotły na drewno:
  - obsługiwane ręcznie, małej mocy,
  - ciepłownie automatyczne, większej mocy,
- kotły na słomę:
  - obsługiwane ręcznie, małej mocy,
  - ciepłownie automatyczne, większej mocy,
- biogazownie rolnicze (surowiec w postaci gnojownicy),
- biogazownie komunalne (surowiec w postaci osadu ściekowego) produkujące ciepło i energię elektryczną,
- instalacje wykorzystania gazu wysypiskowego:
  - do produkcji energii elektrycznej,
  - do współwytworzenia ciepła i elektryczności,
- systemy fotowoltaiczne,
- elektrownie wiatrowe sieciowe:
  - małej i średniej mocy,
  - większej mocy,
- małe elektrownie wodne:
  - odbudowywane w istniejącym jazie,
  - budowane od podstaw,
- ciepłownie geotermalne.

Ocenę ilości wdrożonych i funkcjonujących w 1999 r. instalacji OZE w układzie technologicznym i obecną produkcję energii ze źródeł odnawialnych w Polsce wg danych Europejskiego Centrum Energii Odnawialnej przedstawiono w tabeli. Zróżnicowanie danych o aktualnym stanie wykorzystania OZE wynika ze specyfiki sektora energetyki odnawialnej, charakteryzującego się rozproszoną generacją w instalacjach małej mocy. Szereg z tych instalacji produkuje energię na potrzeby własne użytkownika, jak to ma miejsce w przypadku wykorzystania w gospodarstwach domowych energii biomasy (drewno, słoma), słońca i wiatru, w biogazowniach rolniczych i

**Tabela 1.**

| Instalacje  | Liczba instalacji | Łączna moc [MW] | Produkcja energii |               |
|---|-------------------|-----------------|-------------------|---------------|
|   |                   |                 | GWh               | TJ            |
| Kolektory słoneczne wodne   | 1500              | 5               | -                 | 15            |
| Kolektory słoneczne powietrzne  | 50                | 1,5             | -                 | 3             |
| Elektrociepłownie na odpady z przemysłu celulozowo-papierniczego i meblarskiego | 50                | 1000            | 90                | 12500         |
| Ciepłownie automatyczne na drewno   | 70                | 350             | -                 | 4200          |
| Kotły małej i średniej mocy na drewno kawałkowe, trociny i wióry                | 100000            | 5000            | -                 | 80000         |
| Ciepłownie na słomę   | 10                | 13              | -                 | 130           |
| Kotły małej i średniej mocy na słomę  | 75                | 7               | -                 | 490           |
| Ciepłownie geotermalne  | 3                 | 26,8            | -                 | 147           |
| Systemy fotowoltaiczne  | 2+156             | -               | -                 | -             |
| Biogazownie rolnicze (gnojownica)   | 7                 | 0,15            | -                 | -             |
| Biogazownie komunalne (osady ściekowe)  | 29                | 38,9            | 72,5              | 250           |
| Biogazownie na gaz wysypiskowy  | 16                | 9               | 30                | 72            |
| Elektrownie wiatrowe sieciowe   | 13                | 4               | 4                 | -             |
| Elektrownie wiatrowe automatyczne   | 50                | 0,5             | 0,2               | -             |
| Małe elektrownie wodne  | 430               | 156             | 480               | -             |
| Bioetanol jako domieszka do benzyny   | 3                 | -               | -                 | 3800          |
| <b>RAZEM</b>  | <b>102455</b>     | <b>6611,7</b>   | <b>766,7</b>      | <b>101607</b> |

komunalnych, produkujących energię dla gospodarstw rolnych i oczyszczalni ścieków. Instalacje te wymagają prowadzenia specjalnych badań ankietowych, pozwalających określić ich liczbę, wydajność oraz produkcję energii. Wnioskowaniem o najważniejszym składniku bilansu energii odnawialnej – produkcji energii z biopaliw stałych w oparciu o bilansowanie wyszacowanego zużycia drewna i biomasy odpadowej może prowadzić do grubych błędów, bo odpady te są albo spalane na wolnym powietrzu, albo w niedostosowanych paleniskach, albo trafiają do kompostowni lub wręcz, co potwierdziły badania EC BREC – na wysypisku.

W latach 90-tych odnotowano wyraźny, oceniany na dwu- a nawet czterokrotny, wzrost wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Odbywał się on dzięki oddolnym inicjatywom drobnych inwestorów i producentów technologii, wspomaganych przez nieliczne organizacje pozarządowe, a w drugiej połowie dekady także przez nieco bardziej aktywną postawę instytucji finansowych i samorządów. Mniej zaawansowane technicznie technologie OZE, oparte głównie na wykorzystaniu biopaliw stałych w kotłach obsługiwanych ręcznie, wdrażane były na zasadach komercyjnych, podczas gdy o wdrażaniu bardziej zaawansowanych technologii decydowały umiejętności pozyskania środków zewnętrznych na pojedynczą inwestycję.

- Ważniejsze szereg powodów, dla których zagadnienia zewnętrznego finansowania inwestycji w energetyce odnawialnej mają większe i odmienne znaczenie niż w typowych przedsięwzięciach inwestycyjnych w energetyce konwencjonalnej. Wynika to z następujących cech projektów w energetyce odnawialnej:
- brak finansowego uwzględnienia kosztów zewnętrznych dla konkurencyjnych technologii konwencjonalnych i brak możliwości pełnej finansowej wyceny dodatkowych

korzyści z tytułu stosowania technologii OZE, a w konsekwencji mała konkurencyjność cenowa energetyki odnawialnej z cenami paliw kopalnych,

- wykorzystanie nowych (lub wręcz demonstracyjnych) technologii o zwiększonym stopniu ryzyka technicznego i eksploatacyjnego,
- mała i bardzo mała skala technologii, co zwiększa jednostkowe nakłady inwestycyjne,
- małe, początkowo jednostkowe zapotrzebowanie na technologie i związany z tym podwyższony koszt realizacji pierwszych zamówień,
- wysokie nakłady inwestycyjne (wyższe niż w energetyce konwencjonalnej) przy niskich kosztach eksploatacji,
- zwiększone nakłady inwestycyjne ze względu na brak dostępnej na miejscu odpowiedniej infrastruktury technicznej (np. przyłączenie do sieci),
- wysokie koszty przygotowania inwestycji/projektu (np. studium wykonalności) w stosunku do wartości inwestycji oraz brak deweloperów, agencji wspomagających i profesjonalnych firm konsultingowych,
- niewielcy inwestorzy, zazwyczaj osoby fizyczne, samorządy oraz małe i średnie przedsiębiorstwa mają trudności z wykazaniem wkładu własnego (niska zdolność kredytowa inwestorów).

Przeprowadzona ocena dostępności środków oraz efektywności ich wydatkowania na rozwój sektora OZE i wspomaganie inwestorów ujawnia potencjalnie rosnące możliwości, a jednocześnie nie wykorzystane rezerwy i wskazuje kierunki poprawy skuteczności ich wykorzystania poprzez zmianę celów, priorytetów, i sposobów ich wydatkowania.

Zrealizowane w ostatnich latach technologie OZE charakteryzują się wysokimi, jednostkowymi nakładami kapitałowymi zbliżonymi, a niekiedy (nawet) przewyższającymi analogiczne wskaźniki dla państw Unii Europejskiej. Składają się na to wysokie koszty zakupu często importowanych technologii, opłat licencyjnych i podatków, ale także brak szerszych doświadczeń w realizacji inwestycji, mały obrót na rynku technologii, i ponoszenie dodatkowych kosztów związanych z pionierskim i demonstracyjnym charakterem przynajmniej części z wdrażanych technologii OZE. Brak odpowiedniej polityki naukowej i przemysłowej oraz finansowej w stosunku do sektora energetyki odnawialnej i krajowych producentów technologii spowodował, że na przestrzeni ostatnich lat nie zanotowano istotnego obniżenia wysokości nakładów inwestycyjnych na technologie OZE w Polsce oraz widocznej poprawy parametrów eksploatacyjnych. Zestawienia parametrów ekonomicznych badanych inwestycji (przy braku mechanizmów wsparcia) przedstawia poniższa tabela.

Przeprowadzona w opracowaniu analiza ekonomiczna wykorzystania OZE w warunkach cen urządzeń na technologie OZE i cen energii z paliw kopalnych w roku 1998 oraz stosowanej prognozy ich wzrostu do roku 2020 (ale bez uwzględnienia kosztów zewnętrznych) pozwala na podział technologii OZE na grupy. Pierwszą grupę stanowią technologie, które osiągają wewnętrzną stopę zwrotu nakładów równą (lub wyższą) od stopy oprocentowania kredytów komercyjnych a mianowicie: kolektory słoneczne do suszenia płodów rolnych budowane sposobem gospodarczym oraz kotły na drewno i słome obsługiwane ręcznie (bez możliwości automatycznego zadawania biopaliwa).

Druga grupa to technologie, dla których stopa zwrotu nakładów jest niższa od stopy oprocentowania kredytów komercyjnych, ale wyższa od zera. W tej grupie znajdują się: małe elektrownie wodne zbudowane na istniejących jazach, instalacje wykorzystujące gaz wysypiskowy do produkcji energii elektrycznej, kolektory słoneczne do podgrzewania wody oraz biogazownie komunalne produkujące w skojarzeniu energię elektryczną i ciepło. Małe elektrownie wodne na jazach oraz instalacje wykorzystujące gaz wysypiskowy mają wewnętrzną stopę zwrotu wyższą od oprocentowania pożyczek preferencyjnych (8%).

**Tabela 2.** Wyniki analizy ekonomicznej w oparciu o metodę IRR (Internal Rate of Return) dla różnych technologii wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej

| Technologia OZE oraz moc zainstalowana (elektryczna ( $e_l$ ) lub cieplna ( $t_h$ ))   | IRR [%] | zdysonkowany okres zwrotu [lata] | prosty okres zwrotu [lata] | Koszt wytwarzanej energii cieplnej [zł/GJ] | Koszt wytwarzanej energii elektrycznej [zł/kWh] |
|--|---------|----------------------------------|----------------------------|--|---|
| Kolektor słoneczny do podgrzewania powietrza – 42 kW <sub>th</sub>   | 45,1    | 3,7                              | 1,8                        | 20,2                                       |   |
| Kolektor słoneczny do podgrzewania wody – 4 kW <sub>th</sub>   | 8,4     | 11,9                             | 7,3                        | 147,3                                      |   |
| Ręcznie obsługiwany kocioł na drewno małej mocy – 80 kW <sub>th</sub>  | 35,8    | 4,9                              | 3,1                        | 25,0                                       |   |
| Ręcznie obsługiwany kocioł na słomę małej mocy – 65 kW <sub>th</sub>   | 30,9    | 4,6                              | 2,6                        | 20,2                                       |   |
| Mała elektrownia wodna zbudowana na istniejącym jazie – 45 kW <sub>el</sub>  | 11,2    | 10,4                             | 4,1                        |  | 0,23  |
| Instalacja do wykorzystania gazu wysypiskowego do produkcji energii elektrycznej – 400 kW <sub>el</sub>  | 9,4     | 9,4                              | 4,7                        |  | 0,22  |
| Biogazownia komunalna na osad ściekowy do produkcji skojarzonej energii elektrycznej i ciepła – 320 kW <sub>el</sub> plus 540 kW <sub>th</sub> | 2,1     | 12,3                             | 6,7                        |  | 0,32  |
| Ciepłownia na słomę – 1000 kW <sub>th</sub>  | <0      | >20                              | 7,6                        | 29,1                                       |   |
| Ciepłownia na zrębki drzewne – 500 kW <sub>th</sub>  | <0      | >20                              | 9,7                        | 33,2                                       |   |
| Elektrownia wiatrowa sieciowa 2x 600 kW <sub>th</sub>  | <0      | >20                              | 12                         |  | 0,51  |
| Mała elektrownia wodna z jazem zbudowanym od podstaw – 90 kW <sub>el</sub>   | <0      | >20                              | 14                         |  | 0,55  |
| Biogazownia rolnicza na gnojowicę – 15 kW <sub>th</sub>  | <0      | >20                              | 14                         | 57,1                                       |   |
| Ciepłownia geotermalna – 7500 kW <sub>th</sub>   | <0      | >20                              | 20                         | 61,8                                       |   |
| System fotowoltaiczny do zasilania lampy ulicznej – 0,12 kW <sub>el</sub>  | <0      | >20                              | 200                        |  | 8,89  |

Biogazownie na osad ściekowy (zbudowane w oparciu o technologie zagraniczne) i kolektory słoneczne do podgrzewania wody użytkowej wymagają wsparcia dotacją w wysokości do 30% nakładów inwestycyjnych (poza lub zamiast kredytu preferencyjnego).

Kolejną grupę stanowią technologie objęte analizą, które w celu uzyskania wewnętrznej stopy zwrotu nakładów powyżej obecnej stopy oprocentowania kredytów inwestycyjnych (18%) wymagają wsparcia w postaci dotacji sięgających do 70% nakładów inwestycyjnych. Są to: automatyczne ciepłownie na słomę i zrębki drzewne, elektrownie wiatrowe sieciowe oraz małe elektrownie wodne budowane od podstaw wraz ze spięzzeniami. W tej grupie technologii poprawę parametrów ekonomicznych można uzyskać poprzez wydłużenie okresu eksploatacji ciepłowni na biomasę oraz lokalizację siłowni wiatrowych w miejscach o wyższej prędkości wiatru.

Należy także wspomnieć o technologiach, które mogą być realizowane jako projekty demonstracyjne finansowane z zewnątrz. Do tej grupy należą: biogazownie rolnicze, ciepłownie geotermalne, małe elektrownie wiatrowe sieciowe, systemy fotowoltaiczne. Poprawę parametrów ekonomicznych niektórych technologii z tej grupy można uzyskać w warunkach łącznej produkcji energii z innymi rodzajami produkcji, np. dla biogazowni rol-

niczych znaczącą poprawę wskaźników ekonomicznych dałaby produkcja kompostu z przefermentowanej gnojowicy, dla ciepłowni geotermalnych zapewnienie odbioru ciepła przez dłuższy okres czasu w ciągu roku – rozszerzenie usług energetycznych poza sezonem grzewczym – zaopatrzenie w ciepłą wodę, obsługa ośrodków rekreacyjnych i sportowych w sezonie letnim.

Oceny ekonomicznej badanych technologii OZE (w warunkach roku 1998) dokonać można pod kątem zdyskontowanego tempa zwrotu nakładów inwestycyjnych.

W pierwszej kolejności należy wymienić technologie, które charakteryzuje prosty okres zwrotu nakładów inwestycyjnych równy lub krótszy niż trzy lata, a zdyskontowany okres zwrotu nie przekracza 5 lat. Do tej grupy należą: kolektor powietrzny do suszenia płodów rolnych budowany sposobem gospodarczym, oraz małe kotły na drewno i słomę obsługiwane ręcznie.

Do drugiej grupy technologii, dla których prosty okres zwrotu nakładów mieści się w przedziale od 4 do 7,5 lat, a zdyskontowany okres zwrotu wynosi od 9,5 do 12,5 lat, należą: małe elektrownie wodne budowane na istniejących jazach, instalacje wykorzystujące gaz wysypiskowy do produkcji energii elektrycznej; kolektory słoneczne do podgrzewania wody oraz biogazownie komunalne na osad ściekowy produkujące energię elektryczną i ciepłą.

Pozostałe technologie charakteryzują się zdyskontowanym okresem zwrotu powyżej 20 lat. Do tej grupy zalicza się: automatyczne ciepłownie na słomę i zrębki, elektrownie wiatrowe sieciowe, ciepłownie geotermalne, biogazownie rolnicze, systemy fotowoltaiczne i małe elektrownie wodne budowane wraz ze spiętrzeniami. Okres trwałości tych ostatnich jest dłuższy od 20 lat i ich budowa może być rozważana jako zasadna przy uwzględnieniu korzyści wynikających z małej retencji wody.

Pod względem kosztów produkcji energii, technologie OZE można podzielić:

- technologie, które wykazują koszty produkcji energii niższe lub porównywalne z kosztami lub cenami zastępowanych konwencjonalnych nośników energii. Do tej grupy zalicza się: kolektory słoneczne powietrzne, małe kotły na drewno i słomę obsługiwane ręcznie, automatyczne ciepłownie na słomę, małe elektrownie wodne zbudowane na istniejących spiętrzeniach i instalacje wykorzystujące gaz wysypiskowy do produkcji energii elektrycznej,
- technologie, które produkują energię po kosztach wyższych od średnich krajowych cen, ale mogą być konkurencyjne w następujących warunkach: wykorzystanie dostępnych kredytów preferencyjnych i dotacji lub zlokalizowane w rejonach o najwyższych cenach energii ze źródeł konwencjonalnych (spowodowanych wyższymi kosztami transportu, przesyłu i dystrybucji konwencjonalnych nośników energii na obszarach wiejskich i peryferyjnych oraz wyższymi kosztami dostarczenia energii do odbiorców rozproszonych). W tej grupie mieszczą się między innymi elektrownie wiatrowe sieciowe, ciepłownie automatyczne na biomasę, a nawet w specjalnych obszarach niszowych najmniej obecnie opłacalne technologie fotowoltaiczne (zasilanie znaków świetlnych na morzu),
- pozostałe technologie, nawet w przypadku uzyskania dotacji w wysokości 50% całkowitych nakładów inwestycyjnych nie mogą konkurować z najwyższymi w Polsce cenami energii uzyskiwanymi z instalacji wykorzystującymi paliwa kopalne.

Badania wpływu zastosowania dopłaty do ceny sprzedawanej do sieci energii ze źródeł odnawialnych w badanej wysokości 25% (dla ciepła) i 35% (dla energii elektrycznej) w stosunku do obowiązującej ceny zakupu energii ze źródeł odnawialnych, wykazały znaczące działanie tego mechanizmu wsparcia dla technologii małych elektrowni wodnych i wykorzystania gazu wysypiskowego do produkcji energii elektrycznej. Zgodnie z doświadczeniami amerykańskimi stosowanie tego mechanizmu nazywanego Renewable

Energy Production Incentive - REPI, może być zachętą do podejmowania nowych przedsięwzięć inwestycyjnych tylko pod warunkiem, że inwestorzy będą mieli gwarancję utrzymania go przez wiele lat.

W oparciu o wieloletnie doświadczenia zagraniczne w stosowaniu różnych mechanizmów wsparcia (w tym obowiązku zakupu energii ze źródeł odnawialnych po określonej cenie i dopłaty do ceny sprzedawanej energii na wzór niemiecki, duński i hiszpański - mechanizm Guaranteed in-feed Prices) dla technologii OZE dostarczających energię do sieci można wyprowadzić wniosek, że wprowadzenie konkurencji w ubieganiu się niezależnych dostawców energii o dopłaty do cen energii lub wprowadzenie dla przedsiębiorstw energetycznych obowiązku zakupu energii ze źródeł odnawialnych, połączonego z minimalnym poziomem zakupu oraz możliwością wyboru dostawcy, stymuluje postęp w rozwoju technologii, co obniża koszty produkowanej energii. Powyższy efekt najłatwiej można uzyskać dzięki mechanizmowi przetargu na dostawę określonych ilości energii ze źródeł odnawialnych (brytyjskie Non-Fossil Fuel Obligation) lub poprzez wprowadzenie dla przedsiębiorstw energetycznych obowiązku uzyskania określonego udziału energii ze źródeł odnawialnych w ich bilansach oraz pozostawienie im swobody wyboru dostawcy oferującego energię po najniższej cenie (amerykańskie i austriackie Renewable Portfolio Standard).

Badane pośrednie mechanizmy wsparcia w postaci ulg podatkowych i przyspięszzonej amortyzacji same w sobie okazują się niewystarczające dla większości technologii OZE w warunkach krajowych, bez uzupełnienia ich o bezpośrednie zachęty finansowe w postaci dotacji.

Analiza ekonomiczna wykorzystania różnych technologii OZE wykazała ich wysokie zróżnicowanie pod względem opłacalności i indywidualną wrażliwość na stosowanie różnych mechanizmów wsparcia. Technologie OZE stanowią jednolitą, różną od konwencjonalnych technologii energetycznych grupę w sensie ich cech technicznych, ekologicznych i użytkowych, ale wysoki rozrzut ich parametrów ekonomicznych i specyfika lokalnych warunków ich wykorzystania nakładają obowiązek stosowania indywidualnego podejścia przy ocenach ekonomicznych i stwarzają trudności w uśrednianiu ich charakterystyk techniczno-ekonomicznych.

## LITERATURA

[1] Praca badawcza EC/BREC/IBMER pt. „Ekonomiczne i prawne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł w Polsce”

**Ambicki Witold**

## WYBRANE ASPEKTY W PROCESIE PROJEKTOWANIA SALI WYKŁADOWYCH

W starożytnej Grecji aula była dziedzińcem wewnętrznym w domu mieszkalnym, zaś w starożytnym Rzymie siedzibą cesarską. We wczesnym średniowieczu pojęciem *aula regla* określano pałac królewski. W bazylikach starochrześcijańskich aula była pomieszczeniem na głównej osi budynku: atrium razem z nawą główną. Od XVI w. stała się reprezentacyjną salą wykładową, odczytową itp. [3]

Podchodząc do tematu projektowania sali wykładowej należy zastanowić się nad wieloma zagadnieniami, które decydują o końcowym efekcie projektu.