

## Uwarunkowania energetyczne i ekonomiczne wykorzystania energii wiatru

Zmniejszanie się zasobów kopalnych surowców energetycznych, wzrost zapotrzebowania na energię, towarzyszący szybkiemu rozwojowi gospodarstwu, oraz złe nastawienie wielu społeczeństw do energetyki jądrowej to główne powody, które zmuszają kraje do skutecznych działań, mających na celu większe wykorzystanie niekonwencjonalnych i odnawialnych źródeł energii (OZE). Udział energii z tych źródeł w bilansie paliwowo-energetycznym danego kraju zależy przede wszystkim od potencjału technicznego OZE, ale również w znacznym stopniu od instrumentów prawnych i ekonomicznych, systemu ulg i zachęt, określających i wpływających na tempo rozwoju oraz na ekonomikę wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych.

Konieczność podejmowania skutecznych działań zmierzających do zwiększenia w Polsce produkcji energii ze źródeł odnawialnych wynika również z faktu, iż Polska będąc stroną Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu i podpisując Protokół z Kyoto, ratyfikowany w 2002 r. przez polski parlament (wejście w życie – luty 2005), zobowiązała się do redukcji emisji sześciu gazów szklarniowych ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{SF}_6$ , fluorowęglowodory i perfluorowodorowce) o 6% w latach 2008-2012 w stosunku do roku bazowego 1988. Zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych w całkowitej produkcji energii to jedno z głównych działań prowadzących do wzrostu jednostek redukcji gazów cieplarnianych, czyli liczby ton tych gazów w przeliczeniu na  $\text{CO}_2$  nie wyemitowanych.

Do energii elektrycznej wytwarzanej w źródłach energii odnawialnej (ŻEO) zalicza się w Polsce energię pochodzącą z elektrowni wodnych (przepływowych) i wiatrowych, ze źródeł przetwarzających biomasę i biogaz (pozyskiwany głównie z instalacji przeróbki odpadów zwierzęcych, z oczyszczalni ścieków, ze składowisk odpadów komunalnych) oraz ze słonecznych ogniw fotowoltaicznych. Do źródeł wytwórczych ciepłej energii odnawialnej należą instalacje wykorzystujące energię słońca (słoneczne kolektory do produkcji ciepła), energię geotermalną oraz instalacje spalania biomasy i biogazu.

### Krajowe regulacje prawne wspierające inwestycje w sektorze energetyki odnawialnej

W Polsce wspieranie rozwoju energetyki z odnawialnych i skojarzonych źródeł energii polega na nałożeniu pewnych obowiązków prawnych na odpowiednie podmioty oraz na wprowadzeniu instrumentów ekonomicznych w postaci opłaty zastępczej i kar za niewywiązanie się z tych obowiązków. Regulacje prawne w tym zakresie podlegają częstym zmianom, a ostatnie zmiany zaczęły obowiązywać od 1.10.2005.

Dr inż. H. Marczak – Zakład Inżynierii Ekologicznej, Katedra Inżynierii Procesowej, Spożywczej i Ekotechniki, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska

Do 30.09.2005 handel energią odnawialną polegał na sprzedaży tej energii przez jej wytwórców podmiotom zobligowanym do jej zakupu. Cena sprzedaży energii elektrycznej uwzględniała jej ekologiczną cechę i w związku z tym była wyższa od ceny energii wytwarzanej w elektrowniach tradycyjnych.

Zgodnie z obowiązującą od 1.10.2005 ustawą: „*Ustawa o zmianie ustawy-Prawo energetyczne oraz ustawy-Prawo ochrony środowiska*” z dn. 04.03.2005 (Dz. U. z 2005r. nr 62, poz. 552), przedsiębiorstwa energetyczne zajmujące się wytwarzaniem energii elektrycznej z OZE otrzymują, na podstawie złożonego wniosku, od Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki (Prezesa URE) świadectwa pochodzenia tej energii (tzw. zielone certyfikaty), do których mają prawa majątkowe. Jednocześnie przychody ze sprzedaży energii elektrycznej wytworzonej z OZE są sumą przychodów z dwóch źródeł:

- ze sprzedaży tej energii (fizycznej) po średniej cenie energii wytworzonej w elektrowniach konwencjonalnych w poprzednim roku kalendarzowym (aktualnie 118zł/MWh); do zakupu całej oferowanej ilości energii elektrycznej z OZE jest obowiązany sprzedawca z urzędu, w którego obrębie działania znajdują się ŻEO przyłączone do sieci elektroenergetycznej; w związku z powyższym niemożliwy jest zakup energii odnawialnej w transakcjach na rynku hurtowym i detalicznym,
- ze sprzedaży praw majątkowych wynikających ze świadectw pochodzenia będących rekompensatą za „czystą” energię odnawialną – te prawa majątkowe są bowiem zbywalne i stanowią towar giełdowy; każdy podmiot uczestniczący w Towarowej Giełdzie Energii (TGE) może stać się posiadaczem praw majątkowych wynikających ze świadectw pochodzenia bez konieczności nabycia energii elektrycznej wytworzonej z OZE.

Zbywanie praw majątkowych wynikających ze świadectw pochodzenia jest możliwe dzięki nałożeniu na przedsiębiorstwa energetyczne zajmujące się wytwarzaniem energii elektrycznej lub jej obrotem i sprzedające tę energię odbiorcom końcowym przyłączonym do sieci na terytorium Polski (urzędowi, firmom, itp.) następujących obowiązków:

- 1) uzyskania i przedstawienia do umorzenia Prezesowi URE wymaganej ilości świadectw pochodzenia energii z OZE (do końca marca za poprzedni rok kalendarzowy),
- 2) wniesienia opłaty zastępczej w razie niewywiązania się z poprzedniego obowiązku (jako alternatywy dla jego wypełnienia); opłatę zastępczą oblicza się według zależności:

$$O_z = O_{zj} (E_o - E_u) \quad (1)$$

gdzie:  $O_z$  – opłata zastępcza, zł

$O_{zj}$  – jednostkowa opłata zastępcza, wynosząca w 2005r. i w 2006r. 240 zł/MWh

$E_o$  – ilość energii elektrycznej wynikająca z obowiązku uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, MWh

$E_u$  – ilość energii elektrycznej wynikająca ze świadectw pochodzenia, które przedsiębiorstwo energetyczne przedstawiło do umorzenia w danym roku, MWh.

Opłata zastępcza może mieć znaczenie jako alternatywa wypełnienia obowiązku zakupowego świadectw pochodzenia w sytuacji zmniejszenia podaży energii ze źródeł odnawialnych, zwłaszcza dla przedsiębiorstw, które chcą wypełnić nałożony na nie obowiązek. Opłata ta stanowi dochód Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (FOŚiGW) i należy ją przekazać na wyodrębniony rachunek tego funduszu do 31 marca każdego roku za poprzedni rok kalendarzowy. Z funduszu są dofinansowywane inwestycje bazujące na odnawialnych źródłach energii.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dn. 19.12.2005 w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej oraz zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii (Dz. U. z 2005r. nr 261, poz. 2187) wartość parametru  $E_o$  w 2005 r. stanowiła tę ilość energii elektrycznej, której udział w wykonanej całkowitej sprzedaży energii elektrycznej przez przedsiębiorstwo energetyczne odbiorcom końcowym wynosił 3,1%. W kolejnych latach wymagany udział ilościowy energii elektrycznej wynikający ze świadectw pochodzenia, które przedsiębiorstwo energetyczne będzie zobowiązane przedstawić do umorzenia, w wykonanej rocznej sprzedaży energii elektrycznej przez to przedsiębiorstwo odbiorcom końcowym będzie stopniowo wzrastał. I tak dla 2006 r. udział ten został ustalony na 3,6%, w 2007 r. – 4,8%, w 2008 r. – 6,0%, a 2010 r. - 9%.

Do obowiązków nałożonych na przedsiębiorstwa energetyczne zajmujące się obrotem ciepła i sprzedające to ciepło należy obowiązek zakupu oferowanego ciepła wytwarzanego w przyłączonych do sieci OZE w ilości nie większej niż zapotrzebowanie odbiorców tego przedsiębiorstwa przyłączonych do sieci.

Na przedsiębiorstwa zajmujące się wytwarzaniem energii elektrycznej lub jej obrotem polskie ustawodawstwo nakłada również obowiązek wynikający z rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy z dn. 9.12.2004 w sprawie szczegółowego obowiązku zakupu energii elektrycznej wytwarzanej w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła (Dz. U. nr 267, poz. 2657). Jest to obowiązek zakupu oferowanej energii elektrycznej wytwarzanej w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła w przyłączonych do sieci źródłach energii. Udział ilościowy zakupionej energii elektrycznej ze skojarzonych źródeł energii przyłączonych do sieci (lub wytworzonej we własnych skojarzonych źródłach energii), w wykonanej całkowitej rocznej sprzedaży energii elektrycznej przez dane przedsiębiorstwo odbiorcom końcowym w 2006 r., powinien wynosić minimum 15%. Ten minimalny procentowy udział energii elektrycznej ze skojarzonych źródeł w sprzedaży energii przez zobligowane przedsiębiorstwa w kolejnych latach będzie wzrastał, by w 2010 r. osiągnąć wartość 16%.

Polskie przedsiębiorstwa energetyczne zajmujące się wytwa-

rzaniem lub obrotem energii elektrycznej i sprzedające tę energię odbiorcom końcowym podlegają nie tylko obowiązkowi zakupu (lub wytwarzania) energii ze źródeł odnawialnych i skojarzonych, ale również systemowi kar nakładanych za nie wywiązywanie się z tego obowiązku.

W razie nieuzyskania i nieprzedstawienia do umorzenia Prezesowi URE świadectw pochodzenia wymaganych w danym roku obliczeniowym, minimalną wysokość kary pieniężnej  $K_o$  ustala się według zależności:

$$K_o = 1,3(O_z - O_{zz}) \quad (2)$$

gdzie:  $O_z$  – opłata zastępcza wg wzoru (1), zł

$O_{zz}$  – uiszczona opłata zastępcza, zł.

Gdy sprzedawca z urzędu nie przestrzega obowiązku zakupu energii elektrycznej wytwarzanej w OZE podlega karze, której wysokość oblicza się w poniższy sposób:

$$K_{oz} = C_c(E_{oo} - E_{zo}) \quad (3)$$

gdzie:  $K_{oz}$  – wysokość kary pieniężnej, zł

$C_c$  – średnia cena sprzedaży energii elektrycznej w poprzednim roku kalendarzowym, zł/MWh

$E_{oo}$  – ilość oferowanej do zakupu energii elektrycznej wytworzonej w OZE, MWh

$E_{zo}$  – ilość zakupionej energii elektrycznej wytworzonej w OZE w danym roku, MWh.

Przedsiębiorstwo energetyczne nie wypełniające obowiązku zakupu oferowanej energii elektrycznej wytwarzanej w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła, podlega karze o wysokości określonej ze wzoru:

$$K_s = C_s(E_o - E_z) \quad (4)$$

gdzie:  $K_s$  - wysokość kary pieniężnej, zł

$C_s$  – średnia cena sprzedaży energii elektrycznej w poprzednim roku kalendarzowym, zł/MWh

$E_o$  – ilość oferowanej do zakupu energii elektrycznej wytworzonej w skojarzeniu z wytworzeniem ciepła wynikająca z obowiązku zakupu w danym roku, MWh

$E_z$  – ilość zakupionej energii wytworzonej w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła, MWh.

Nowelizacja *Prawa energetycznego* nie spowoduje z pewnością natychmiastowego zwiększenia tempa budowy nowych jednostek wytwórczych i podaży energii odnawialnej. Potencjalni inwestorzy w źródła wytwórcze „czystej” energii elektrycznej mogą jednak czuć się pewniej w swoich działaniach. A to za przyczyną gwarancji ceny energii fizycznej wytworzonej z OZE na poziomie średniej ceny z roku poprzedniego energii pochodzącej z elektrowni tradycyjnych, wprowadzenia obowiązku zakupu świadectw pochodzenia energii i wysokiej wartości jednostkowej opłaty zastępczej (240zł/MWh w 2005r. i w 2006r.) uwzględnianej przy naliczaniu wysokości opłaty zastępczej traktowanej równorzędnie z wypełnieniem tego obowiązku.

## Potencjał techniczny energii odnawialnej i jego wykorzystanie w Polsce

Wielkość potencjału technicznego energii z OZE w Polsce prezentuje tabela 1.

Tab. 1. Krajowy potencjał techniczny energii odnawialnej i jego wykorzystanie

Źródło energii	Potencjał techniczny <sup>1)</sup> PJ/rok	Produkcja energii elektrycznej						Produkcja energii cieplnej
		2002r.		2003r. <sup>3)</sup>		2004r. <sup>4)</sup>		2002r. <sup>2)</sup>
		GWh	PJ	GWh	PJ	GWh	PJ	PJ
Promieniowanie słoneczne	1340	0,05 <sup>2)</sup>	0,18·10 <sup>-3</sup>	-	-	-	-	37,2·10 <sup>-3</sup>
Biomasa: w tym biogaz	895	430,9 <sup>2)</sup> 48,0	1,55 0,17	454 56	1,63 0,2	670,2 66,4	2,413 0,239	102,693 -
Geotermia	200	-	-	-	-	-	-	0,526
Woda	43	2275,6 <sup>2)</sup>	8,192	1672	6,02	2081,4	7,493	-
Wiatr	36	60,4 <sup>2)</sup>	0,217	124	0,45	142,3	0,512	-
Ogółem	2514	2766,95	9,959	2250	8,1	2893,9	10,418	103,256

1) źródło: Ekspertyza Europejskiego Centrum Energii Odnawialnej – EC BREC pt. „*Ekonomiczne i prawne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce*”, 2000

2) wg GUS, 2003: „*Ochrona środowiska 2002*”

3) [4]

4) wg Agencji Rynku Energii, 2004, [10]

Obecnie podstawowym źródłem energii odnawialnej w kraju jest biomasa, a w następnej kolejności energia rzek i energia wiatru. Pozostałe źródła energii odnawialnej, jak: energia geotermalna i słońca mają mniejsze znaczenie, lecz w najbliższych latach przewiduje się realizację kolejnych inwestycji wykorzystujących te źródła energii. Przeszkodą wykorzystania na szerszą skalę energii słońca jest niska sprawność technologii przetwarzających tę energię i jej wysoka cena.

Według dokumentu: „*Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 r.*” [2] zapotrzebowanie na energię pierwotną w 2010 r. szacuje się na 4570 PJ. Założono również, że udział energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w ogólnej ilości wytworzonej energii w 2010 r. powinien wynieść 7,5%. Oznacza to, że zdolność produkcyjna w sektorze energetyki odnawialnej powinna w 2010 r. osiągnąć poziom ok. 342 PJ. W celu osiągnięcia 7,5% udziału energii ze źródeł odnawialnych w bilansie energetycznym kraju w 2010 r. należy zrealizować szereg inwestycji i w związku z tym ponieść odpowiednie nakłady inwestycyjne. Założony cel strategiczny zwiększenia udziału energii ze źródeł odnawialnych w bilansie paliwowo-energetycznym naszego kraju do 7,5% w 2010 r. wydaje się być wygórowany, aczkolwiek jest niższy od celu ilościowego przyjętego dla całej UE – 12% udział energii odnawialnej w krajowym zużyciu energii brutto do 2010 r. [3].

Polska przyjęła ponadto zobowiązanie uzyskania 7,5% udziału energii elektrycznej produkowanej z OZE w bilansie zużycia energii elektrycznej w 2010 r. Przyjęcie takiego celu ilościowego ma związek z wytycznymi Dyrektywy 2001/77/EC Parlamentu Europejskiego i Rady [3], według której wskaźnik zużycia energii elektrycznej wytwarzanej w ŹEO w całej UE w całkowitym zużyciu energii elektrycznej w 2010r. powinien wynieść 22,1%. W celu uzyskania ogólnego celu wskaźnikowego dla całej Wspólnoty kraje członkowskie przyjęły odpowiednie cele ilościowe zużycia energii elektrycznej pochodzącej z OZE. Z zapisów tej dyrektywy wynika, że rokiem bazowym brany pod uwagę przy ustalaniu celu ilościowego w wypadku Polski jest rok 2000, dla którego produkcja energii elektrycznej z OZE wynosiła 2,35 TWh, co odpowiadało 1,6% udziałowi energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w bilansie zużycia energii

elektrycznej [4]. Cel indykatorywny został zapisany w Traktacie Akcesyjnym oraz w Obwieszczeniu Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 1 lipca 2005 w *sprawie polityki energetycznej państwa do 2025 r.* (M.P. z dnia 22 lipca 2005).

Ogólną moc zainstalowaną w polskich elektrowniach wykorzystujących tradycyjne i odnawialne nośniki energii zestawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Moc zainstalowana w krajowych elektrowniach na koniec roku 2004 [10]

Rodzaj źródła	Moc zainstalowana	
	MW	%
Elektrownie na węgiel kamienny	23166,5	65,55
Elektrownie na węgiel brunatny	9195	26,02
Elektrownie na gaz	602,8	1,71
Elektrownie na inne paliwa	21,4	0,06
Elektrownie wodne szczytowo-pompowe	1330	3,76
ŹEO	1026,4	2,9
Razem	35342,1	100

Strukturę mocy zainstalowanej w elektrowniach wykorzystujących OZE podano w tabeli. 3. Pod względem zainstalowanej mocy, na pierwszym miejscu, w grupie instalacji energetyki odnawialnej, znajdują się obecnie elektrownie wodne przepływowe. Drugie w kolejności są elektrownie na biomasę. Porównując stan na koniec roku 2004 i dla połowy 2005 r. należy zauważyć wzrost mocy wytwórczej elektrowni na biomasę o ok. 295,5% w stosunku do końca roku 2004.

Udział energii elektrycznej z energetyki odnawialnej w całkowitej produkcji energii elektrycznej w Polsce przedstawia tabela 4. Przyrost produkcji energii elektrycznej w instalacjach OZE w 2004 r. w stosunku do 2003 r. (tab. 1) wyniósł ok. 644 GWh. W I kwartale 2005 r. łączna produkcja energii elektrycznej w elektrowniach spalających biomasę oraz w elektrowniach stosujących współspalanie biomasy i innych paliw wyniosła 236,578 GWh – stanowiło to ponad 39% produkcji energii elektrycznej z biomasy w całym 2004 r.

Zużycie energii elektrycznej w 2004 r. osiągnęło wartość 144831 GWh, a udział w tym zużyciu energii elektrycznej wytworzonej w instalacjach energetyki odnawialnej stanowił 1,998%.



Tab. 3. Moc zainstalowana w elektrowniach wykorzystujących odnawialne nośniki energii

Rodzaj źródła	Moc zainstalowana				
	Stan na koniec 2004r.		Stan na 8.06.2005		
	MW	%	MW	%	Ilość instalacji
Elektrownie wodne przepływowe	886,1	86,33	1005,45	77,55	645
Elektrownie wiatrowe	64,9	6,32	60,13	4,64	42
Elektrownie na biomasę	51,9	5,06	205,29	15,83	5
Elektrownie na biogaz	23,5	2,29	25,58	1,97	55
Współspalanie	-	-	-	-	13
Razem	1026,4	100	129,645	100	760

Tab. 4. Produkcja energii elektrycznej w Polsce w 2004 r.

Rodzaj źródła	Produkcja energii elektrycznej	
	GWh	%
Elektrownie na węgiel kamienny	93588,4	60,73
Elektrownie na węgiel brunatny	2759,3	33,85
Elektrownie na gaz	3853,4	2,50
Elektrownie wodne szczytowo-pompowe	1609,0	1,04
Instalacje wykorzystujące OZE, w tym:	2893,9	1,88
elektrownie wodne przepływowe	2081,4	1,351
elektrownie wiatrowe	142,3	0,092
elektrownie na biomasę	603,8	0,392
elektrownie na biogaz	66,4	0,043
Razem	154102	100

Biorąc za poziom odniesienia zużycie energii elektrycznej w Polsce w 2004 r. i uwzględniając zadeklarowany cel ilościowy: 7,5% udział energii elektrycznej produkowanej z OZE w całkowitym krajowym zużyciu tej energii w 2010 r. można określić, że wielkość produkcji energii elektrycznej z OZE powinna w 2010 r. wynieść ok. 11 TWh. Według [5] prawdopodobne może być wytworzenie w 2010 r. 6 TWh energii elektrycznej łącznie z biomasy (w tym współspalania), biogazu i małej energetyki wodnej. Do wypełnienia zaleceń dyrektywy [3] zabraknie jeszcze 5 TWh energii. Czy jest możliwe wytworzenie takiej ilości energii z wiatru – ostatniego branego obecnie w Polsce pod uwagę źródła energii odnawialnej?

### Ocena potencjalnego udziału energii z wiatru w krajowej produkcji energii

O zasobach energii wiatru na danym obszarze decydują warunki wiatrowe. W związku z tym planując lokalizację elektrowni wiatrowych należy brać pod uwagę zarówno średnioroczne prędkości wiatru dla rozważanych obszarów, jak i częstotliwość występowania poszczególnych wartości prędkości w roku. Dla obszaru naszego kraju przyjmuje się, że warunki wiatrowe są uprzywilejowane, gdyż średnioroczne prędkości wiatru są równe lub większe od 5 m/s [7], a udziały prędkości wiatru ponad 6 m/s przekraczają w ciągu roku 40%. Średnie warunki wiatrowe są wówczas, gdy średnioroczne prędkości wiatru wynoszą ponad 4 m/s. Elektrownie wiatrowe pracują w pewnym zakresie prędkości, najczęściej 4,5-25 m/s.

Istotnym wskaźnikiem określającym zasoby energii wiatru jest moc jednostkowa wiatru. Moc wiatru przypadającą na 1m<sup>2</sup> powierzchni, przez którą przepływa strumień powietrza wyraża wzór [6]:

$$P = 0,5 \cdot \rho \cdot v^3, \text{ W/m}^2 \quad (5)$$

gdzie:  $\rho$  - gęstość powietrza, kg/m<sup>3</sup>  
 $v$  - prędkość powietrza, m/s.

Moc elektrowni wiatrowej o powierzchni wirnika  $A$  określa zależność:

$$N_{ew} = 0,5 \cdot \rho \cdot v^3 \cdot A, \text{ W} \quad (6)$$

gdzie:  $A$  – powierzchnia wirnika turbiny wiatrowej, m<sup>2</sup>.

Jednostkowy potencjał energetyczny wiatru (przypadający na 1m<sup>2</sup> powierzchni) określający wielkość możliwej do pozyskania energii w analizowanym czasie (np. roku), można obliczyć według równania:

$$E = 0,5 \cdot \rho \cdot v^3 \cdot t, \text{ Wh/m}^2 \quad (7)$$

gdzie:  $t$  – czas trwania danej prędkości wiatru, h.

Uwzględniając powierzchnię określaną przez skrzydła wirnika turbiny wiatrowej, produktywność energii w siłowni wiatrowej można określić z zależności:

$$E_{ew} = E \cdot A, \text{ Wh} \quad (8)$$

gdzie:  $E$  – energia użyteczna wiatru, Wh/m<sup>2</sup>,

$A$  – powierzchnia określaną skrzydłami wirnika, m<sup>2</sup>.

Dla przykładu, wydajność energetyczna elektrowni wiatrowej o mocy 600 kW z wirnikiem o średnicy 42 m umieszczonym na wysokości 30 m w zależności od średniorocznej prędkości wiatru kształtuje się następująco: prędkość 5,5 m/s – produkcja energii 930 MWh/rok; prędkość 6,0 m/s – produkcja energii 1400 MWh/rok; prędkość 7,2 m/s – produkcja energii 2200 MWh/rok (wg danych firmy VESTAS).

Na wydajność energetyczną elektrowni wiatrowej istotny wpływ, oprócz średniorocznej prędkości wiatru, ma rozkład prędkości wiatru w czasie i określony na podstawie tego rozkładu udział danej prędkości wiatru w analizowanym okresie.

Wpływ rozkładu prędkości wiatru na wydajność energetyczną elektrowni wiatrowej ilustrują poniższe przykłady, dla których dane wejściowe i wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 5.

Średniogodzinowa prędkość wiatru dla przykładu 1 wynosi 4,1 m/s, a ilość wytworzonej energii w czasie 1 h - 87,52 Wh/m<sup>2</sup>. Dla przykładu 2 średnia prędkość wiatru w czasie 1 godz. wynosi 8,1 m/s natomiast ilość wytworzonej energii jest taka sama jak

Tab. 5. Wyniki obliczeń jednostkowej energii elektrycznej wytworzonej w siłowni wiatrowej

Przedział czasowy min	Przykład 1			Przykład 2			Przykład 3		
	Średnia prędkość wiatru m/s	Wytworzona energia		Średnia prędkość wiatru m/s	Wytworzona energia		Średnia prędkość wiatru m/s	Wytworzona energia	
		Wmin/m <sup>2</sup>	Wh/m <sup>2</sup>		Wmin/m <sup>2</sup>	Wh/m <sup>2</sup>		Wmin/m <sup>2</sup>	Wh/m <sup>2</sup>
1-10	3,6	0	0	30	0	0	2	0	
10-20	3	0	0	2	0	0	8	3136	52,27
20-30	2	0	0	9,5	5251,4	87,52	2,5	0	
30-40	9,5	5251,4	87,52	1,7	0	0	3,5	0	
40-50	3,5	0	0	1,5	0	0	3,6	0	
50-60	3	0	0	4	0	0	5	765,6	12,76
1-60	4,1	5251,4	87,52	8,1	5251,4	87,52	4,1	3901,6	65,03

w przykładzie 1. Wynika to z faktu, iż przy prędkości wiatru 30 m/s elektrownia zostanie wyłączona, natomiast włączona jedynie przy prędkości 9,5 m/s. W trzecim przykładzie średnia prędkość wiatru w czasie 1 h ma taką samą wartość jak w przykładzie 1, jednak turbina wiatrowa zostanie uruchomiona w drugim i szóstym przedziale czasowym, a energia wytworzona w czasie 1 h osiągnie wartość 65,03 Wh/m<sup>2</sup>. Obliczenia wartości jednostkowej energii w powyższych przykładach przeprowadzono dla gęstości powietrza  $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$  i bez uwzględnienia sprawności elektrowni.

Na dokładność oceny potencjału energetycznego wiatru – parametru bardzo ważnego przy wyborze lokalizacji i analizie ekonomicznej planowanej siłowni wiatrowej – ma wpływ metodyka pomiarów parametrów wiatru: prędkości, energii i kierunku wiatru (ciągłe pomiary przez okres minimum 1 roku z zastosowaniem specjalistycznych urządzeń). Z uwagi na to, że potencjał energetyczny wiatru i związana z nim wydajność energetyczna turbiny wiatrowej jest wprost proporcjonalna do trzeciej potęgi prędkości wiatru, nawet niewielki błąd w określeniu tej prędkości generuje odpowiednio duży błąd obliczanej wydajności energetycznej. Z prostych obliczeń przeprowadzonych dla danych przykładu 1 (tab. 5) z uwzględnieniem 10% błędu pomiaru prędkości wiatru (wartości prędkości wiatru zwiększono

o 10%) wynika, że wartość wytworzonej energii byłaby o ok. 33% większa.

Ocenia się, że na około 60% powierzchni Polski występują warunki wiatrowe odpowiednie do produkcji „czystszej” energii elektrycznej. Oznacza to, że średnie prędkości wiatru na tym obszarze na wysokości 30 m n.p.t. przekraczają 4 m/s. Z kolei na 1/3 powierzchni kraju istnieją uprzywilejowane warunki wiatrowe dla eksploatacji elektrowni wiatrowych sieciowych. Kryteria opłacalności gospodarczej dla sieciowych elektrowni wiatrowych określają by średnioroczna prędkość wiatru na wysokości wirthnika wynosiła co najmniej 5,5 m/s, a czas użytkowania mocy zainstalowanej w każdej podłączonej do sieci elektrowni wiatrowej był nie mniejszy niż 1500 h/rok.

Powierzchnia Polski z warunkami wiatrowymi uprzywilejowanymi wynosi 104 228,3 km<sup>2</sup> (tab.6). Wykonując obliczenia dla średniej prędkości wiatru w ciągu roku 5,5 m/s, gęstości powietrza  $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$  i średniej powierzchni zakreślonej skrzydłami wirthnika turbiny wiatrowej 380 m<sup>2</sup> uzyskujemy moc turbiny równą 38,724 kW. Natomiast produkcja energii w ciągu roku (dla 8760 h) osiągnie wartość 339,22 MWh/rok. Zakładając, że sprawność całkowita elektrowni wiatrowej wynosi 25%, co oznacza, że zasoby wiatru będą wykorzystywane

Tab. 6. Wyniki obliczeń ilości siłowni wiatrowych przy założeniu produkcji energii z wiatru na poziomie 5TWh/rok

Parametr	Wartość	
	Wariant I	Wariant II
Powierzchnia kraju z uprzywilejowanymi warunkami wiatrowymi, km <sup>2</sup>	104228,3	
Średnia prędkość wiatru, m/s	5,5	5,5
Gęstość powietrza, kg/m <sup>3</sup>	1,225	1,225
Średnia powierzchnia zakreślana skrzydłami wirthnika, m <sup>2</sup>	380	-
Moc pojedynczej siłowni wiatrowej, kW	38,724	1000
Średnia teoretyczna produkcja energii elektrycznej z pojedynczej siłowni wiatrowej, MWh/rok	339,2	8760
Produkcja energii z siłowni wiatrowej przy wykorzystaniu ¼ zasobów energii wiatru, MWh/rok	84,807	2190
Teoretyczna ilość siłowni wiatrowych, szt.	58958	2283
Całkowita produkcja energii elektrycznej z siłowni wiatrowych, TWh/rok	5	5
Produkcja energii elektrycznej z elektrowni ciepłych w 2004 r., TWh	154,102	154,102
Udział energii z elektrowni wiatrowych przy założeniu wykorzystania ¼ zasobów energii wiatru w produkcji krajowej energii elektrycznej, %	3,24	3,24

w ¼ ogólnej ich potencjalnej ilości, produkcja energii wyniesie 84,807 MWh/rok. W celu uzyskania z energetyki wiatrowej 5 TWh energii elektrycznej należałoby uruchomić 58 959 takich siłowni wiatrowych. W razie, gdyby elektrownia wiatrowa miała moc zainstalowaną 1 MW, a pozostałe założenia jak powyżej, to produkcja energii z takiej elektrowni wyniosłaby 2190 MWh/rok. Dla wypełnienia zaleceń dyrektywy [3] należałoby wybudować 2283 takie elektrownie. Jednak nawet najwięksi zwolennicy elektrowni wiatrowych uważają, że taka ilość jednostek wytwórczych nie jest w Polsce możliwa do uruchomienia. Według nich maksymalna ilość energii możliwa do uzyskania w ciągu roku z energii wiatru to 1 TWh – odpowiada to 457 elektrowni o mocy 1 MW każda (przy założeniu użytkowania mocy zainstalowanej przez 2190 h/rok).

Warto nadmienić, iż Polska Izba Gospodarcza Energii Odnawialnej przedstawiła Ministerstwu Gospodarki w kwietniu 2006 w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko listę projektów inwestycyjnych w energetyce wiatrowej zgłoszonych do finansowania na łączną moc 2631 MW.

Z powyższych rozważań wynika, iż energetyka wiatrowa nie będzie miała znaczącego udziału w ogólnym bilansie energetycznym Polski. Może mieć ona jednak duże znaczenie w skali lokalnej oraz niewątpliwie pozwoli zmniejszyć zanieczyszczenie środowiska.

Według danych Komisji Energetyki Wspólnoty Europejskiej uruchomienie 1 elektrowni wiatrowej o mocy 300 kW pozwala zredukować rocznie wydzielanie zanieczyszczeń o następujące ilości: 4-7 Mg SO<sub>2</sub>, 3-5 Mg NO<sub>x</sub>, 500-1000 Mg CO<sub>2</sub>, 30-60 Mg popiołów.

Według stanu na czerwiec 2005 pracują w Polsce 42 koncesjonowane elektrownie wiatrowe o łącznej mocy 60,131 MW. Działa również kilkadziesiąt mniejszych elektrowni pracujących na sieć wydzieloną, np. przy domkach jednorodzinnych. Z danych European Wind Energy Association (EWA) wynika, że moc zainstalowanych turbin wiatrowych w Polsce na koniec 2005 r. wynosiła 73 MW. W stosunku do stanu na koniec 1999 r., kiedy to pracowało 17 wiatrowych elektrowni sieciowych o łącznej mocy nominalnej 3,435 MW jest to wzrost mocy zainstalowanej o 69,565 MW.

### **Ekonomiczne aspekty produkcji energii elektrycznej w elektrowniach wiatrowych**

Podstawowym czynnikiem determinującym rozwój energetyki wiatrowej są warunki naturalne, do których w szczególności należą warunki wiatrowe oraz charakter zagospodarowania terenu, na którym jest planowana lokalizacja elektrowni wiatrowych. Równie ważne są tzw. czynniki instytucjonalne, które sprawiają, że koszty wytwarzania energii w krajach o takich samych warunkach wiatrowych są różne. Do głównych czynników instytucjonalnych należą: stopa dyskontowa, oprocentowanie kredytu, okres spłaty kredytu, okres amortyzacji czy mechanizmy fiskalne. To te czynniki, przy dużych nakładach inwestycyjnych na budowę elektrowni wiatrowej, decydują o kosztach wytwarzania i mają wpływ na właściwy zwrot zainwestowanego kapitału.

Wyższe koszty wytwarzania „czystej” energii elektrycznej w porównaniu z energią z konwencjonalnych elektrowni jest istotną barierą osiągnięcia liczącego się udziału w bilansie energetycznym kraju energii ze źródeł odnawialnych. Duże elektrownie sieciowe wykorzystujące źródła odnawialne, pomimo wysokich kosztów wytwarzania w nich energii i związanej z nimi jej ceny mogą być opłacalne w pewnych warunkach. Na pewno wtedy, gdy istnieje możliwość wykorzystania dostępnych kredytów i pożyczek preferencyjnych oraz dotacji z funduszy UE (fundusze strukturalne, Fundusz Spójności), z krajowych funduszy ekologicznych (NFOŚiGW, fundacje ekologiczne, np. EkoFundusz) czy też z budżetu państwa i budżetów samorządowych województw, powiatów, gmin przy realizacji takich inwestycji. Wiadomo również, że przy obecnych cenach energii, bez subwencji, inwestycje przetwarzające energię wiatru i wody nie osiągną właściwej stopy zwrotu kapitału. Według analiz Polskiej Izby Gospodarczej Energii Odnawialnej wysokość dotacji zapewniająca właściwy zwrot zainwestowanego kapitału w jednostki wytwórcze z OZE to 20-30%. Dlatego tak jest ważne stałe pozyskiwanie środków dotacyjnych. Unia Europejska z kolei sugeruje, aby wysokość dotacji do inwestycji wytwarzających energię elektryczną z OZE nie była wyższa niż uzyskiwany efekt ekologiczny w następstwie użytkowania OZE. Wysokość takiej dotacji w polskiej rzeczywistości nie powinna przekroczyć ok. 0,03 euro/kWh (na takim poziomie szacuje się w Polsce jednostkowy koszt wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach węglowych).

Oceniając koszty wytwarzania energii elektrycznej z różnych nośników energii, w tym z OZE, należy również porównywać je z granicą opłacalności. Na tej podstawie można określić także konkurencyjność instalacji energetycznych. Według [5] za granicę opłacalności dla polskich instalacji elektroenergetycznych można uznać 0,06 euro/kWh. Tej granicy nie przekracza jednostkowy koszt wytwarzania energii elektrycznej z biomasy, z biogazu i z małej energetyki wodnej. Natomiast ok. 2-krotnie przekracza tę granicę jednostkowy koszt wytwarzania energii w elektrowniach wiatrowych wynoszący ok. 0,12 euro/kWh.

Zachętą do inwestowania w energetykę wiatrową jest z pewnością możliwość zlokalizowania jej w rejonach o najwyższych cenach energii ze źródeł konwencjonalnych. Wysokie ceny energii produkowanej na bazie paliw kopalnych na obszarach wiejskich i peryferyjnych wynikają z wyższych kosztów transportu i dystrybucji kopalnych nośników energii na tych obszarach i wyższych kosztów przesyłu energii do odbiorców rozproszonych.

Działaniem zachęcającym do uruchamiania nowych mocy wytwórczych w branży energetyki odnawialnej jest zapewnienie stabilności mechanizmów wspierających, co będzie gwarancją poczucia bezpieczeństwa przyszłych inwestorów. Do takich mechanizmów można zaliczyć świadectwa pochodzenia energii z OZE i jednostkową opłatę zastępczą. Stabilność mechanizmów wpłynie na dokładność analizy ekonomicznej nowych inwestycji z OZE, ułatwi proces ich finansowania, a w rezultacie przyczyni się do obniżenia ryzyka budowy tych inwestycji.

Porównując jednostkową cenę energii elektrycznej z elektrowni wiatrowej o mocy 30 MW w roku 2004 i 2005, w którym zaczęły obowiązywać przepisy uzyskiwania i przedstawiania do

Tab. 7. Jednostkowa cena energii elektrycznej z elektrowni wiatrowej o mocy 30 MW w 2004 r. i 2005 r. [10]

Rok 2004	Rok 2005		
Cena energii ogółem, zł/MWh	Cena energii fizycznej, zł/MWh	Świadectwo pochodzenia, zł/MWh	Cena energii ogółem, zł/MWh
292	118	220	338

umorzenia świadectw pochodzenia energii z OZE (jako formy spełnienia obowiązku zakupowego „czystej” energii), można stwierdzić, że jednostkowa cena energii elektrycznej w 2005r. była o 46 zł/MWh wyższa w stosunku do 2004r. (tab. 7).

Pozytywny wpływ na wzrost udziału energii z elektrowni wiatrowych w bilansie energetycznym kraju miałyby także takie mechanizmy fiskalne, które zapewniałyby uzyskanie odpowiednich korzyści finansowych w stosunku do ponoszonych wysokich kosztów inwestycyjnych na urządzenia i obiekty przeznaczone do przetwarzania energii wiatru.

W celu zwiększenia stopnia wykorzystania odnawialnych źródeł energii jest potrzebna edukacja w zakresie korzyści, przede wszystkim społecznych i ekologicznych, płynących z wykorzystywania tych źródeł oraz upowszechnianie informacji o formach i warunkach możliwej do uzyskania przez potencjalnych inwestorów pomocy finansowej i technicznej.

Inwestowanie w przetwarzanie odnawialnych źródeł energii, w tym energii wiatru, okazuje się zazwyczaj nieekonomiczne, a na pewno wtedy, gdy w analizie ekonomicznej przyszłej inwestycji ekologicznej nie uwzględnia się wymiernych korzyści ekologicznych i społecznych wynikających z jej funkcjonowania [9]. A dużą zaletą elektrowni wiatrowej jest brak emisji zanieczyszczeń oraz kosztów środowiskowych i społecznych jakie powoduje energetyka konwencjonalna. Inwestowanie w energetykę wiatrową, ze względu na jej pozaekonomiczne korzyści jest jak najbardziej uzasadnione.

Oceny ekonomicznej inwestycji dokonuje się w oparciu o różne wskaźniki. Najczęściej stosowanymi wskaźnikami są: wskaźnik bieżącej wartości netto (NPV), wewnętrzna stopa zwrotu (IRR), okres zwrotu nakładów inwestycyjnych [1,6]. Wskaźniki te uwzględniają czynnik czasu i ryzyka systematycznego prowadzenia działalności poprzez dyskontowanie przyszłych przepływów pieniężnych za pomocą przyjętej wartości stopy dyskontowej. Wskaźnik wartości bieżącej netto określa zależność:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{P_t - I_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (9)$$

$P_t$  - przychód w roku  $t$ ,

$I_t$  - nakłady inwestycyjne w roku  $t$ ,

$I_0$  - nakłady początkowe (poniesione w roku zerowym, będącym rokiem budowy inwestycji),

$t$  - kolejne lata okresu obliczeniowego (istnienia inwestycji);  $t=1,2,\dots,n$ ,

$n$  - liczba lat istnienia inwestycji (od rozpoczęcia budowy do zamknięcia),

$i$  - stopa dyskonta.

Przychód w danym roku wyznacza się jako różnicę pomiędzy wpływami ze sprzedaży i wydatkami operacyjnymi związanymi z planowanym projektem inwestycyjnym. W razie przedsięwzięć

ekologicznych, w tym elektrowni wiatrowych, przychód należy rozumieć jako:

$$P_t = P_e + S_u + O_s \quad (10)$$

gdzie:  $P_e$  - przychód jako różnica między wpływami ze sprzedaży i wydatkami operacyjnymi w danym roku istnienia inwestycji,

$S_u$  - straty w środowisku, których uniknięto dzięki realizacji inwestycji,

$O_s$  - oszczędność z tytułu obniżenia wydatków na opłaty ekologiczne, kary i odszkodowania.

Straty w środowisku  $S_u$ , których uniknięto w następstwie działalności inwestycji proekologicznej obejmują w szczególności:

- 1) społecznie zbędne zużycie nieodnawialnych zasobów surowców naturalnych, których ilości stale zmniejszają się,
- 2) pogorszenie warunków życia ludności (straty zdrowia),
- 3) obniżenie jakości środowiska (elektrownie wiatrowe nie powodują emisji  $CO_2$ ,  $NO_x$ ,  $SO_2$ , CO i pyłów do atmosfery),
- 4) zmniejszenie korzyści gospodarczych (eliminacja kosztów związanych z oczyszczaniem spalin i ścieków).

Uwzględnienie w analizie ekonomicznej inwestycji składnika  $S_u$  jest możliwe wówczas, gdy jest przeprowadzona jego wycena. Straty zewnętrzne powodowane przez wytworzenie 1 MWh energii elektrycznej w zawodowych elektrowniach tradycyjnych opalanych węglem są szacowane na 133 zł [8].

Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR) jest stopą dyskontową, przy której wartość aktualna wpływów pieniężnych jest równa wartości aktualnej wydatków pieniężnych. Inaczej mówiąc IRR jest stopą dyskontową, przy której  $NPV=0$ .

Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych  $T$  oznacza okres (liczba lat), po którym następuje zwrot poniesionych nakładów inwestycyjnych, co można zapisać za pomocą zależności [6]:

$$N = \sum_{t=1}^n Z_t + A_t + Od_t \quad (11)$$

gdzie:  $Z_t$  - zysk netto w roku  $t$  eksploatacji inwestycji,

$A_t$  - stawka amortyzacji w roku  $t$  eksploatacji inwestycji,

$Od_t$  - odsetki od zaciągniętego kredytu w roku  $t$  realizacji inwestycji,

$t$  - indeks czasu oznaczający kolejny rok realizacji inwestycji;  $t=1,2, \dots, n$ ,

$n$  - liczba lat istnienia inwestycji,

$N$  - poniesione nakłady inwestycyjne.

Na wartości powyższych wskaźników mają wpływ źródła finansowania. Podano przykład obliczeń symulacyjnych obrazujących wpływ na efektywność inwestycji sposobu



Tab. 8. Wartości mierników efektywności elektrowni wiatrowej w zależności od sposobu jej finansowania

Nakłady inwestycyjne zł	Finansowanie w 100% kapitałem własnym			Finansowanie kapitałem własnym w 50% i kredytem w wysokości 50% nakładów inwestycyjnych			Finansowanie kapitałem własnym w 25%, dotacją w wysokości 25% i kredytem w wysokości 50% nakładów inwestycyjnych		
	Przykład 1			Przykład 2			Przykład 3		
	NPV zł	IRR %	T rok	NPV zł	IRR %	T rok	NPV zł	IRR %	T rok
9 000 000	3 895 809,5	13	6,9	4 428 776,3	14	5,2	6 512 109,7	19	3,8

dofinansowania: kredytu i dotacji. Do obliczeń przyjęto poniższe założenia:

- moc planowanej elektrowni wiatrowej: 2000 kW,
- wysokość nakładów inwestycyjnych: 9 000 000 zł (w tym 8 000 000 zł na zakup urządzeń),
- okres budowy: 1 rok,
- okres pracy elektrowni: 21 lat,
- wielkość produkcji: 5500 MWh/rok,
- cena jednostkowa sprzedaży wytworzonej energii elektrycznej: 338 zł/ MWh (w tym 118 zł/MWh – cena sprzedaży fizycznej energii, a 220 zł/MWh - cena sprzedaży świadectw pochodzenia),
- koszty eksploatacyjne: w latach 1-4 na poziomie 1% nakładów inwestycyjnych, w latach 5-21 w wysokości 2% nakładów inwestycyjnych,
- stawka amortyzacyjna: 5% nakładów przeznaczonych na zakup urządzeń uwzględniana w latach 1-20,
- podatek dochodowy: 32%,
- stopa dyskontowa 8%,
- w 1. zadaniu obliczeniowym finansowanie inwestycji realizowane jest w 100% ze środków własnych; w 2. przykładzie inwestycja finansowana jest w 50% ze środków własnych i w 50% z udzielonego na 10 lat kredytu o stałej racie spłaty wynoszącej 10% wartości kredytu i koszcie kredytu równym 9%; w 3. przykładzie koszty budowy pokrywane są w 25% ze środków własnych, w 25% z dotacji udzielonej w 1-ym roku eksploatacji elektrowni i w 50% z kredytu udzielonego na warunkach jak w zadaniu 2.
- w równaniu (10) nie uwzględniono wartości składników  $S_u$  i  $O_s$  ( $S_u = O_s = 0$ ).

Wyniki obliczeń wartości wskaźników uwzględnianych przy ocenie efektywności przykładowej inwestycji zawiera tabela 8.

Z analizy wyników podanych w tabeli 8 wynika, że elektrownia produkująca ok. 5500 MWh/rok energii elektrycznej jest inwestycją opłacalną, niezależnie od sposobu finansowania. Jednakże efektywność tej inwestycji zwiększa się w razie wykorzystania dotacji (przykład 3), kredytów preferencyjnych i innych bezwrotnych źródeł finansowania. W przykładzie 2 zaciągnięcie kredytu na podanych warunkach podnosi (w stosunku do przykładu 1) nieznacznie efektywność inwestycji, co wynika ze zmniejszenia obciążeń podatkowych, ponieważ odsetki od kredytu można przesunąć w koszty. Zwrot nakładów inwestycyjnych zostanie osiągnięty po ok. 3,8 latach dla sposobu finansowania jak w przykładzie 3, czyli wykorzystania dotacji w wysokości 25% i kredytu w wysokości 50% nakładów inwestycyjnych oraz

finansowania kapitałem własnym w wysokości 25 % całkowitych kosztów inwestycyjnych.

### Uwagi końcowe

Na wzrost tempa uruchamiania nowych mocy wytwórczych energii z wiatru i innych alternatywnych źródeł energii ma wpływ system zachęt finansowych, takich jak dotacje, kredyty preferencyjne, umorzenia kredytów, pożyczki na dogodnych warunkach. Te instrumenty ekonomiczne podnosząc efektywność inwestycji, stały się niejako impulsem dla inwestorów, którzy w ostatnim czasie aktywniej przystępują do realizacji tego rodzaju przedsięwzięć. Wsparcie finansowe jest pewnego rodzaju rekompensatą za brak strat w środowisku w wyniku eksploatacji inwestycji proekologicznych. Technologie wytwarzania energii na bazie paliw kopalnych są znacznie tańsze od technologii wykorzystujących OZE, bowiem nie są one obciążone wszystkimi kosztami społecznymi generowanymi przez tradycyjne technologie.

Wyniki przeprowadzonych obliczeń efektywności przykładowej inwestycji dla 3 sposobów jej finansowania świadczą o wzroście efektywności inwestycji w wyniku jej preferencyjnego finansowania. Sposób finansowania złożony z 3 źródeł (kapitał własny, dotacja i kredyt) jest najkorzystniejszy. Dla tego sposobu wskaźnik NPV jest ok. 1,67 razy większy niż dla sposobu finansowania w 100% kapitałem własnym, natomiast okres zwrotu nakładów inwestycyjnych wynosi 3,8 lat, podczas, gdy przy finansowaniu w 100% kapitałem własnym okres ten wydłuża się do 6,9 lat.

Inwestycje proekologiczne, w tym w alternatywne źródła energii powinny być oceniane nie tylko pod kątem rachunku ekonomicznego, lecz także postrzegane jako inwestycje, które nie oddziałują ujemnie (bądź oddziałują w niewielkim stopniu) na środowisko i przynoszące wymierne korzyści ekologiczne i społeczne.

Zachętą dla inwestorów jest zapewnienie stabilności mechanizmów wspierających rozwój inwestycji w sektorze energetyki odnawialnej. Do tych mechanizmów należy zaliczyć „zielone certyfikaty” i opłatę zastępczą jako alternatywę wypełnienia przez zobligowane przedsiębiorstwa energetyczne obowiązku zakupowego świadectw pochodzenia energii.

Uwzględnienie w analizie efektywności planowanej elektrowni wiatrowej lub innej proekologicznej inwestycji strat, których uniknięto dzięki tej inwestycji oraz oszczędności z tytułu zmniejszenia wydatków na opłaty ekologiczne oraz kary i odszkodowania przyczyni się do zwiększenia efektywności i konkurencyjności tej inwestycji w stosunku do tradycyjnych



źródeł wytwórczych energii. Problem stanowi jednak wycena tych strat i odszkodowań

W celu wypełnienia zaleceń dyrektywy [3], tj. uzyskania w 2010 r. 7,5% udziału energii elektrycznej z OZE w zużyciu energii brutto należałoby wytworzyć z tych źródeł ok. 11 TWh/rok energii elektrycznej. Prawdopodobne jest pozyskanie ok. 6 TWh/rok energii łącznie z biomasy, biogazu i elektrowni wodnych przepływowych [5], natomiast pozostała wymagana ilość energii mogłaby pochodzić z przetwarzania energii wiatru. Może to być możliwe po uruchomieniu 2283 siłowni wiatrowych o mocy 1MW każda i przy założeniu wykorzystywania mocy zainstalowanej przez 2190 h/rok.

#### LITERATURA

- [1.] Brealey R.A., Myers S.C.: Podstawy finansów przedsiębiorstw. PWN, Warszawa 1999
- [2.] Dokument: Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 r przyjętego przez Radę Ministrów w dn. 22.02.2000, www.sejm.gov.pl

(c.d. ze s. 153)

out the way in which all the sorts correspond. Unfortunately, despite of the need of realization of the strategy, both local and county councils do not guarantee them a sustainable character. The survey conducted among council authorities constituted base to verify hypothesis of insufficient understanding the given concept by public administration. Additionally, this gives rise to conclusions necessary to verify the thesis, assuming that communes do not develop in a sustainable way and neither they realize the Local Agenda 21 nor solve problems in a complex mode with preservation of environmental, economic, social and politically - institutional sort.

Aleksander Astel: **Computer simulation as a tool used in chemical industry catastrophe effect predicting.** The application of computer sciences opened a new stage in modeling, simulation and catastrophic events effects' predicting. The possibility of examining the response of a system at the designing stage gives a valuable information source, especially when the economics or the estimation of a scale of a threat connected with human health or life is not available by the means of a real experiment. The capability of ALOHA ver. 5.3. software application is presented in this paper as an efficient tool in chemical catastrophic events effects' predicting. The real-time simulation covers information concerning physical and chemical properties of toxic compounds, type and a scale of an event, and also geographical location and building construction characteristics. An easy visualization of simulation effects allows predicting the results of the events and the out-coming threats, identifying dangerous zones for the environment and living organisms, and also assessing the distribution of a chemical substance as a function of time and space giving consideration to present meteorological conditions.

Danuta Cichy, Ligia Tuszyńska: **Awareness and views of the Masovia region community on environmental protection and sustainable development.** Poland's participation in the world- wide Decade of Education for Sustainable Development 2005 – 2014 requires a recognition of the awareness level and views of local communities in relation to environmental protection and sustainable development. The paper is an attempt of determining the awareness level and points of view of the public in the second year of the Decade on the example of the Masovia Voievodeship. The results of the studies prove a relatively low level of interest of local communities in environmental protection and sustainable development issues. There is a need to develop environmental education programmes by municipalities which take into account local settings. Public activity in environmental protection aimed initiatives should be strengthened through involvement in local projects with the support of local organizations dealing with formal and informal education in municipalities.

Halina Marczak: **Energy and economy related conditions for wind power utilisation.** Legal obligations imposed on power producers and economic instruments as mechanisms supporting power production from alternative and combined sources have been presented. Among economic instruments, replacement fee has been described as an alternative for meeting the purchase requirement of clean energy origin certificates as well as fines for failures to fulfill the obligations by power producers. The potential of achieving the quantitative goal

- [3.] Dyrektywa 2001/77/EC Parlamentu Europejskiego i Rady z dn. 27.09.2001 w sprawie promocji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych na wewnętrznym rynku energii elektrycznej
- [4.] Obwieszczenie Ministra Gospodarki z dnia 20 kwietnia 2006 r. w sprawie ogłoszenia raportu zawierającego analizę realizacji celów ilościowych i osiągniętych wyników w zakresie wytwarzania energii elektrycznej w odnawialnych źródłach energii M.P. z dnia 9 maja 2006
- [5.] Referat autorstwa grupy ekspertów: Ocena opcji odnawialnych źródeł energii. Neutrony 4 (116), 2004
- [6.] Soliński I.: Energetyczne i ekonomiczne aspekty wykorzystania energii wiatrowej. Wyd. Inst. Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią. PAN, Kraków 1999
- [7.] Soliński I, Soliński B.: Czynniki ekonomiczne warunkujące rozwój energetyki wiatrowej w Polsce. Konf. Naukowo-Techniczna „Przemysł wydobywczy na przełomie XX i XXI stulecia”. Kraków 7-8 grudnia 2000
- [8.] Szostek T.: Warunki rozwoju energetyki niekonwencjonalnej w Polsce na przykładzie elektrowni wiatrowych, www.elektrownie-wiatrowe.org.pl
- [9.] Wiśniewski T.: Rachunek efektywności inwestycji w alternatywne źródła energii. <http://uoo.univ.szczecin.pl>
- [10.] Wójcik W.: OZE na gospodarczej mapie Polski, www.polpx.pl

of a 7,5% share of electric energy produced from alternative sources in the total gross energy consumption in the year 2010 has been analyzed. Special stress was put on the assessment of the share of wind power in the energetic balance of the country. The number of wind-power stations has been calculated for the assumed implications e.g. production of energy from wind on the level of 5 TWh/year.

The need to subsidy investment projects focused on electric energy production from wind power was indicated to enable achievement of a proper return on investment. A calculation of the impact of financial engineering of a wind power station on its economic assessment has been provided

Adam Kupczyk, Józef Szlachta: **Polish production capacities of bioethanol including eu conditions.** Bioethanol has been introduced in the Polish petrol fuel sector in mid 90's only. The basic raw material for bioethanol production in Poland is agricultural distillate from rye and potatoes (of less significance as a raw material) in agricultural distilleries. Agricultural distillate goes to dewatering plants (totally 18 plants declaring the possibility of dewatering), production capacity of which is estimated to be approx. 500 millions dm<sup>3</sup>/year. At present, there are several investments for a single phase bioethanol production being implemented (or planned), what decreases energy inputs.

The index of liquid biofuels consumed in Polish transport (in respect of calorific value) in 2004 was 0.30% and it is planned for 2005 to be 0.5% (2003/30 EEC planned – 2%).

Katedra Architektury Środowiskowej i Centrum  
Transferu Technologii Politechniki Krakowskiej  
zapraszają na

2. Konferencję Regentif  
**Rewitalizacja miast poprzez  
regenerację terenów poprzemysłowych;  
innowacja i dobra praktyka**

w dniach 30 maja - 1 czerwca 2007 r.  
w Sali Konferencyjnej „Kotłownia” Politechniki  
Krakowskiej, Kraków, ul. Warszawska 24