

*Krzysztof Pytel***Energetyka wiatrowa jako symbioza korzyści społecznych, ekonomicznych i edukacyjnych**

Energia jest życiem a człowiek płaci za potrzebę światła, ciepła, mobilności wysoką cenę, która jest kompilacją zmian klimatycznych, zanieczyszczenia atmosfery, radioaktywnych odpadów czy zdewastowanych krajobrazów. Rewolucja nauk technicznych oraz wzrost populacji ludzkiej skutkują zwyżkującym zapotrzebowaniem na zużycie energii, które, ogólnie ujmując, jest uzależnione od tempa rozwoju gospodarczego i ewolucji struktur społeczno-gospodarczych. Świat wszedł na ścieżkę ekologii, na której człowiek zaczyna interesować się losem szeroko pojętego środowiska, czystą ekologicznie produkcją energii oraz oddziaływaniem na życie każdego z osobna, a szczególnie na pozostawienie zasobów energetycznych dla przyszłych pokoleń. Groźba zmian klimatycznych, ograniczona dostępność do tradycyjnych paliw oraz coraz to nowsze i bardziej intrygujące wyzwania dotyczące możliwości pozyskania zasobów energetycznych zwiększyły zainteresowanie odnawialnymi źródłami energii, w tym energią uzyskiwaną z wiatru. Zawodowa energetyka wiatrowa to przemysł stosunkowo młody, chociaż bardzo pręźnie rozwijany. To nie tylko korzyści ekologiczne wynikające z wykorzystania czystego, niewyczerpalnego surowca energetycznego, to także szeroki wachlarz korzyści ekonomicznych i społecznych. Świadomość coraz szybciej rozwijającej się myśli ekologicznej, ekonomicznej oraz piętno wywierane przez kończące się zasoby surowców kopalnych inspirują do korzystania z tego zasobu.

**Spółeczny aspekt inwestowania w energetykę wiatrową**

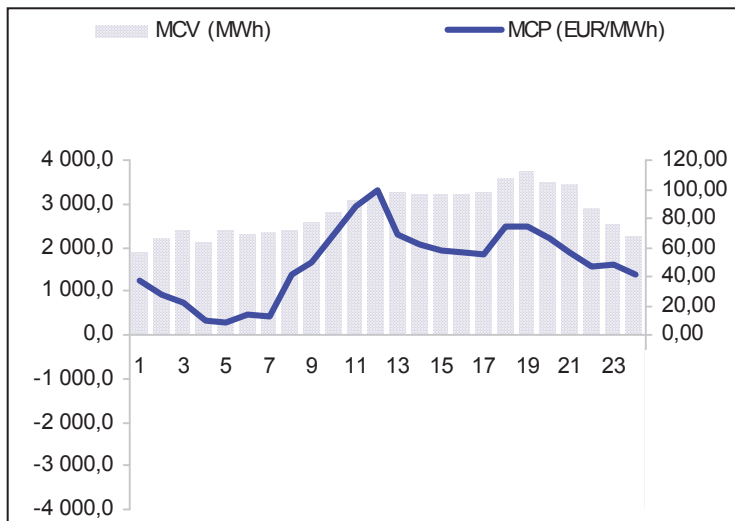
Mimo wielu zalet, energetyka konwencjonalna niesie za sobą sporo niebezpieczeństw. W fazie wytwarzania energii elektrycznej powstają zanieczyszczenia w postaci emitowanych do atmosfery pyłów i gazów, często występujące na obszarach licznie zaludnionych. Główne zagrożenia to emisja tlenków azotu i siarki odpowiedzialnych za występowanie kwaśnych deszczy, emisja dwutlenku węgla grożąca zmianami klimatycznymi, emisja pyłów, promieniowanie jonizujące i zagrożenia radiacyjne, bezzwrotne straty i zrzuty podgrzanej wody, ścieki technologiczne i hałas. Poza wymienionymi jest też skażenie powietrza produktami spalania, wyczerpanie się zasobów naturalnych źródeł energii i dewastacja terenu. Energetyka wiatrowa stanowi przykład energii źródeł odnawialnych ograniczającej zużycie paliw kopalnych. Spośród wszystkich dostępnych odnawialnych źródeł energii produkcja

z ruchu mas powietrza może być najczystsza i dostarczać wystarczających ilości energii do skutecznego zachowania tempa współczesnego postępu technicznego odznaczającego się powszechną elektryfikacją stosowanych urządzeń, zaawansowanymi procesami automatyzacji, powszechnym stosowaniem elektroniki oraz wzrostem potrzeb oświetleniowych. Szacuje się, że ludzkość zużyła blisko 2/3 całej wyprodukowanej przez siebie energii w ciągu ostatniego stulecia. Aby zabezpieczyć spożycie energii, należało przeorganizować metody jej produkcji, co wiązało się z przeobrażeniami nośników do jej pozyskiwania. Jednocześnie trzeba było ograniczyć, czy wręcz zmniejszyć energochłonność w celu utrzymania na stałym poziomie zużycia energii. Rokowanie kończących się zapasów paliw kopalnych spowodowało zwrócenie uwagi na odnawialne zasoby energetyczne i konsekwentnie doprowadziło do ich szybkiego rozwoju i stosowania. Moment przełomowy nastąpił z chwilą podpisania konwencji w Kioto w 1997 roku. Od tej pory źródła energii odnawialnej weszły w nowy i ważny etap rozwoju. Protokół z Kioto wygasa w 2012 roku, a więc konieczne jest kolejne globalne porozumienie, które przymusi państwa do dalszego zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych. Kontynuowane w tym celu negocjacje zakończone zostały w 2009 roku i na szczycie w Kopenhadze zarówno przedstawiciele państw bogatych, jak i mniej zamożnych opatrzyli swoimi podpisami kolejne porozumienie. Inwestycje w wykorzystanie energii wiatru nie są tanie, jednakże wiatr jest czystym i najobfitszym źródłem energii odnawialnej na kuli ziemskiej. Biorąc pod uwagę fakt, że energia wiatru była wykorzystywana przez ludzi od tysięcy lat, można zaobserwować, że niewyczerpalne źródło tej czystej ekologicznie energii znajduje coraz szersze zastosowanie i cieszy się coraz większym poparciem społecznym. Zawodowa energetyka wiatrowa zaczęła się rozwijać w drugiej połowie XX wieku głównie na terenach przybrzeżnych. Dzisiejsze elektrownie wiatrowe znacznie odbiegają zarówno wyglądem, jak i technologią wykonania od swoich prototypów, a obecnie osiągane moce rzędu MW są produkowane w bezpieczny sposób.

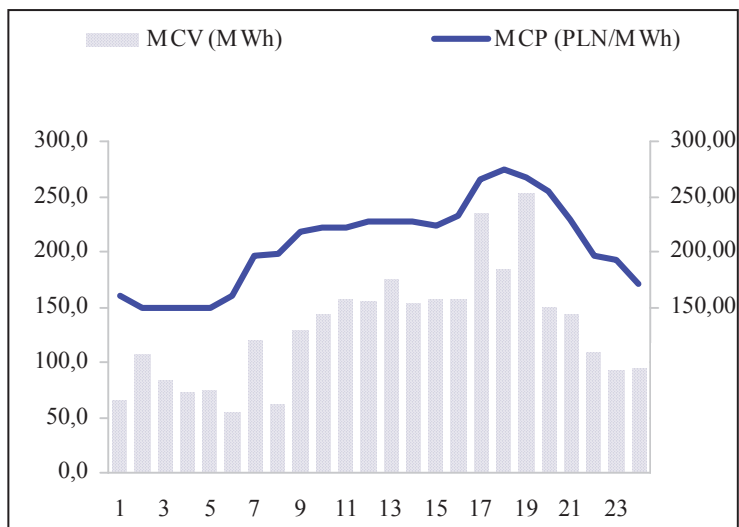
### **Korzyści ekonomiczne wynikające ze stosowania energii wiatru**

Postęp techniczny i technologiczny jest nacechowany dużym zapotrzebowaniem na moc. Sektor energetyczny to główna gałąź gospodarki wszystkich krajów, zajmująca czołowe miejsca na liście płatników dla budżetu państwa. Zużycie energii elektrycznej rośnie w Polsce szybciej, niż zakładają prognozy.

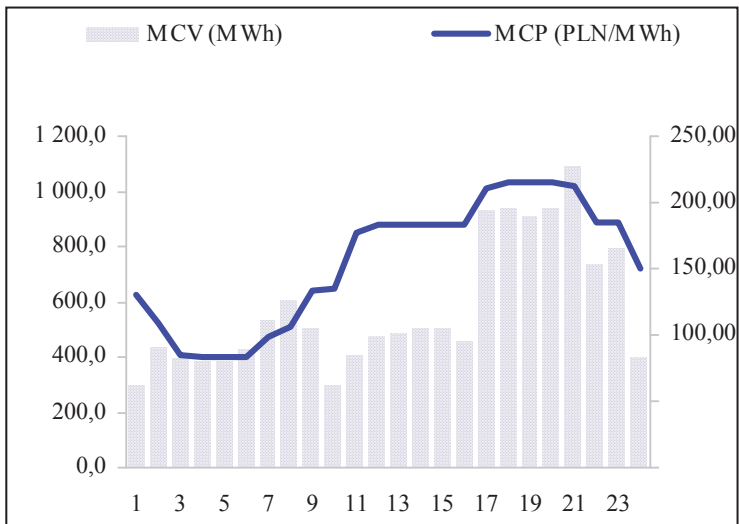
W Polsce w 2007 roku przekroczone o prawie 7% rekord poboru mocy z poprzedniego roku, a zużycie energii wzrosło faktycznie o ok. 3%. Działają platformy obrotu energią, a największe z nich to Platforma Obrotu Energią Elektryczną POEE i Towarowa Giełda Energii TGE. Na rysunkach 1–3 przedstawiono ceny i ilości energii na podstawie danych z trzech instytucji ustanowionych do obrotu energią elektryczną: APX (*Amsterdam Power Exchange*) – giełda energii elektrycznej w Holandii, Towarowa Giełda Energii oraz Internetowej Platformy Obrotu Energią Elektryczną – POEE. Jak widzimy na przedstawionych wykresach, cena energii elektrycznej może stanowić doskonały pretekst do zainwestowania w farmy elektrowni wiatrowych. Odpowiednia lokalizacja oraz nowoczesna konstrukcja może uczynić przedsięwzięcie aeroenergetyczne bardzo opłacalnym, o czym możemy przekonać się, obserwując rozkwit energetyki wiatrowej w wybranych krajach UE.



Rys. 1. Ceny i ilości energii na APX na dzień dostawy 19 stycznia 2008



Rys. 2. Ceny i ilości energii na TGE na dzień dostawy 18 stycznia 2008



Rys. 3. Ceny i ilości energii na POEE na dzień dostawy 18 stycznia 2008

W Polsce istnieją możliwości wspierania efektywności energetycznej i odnawialnych źródeł energii dzięki promowaniu zrównoważonej polityki energetycznej. Jednym z czynników pozytywnie wpływających na opłacalność inwestycji jest możliwość sytuowania ich na terenach o małej gęstości zaludnienia i braku sieci elektrycznej. Postęp nauki i techniki przyniósł nowe technologie, które umożliwiają obecnie wykorzystywanie energii wiatru ze zwiększoną sprawnością i co za tym idzie, ze zwiększoną opłacalnością. Energetykę wiatrową czeka pewny i dynamiczny rozwój na całym świecie, czego podstawową przyczyną jest całkowita darmowość, możliwość lokalizacji w miejscach odosobnionych i na nieużytkach, a jednocześnie możliwość pełnego wykorzystania terenu w bezpośrednim sąsiedztwie elektrowni do celów rolniczych. Równocześnie wykorzystywanie energii wiatru w pewien sposób wpływa na oszczędność paliw i nie powoduje emisji żadnych szkodliwych związków do atmosfery ani powstawania odpadów. Nawet wysokie koszty inwestycyjne nie są w stanie zniechęcić inwestorów do zainteresowania się tym naturalnym zasobem energetycznym.

Dynamiczny rozwój energetyki wiatrowej jest w Polsce bardzo prawdopodobny. Opierając się na wieloletnich obserwacjach kierunków i prędkości mas powietrza, zauważymy, iż tereny uprzywilejowane pod względem zasobów i możliwości wykorzystania wiatru stanowią ponad 50% powierzchni kraju. Ponadto lokowanie kapitału w energetykę wiatrową staje się opłacalnym sposobem zapewnienia stabilnych przychodów. Oprócz rynku pierwotnego, możemy również spotkać się z rynkiem wtórnym elektrowni wiatrowych oferującym konkurencyjne oferty. Te obniżone koszty inwestycyjne mogą skrócić okres zwrotu nakładów i przybliżyć czas osiągnięcia zysków.

Każde nowe przedsięwzięcie z punktu widzenia inwestora ma na celu przyniesienie zysków. W przypadku elektrowni wiatrowych występuje taka sama procedura. Z komercyjnego punktu widzenia zwrot nakładów, a w późniejszym okresie

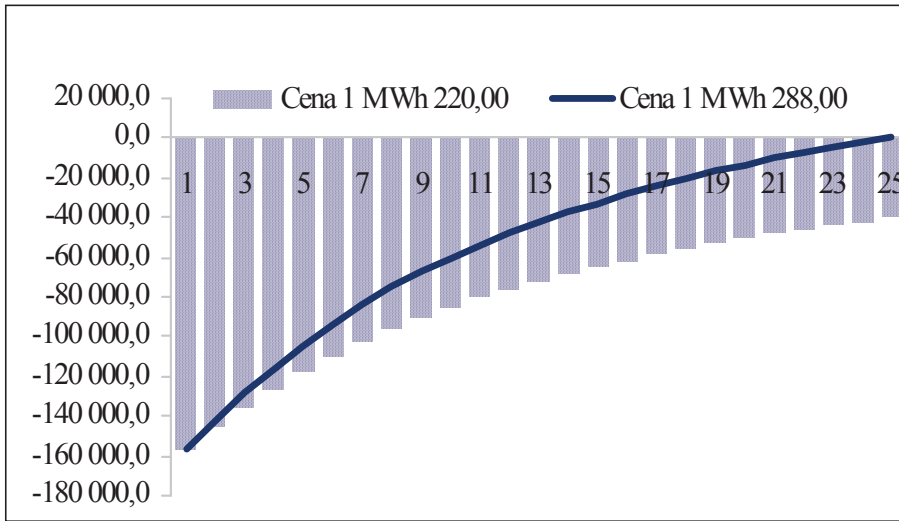
także zyski są ważnym czynnikiem determinującym sukces i sens inwestowania w ten rodzaj energetyki. Przeprowadzenie analizy ekonomicznej planowanej inwestycji jest szczególnie ważne w przypadku przedsięwzięć, takich jak energetyka wiatrowa, gdzie okres zwrotu nakładów trwa kilkanaście lat, a koszt inwestycji liczony jest w milionach złotych. W trakcie przygotowań do realizacji przedsięwzięcia wykonywana jest kompleksowa analiza ekonomiczna planowanego pomysłu inwestycji. Efektem takiego postępowania jest przedstawienie wariantów realizacji konkretnego projektu, będące podsumowaniem studiów problemowych i studium programowo-przestrzennego. Studium mówi o inwestycji rynkowej, analizuje koszty inwestycyjne na podstawie ogólnodostępnych wskaźników i danych, prezentuje analizę potencjalnych zagrożeń i spodziewanych korzyści na podstawie założonych warunków sprzedaży energii do sieci elektroenergetycznej. Spośród wariantów, jakimi dysponujemy, wybieramy opcję najbardziej efektywną z komercyjnego punktu widzenia. W analizie ekonomicznej stosowane są różne metody wyznaczania wskaźników, określających efektywność finansową przedsięwzięć inwestycyjnych.

Można się spotkać ze wskaźnikami statycznymi, które nie uwzględniają zmiany wartości pieniądza w czasie (wartość pieniądza jest taka sama niezależnie od momentu pozyskania tej kwoty) i ze wskaźnikami dynamicznymi, które uwzględniają taką zmianę, a podstawą do ich wyliczenia jest zdyskontowana wartość przepływów pieniężnych. Zgodnie z zaleceniami UNIDO proponuje się stosowanie następujących wskaźników efektywności ekonomicznej: czas zwrotu nakładów PBT, prosty czas zwrotu nakładów SPBT, wartość bieżąca netto NPV, wskaźnik wartości bieżącej netto NPVR, wewnętrzna stopa zwrotu IRR czy wreszcie zdyskontowany czas zwrotu nakładów DPBT. Poniżej zostaną przedstawione wybrane wyniki i wnioski z przeprowadzonych analiz. Rozpatrywano wariant, w którym założono średnią moc elektrowni wiatrowej 58,00 MWh/rok. Symulowano przepływy pieniężne dla następujących danych:

- koszty inwestycyjne: 156 000,00 [zł],
- koszty eksploatacyjne: 1 [%] x koszty inwestycyjne,
- moc turbiny: 30 [kW],
- prędkość wiatru: 6 [m/s],
- prognozowana moc: 58,00 MWh/a,
- środki własne [%]: 100%,
- okres obliczeniowy eksploatacji: 25 lat,
- okres budowy: 6 miesięcy.

Dla wariantu inwestycji policzono IRR, NPV, okres zwrotu inwestycji. Zmiany IRR, NPV oraz okresu zwrotu inwestycji w zależności od ceny energii przedstawiono na rysunku 4 oraz w tabeli 1.

Na podstawie wyników analizy dynamicznej zauważono, że inwestycja nie przyniesie zysków przez cały okres jej eksploatacja dla rynkowej ceny sprzedaży energii. Minimalna cena energii produkowanej przez elektrownię, która spowoduje, że eksploatacja elektrowni nie przyniesie strat to 288 zł/MWh. W przypadku ustalenia ceny sprzedaży energii na poziomie 1,5-krotnie wyższym od ceny rynkowej inwestycja będzie charakteryzowała się wewnętrzną stopą zysku 9,8%, zaktualizowana wartość netto wyniesie ponad 37 631 zł, natomiast inwestycja przyniesie pełny zwrot kosztów zainwestowanego kapitału po blisko 15 latach.



Rys. 4. Skumulowana wartość NCF projektu w latach dla dwóch wariantów cenowych

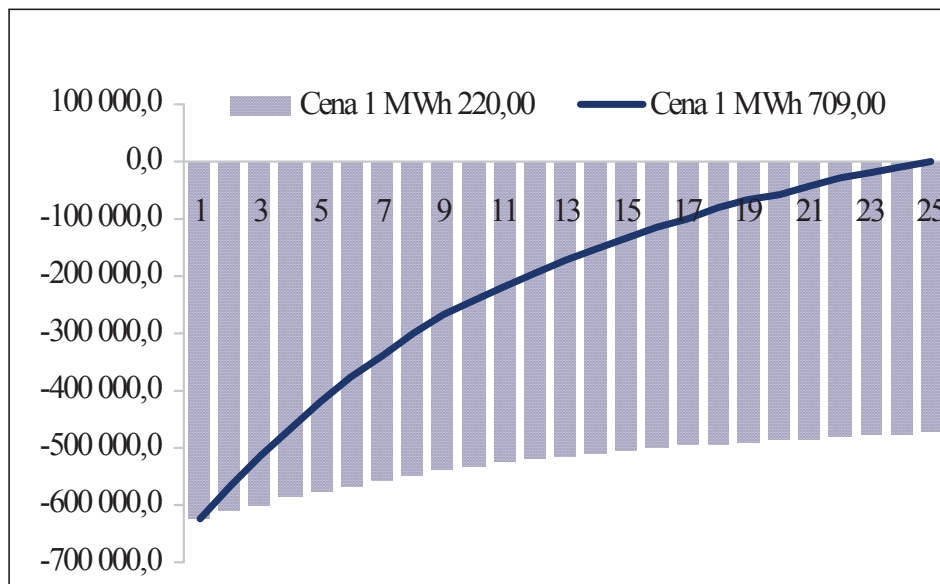
Tab. 1. Parametry ekonomiczne inwestycji

Lp.	Parametr	Cena energii [zł/MWh]		
		220	288	350
1	Wewnętrzna stopa zwrotu	2,3	7,0	9,8
2	Zaktualizowana wartość netto	-40 136	542	37 631
3	Okres zwrotu inwestycji	> 25 lat	24	15

Następnie rozpatrywano wariant, w którym założono średnią moc elektrowni wiatrowej 94 MWh/rok. Symulowano przepływy pieniężne dla następujących danych:

- koszty inwestycyjne: 624 000,00 [zł],
- koszty eksploatacyjne: 1 [%] x koszty inwestycyjne,
- moc turbiny: 160 [kW],
- prędkość wiatru: 4 [m/s],
- prognozowana moc: 94,00 MWh/a,
- środki własne [%]: 100%,
- okres obliczeniowy eksploatacji: 25 lat,
- okres budowy: 6 miesięcy.

Dla każdego wariantu inwestycji policzono IRR, NPV, okres zwrotu inwestycji. Zmiany IRR, NPV oraz okresu zwrotu inwestycji w zależności od ceny energii przedstawiono na rysunku 5 oraz w tabeli 2.



Rys. 5. Skumulowana wartość NCF projektu w latach dla dwóch wariantów cenowych

Tab. 2. Parametry ekonomiczne inwestycji

Lp.	Parametr	Cena energii [zł / MWh]		
		220	709	350
1	Wewnętrzna stopa zwrotu	-6,4	7	-0,9
2	Zaktualizowana wartość netto	-473 683	415	-347 645
3	Okres zwrotu inwestycji	> 25 lat	24	>25 lat

Na podstawie wyników analizy zauważono, że inwestycja nie przyniesie żadnych zysków przez cały okres jej eksploatacji dla rynkowej ceny sprzedaży energii. Cena energii produkowanej przez elektrownię, która spowoduje, że eksploatacja elektrowni nie przyniesie strat, to 709,00 zł/MWh. W przypadku ustalenia ceny sprzedaży energii na poziomie 1,5-krotnie wyższym od ceny rynkowej inwestycja również nie będzie dochodowa.

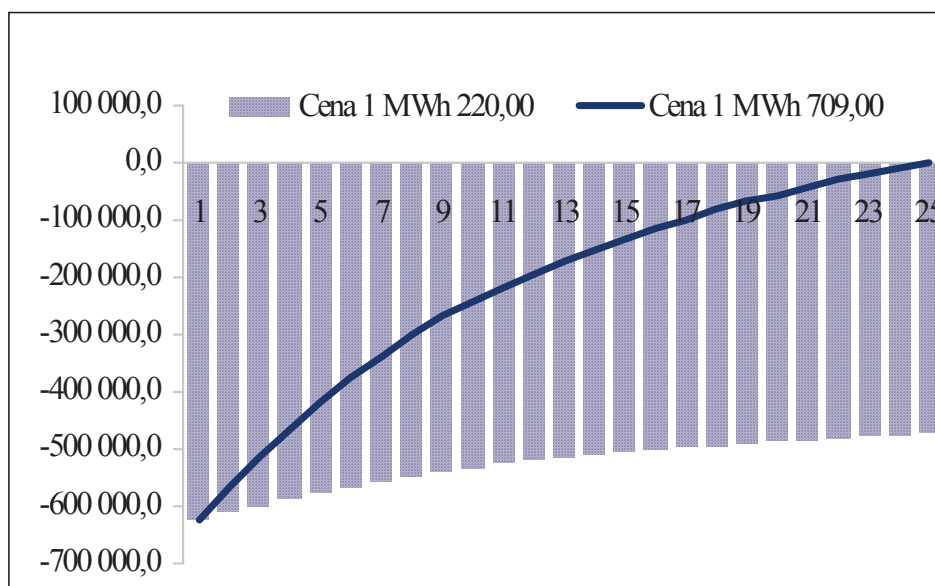
W wariantcie kolejnym założono średnią moc elektrowni wiatrowej 179,00 MWh/rok. Symulowano przepływy pieniężne dla następujących danych:

- koszty inwestycyjne: 624 000,00 [zł],
- koszty eksploatacyjne: 1 [%] x koszty inwestycyjne,
- moc turbiny: 160 [kW],
- prędkość wiatru: 5 [m/s],
- prognozowana moc: 179,00 MWh/a,
- środki własne [%]: 100%,
- okres obliczeniowy eksploatacji: 25 lat,
- okres budowy: 6 miesięcy.

Dla każdego wariantu inwestycji policzono IRR, NPV, okres zwrotu inwestycji. Zmiany IRR, NPV oraz okresu zwrotu inwestycji, w zależności od ceny energii przedstawiono na rysunku 6 oraz w tabeli 3.

**Tab. 3.** Parametry ekonomiczne inwestycji

Lp.	Parametr	Cena energii [zł / MWh]		
		220	709	350
1	Wewnętrzna stopa zwrotu	-1,1	0,4	6,2
2	Zaktualizowana wartość netto	-280 809	1 663	-40 800
3	Okres zwrotu inwestycji	> 25 lat	24	>25 lat



**Rys. 6.** Skumulowana wartość NCF projektu w latach dla dwóch wariantów cenowych.

Na podstawie obserwacji wyników analizy odnotowano, że inwestycja nie przyniesie żadnych profitów przez cały okres jej eksploatacji dla rynkowej ceny sprzedaży energii. W przypadku ustalenia ceny sprzedaży energii na poziomie 1,5-krotnie wyższym od ceny rynkowej inwestycja będzie charakteryzowała się 6,2% wewnętrzną stopą zysku, zaktualizowana wartość netto wyniesie nieco mniej niż w przypadku zakupu bezpiecznych weksli oferowanych przez NBP, a w związku z tym nie uda się osiągnąć zakładanego zysku przez cały okres eksploatacji elektrowni.

Każde z przedstawionych powyżej rozwiązań niesie z sobą niepokój związany z niepewnością inwestycji i koniecznością wieloletniej lokaty kapitału bez gwarancji zysków. Powyższe rozwiązania są nieopłacalne pod względem ekonomicznym, jednakże w literaturze można znaleźć szereg intratnych rozwiązań. Są to przeważnie farmy elektrowni o dużych mocach. Ponadto miliony euro lokowane w inwestycje aeroenergetyczne nie mogą przynosić strat.



### **Korzyści ekologiczne wynikające ze stosowania energii wiatru**

W polemikach nad stanem dzisiejszego społeczeństwa jedno z priorytetowych miejsc zostało przypisane zagadnieniom z zakresu ekologii. Batalie podejmowane w celu rozwiązania problemów ekologicznych są ukierunkowane na tłumienie konsekwencji niebezpieczeństw w środowisku oraz na wyszukiwaniu proekologicznym systemów wartości. Dominującą rolę w tych zachowaniach przejęła edukacja ekologiczna, która znalazła swoje miejsce w toku aktywizowania społeczeństwa do pragmatycznych zachowań na rzecz środowiska. Edukacja jest tu traktowana nie jako przekazywanie podręcznikowych wiadomości o otaczającym nas środowisku, lecz kształcenie, wychowanie i kształtowanie społeczeństwa wobec świata. W społeczeństwach, w których następują poważne transformacje społeczne, gospodarcze i polityczne szkoła dzieli odpowiedzialność za dorastającą generację. Rola szkoły nie polega na opóźnianiu i degradacji toczącego się w niej procesu edukacyjnego, ale wymaga się od niej propagowania nauki opartej na praktyce. Rola nauczyciela ogranicza się do bycia przewodnikiem i doradcą, a nie kreatorem wartości. Zgodnie z wytycznymi restrukturyzacji systemu edukacji, innowacyjne programy nauczania kładą nacisk na kształtowanie umiejętności praktycznych i integrację międzyprzedmiotową. Realizacja takich zamierzeń przymusza nauczyciela do nauczania przedmiotowego, w kierunku szukania korelacji i przedstawiania uczniom całości kształtu rzeczywistości, a nie tylko fragmentarycznej wiedzy opartej wybiórczo na fragmentarycznych zjawiskach. Realizację takiej polityki umożliwi idea ścieżek międzyprzedmiotowych, która funkcjonuje już od dawna. Wynika to z uznania ważności integracji międzyprzedmiotowej w tworzeniu obrazu świata u ucznia. Twórcy realizowanej aktualnie reformy nadali tej koncepcji ramy prawne, wprowadzając wymóg realizacji ścieżek edukacyjnych na II etapie edukacyjnym (kształcenie blokowe) oraz na III etapie edukacyjnym (gimnazjum). Forma ścieżki edukacyjnej daje szkole możliwość wybrania do prezentacji jej treści najlepiej przygotowanego nauczyciela bądź paru nauczycieli. Na III etapie kształcenia obok przedmiotów (bloków przedmiotowych) wprowadzono ścieżki edukacyjne, wśród których jest edukacja prozdrowotna i edukacja ekologiczna.

Program ścieżki ekologicznej ukierunkowuje i koreluje pracę dydaktyczną i wychowawczą nauczyciela. Pozostaje on w ścisłym związku z programem poszczególnych przedmiotów i łączy je wspólnymi celami oddziaływania w zakresie ekologii. Realizowany jest przez integracyjne nauczanie, w którym jeden przedmiot wspomaga i uzupełnia wiadomości i umiejętności innego. Realizacja programu ekologicznej ścieżki edukacyjnej odbywać się będzie na zajęciach lekcyjnych, zajęciach pozalekcyjnych, poprzez realizację zadań wynikających z planu pracy gimnazjum i samorządu uczniowskiego, czy na różnorodnych formach proponowanych przez Centrum Edukacji Ekologicznej. W ramach ścieżki ekologicznej wyodrębniono 7 bloków tematycznych, wśród których jest powietrze oraz energetyka. Dobór bloków tematycznych uzasadnia występowanie ścisłego związku między działalnością człowieka a składnikami środowiska naturalnego. W zadania i cele programowe ścieżki ekologicznej doskonale wpisują się zagadnienia związane z energetycznym wykorzystaniem wiatru. Nauczyciele biorący udział w edukacji młodego pokolenia, będący niejednokrotnie dla uczniów autorytetem, doskonale mogą uświadamiać szereg zagrożeń środowiska przyrodniczego ze strony nieodpowiedzialnych działań

człowieka. Wszelakie działania ekologiczne podejmowane w najbliższym otoczeniu i we własnym życiu powodują u ucznia rozbudzenie szacunku do pracy, a jednocześnie umożliwiają kształtowanie proekologicznych postaw. Uświadamianie faktu, że każde działanie ma wielokierunkowy wpływ na środowisko doskonale obrazują wszelakie działania z zakresu aeroenergetyki, które nie tylko nie przyczyniają się do osiągnięcia wymiernych celów gospodarczych i ekonomicznych, ale także umożliwiają realizację postulatu tworzenia społeczeństwa opartego na trwałym, zrównoważonym rozwoju. Cele programu ekologicznej ścieżki edukacyjnej mogą być realizowane na przykładzie analizy możliwości energetycznego wykorzystania wiatru.

Edukacja ekologiczna, opracowania, wdrożenia i badania efektywności techniczno-ekonomicznej ekologicznego systemu wytwarzania energii to poważne przedsięwzięcie. Podstawowy cel przedsięwzięcia aeroenergetycznego to uzyskanie korzyści z wykorzystania źródeł energii odnawialnych oraz w aspekcie dydaktycznym popularyzacja i promocja źródeł energii odnawialnej. Analiza ostatnich kilku dziesięcioleci wskazuje na wykładniczy charakter konsumpcji energii i skażenia środowiska naturalnego produktami spalania. Bez wprowadzenia środków zaradczych, takich jak oszczędzanie energii, wdrażanie nowych technologii, zastępowanie tradycyjnych nośników energii innymi, bardziej przyjaznymi dla środowiska naturalnego i niekonwencjonalnymi jej formami, trudno będzie zahamować dalszą degradację środowiska naturalnego. Działania, takie jak wdrażanie i propagowanie nowych, niekonwencjonalnych źródeł energii, głównie odnawialnych oraz poszukiwanie i eliminowanie wszelkich strat energii – zwłaszcza cieplnej i elektrycznej – w dużej mierze mogą przyczynić się do zahamowania degradacji środowiska naturalnego.

## Bibliografia

- [1] Gumuła S., Pytel K., Stępniewski Ł., *Wpływ parametrów konstrukcyjnych wirnika elektrowni wiatrowej na sprawność konwersji energii wiatru w energię mechaniczną*, *Mechanika (Kraków)*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków 2001, z. 4, t. 20, s. 401–414
- [2] Gumuła S., Pytel K., Stępniewski Ł., *Wpływ warunków pracy wirnika elektrowni wiatrowej na konwersję energii wiatru w energię mechaniczną*, *Mechanika (Kraków)*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków 2001, z. 4, t. 20, s. 425–433
- [3] Noga H., *Ekologia stanowiska komputerowego*, *Wychowanie Techniczne w szkole* 1998, nr 5, s. 296–298

## **Wind energy as a symbiosis of social, economic and educational benefits**

### **Abstract**

Energy industry is the cornerstone of the economy of each country, because wind energy is used by all sectors of the economy commerce. It is possible to estimate the price of energy in the energy market and to adapt it to invest in renewable energy sources. Analysis of the profitability of investing in wind energy was conducted. In this publication were presented aspects of social, economic and educational of wind energy projects.

Keywords: wind energy, ecology, RES