

Helena RUSAK\*

## Efekty zewnętrzne wytwarzania energii w źródłach lokalnych na obszarach cennych przyrodniczo

**STRESZCZENIE.** Efekty zewnętrzne powstające w procesach wytwarzania energii na obszarach cennych przyrodniczo charakteryzują się pewną specyfiką wynikającą ze specyficznych warunków tych terenów. Lokalne planowanie energetyczne, uwzględniające w kryterium wyboru scenariusza rozwoju energetyki koszty zewnętrzne, wymagające w pierwszej kolejności identyfikacji efektów zewnętrznych. Należy brać pod uwagę zarówno efekty zewnętrzne środowiskowe jak i społeczne. Zagadnienie staje się jeszcze bardziej złożone, kiedy chce się uwzględnić pełny cykl życia urządzenia lub efekty zewnętrzne ciągnione. Złożonym problemem jest również rozdzielenie efektów zewnętrznych powodowanych przez lokalną energetykę oraz inne przyczyny, lokalne i pozalokalne.

**SŁOWA KLUCZOWE:** obszary cenne przyrodniczo, zaopatrzenie w energię, efekty zewnętrzne

### Wprowadzenie

Obszary cenne przyrodniczo, zajmujące w Polsce stosunkowo dużą powierzchnię obszaru kraju, zużywają nieproporcjonalnie mało energii, w stosunku do średniej krajowej. Wynika to z faktu niewielkiego uprzemysłowienia tych terenów. W przeważającej ilości energia na obszarach cennych przyrodniczo (OCP) zużywana jest na cele komunalno-

---

\* Dr inż. — Politechnika Białostocka, Białystok; e-mail: rusak@pb.bialystok.pl

Recenzent: dr inż. Mariusz KUDEŁKO

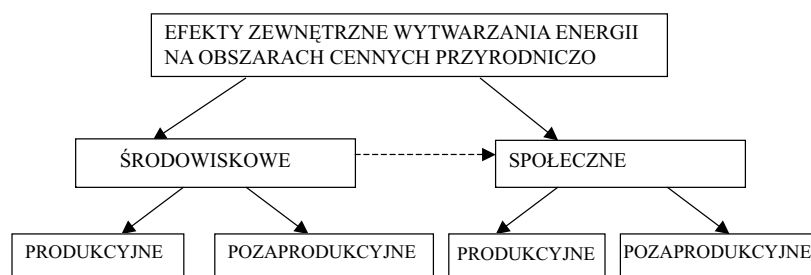
-bytowe. Być może z tego powodu gospodarka energetyczna na tych, bardzo specyficznych i wymagających szczególnej uwagi, terenach nie była przedmiotem wnikliwych badań.

Funkcjonujące w polskich przepisach wymagania odnośnie wielkości dopuszczalnych oddziaływań na środowisko źródeł energii, zarówno cieplnej jak i elektrycznej, dotyczą dużych wytwórców, produkujących energię na skalę przemysłową. Źródła indywidualne, o małych mocach (tzw. źródła niskiej emisji), są praktycznie poza wszelką kontrolą oraz poza regulacjami prawnymi i normalizacyjnymi. Źródła tego typu nie posiadają żadnych urządzeń ograniczających emisje do środowiska i tym samym nie ma możliwości ich kontroli. Najczęściej są to urządzenia o niskiej sprawności energetycznej. Tymczasem na obszarach małych miast, a tym bardziej wsi źródła tego typu są dominujące. Wiadomo, że wszystkie związki niepożądane wytworzone w procesie spalania w instalacjach w budynkach mieszkalnych jedno- lub dwukondygnacyjnych, o niewysokich emitorach będą oddziaływały na środowisko w najbliższym otoczeniu i nie zostaną uniesione na duże odległości. Z powyższego wynika potrzeba uwzględniania rozwoju i modernizacji istniejących lokalnych źródeł energii w planach energetycznych opracowanych w oparciu o obiektywne analizy i kryteria, będących elementem strategii zrównoważonego rozwoju obszarów cennych przyrodniczo (OCP). Istnieją też inne przesłanki, wskazujące na potrzebę włączenia planów dotyczących lokalnej energetyki w strategię zrównoważonego rozwoju obszarów cennych przyrodniczo. Wynikają one ze społecznych oddziaływań energetyki lokalnej, co jest nie bez znaczenia dla często słabo rozwiniętych gospodarczo i borykających się z ważnymi problemami społecznymi obszarów o ponadprzeciętnych walorach przyrodniczych. Uwzględnienie w rachunku ekonomicznym modernizacji i rozwoju energetyki lokalnej na obszarach przyrodniczo cennych kosztów i korzyści wynikających z wyżej wymienionych oddziaływań źródeł energii pozwoliłoby na wybór najkorzystniejszego wariantu opartego na kryterium realizującym zasady zrównoważonego rozwoju. Wymaga to jednak z jednej strony identyfikacji efektów zewnętrznych wynikających z zastosowania potencjalnie możliwych do wdrożenia praktycznego technologii wytwarzania energii na danym obszarze, a z drugiej opracowania dających się w miarę prosto wykorzystać i z dostateczną dokładnością oddających rzeczywistość, metod szacowania kosztów i korzyści zewnętrznych wynikających z wystąpienia efektów zewnętrznych.

## Oddziaływanie środowiskowe i społeczne lokalnych źródeł energii

W artykule przez efekty zewnętrzne rozumie się rezultaty oddziaływania procesów wytwarzania energii na otoczenie wytwórcy, tj. na lokalne środowisko przyrodnicze oraz lokalną sytuację społeczną (rys. 1).

Włączenie do rachunku efektywności ekonomicznej przedsięwzięć z zakresu energetyki lokalnej, kosztów i korzyści zewnętrznych wymaga w pierwszym rzędzie ich identyfikacji.



Rys. 1. Podział efektów zewnętrznych zaopatrzenia w energię  
Źródło: Opracowanie własne

Fig. 1. Distribution of external effects of energy supply

Należy sobie zadać sprawę z faktu, że tak koszty jak i korzyści zewnętrzne zaopatrzenia w energię obszarów o szczególnym charakterze, jakim są tereny cenne przyrodniczo, będą odbiegały zarówno co do rodzaju występujących efektów zewnętrznych, jak i ich pieniężnego wymiaru od obszarów nie posiadających takich walorów przyrodniczych. Należy też wziąć pod uwagę, że istniejące na takich szczególnych terenach źródła energii są niewielkimi źródłami scentralizowanymi lub częściej są to źródła indywidualne.

Rozpatrując potencjalne kierunki modernizacji lub rozwoju lokalnych źródeł energii na obszarach cennych przyrodniczo, należy rozważyć efekty zewnętrzne, powodowane przez poszczególne, możliwe do zastosowania, technologie wytwórcze energii, zarówno ciepłej jak i elektrycznej oraz włączyć do rachunku efektywności przedsięwzięć rozwojowych i modernizacyjnych energetyki lokalnej oszacowane w wartościach pieniężnych efekty zewnętrzne, zarówno środowiskowe jak i społeczne. Pominięcie społecznych efektów zewnętrznych wytwarzania energii na OCP, przy uwzględnieniu jedynie środowiskowych, może prowadzić do wypaczonych kierunków rozwoju zaopatrzenia w energię rozpatrywanych obszarów, ograniczających lokalne wytwarzanie energii a preferujących przesył energii spoza rozpatrywanego obszaru, co stawiałoby w uprzywilejowanej pozycji energię elektryczną.

Rozważając efekty zewnętrzne energetyki lokalnej na obszarach przyrodniczo cennych można wyróżnić m. in. efekty oddziaływania procesów wytwarzania energii na środowisko. Oddziaływanie to może mieć charakter ograniczenia użyteczności środowiska dla innych podmiotów gospodarczych, powodując ograniczenie ich możliwości wytwórczych lub zwiększenie kosztów wytwarzania — efekty środowiskowe produkcyjne (rys. 1). Oddziaływanie procesów wytwarzania i przesyłu energii może mieć też charakter pozaprodukcyjny — wówczas, kiedy wpływ energetyki lokalnej powoduje negatywne zjawiska w ekosystemie, nie mające bezpośredniego wpływu na działalność gospodarczą lokalnych przedsiębiorstw, np.:

- ✧ ograniczenie bioróżnorodności (wylimitowanie gatunku na skutek zanieczyszczeń środowiska),
- ✧ ograniczenie populacji określonych gatunków flory lub fauny, co w dłuższym okresie czasu prowadzić może do zaburzeń równowagi ekosystemu i trudnych do przewidzenia skutków życia przyrodniczego na tym obszarze,

- ✧ zamieranie gatunków użytkowanych gospodarczo na obszarach, które podlegają ochronie i nie jest na nich prowadzona działalność gospodarcza, a tym samym podmioty gospodarcze nie korzystają ze środowiska na tym obszarze w celu pozyskiwania surowców (np. drewna, runa leśnego itp.).

Wszystkie wymienione powyżej przykładowe efekty wytwarzania energii w źródłach lokalnych są szczególnie niepożądane, gdy dotyczą obszarów o najwyższych walorach przyrodniczych. W planowaniu przedsięwzięć z zakresu energetyki, unikanie tego typu oddziaływań, powinno być pierwszoplanowym kryterium uznania technologii, za rozwiązanie dopuszczalne.

Efekty zewnętrzne pozaprodukcyjne są trudne do włączenia do rachunku ekonomicznego, gdyż rynek nie określa ich wartości, a to implikuje problemy z wyrażeniem ich ceny w formie pieniężnej.

Inny rodzaj oddziaływania wytwarzania energii na obszarach o szczególnych walorach przyrodniczych — to oddziaływanie społeczne. Można wyróżnić efekty społeczne bezpośrednie, związane np. wpływem procesów zaopatrzenia w energię OCP na lokalny rynek pracy (zaliczane generalnie do grupy efektów społecznych produkcyjnych, czyli związanych z wytwarzaniem określonych dóbr lub inaczej rzecz ujmując prowadzoną działalnością gospodarczą bazującą na istnieniu lokalnych źródeł energii):

- ✧ zatrudnienie w zakładach wytwórczych energii,
- ✧ zatrudnienie w lokalnym przemyśle wytwarzającym urządzenia energetyczne,
- ✧ zatrudnienie przy przygotowaniu lub dystrybucji paliwa,
- ✧ zatrudnienie w obsłudze przedsiębiorstw związanych z lokalną energetyką (urzędy, banki).

Powstające dzięki funkcjonowaniu lokalnej energetyki miejsca pracy odciążają zarówno budżet państwowy, jak i budżety gmin z kosztów związanych z bezrobociem. Nie tylko kosztów wypłaty zasiłków, ale też kosztów pośrednich, jakie powoduje bezrobocie.

Inny charakter mają efekty społeczne pośrednie, przenoszone przez efekty środowiskowe na sferę społeczną. Do tego typu efektów wywołanych działalnością wytwórczą źródeł energii mogą być zaliczone nasilenie się występowania określonych schorzeń związanych z zanieczyszczeniem np. powietrza. Należą one do efektów społecznych pozaprodukcyjnych. W grupie tej mogą znaleźć się też zjawiska związane z migracjami ludności spowodowanymi powstawaniem nowych miejsc pracy lub ograniczaniem ilości tych miejsc na skutek ograniczenia rozwoju energetyki lokalnej.

Analizując efekty zewnętrzne wytwarzania energii w źródłach lokalnych na OCP należy zauważyć, że zarówno środowiskowe, jak i społeczne zależne są w istotny sposób od wybranej technologii wytwarzania. Zauważyć też należy zależność między charakterem OCP, technologią wytwarzania energii oraz powstającymi efektami zewnętrznymi. Należy tu podkreślić, że jak dotychczas nie istnieje technologia przetwarzania jednego rodzaju energii w inny, która byłaby całkowicie obojętna dla środowiska, w szczególności dla środowiska obszarów o szczególnych walorach przyrodniczych. Nawet źródła odnawialnej energii w wielu przypadkach nie są możliwe do zaakceptowania na OCP, np. elektrownie wodne, zawsze w określonym stopniu zakłócające stosunki wodne, na rzekach będących obszarem chronionej przyrody (np. Biebrza, Narew), elektrownie wiatrowe — w pobliżu

obszarów ochrony ptactwa. To najprostsze i najbardziej spektakularne przykłady. Jeszcze więcej kontrowersji w kwestii wyboru źródeł energii dla zasilania energią OCP pojawia się, kiedy rozpatrujemy cały okres życia urządzeń wytwórczych, od momentu pozyskania surowców na wyprodukowanie tych urządzeń, poprzez proces ich produkcji, następnie okres eksploatacji oraz proces utylizacji po zakończeniu użytkowania (tab. 1).

TABELA 1. Emisje zanieczyszczeń do atmosfery powodowane przez wykorzystanie różnych źródeł energii odnawialnej w pełnym cyklu energetycznym (na podstawie [1])

TABLE 1. Pollution emission caused by the use of different sources of renewable energy in full cradle to grave cycle of energy producing devices

Wyszczególnienie	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	Pyły	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
	g/kW·h	mg/kW·h	mg/kW·h	mg/kW·h	mg/kW·h
Słoneczne fotowoltaiczne	319	883	118	408	494
Słoneczne amorficzne	198	659	105	298	436
Wiatrowe 600 kW	38	169	19	55	71
Wiatrowe 1,5 MW	33	160	17	46	65
Hydroelektr. 500 kW	32	135	16	56	55
Hydroelektr. 3,5 MW	bd	123	12	45	42
EJ z przerobem paliwa	17	—	25	47	72
Biomasa , odpady leśne*	—	—	49	350	87

\* Wyłącznie proces spalania

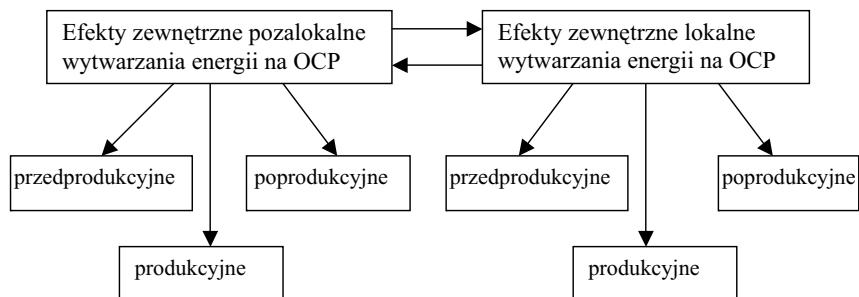
W tym miejscu należy zwrócić uwagę na specyfikę rozpatrywania efektów lokalnych wytwarzania energii. W przypadku wykorzystania np. biomasy do wytwarzania energii cieplnej na OCP, efekty procesu spalania biomasy będą oddziaływały bezpośrednio na środowisko najbliższej okolicy, w przypadku natomiast np. wykorzystania możliwie szerokiego źródeł solarnych, główne efekty wytwarzania energii, występujące głównie w okresie przedprodukcyjnym, będą powstawały poza terenem o szczególnych walorach przyrodniczych. Maksymalizacja korzyści wynikających z pracy źródeł energii, uwzględniająca koszty wewnętrzne wytwórcy oraz lokalne koszty i korzyści zewnętrzne (środowiskowe i społeczne) oparte na zidentyfikowanych i oszacowanych efektach zewnętrznych, powinna być podstawą planowania zrównoważonego rozwoju i modernizacji energetyki na obszarach cennych przyrodniczo.

## Lokalne i pozalokalne efekty zewnętrzne wytwarzania energii

Zaopatrzenie w energię obszarów cennych przyrodniczo powoduje efekty zewnętrzne dla najbliższej okolicy (lokalne) oraz oddziałuje na różne sfery życia gospodarczego i społecznego poza najbliższym otoczeniem (efekty pozalokalne) (rys. 2). Rozdzielenie ich w wielu przypadkach naraża na znaczne problemy. Jeśli rozpatrywano by okres przedprodukcyjny, to np. urządzenia wytwórcze energii cieplnej mogą być produkowane na analizowanym obszarze lub poza nim, w zależności od wykorzystywanych przez mieszkańców typów urządzeń i preferencji odnośnie producenta. Podobnie problemy rozdzielenia efektów lokalnych i pozalokalnych występują w doniesieniu do okresu poprodukcyjnego, tzn. okresu, kiedy następuje utylizacja urządzeń zdemontowanych po okresie swego życia technicznego.

Efekty zewnętrzne przed i poprodukcyjne są związane z nominalną zdolnością wytwórczą urządzeń (a zatem z gabarytami urządzeń i zużytą na ich wytworzenie ilością surowców i energii), można więc je nazwać efektami zewnętrznymi mocy, a koszty zewnętrzne związane z tymi efektami — kosztami zewnętrznymi mocy. Efekty zewnętrzne produkcyjne związane są z ilością wytwarzanej energii w okresie eksploatacji urządzeń, mogą zatem być nazywane efektami zewnętrznymi energii, a związane z nimi koszty — kosztami zewnętrznymi energii. Te efekty wynikają z procesów wytwarzania energii w istniejących urządzeniach i związane są z czasem użytkowania urządzeń wytwórczych i ilością zużywanego paliwa. Szczegółową analizę i metodykę szacowania kosztów zewnętrznych produkcyjnych (kosztów zewnętrznych energii) odnaleźć można w pozycji [2] literatury. A. Graczyk uzasadnia pominięcie w swojej pracy kosztów zewnętrznych przed i poprodukcyjnych szczególnie dużymi trudnościami metodologicznymi wykonania takich szacunków.

Rozważając efekty zewnętrzne oraz w dalszym etapie koszty zewnętrzne, należałoby określić, na którym ogniwie łańcucha należy zakończyć liczenie kosztów zewnętrznych ciągnionych. W etapie produkcyjnym dla zakładów wytwórczych opartych o paliwa orga-



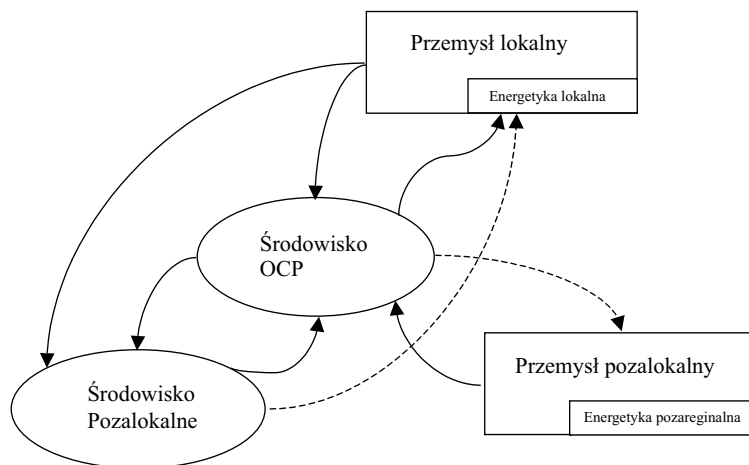
Rys. 2. Lokalne i pozalokalne efekty zewnętrzne wytwarzania energii na obszarach cennych przyrodniczo  
Źródło: Opracowanie własne

Fig. 2. Local and global external effects of energy production within areas of valuable nature

niczne, efekty zewnętrzne wytwarzania, przekładające się na koszty zewnętrzne zależą od ilości spalanego paliwa. Możliwość spalania paliwa w kotłach zakładów wytwórczych energii związana jest z wydobywaniem lub wytworzeniem paliwa, proces ten z kolei wiąże się ze specyficznymi dla siebie efektami zewnętrznymi oraz z efektami zewnętrznymi transportu paliwa do zakładów wytwórczych. Możliwość pozyskania paliwa związana jest też z efektami związanymi z budową np. kopalń, co również pociąga ze sobą konieczność zużycia energii i innych surowców itd. Łańcuch ten musi zostać zamknięty na pewnym uzasadnionym etapie.

Na środowisko obszarów cennych przyrodniczo ma wpływ zarówno lokalna energetyka oraz inny lokalny przemysł jak też pozalokalny przemysł i pozalokalna energetyka (rys. 3). Istotny problem polega na oddzieleniu wpływów pozalokalnych i lokalnych. Prostsze jest określenie emisji lokalnych źródeł energii w porównaniu do tła, na które składają się pozostałe źródła emisji. Należałoby porównać wielkości stężeń zanieczyszczeń powietrza w okresie letnim i zimowym. Sytuacja na obszarach cennych przyrodniczo jest w tym zakresie zwykle prostsza niż gdzie indziej, gdyż zazwyczaj nie istnieją na nich duże źródła energii elektrycznej, a jedynie niewielkie scentralizowane, a w ogromnej większości indywidualne źródła energii cieplnej, pracujące jedynie w sezonie grzewczym.

W literaturze zarówno zagranicznej, jak i krajowej odnaleźć można szereg prac poświęconych zarówno identyfikacji, metodom jak i próbom liczbowego oszacowania efektów zewnętrznych produkcji przemysłowej. Wiele prac podejmuje tematykę strat środowiskowych powodowanych działalnością gospodarczą (np. [2]) i rozpatruje je bardzo obszernie. Rozważania te nie dotyczą jednak specyficznych warunków wytwarzania energii (stąd wynika np. brak rozgraniczenia efektów zewnętrznych związanych z wytwarzaną mocą i energią elektryczną). Nie uwzględniają również tej części efektów społecznych (nieco



Rys. 3. Wzajemne powiązania oddziaływania na środowisko obszarów cennych przyrodniczo, lokalnej energetyki i lokalnego przemysłu oraz pozalokalnych źródeł zanieczyszczeń środowiska

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 3. Interrelationship and influence within areas of valuable nature environment, by both local energy sources and local industry as well as global sources of environmental pollution

odmiennie również określanych) wytwarzania energii, które związane są ze stymulacją przez lokalną energetykę miejscowego rynku pracy. Prace dotyczące kosztów zewnętrznych w energetyce (właściwie elektroenergetyce), np. [3], przedstawiają spojrzenie systemowe, rozważając koszty zewnętrzne powodowane przez wielkich wytwórców. Nie biorą też pod uwagę kwestii zależności miejsca wytwarzania energii, a tym samym miejsca generowania efektów zewnętrznych i obszaru ich oddziaływania, co jest zagadnieniem istotnym w przypadku rozważań dotyczących OCP. Niezbędne, więc wydaje się poszukiwanie metod liczbowego określenia kosztów zewnętrznych, opierając się na wcześniejszej identyfikacji efektów zewnętrznych, dla specyficznych obszarów o najwyższej wartości przyrodniczej. W dostępnej autorce referatu literaturze nie odnaleziono jakichkolwiek wartości liczbowych szacowania kosztów zewnętrznych wytwarzania energii lub szerzej ujmując zaopatrzenia w energię obszarów cennych przyrodniczo, szczególnie pochodzących od indywidualnych źródeł energii, które dominują na OCP w Polsce. Szacunki strat np. w gospodarce leśnej wynikające z zanieczyszczeń atmosferycznych odnaleźć można w [4], z tym, że umieszczone w niniejszej pracy wyniki badań nie uwzględniają specyfiki terenów przyrodniczo cennych, na których jednym z najistotniejszych zagadnień, jednocześnie bardzo trudnych do włączenia do rachunku ekonomicznego w formie pieniężnej jest zagrożenie bioróżnorodności i naturalnego krajobrazu OCP.

## Podsumowanie

Niniejszy referat sygnalizuje duży obszar problemów związanych z identyfikacją, a w dalszym postępowaniu szacowaniem efektów zewnętrznych zaopatrywania w energię obszarów cennych przyrodniczo i zawiera jedynie niektóre przykłady takich efektów i niektóre powiązania z efektami pozalokalnymi. Stanowi zaledwie przyczynek do dalszych analiz i badań.

Zaopatrzenie w energię obszarów cennych przyrodniczo niesie ze sobą wiele zagrożeń środowiskowych i społecznych, ale również wiele korzyści ekonomicznych i społecznych dla tych obszarów. Włączenie do rachunku efektywności ekonomicznej wytwarzania energii w skali lokalnej, kosztów zewnętrznych wymaga w pierwszej kolejności identyfikacji różnego rodzaju efektów zewnętrznych wytwarzania energii, dla różnych technologii z uwzględnieniem specyfiki obszarów, na które występuje oddziaływanie procesów wytwórczych, a następnie opracowania stosunkowo prostych i łatwych w zastosowaniu metod szacowania kosztów poszczególnych efektów. Takie podejście do problematyki planowania energetycznego na terenach o szczególnych walorach przyrodniczych daje szanse na zrównoważony rozwój lokalnego zaopatrzenia w energię.



## Literatura

- [1] MARHEINEKE T., KREWITT W., NEUBARTH J., VOSS A., 2000 — Ganzheitliche Bilanzierung der Energie und Stoffströme von Energieversorgungs-techniken, Universität Stuttgart Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, IER Band 74, August 2000.
- [2] FAMIIELEC J., 1999 — Straty i korzyści ekologiczne w gospodarce narodowej. PWN SA, Warszawa–Kraków.
- [3] GRACZYK A., 2005 — Ekologiczne koszty zewnętrzne. Identyfikacja, szacowanie, internalizacja. Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok.
- [4] GRACZYK A., 1994 — Straty w gospodarce leśnej spowodowane zanieczyszczeniem powietrza atmosferycznego. Ekonomiczna wycena środowiska przyrodniczego. Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok.

Helena RUSAK

## The external effects of energy production in local sources within areas of valuable nature

### Abstract

The external effects arising in the process of energy production within areas of valuable nature are characterized by certain peculiarity resulting from specific conditions of those terrains. Planning of local energy supply requirement has to take into consideration in choice of criterion of the scenario of power industry development, external costs required in the first place in identification of external effects. Both environmental external effects as well as social external effects have to be taken into consideration. The issue becomes even more complex when appreciation of full cycle of life of an appliance or external drag effect come into view.

Another complex problem is as well the separation of external effect caused by local energy sources and other causes either local or global.

KEY WORDS: Areas of valuable nature, energy supply, external effects