

METODA KOSZTÓW NARASTAJĄCYCH W OCENIE EKONOMICZNEJ EFEKTYWNOŚCI PRZEDSIĘWZIĘĆ INWESTYCYJNYCH W ENERGETYCE ROZPROSZONEJ

dr inż. Zdzisław Kusto / Politechnika Gdańska

1. WSTĘP

Małe źródła energii, w tym także źródła niekonwencjonalne, zaliczane są do źródeł rozproszonych zasilających niewielkiego odbiorcę. Często muszą one współpracować ze źródłami konwencjonalnymi, tworząc w ten sposób źródło hybrydowe¹.

Stosowano różne sposoby oceny ekonomicznej efektywności inwestycji, wśród których na szczególną uwagę zasługują metody dyskontowe: stosowana w energetyce od lat metoda kosztów rocznych [1, 2], a także metody NPV, IRR [3, 4].

Wyżej wymienione metody można ocenić jako metody kompletne pod względem teoretycznym. Metoda NPV (metoda wartości bieżącej netto) w zastosowaniu do inwestycji energetycznych uwzględnia roczne przychody ze sprzedaży ciepła i/lub energii elektrycznej oraz roczne wydatki związane z ich wytwarzaniem. Te bieżące roczne bilanse przepływów pieniężnych z kolejnych lat eksploatacji są dyskontowane do roku zerowego – poprzedzającego rok oddania obiektu do eksploatacji.

W przypadku małych rozproszonych źródeł energii (ogniwo paliwowe, instalacja fotowoltaiczna, instalacja słonecznego ogrzewania, pompa ciepła itp.), zasilających małego odbiorcę indywidualnego najczęściej nie ma sprzedaży energii elektrycznej i/lub ciepła, a przychody można zinterpretować jako zmniejszenie rocznych wydatków na obsługę instalacji konwencjonalnej, głównie na zakup paliwa i energii elektrycznej. To prowadzi do modyfikacji klasycznej metody NPV. Jest tu porównywany koszt energii wytwarzany w instalacji konwencjonalnej, który jest potraktowany jako koszt porównawczy, z kosztem wytwarzania w projektowanym nowym źródle.

W metodzie NPV wyżej wspomniane koszty wytwarzania energii, stanowiące jej część składową, są zdyskontowanymi sumami rocznych kosztów bieżących z K -letniego okresu, gdzie $K = 1, 2, \dots, N$ (N – przewidywany/założony okres eksploatacji nowego źródła). Tak postrzegane strumienie corocznych kosztów z każdego K -letniego okresu formułują metodę kosztów narastających (MKN), która w swojej postaci jest bardzo wizualna i której algorytm przypomina metodę LCC².

Metoda kosztów narastających (MKN) jest nazwą zaproponowaną przez autora niniejszej publikacji. Ilustruje ona dyskontową kumulację kosztów ponoszonych w kolejnych latach realizacji inwestycji oraz eksploatacji projektowanego obiektu.

2. SKŁADOWE METODY KOSZTÓW NARASTAJĄCYCH

Podstawą do opracowania metody MKN są klasyczne zasady rachunku ekonomicznego, a jej postać w swojej formule przyjmuje w obliczaniu kosztów punkt widzenia użytkownika obiektu. Graficzną ilustrację składowych metody przedstawiono w uproszczeniu w tab. 1. Można tu uwzględnić, podobnie jak w metodzie NPV:

1 W źródle skojarzonym wytwarzane jest ciepło i energia elektryczna, np. elektrociepłownia, w układzie hybrydowym wytwarza się w kilku źródłach ten sam rodzaj energii (albo ciepło albo energię elektryczną).

2 Metoda LCC była sformułowana w USA. Jej nazwa jest skrótem od: *Life Cycle Costs*. Cieszy się ona sporym zainteresowaniem również w Polsce.

Streszczenie

Obliczenia ekonomicznej efektywności małej instalacji niekonwencjonalnego źródła energii, które zalicza się do źródeł rozproszonych, sprowadza się do porównania kosztów wytwarzania w niej ciepła i/lub energii elektrycz-

nej z kosztem wytwarzania energii w instalacji konwencjonalnej. W artykule opisano metodę kosztów narastających (MKN), która przypomina od dawna znaną metodę LCC.

- zmienność corocznych dochodów i kosztów eksploatacyjnych
- zmienność rocznych spłat kredytu bankowego z jego oprocentowaniem i prowizją
- zmienność stopy oprocentowania kredytu, stopy dyskonta i stopy inflacji
- zmienność oprocentowania dochodów.

Tab. 1. Ilustracja składowych metody MKN

Rok	Bieżące koszty roczne			Bilans roczny zdyskontowany do roku zerowego	Wydarki roczne zdyskontowane do roku zerowego
	Przychody	Wydatki	Bilans roczny		
1	P_1	W_1	$B_1 = P_1 - W_1$ →	BD_1	WD_1
2	P_2	W_2	$B_2 = P_2 - W_2$ →	BD_2	WD_2
*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*
i	P_i	W_i	$B_i = P_i - W_i$ →	BD_i	WD_i
*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*
N	P_N	W_N	$B_N = P_N - W_N$ →	BD_N	WD_N
$BD_i = B_i (1 + d)^{-i}$				$WD_i = W_i (1 + d)^{-i}$	
Strumień bilansów rocznych zdyskontowanych do roku zerowego:				$SD = \sum_{i=1}^{i=N} BD_i$	
Strumień bilansów rocznych zdyskontowanych do roku zerowego:				$SWD = \sum_{i=1}^{i=N} WD_i$	

$SD \rightarrow NPV$
$SWD \rightarrow MKN$

W poszczególnych latach rozpatrywanego obliczeniowego okresu N lat eksploatacji użytkownik ponosi wydatki. Pod pojęciem „wydatki” – rozumie się stałe i zmienne koszty eksploatacyjne³, spłatę kredytu bankowego, podatki od dochodu oraz koszty obsługi tego kredytu (oprocentowanie, prowizja bankowa), zwrot części nakładów inwestycyjnych pochodzących z własnego wkładu.

Zdyskontowana do roku zerowego suma wydatków rocznych (SWD) stanowi dla K -letniego okresu ($K = 1, 2, \dots, N$) koszty narastające oraz jest podstawą do wyznaczenia tu nieopisywanej, zmodyfikowanej metody kosztów rocznych⁴.

Dyskontowane wartości wydatków i przychodów (przychody – w metodzie NPV) ze względu na wygodę obliczeniową są z reguły sumowane do roku zerowego. Nie jest to warunek bezwzględnie konieczny. Sumowanie można realizować do dowolnie wybranego roku bez uchybienia ścisłości i dokładności obliczeń.

Sumy dyskontowe (SD, SWD) oblicza się z wykorzystaniem czynnika dyskontowego – $(1 + d)^{-i}$ - (procent składany, $j = 1, 2, \dots, N$), gdzie d jest stopą dyskonta, która najczęściej przyjmuje stałą wartość w obliczeniowym okresie eksploatacji – N lat.

Roczny przepływ pieniężny w roku j -tym jest sumą wszystkich wydatków – W_j , które nazwano kosztami bieżącymi dla nowej instalacji – $W_j = K_{rhj}$.

3 W energetyce pod pojęciem „koszty eksploatacyjne zmienne” rozumie się: koszty zakupionej energii i paliw na wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła oraz koszty tzw. materiałów ruchomych. Pozostałe składniki kosztów eksploatacyjnych (koszty remontów, napraw bieżących, administracji itp.), które są niezależne od ilości wytwarzanego produktu, nazywane są „stałymi kosztami eksploatacyjnymi”.

4 Metoda kosztów rocznych była opracowana w latach sześćdziesiątych minionego stulecia przez prof. K. Kopeckiego z zamiarem wykorzystania jej w ocenie efektywności ekonomicznych w energetyce. Metoda ta w ogólnym założeniu ma charakter uniwersalny i może być wykorzystana w różnych gałęziach gospodarki. Jest ona stosowana w energetyce do chwili obecnej, ma szczególne znaczenie w wyborze optymalnego wariantu inwestycyjnego.

$$W_j = K_{rhj} = K_{rni j} + K_{rkj} + P_{dochj} / \text{zł/a} \quad (1)$$

- nowa instalacja, niekonwencjonalna

$$K_{rni j} = K_{est ni j} + K_{ezm ni j} + Z_{kr ni j} + P_{kr ni j} + A_{mw ni j} + K_{dod ni j} / \text{zł/a} \quad (2)$$

- konwencjonalna część instalacji hybrydowej (w przypadku konieczności utworzenia źródła hybrydowego)

$$K_{rkj} = K_{est kj} + K_{ezm kj} + Z_{kr kj} + P_{kr kj} + A_{mw kj} + K_{dod kj} / \text{zł/a} \quad (3)$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, N$$

gdzie:

$K_{rni j}$ – bieżące koszty roczne nowej instalacji w roku j -tym

K_{rkj} – bieżące koszty współpracującej instalacji konwencjonalnej w roku j -tym

$K_{est x j}$ – stałe koszty eksploatacyjne w roku j -tym, zawierające koszty obsługi, remontów, napraw bieżących

$K_{ezm x j}$ – zmienne koszty eksploatacyjne w roku j -tym

$Z_{kr j}$ – rata zwrotu kredytu bankowego w roku j -tym ($Z_{kr j} = 0$ gdy nie było kredytu bankowego lub po jego spłaceniu)

$P_{kr x j}$ – podatek od niespłaconej części kredytu w roku j -tym wraz z obsługą operacji bankowych (prowinia) ($P_{kr x j} = 0$ gdy nie było kredytu bankowego lub po jego spłaceniu)

P_{dochj} – podatek od dochodu pochodzącego ze sprzedaży energii wytworzonej w układzie hybrydowym/skojarzonym w roku j -tym

$A_{mw x j}$ – roczna rata zwrotu własnego wkładu inwestycyjnego w roku j -tym

$K_{dod j}$ – ewentualne dodatkowe koszty poniesione w roku j -tym podczas eksploatacji obiektu

P_{dochj} – podatek od dochodu ze sprzedaży ciepła w roku j -tym podczas eksploatacji obiektu w roku j -tym

Indeksy x : ni – dla nowej instalacji

k – dla instalacji konwencjonalnej współpracującej z nową w układzie hybrydowym.

Suma wydatków pieniężnych w roku zerowym jest to poniesiony nakład inwestycyjny, który może składać się z wkładu własnego przyszłego użytkownika projektowanej instalacji oraz z kredytu bankowego. Może się zdarzyć, że użytkownik uzyska dotację do inwestycji, dzięki temu odczuje (pozorne) zmniejszenie nakładu inwestycyjnego.

$$B_0 = (K_{inwc} - D_{ot}) = [(K_{inww} + K_{inwb}) - D_{ot}] / \text{zł} \quad (4)$$

gdzie:

K_{inwc} – całkowite nakłady inwestycyjne na instalację zbilansowane do roku zerowego

K_{inww} – własny wkład użytkownika w nakładach inwestycyjnych na instalację, zbilansowany do roku zerowego

K_{inwb} – kredyt bankowy na pokrycie nakładu inwestycyjnego na instalację, zbilansowany do roku zerowego

D_{ot} – dotacja inwestycyjna.

Wkład własny całkowity – K_{inww} oraz kredyt – K_{inwb} mogą być rozdzielone na nową instalację oraz na współpracującą z nią w hybrydzie instalację konwencjonalną

$$K_{inww} = K_{inwwni} + K_{inwwk} / \text{zł} \quad (5)$$

$$K_{inwb} = K_{inwbni} + K_{inwbk} / \text{zł} \quad (6)$$

Dotacja inwestycyjna

Dotacja może przyjąć różne formy, ale można ją ostatecznie przedstawić w postaci jednorazowej kwoty wniesionej w roku zerowym. Problem dotacji i uzasadnienie jej wysokości był niejednokrotnie dyskutowany przez autora przy ocenie kosztów wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach wiatrowych (np.: [5–7]). Jednym z przedstawionych argumentów uzasadniających dotację na odnawialne i niekonwencjonalne źródła energii są tak zwane koszty zewnętrzne, towarzyszące konwencjonalnemu wytwarzaniu energii, które obliczono po wieloletnich badaniach przeprowadzonych w ostatnich dziesięcioleciach minionego wieku przez międzynarodowy zespół ekspertów Extern-E⁵ [np.: 8–10]. Uniknięcie chociażby części tych dodatkowych kosztów mogłoby być podstawą do udzielenia dotacji.

Szczególną formą dotacji inwestycyjnej może być wykorzystanie efektów współpracy międzynarodowej lub międzyregionalnej, gdy w tych krajach/regionach występują zróżnicowane nakłady inwestycyjne na dany obiekt (instalacja ogrzewania słonecznego, pompa ciepła, elektrownia wiatrowa itp.) oraz zróżnicowane koszty wytwarzania energii lub innych produktów. Problem ten jest już od dawna w ekonomii dobrze znany, był także analizowany przez autora niniejszej publikacji w odniesieniu do elektrowni wiatrowych z wykazaniem możliwej do uzyskania bardzo dużej skuteczności takiej współpracy z wyraźną korzyścią dla obu stron [11]. Zamyśl adresowany do energetyki wiatrowej może być także z powodzeniem zastosowany do innych źródeł rozproszonych.

Nakłady inwestycyjne

Nakłady inwestycyjne na nową instalację są z reguły realizowane w okresie nie dłuższym niż jeden rok, w ciągu roku zerowego.

Jeśli inwestycyjne są realizowane przez kilka lat, jak ma to miejsce w przypadku instalacji o dużej mocy zainstalowanej (co najmniej kilku megawatów), wówczas poszczególne ich składowe z zależności (4) będą sumami dyskontowanymi do roku zerowego. Gdy jest stała wartość stopy dyskontowej, całkowite nakłady można obliczyć według (7). Dla stopy dyskontowej zmiennej w czasie (przypadek uogólniony) całkowite nakłady inwestycyjne (K_{inwcd}) oblicza się według wzoru (8).

$$K_{inwcd} = \sum_{j=N1}^0 K_{inwcj} \times (1+d)^j + \sum_{j=1}^{N2} K_{inwcj} \times (1+d)^{-j} / z\text{ł} \quad (7)$$

$$K_{inwcd} = \sum_{j=N1}^0 K_{inwcj} \times \prod_{k=1}^j (1+d_k) + \sum_{j=1}^{N2} \frac{K_{inwcj}}{\prod_{k=1}^j (1+d_k)} / z\text{ł} \quad (8)$$

gdzie:

- K_{inwcj} – całkowite nakłady inwestycyjne na instalację poniesione w roku j -tym, $j = 1, 2, \dots, N / z\text{ł/a}$
- d_k – wartość stopy dyskonta w roku k -tym, $k = 1, 2, \dots, N$
- $N1$ – liczba lat realizacji nakładów inwestycyjnych, poprzedzająca rok oddania obiektu do eksploatacji
- $N2$ – liczba lat realizacji nakładów inwestycyjnych, po oddaniu obiektu do eksploatacji.

W podobny sposób można obliczyć sumy dyskontowe składowych nakładów całkowitych. Składowymi całkowitych nakładów są: wkład własny przyszłego użytkownika obiektu oraz kredyty bankowe. Poniższe wzory są zapisane w postaci uogólnionej, w której uwzględniono realizację nakładów inwestycyjnych w latach poprzedzających rok zerowy i w roku zerowym (przed oddaniem obiektu do eksploatacji) oraz w okresie eksploatacji obiektu (tak zwana inwestycja etapowa).

⁵ Badania Extern-E w latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku koncentrowały się na obliczeniu zewnętrznych kosztów wytwarzania energii elektrycznej. W początkowych latach obecnego stulecia zaplanowano podjąć prace badawcze nad kosztami zewnętrznymi wytwarzania ciepła.

Wkład własny

$$K_{inwwd} = \sum_{j=N1}^0 K_{inwwj} \times \prod_{k=1}^j (1 + d_k) + \sum_{j=1}^{N2} \frac{K_{inwwj}}{\prod_{k=1}^j (1 + d_k)} / z\text{\textasciitilde}l \quad (9)$$

gdzie:

K_{inwwj} – własne wkłady inwestycyjne na instalację poniesione w roku j -tym, $j = 1, 2, \dots, N / z\text{\textasciitilde}l/a$

kredyty bankowe

$$K_{inwbj} = \sum_{j=N1}^0 K_{inwbj} \times \prod_{k=1}^j (1 + d_k) + \sum_{j=1}^{N2} \frac{K_{inwbj}}{\prod_{k=1}^j (1 + d_k)} / z\text{\textasciitilde}l \quad (10)$$

gdzie:

K_{inwbj} – inwestycyjny kredyt bankowy na instalację pobrany w roku j -tym, $j = 1, 2, \dots, N / z\text{\textasciitilde}l/a$

Zwrot własnego wkładu inwestycyjnego

Zwrot własnego wkładu inwestycyjnego powinien także być wliczony w koszty wytwarzania energii elektrycznej i/lub ciepła. Użytkownik instalacji ogrzewania nie wydaje tej części pieniędzy, ale musi je odkładać na zrefundowanie własnych wydatków inwestycyjnych.

Zwrot własnego wkładu jest realizowany podczas eksploatacji obiektu. W stosowanej w drugiej połowie minionego wieku metodzie kosztów rocznych zakładało się, że trwa ona przez cały obliczeniowy okres eksploatacji obiektu – przez N lat ($N_{am} = N$). Obecnie okres amortyzacji przyjmuje się na ogół krótszy od okresu obliczeniowego: $N_{am} < N$.

Zwrot własnego wkładu inwestycyjnego musi być pełny, co oznacza, że suma wszystkich rocznych spłat przez N_{am} lat – zdyskontowana do roku zerowego⁶ musi być równa wartości strumienia własnego wkładu inwestycyjnego również zdyskontowanego do roku zerowego.

$$A_{mort} = \sum_{j=1}^{N_{am}} \frac{A_{mwj}}{\prod_{k=1}^j (1 + d_k)} / z\text{\textasciitilde}l \quad (11)$$

We wzorze (11) zwrot własnego wkładu inwestycyjnego (A_{mwj}) może być inny każdego roku. Jeśli jest to wartość stała

$$A_{mwj} = A_{mw} = const$$

wówczas zależność (11) przyjmie postać (12)

$$A_{mort} = \frac{A_{mw}}{r_{am}} = K_{inwwd} / z\text{\textasciitilde}l/a \quad (12)$$

⁶ Jak wspomniano wcześniej w niniejszym rozdziale, dyskontowanie wszelkich przepływów pieniężnych może być dokonane do dowolnego roku, ale dyskontowanie do roku zerowego jest najwygodniejsze.

gdzie:

r_{am} – rata zwrotu kapitałowego liczona dla okresu N_{am} lat

$$r_{am} = \frac{d_{am} \times (1 + d_{am})^{N_{am}}}{(1 + d_{am})^{N_{am}} - 1}$$

Jeśli $d_{am} = 0$ (!), wówczas jest

$$r_{am} = \frac{1}{N_{am}}$$

d_{am} – średnia wartość stopy dyskontowej za okres N_{am} lat, która w ogólnym przypadku może być obliczona jako średnia geometryczna

$$d_{am} = D_{am} - 1 = N_{am} \sqrt[N_{am}]{\prod_{t=1}^{N_{am}} (1 + d_t)} - 1$$

Podatek od dochodu ze sprzedaży ciepła i energii elektrycznej

W dużych instalacjach (np. ogrzewanie osiedla mieszkaniowego) energia jest sprzedawana. Wytwórca ciepła musi odprowadzać podatek od dochodu ze sprzedaży ciepła w kolejnych latach N -letniego okresu

$$P_{doch_j} \neq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, N$$

Dla instalacji grzewczych o małej mocy, zasilających indywidualnych odbiorców, ciepło wytworzone nie jest sprzedawane, tylko jest zużywane bezpośrednio przez odbiorcę. W tym przypadku podatek jest równy zero.

$$P_{doch_j} = 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, N$$

Koszty eksploatacyjne

Koszty eksploatacyjne są dwójakiego rodzaju. Koszty eksploatacyjne zmienne są kosztami zużytej energii i materiałów ruchomych w kolejnych latach N -letniego okresu. Dla nowej instalacji można je obliczyć według wzoru (13), dla konwencjonalnej – według zależności (14), uwzględniając to, że koszty te mogą być różne w kolejnych latach ze względu na zmieniające się ceny energii elektrycznej i paliw

- dla źródeł hybrydowych z pompami ciepła

$$K_{ezmni_j} = c_{el_j} \times \left(k_{mrpc_j} \times \frac{\dot{Q}_{pc} \times T_{ipc}}{\phi \times \eta_{sil}} + E_{elruch} \right) / \text{zł/a} \quad (13)$$

$$K_{ezmk_j} = c_{pal_j} \times k_{mrk_j} \times B_{ka} = c_{pal_j} \times k_{mrk_j} \times \frac{\dot{Q}_{ik} \times T_{ik}}{W_d \times \eta_k} / \text{zł/a} \quad (14)$$

- dla innych rodzajów źródeł hybrydowych

$$K_{ezmni_j} = c_{el_j} \times k_{mrni_j} \times E_{ela} / \text{zł/a} \quad (15)$$

$$K_{ezmk_j} = c_{pal_j} \times k_{mrk_j} \times B_{ka} = c_{pal_j} \times k_{mrk_j} \times \frac{\dot{Q}_{ik} \times T_{ik}}{W_d \times \eta_k} / \text{zł/a} \quad (16)$$

gdzie:

- c – przewidywana cena energii elektrycznej w j -tym roku, $zł/kWh$
- $c_{pal j}$ – przewidywana cena paliwa w j -tym roku, $zł/kg$ ⁷
- E_{elruch} – roczny pobór energii elektrycznej na cele ruchowe, kWh/a
- $k_{mk ni j}$ – współczynnik kosztów materiałów ruchowych dla nowej instalacji w j -tym roku
- $k_{mrk j}$ – współczynnik kosztów materiałów ruchowych dla instalacji konwencjonalnej w j -tym roku
- $k_{mr pc j}$ – współczynnik kosztów materiałów ruchowych dla pompy ciepła w j -tym roku
- Q_{ik} – moc zainstalowana kotła, kW
- Q_{ni} – moc zainstalowana nowej instalacji, kW
- Q_{pc} – moc zainstalowana pompy ciepła, kW
- T_{ini} – czas użytkowania mocy zainstalowanej nowej instalacji, h/a
- T_{ik} – czas użytkowania mocy zainstalowanej kotła, h/a
- T_{ipc} – czas użytkowania mocy zainstalowanej pompy ciepła, h/a
- W_d – wartość opałowa paliwa, kJ/kg lub kJ/m^3 ⁸
- φ – współczynnik wydajności pompy ciepła
- η_k – sprawność kotła, wartość średnia roczna
- η_{sil} – sprawność silnika napędzającego pompę ciepła.

Koszty eksploatacyjne stałe można obliczyć jako wartości stałe w kolejnych latach, wykorzystując ratę stałych kosztów eksploatacyjnych [1]. Trzeba jednak wyraźnie podkreślić, że koszty te mogą zmieniać się w kolejnych latach. Przewidywanie tych zmian należy do zagadnień prognozowania.

$$K_{estnij} = K_{estni} = r_{ce} \times \sum_{j=-N1}^{N2} K_{inwni j} / zł/a \quad (17)$$

$$K_{estkj} = K_{estk} = r_{ce} \times \sum_{j=-N1}^{N2} K_{inwk j} / zł/a \quad (18)$$

Splata kredytu bankowego i koszty jego obsługi

Kredyt bankowy (K_{inwb}) jest spłacany przez okres N_b lat. Zakłada się, że raty rocznej spłaty tego kredytu ($Z_{kr j}$) są stałe i równe

$$Z_{kr j} = \frac{K_{inwb}}{N_b} = const / zł/a \quad j = 1, 2, \dots, N_b \quad (19)$$

Kredyt jest oprocentowany stopą procentową – p_{kr} , która wyznacza kwotę od oprocentowania w roku j -tym – $O_{pr j}$, obliczaną od niesplaconej części kredytu

$$O_{pr j} = (K_{inwb} - (j-1) \times Z_{kr}) \times p_{kr} / zł/a \quad j = 1, 2, \dots, N_b \quad (20)$$

⁷ Cena paliwa może być odniesiona, jednostki masy paliwa (węgiel kamienny, węgiel brunatny, ropa naftowa oraz jej pochodne – 1 kg), do jednostki objętości paliwa gazowego (1 m³). Cena może także być podawana w odniesieniu do jednostki kalorycznej paliwa. Dla oleju opałowego: 1 kg = 42 MJ = 0,042 GJ, dla gazu ziemnego: 1 m³ = 35 MJ = 0,035 GJ.

⁸ Wartość opałowa dla paliwa stałego (węgiel kamienny, brunatny, koks itp.) jest podawana w kilodżulach lub w megadżulach na kilogram paliwa, dla paliwa gazowego (gaz ziemny, gaz wylewny, gaz miejski itp.) jest podawana w kilodżulach lub w megadżulach na metr sześcienny paliwa.

Prowizja bankowa liczona jest od kwoty przekazywanej bankowi przy zadanej wysokości stopy prowizji $-P_{prb}$

$$K_{prow j} = (O_{pr j} + Z_{kr}) \times P_{prb} / z\text{\textdollar}/a \quad j = 1, 2, \dots, N_b \quad (21)$$

Koszty dodatkowe

Pod hasłem koszty dodatkowe zamieszczono wszystkie dotychczas niewymienione wydatki pieniężne na eksploatację instalacji, np.: koszty ekologiczne wynikające bezpośrednio z eksploatacji obiektu, nieprzewidziane koszty losowe, niewymienione w grupie stałych kosztów eksploatacyjnych.

Jeśli wskutek eksploatacji instalacji ogrzewania z pompą ciepła jej użytkownik uzyska oszczędności finansowe, wówczas, zgodnie z obowiązującymi przepisami, jest zobowiązany odprowadzać podatek od oszczędności, który także może być składnikiem kosztów dodatkowych.

3. METODA KOSZTÓW NARASTAJĄCYCH (MKN)

Metoda kosztów narastających, jak wspomniano wyżej, jest częścią składową metody NPV. W metodzie MKN obliczamy zdyskontowany do roku zerowego (!) strumień bieżących kosztów rocznych (SKLh), dla hybrydowej instalacji dla okresu L lat, przy czym wartości L liczymy narastająco, kolejno, do osiągnięcia wartości N . Koszty narastające całej instalacji są sumą indywidualnych kosztów narastających instalacji nowego obiektu i kosztów narastających instalacji konwencjonalnej

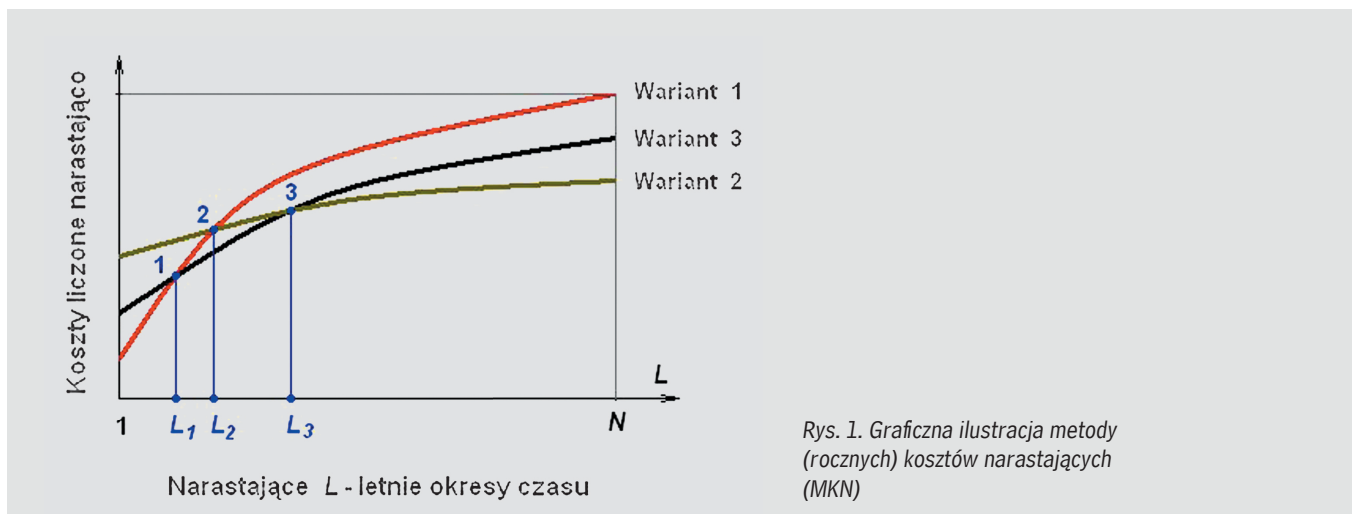
$$S_{KLh} = \sum_{j=1}^L \frac{K_{rpc j}}{\prod_{t=1}^j (1 + p_{pct})} + \sum_{j=1}^L \frac{K_{rk j}}{\prod_{t=1}^j (1 + p_{kt})} / z\text{\textdollar} \quad L = 1, 2, 3, \dots, N \quad (22)$$

Metoda kosztów narastających jest szczególnie przydatna w porównywaniu wariantów inwestycyjnych. Ma ona następujące duże zalety:

- jest to metoda dyskontowa, jest teoretycznie kompletna
- ma przejrzystą wizualną prezentację wszystkich kosztów – nakładów inwestycyjnych i kosztów bieżących.

Wadą tej metody jest jej złożoność obliczeniowa, wymagająca dobrego przygotowania, oraz trudne do weryfikacji prognozowanie danych liczbowych (np.: wartości stopy dyskonta, zmiany ceny paliw, energii elektrycznej itd.), podobnie jak w metodach kosztów rocznych (NPV) czy innych metodach dyskontowych. Ilustracja graficzna metody MKN jest poglądowo przedstawiona na rys. 1, na którym pokazano do porównania trzy warianty inwestycyjne.

W wariacie 1 są niewielkie koszty początkowe w pierwszym roku eksploatacji, które mogą wywodzić się ze stosunkowo niskich nakładów inwestycyjnych, ale są wysokie koszty bieżące. W okresie L_1 zsumowane koszty (strumienie dyskontowe) są najniższe, ale po okresie L_2 już są one najwyższe. Wariant 2 ma bardzo wysokie koszty początkowe (wysokie nakłady inwestycyjne), ale jednocześnie ma najniższe roczne koszty bieżące i już po okresie L_2 jest korzystniejszy od wariantu 1, a po okresie L_3 jest już wariantem najtańszym. Można zauważyć, że jeśli dla przedsięwzięcia inwestycyjnego przewidywany horyzont czasowy jest krótszy niż L_1 , wówczas bezwzględnie najkorzystniejszy jest wariant 1, jeśli jednak ten okres jest dłuższy niż L_3 , wówczas należy realizować wariant 1.



Porównanie efektywności ekonomicznej kilku wariantów inwestycyjnych narzuca warunek spełnienia podstawowego wymogu, jakim jest równość efektów końcowych dla wszystkich wariantów. W przypadku wariantów instalacji równość efektów końcowych sprowadza się do: jednakowej ilości rocznie dostarczonej energii, jednakowej szczytowej mocy cieplnej/elektrycznej oraz jej zmian w czasie (równość rocznych wykresów uporządkowanych). Niespełnienie postawionych wyżej wymienionych wymagań utrudnia taki sposób porównywania wariantów. W przypadku różnych efektów końcowych trzeba dodatkowo zastosować ich obliczeniowe zrównanie.

Konieczność sprowadzania wszystkich wariantów inwestycyjnych do jednakowych efektów końcowych dotyczy wszystkich znanych metod obliczeniowych.

Gdy na ocenę efektywności inwestycji patrzymy z punktu widzenia użytkownika, wówczas w kosztach początkowych uwzględniamy tylko te wydatki, które bezpośrednio ponosi sam użytkownik, nie jest tu wliczany kredyt bankowy. W czasie eksploatacji układu ogrzewania użytkownik spłaca całe zadłużenie i to jest wliczane w bieżące koszty wytwarzania ciepła i/lub energii elektrycznej, które zawierają także odliczany w kolejnych latach zwrot własnego wkładu inwestycyjnego. W omawianych obliczeniach są zawarte wszystkie składniki kosztów, więc te obliczenia są merytorycznie kompletne.

W metodzie kosztów narastających można wyróżnić przypadek szczególny, gdy nakłady inwestycyjne przypisane do roku zerowego przeniesione są do pierwszego roku eksploatacji, co teoretycznie oznacza ich zwrot w ciągu pierwszego roku wszystkich rat kredytu bankowego (jeśli był udzielony) oraz zwrot własnego wkładu inwestycyjnego.

BIBLIOGRAFIA

1. Kopecki K., Materiały i Studia. Tom V. Zasady ekonomicznego rachunku, Część I, Ogólne założenia i metodyka rachunku gospodarczego w pracach planowo-projektowych w elektroenergetyce, Polska Akademia Nauk, Komitet Elektryfikacji Polski, Warszawa 1960.
2. Bojarski W., Podstawy metodyczne oceny efektywności w systemach energetycznych, Polska Akademia Nauk, Komitet Problemów Energetyki, Wrocław – Warszawa – Kraków – Gdańsk, Zakład Narodowy Imienia Ossolińskich, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, 1979.
3. Ratajczak E., Elektroenergetyka polska w okresie przemian, Politechnika Gdańska, Wydział Elektryczny, Gdańsk, 21–22 stycznia 1993.
4. Górczyński J., Audyting Energetyczny, Narodowa Agencja Poszanowania Energii SA, Warszawa 2002.
5. Soliński J., Solińska M., Ekologiczne podstawy systemu wspierania rozwoju energii odnawialnej w Polsce, Międzynarodowe Seminarium „Energetyka wiatrowa na lądzie i na morzu”, Sopot, 15–17 grudnia 2000.
6. Kusto Z., Ekonomiczne, społeczne i ekologiczne warunki urynkowania elektrowni wiatrowej, Sympozjum Naukowe „Planowanie i eksploatacja systemów zaopatrzenia w energię”, Gdańsk, 29–30 marca 2001.
7. Kusto Z., Warunki rynkowego użytkowania elektrowni wiatrowych w nadmorskich miejscowościach Wybrzeża Gdańskiego, Sympozjum Naukowo-Techniczne „Techniczne, ekologiczne i ekonomiczne aspekty energetyki odnawialnej”, Wydział Inżynierii Produkcji SGGW, Warszawa, 19–20 października 2001.
8. New research reveals the real costs of electricity in Europe, European Research Area, Brussels, 20 July 2001, <http://europa.eu.int/comm/research/press/2001/pr/200/en.html> 01-07-31.
9. Malko J., Internalizacja kosztów zewnętrznych, czyli ile naprawdę kosztuje energia, *Wokół Energetyki*, październik 2004.
10. Radovic U., Promocja wytwarzania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w Polsce: czy dodatkowy koszt systemowy jest uzasadniony? *Polityka Energetyczna*, tom 8, zeszyt specjalny, 2005, PL ISSN 1429-6675.
11. Kusto Z., Wpływ efektów współpracy międzynarodowej na nakłady inwestycyjne na elektrownię wiatrową, VIII Ogólnopolskie Forum Odnawialnych Źródeł Energii, Międzybrodzie Żywieckie 15–17 maja 2002 oraz Warszawa, 28–30 października 2002.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

1. Berent-Kowalska G., Kasprowska J., Kasperczyk G., i inni, Energia ze źródeł odnawialnych w 2006 roku, Główny Urząd Statystyczny, Departament Przemysłu, Ministerstwo Gospodarki, Departament Energetyki, Warszawa 2007.
2. Joosen S., Wahlström Å., Sijanec Zavrl M., Makowska N. i inni: Studium wykonalności dla alternatywnych systemów energetycznych, *Czysta Energia*, styczeń 2009.
3. Kamiński S., Zadania sektora paliwowo-energetycznego w zakresie środowiska w świetle integracji z Unią Europejską, Konferencja „Polityka energetyczna Polski w najbliższych latach”, Warszawa, 6–7 marca 2002.
4. Kulesa M., Planowanie energetyczne w gminie, Generacja rozproszona (kogeneracja gazowa, źródła odnawialne) oraz przedsiębiorstwa multienerygetyczne w strategii gmin. Wybrane przykłady, *Energetyka*, styczeń 2003.
5. Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 20 września 2007 r. w sprawie wysokości stawek opłat za korzystanie ze środowiska na rok 2008, *Monitor Polski* nr 68, poz. 754.
6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 9 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej wytwarzanej w odnawialnych źródłach energii, *Dziennik Ustaw* nr 267, poz. 2655 i 2656.
7. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 9 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej wytwarzanej w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła, *Dziennik Ustaw* nr 267, poz. 2657.
8. Strategia Rozwoju Energetyki Odnawialnej, Ministerstwo Środowiska, Warszawa, wrzesień 2000.
9. Szramka R., Rozwój i regulacja rynku energii odnawialnej w Polsce, *Biuletyn URE* 5/2003.
10. Strategia rozwoju w Polsce wysokosprawnej kogeneracji – główne kierunki, Opracowanie pod kierunkiem prof. Janusza Lewandowskiego, Umowa nr 501H/4433/0445/000, Uczelniane Centrum Badawcze Energetyki i Ochrony Środowiska Politechniki Warszawskiej, Instytut Technik Ciepłej Politechniki Śląskiej, Warszawa, czerwiec 2007.
11. Świdorski M., Analiza LCC (Life Cycle Cost Analysis) narzędziem wspomagającym ocenę projektów inwestycyjnych związanych z techniką pompową, IX FORUM UŻYTKOWNIKÓW POMP, Szczyrk, 1–3 października 2003.
12. Palka-Wyżykowska K., Metoda LCC i jej przydatność do ekonomicznej oceny efektywności systemów energetycznych na przykładzie systemów grzewczych w budownictwie mieszkaniowym, Opracowanie SiUChKI, Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2008.