



POLITECHNIKA ŚLĄSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA I ENERGETYKI
INSTYTUT TECHNIKI CIEPLNEJ
44-100 Gliwicach, ul. Konarskiego 18,

Egz. Nr

Nr pracy: **SP/B/3/76/469/10**

Tytuł projektu: **Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków – strategiczny projekt badawczy**

Tytuł zadania badawczego: **Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie**

Nr i tytuł etapu: **Etap nr 2 - Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie.**

Tytuł dokumentacji: **Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie.**



Gliwice, listopad 2010r.



POLITECHNIKĄ ŚLĄSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA I ENERGETYKI
INSTYTUT TECHNIKI CIEPLNEJ
44-100 Gliwicach, ul. Konarskiego 18,

Zespół autorski:

**Kierownik części zadania
badawczego:**

Prof. dr hab. inż. Koziół Joachim

Pozostali autorzy:

Prof. dr hab. inż. Składzień Jan

Dr Czubala Joanna

Dr inż. Koziół Michał

Mgr inż. Mendecka Barbara

Mgr inż. Piłat Magdalena

Mgr inż. Sas Joanna

(tytuł naukowy, imię i nazwisko)

(podpis)

Rozdzielnik:

egz. Nr1 – Politechniką Śląską, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki,
Instytut Techniki Ciepłej

egz. Nr2 -

Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.



Wykaz zmian w dokumentacji pracy

Nr kolejny lub Nr wersji	Data	Opis zmiany	Autor zmiany	Podpis

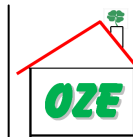
Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

SPIS TREŚCI

1. Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania odnawialnych źródeł energii w budownictwie	8
1.1. Wstęp	8
1.2. Zakres analizowanych zagadnień	8
1.3. Wcześniej przeprowadzone przeglądy metod modelowanie procesów energetycznych	10
Bibliografia do rozdz. 1.....	12
2. Przegląd i ocena metod modelowania budynku lub grupy budynków jako użytkowników energii	13
2.1. Metodyka uproszczona określania zapotrzebowania energii.....	14
2.2. Metoda bilansowa określania zapotrzebowania energii.....	15
2.2.1. Metodyka obliczeń.....	15
2.2.2. Przykład obliczeniowy.....	16
2.3. Modelowanie oparte o metodę bilansów elementarnych	18
2.3.1. Podstawy teoretyczne przykładowej metody obliczeniowej	18
2.4. Modelowanie z wykorzystaniem pakietu Fluent	23
2.4.1. Podstawowe równania objęte pakietem CFD	23
2.4.2. Ogólne zasady aplikacji metody entalpia-porowatość.....	23
2.4.3. Przykład obliczeniowy.....	25
2.5. Modelowanie złożonych kompleksów obiektów budowlanych	26
2.5.1. Liniowy model gospodarki materiałowo-energetycznej.....	26
2.5.2. Wykorzystanie linowego modelu przepływów międzygałęziowych do analizy systemowej gospodarki energetycznej kompleksów budowlanych.....	27
2.6. Ocena metody modelowania ze szczególnym uwzględnienia wykorzystania OZE.....	28
Bibliografia do rozdz. 2.....	30
3. Przegląd i ocena dostępnych rozwiązań technicznych zaspokojenia potrzeb ludności w budynkach z uwzględnieniem wykorzystania OZE	32
3.1. Przykładowe rozwiązania techniczne bryły budynku.....	33
3.1.1. Układ pomieszczeń	33
3.1.2. Przykłady konstrukcji budynków energooszczędnych	34
3.1.3. Wpływ rozmieszczenia roślinności na funkcjonowanie domów energooszczędnych	36
3.2. Rozwiązanie techniczne zaopatrzenia budynków w ciepło, ciepłą wodę użytkową i chłód z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii	37
3.3. Rozwiązania techniczne zaopatrzenia budynków w energię elektryczną przy uwzględnieniu wykorzystania odnawialnych źródeł energii	43

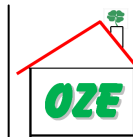
*Etap nr 2:**Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie*



3.4. Rozwiązania techniczne kogeneracyjnego i/lub triogeneracyjnego zaopatrzenia budynków lub kompleksów budowlanych w energię elektryczną ciepło i/lub zimno	45
Bibliografia rozdz. 3.....	48
4. Przegląd i ocena metod modelowania urządzeń do wykorzystania odnawialnych źródeł energii	50
4.1. Model zintegrowanego systemu słonecznego BIPV/T	52
4.2. Modelowanie komina solarne.....	55
4.3. Modelowanie silników wiatrowych.....	58
4.4. Ocena efektów skojarzonej gospodarki energetycznej	60
4.4.1. Sprawności cząstkowe skojarzonego wytwarzania ciepła grzejnego i energii elektrycznej.	62
4.4.2. Jednostkowe koszty produktów w gospodarce skojarzonej.....	63
Bibliografia rozdz. 4.....	65
5. Metodologia oceny efektów technicznych wykorzystania odnawialnych źródeł energii w budownictwie	66
5.1. Czynniki wpływające na wartość kryteriów	67
5.2. Sprawność energetyczna i egzergetyczna.....	68
5.3. Skumulowana energochłonność i egzergochłonność.....	70
5.4. Normatywne kryteria oceny efektów energetycznych w budynkach	71
5.5. Użyteczność stosowanych wskaźników energetycznych	74
Bibliografia do rozdz. 5.....	76
6. Metodologia oceny efektów ekonomicznych wykorzystania odnawialnych źródeł energii w budownictwie.....	77
6.1. Kryteria oceny efektów ekonomicznych	78
6.1.1. Charakterystyka inwestycji w OZE w budownictwie – aspekty ekonomiczne	78
6.1.2. Metody nie uwzględniające czynnik czasu	80
6.1.3. Metody dyskontowe	86
6.2. Użyteczność stosowanych wskaźników ekonomicznych	93
6.2.1. Metody nie uwzględniające czynnik czasu	93
6.2.2. Metody dyskontowe	95
6.2.3. Czynniki istotnie wpływające na wiarygodność wyznaczonych miar efektywności ekonomicznej wykorzystania OZE w budownictwie	103
Bibliografia rozdz. 6.....	104
7. Metodologia oceny efektów ekologicznych wykorzystania odnawialnych źródeł energii	106
7.1. Emisja bezpośrednia i skumulowana CO ₂ związana z wykorzystaniem OZE	107
7.2. Klasa ekologiczna budynków	108
7.3. Koszty termoeologiczny	109



7.4.	Proekologiczny podatek VAT	110
7.5.	Analiza cyklu życia (LCA).....	111
7.5.1.	Definicja LCA.....	111
7.5.2.	LCA – przegląd źródeł.....	112
7.5.3.	Narzędzia informatyczne	113
7.5.4.	Użyteczność LCA.....	116
Bibliografia rozdz. 7.....		118
8.	Sposób oceny efektów trudno wymiernych wykorzystania	
	odnawialnych źródeł energii	124
8.1.	Przykłady efektów trudno wymiernych.....	125
8.2.	Metody oceny efektów trudno wymiernych.....	125
Bibliografia rozdz. 8.....		127
9.	Jednokryterialna optymalizacja przedsięwzięć związanych z	
	wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii	128
9.1.	Podstawowe pojęcia z zakresu optymalizacji. Sformułowanie	
	zadania optymalizacyjnego.....	129
9.2.	Dekompozycja zadania optymalizacyjnego	130
9.3.	Klasyfikacja zagadnień optymalizacyjnych według cech informacji	
	wejściowych.....	131
9.4.	Metody rozwiązywania zdeterminowanych zadań optymalizacyjnych	131
9.4.1.	Programowanie liniowe	131
9.4.2.	Programowanie nieliniowe	131
9.5.	Metoda rozwiązywania zadania optymalizacyjnego przy niepewnych	
	informacjach wejściowych.....	133
Bibliografia rozdz. 9.....		137
10.	Wielokryterialna optymalizacja wykorzystania odnawialnych źródeł	
	energii.....	138
10.1.	Wstęp - wielokryterialna metoda podejmowania decyzji MCDM	
	(multicriteria decision making methods)	139
10.2.	Charakterystyka procesu optymalizacyjnego	140
10.2.1.	Kryteria optymalizacyjne	140
10.2.2.	Ograniczenia	140
10.3.	Metodologia badań wielokryterialnych.....	140
10.3.1.	Model sytuacji decyzyjnej wykorzystania OZE	140
10.3.2.	Metoda hierarchicznej analizy problemu AHP (Analytical	
	Hierarchy Process)	141
10.3.3.	Metoda Promethee (Preference Ranking Organization METHod	
	for Enrichment Evaluation).....	143
10.3.4.	Metody ELECTRE.....	146
10.3.5.	Inne metody wielokryterialne	147
Bibliografia rozdz. 10.....		150



11. Modelowanie procesów cieplno-przepływowych w rejonie rurowych gruntowych wymienników ciepła zespołów sprężarkowych parowych pomp ciepła.....	152
11.1. Wstęp	153
11.2. System pompa grzejna sprężarkowa parowa – gruntowy wymiennik ciepła.....	154
11.3. Modelowanie systemu grzewczego zawierającego PGSP oraz GWC.....	156
11.4. Modelowanie procesów cieplno – przepływowych związanych z GWC.....	156
11.4.1. Modele analityczne rurowych gruntowych wymienników ciepła.....	157
11.4.2. Modele analityczno – numeryczne rurowych gruntowych wymyenników ciepła	160
11.4.3. Modele numeryczne autorskie rurowych gruntowych wymienników ciepła	160
11.4.4. Wybrane, szczególne, modele gruntowych wymienników ciepła	163
11.4.5. Modele numeryczne gruntowych wymienników ciepła a kody komercyjne	164
11.4.6. Złożone modele numeryczne rurowych GWC we współpracy z systemem PGSP.....	165
11.5. Podsumowanie, wnioski, uwagi końcowe.....	167
Bibliografia rozdz. 11.....	169
12. metodyka oceny wpływu zwiększenia wykorzystania oze na efekty polityczne, legislacyjne i społeczne	177
12.1. Wstęp	178
12.2. Kierunki polityki Unii Europejskiej.....	179
12.2.1. Pakiet energetyczno - klimatyczny	179
12.2.2. Cele dyrektywy OZE.....	182
12.2.3. Cele w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych.....	185
12.2.4. Funkcjonujące systemy wsparcia OZE w państwach członkowskich Unii Europejskiej.....	187
12.3. Uwarunkowania prawne wykorzystania OZE w Polsce.....	190
12.3.1. Regulacje wspierające rozwój odnawialnych źródeł energii.....	190
12.3.2. Klasyfikacja instrumentów polityki energetycznej państwa.....	198
12.3.3. Struktura produkcji energii elektrycznej w odnawialnych źródeł energii w Polsce	203
12.4. Wsparcie finansowe rozwoju OZE	204
12.4.1. Wsparcie OZE ze środków Unii Europejskiej.....	204
12.4.2. Krajowe wsparcie OZE ze środków publicznych	206
12.5. Społeczne aspekty rozwoju OZE	206
12.6. Bariery rozwoju OZE w Polsce.....	208
12.7. Podsumowanie	209
Bibliografia rozdz. 12.....	211

1. OCENA ISTNIEJĄCEJ METODOLOGII WYZNACZANIA TECHNICZNYCH EKONOMICZNYCH I EKOLOGICZNYCH EFEKTÓW WYKORZYSTANIA ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII W BUDOWNICTWIE

1.1. Wstęp

Tytułowa ocena istniejącej metodologii wyznaczania skutków wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE) w budownictwie powinna być swego rodzaju przewodnikiem i poradnikiem użytecznym przy kompleksowych badaniach zagadnień dotyczących energetyki komunalnej z szczególnym uwzględnieniem problemów dotyczących zwiększonego wykorzystania OZE.

Równocześnie powyższa ocena stanowi prezentację aktualnego stanu wiedzy w zakresie:

- modelowania procesów energetycznych zachodzących w budynkach,
- modelowania procesów i zjawisk związanych z funkcjonowaniem urządzeń i instalacji stosowanych w budynkach,
- sposobów zaspokajania potrzeb komunalno-bytowych ludności ze szczególnym uwzględnieniem OZE,
- wyników i kryteriów oceny ilościowej i jakościowej wykorzystania energii w budynkach i związanych z tym efektów ekonomicznych i ekologicznych,
- sposobu oceny efektów trudno wymiernych,
- optymalizacji rozwiązań związanych z wykorzystaniem OZE,
- oceny efektów politycznych, prawnych i społecznych stosowania OZE.

1.2. Zakres analizowanych zagadnień

Przegląd metod modelowania budynków obejmuje metodę uproszczoną i bilansową określania zapotrzebowania energii, zasady i przykłady modelowania budynków z wykorzystaniem, metody różnicowej bilansów elementarnych oraz pakietu CFD-Fluent. Wskazano na zakresy przydatności poszczególnych sposobów określania zapotrzebowania ciepła oraz matematycznego modelowania budynków. W odniesieniu do problemów istniejących rozwiązań technicznych energetycznego zapotrzebowania ludności wskazano na wpływu rozwiązań bryły budynku na możliwości wykorzystania OZE oraz warianty wykorzystania OZE do celów grzejnych, przygotowania ciepłej wody użytkowej, przygotowania posiłków oraz oświetlenia.

Z kolei, przy okazji omawiania zasad modelowania urządzeń i instalacji do wykorzystania OZE, stosunkowo szczegółowo przedstawiono problemy związane: z pompami ciepła, zwłaszcza pomp współpracujących z gruntowym źródłem ciepła,

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



z kolektorami słonecznymi, z ogniwami fotowoltaicznymi, z silnikami wiatrowymi oraz z układami kogeneracyjnymi zasilanymi biopaliwami.

W zakresie przeglądu i oceny wskaźników i kryteriów energetycznych omówiono sposób wyznaczania oraz celowość stosowania następujących wielkości:

- sprawności energetycznej i egzergetycznej,
- skumulowanej energochłonności i egzergochłonności,
- normatywnej oceny efektów energetycznych w budynkach (wskaźników EK, EP).

Wskazano na czynniki istotnie wpływające na wartość wskaźników i kryteriów.

Stosunkowo dużo uwagi poświęcono w opracowaniu kryterium oceny efektów ekonomicznych wykorzystania OZE w budownictwie. Omówiono sposoby wyznaczania wskaźników nieuwzględniających oraz uwzględniających wpływ czynnika czasu. Spośród wskaźników zaliczanych do pierwszej kategorii, omówiono: okres zwrotu (Payback Period - PP), prostą stopę zwrotu (Simple Rate of Return - SPBT), test pierwszego roku (Test the First Year). W przypadku wskaźników uwzględniających wpływ czasu, oprócz wielkości stosowanych powszechnie, takich jak: wartość zaktualizowana netto (Net Present Value - NPV) i wewnętrzna stopa zwrotu (Internal Rate of Return - IRR), omówiono takie wskaźniki jak: wskaźnik wartości zaktualizowanej netto (Net Present Value Ratio – NPVR), współczynnik zyskowności (Profitability Index - PI), zmodyfikowaną wewnętrzną stopę zwrotu (Modified Rate of Return – MIRR), okres zwrotu (dla przepływów zdyskontowanych). Ponadto, w opracowaniu przedstawiono wskaźniki stosowane do oceny opłacalności realizacji projektów energooszczędnych, takie jak: wskaźnik zaoszczędzonych kosztów (Cost of Saving - CS) oraz wskaźnik kosztów zaoszczędzonej energii (Cost of Energy Saving - CSE). W przypadku wszystkich omawianych wskaźników, zwrócono uwagę na konieczność przeprowadzenia analizy wrażliwości oraz wskazano najważniejsze czynniki, których zmienność powinna zostać uwzględniona w tej analizie w przypadku oceny projektów z zakresu wykorzystania OZE w budownictwie.

W opracowaniu oceniono użyteczność poszczególnych wskaźników i celowość ich wykorzystania m.in. w przypadku wyboru projektu z grupy projektów różniących się zarówno czasem jak i wymaganymi nakładami inwestycyjnymi.

Ważnym problemem jest metodologia oceny efektów ekologicznych. W opracowaniu zwrócono uwagę na bezpośrednią i skumulowaną emisję CO₂ związaną z wykorzystaniem OZE. Zagadnienie to jest istotne w związku z różnicami czasowymi i lokalizacyjnym między pozyskaniem i wykorzystaniem tych źródeł.

Podano sposób określania aktualnie stosowanych wskaźników (klas) ekologicznych budynków. Omówiono zasady przeprowadzania analiz LCA (Life Cycle Assessment). Podkreślono zalety i wady oceny efektywności ekologicznej procesów za pomocą kosztu termoeologicznego stanowiącego uogólnienie analizy LCA.

Ze względu na specyfikę realizowanego zadania pt.: „Zwiększenie energii z odnawialnych źródeł energii w budownictwie” polegającym na uwzględnieniu aspektów pozatechnicznych (między innymi politycznych, społecznych itp.) wystąpiła potrzeba oceny



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

zasad wartościowania jakościowych i ilościowych efektów trudno wymiernych. W tym kontekście zwrócono w opracowaniu uwagę na sposoby korzystania z metody delfickiej oraz na jej zalety i wady.

Ostatnie dwa punkty opracowania poświęcono metodom optymalizacji jedno- i wielokryterialnej.

W ramach analiz dotyczących optymalizacji jednokryterialnej przedstawiono zasady formułowania zadania optymalizacyjnego, wykorzystanie ograniczeń równościowych do zmniejszenia liczby parametrów doskonałości oraz padano zasady dekompozycji problemu optymalizacyjnego. Następnie przedstawiono podział metod optymalizacji ze względu na charakter danych wejściowych. Uwzględniono przy tym następujące przypadki informacji wejściowych:

- dane są średnie wartości danych wejściowych,
- znane są rozkłady statystyczne tych danych,
- dane charakteryzujące rozkłady o nieznanymi parametrach (wartości oczekiwanej i średniego odchylenia standardowego),
- dane mają charakter heurystyczny.

Omówiono numeryczne sposoby rozwiązywania zdeterminowanych problemów optymalizacji (metodę kompleksową - siatki przestrzennej, metody gradientowe, Monte Carlo) oraz zasady optymalizacji w warunkach niepewnych rozkładów lub informacji heurystycznych (wykorzystanie kryteriów Bayesa, Walda, Hurwica, Savage'a).

W przypadku oceny efektów wykorzystania odnawialnych źródeł energii najczęściej przeprowadzone wielokryterialne analizy optymalizacyjne. Najbardziej znaną pod tym względem jest metoda AHP (Analytic Hierarchy Process) opracowana przez Satty'ego. Ponadto przedstawiono charakterystykę metod:

- PROMETHEE (Preferencje Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation),
- ELECTRE,
- TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions),
- CP (Compromise Programming),
- MAUT (Multi-Attribute Utility Theory).

1.3. Wcześniej przeprowadzone przeglądy metod modelowanie procesów energetycznych

W literaturze spotkać można prace analogiczne do prezentowanego opracowania. Na szczególną uwagę zasługuje pod tym względem duże monografie:

- Van Beek N.: Classification of Energy Models, Tiburg University and Eindhoven University of Technology, 1999.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



- Pohekar S.D., Ramochandran M.: Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8, 2004, p.365-381.

Pierwsza praca stanowi przegląd 22 opracowań monograficznych opublikowanych w latach 1985-1999. zawiera ona informacje dotyczące modeli omówionych według kwalifikacji uwzględniającej:

- przeznaczenie: ogólne (prognostyczne i analityczne) i szczegółowe (określenie zapotrzebowania oraz sposobów zaopatrzenia obiektów w nośniki energetyczne i energię oraz ocenę wzajemnych relacji między charakterystycznymi parametrami),
- powiązanie: zewnętrzne i wewnętrzne,
- podejście analityczne (ocena maksimum lub minimum przyjętego kryterium),
- zastosowanie (symulacyjne, kalkulacyjne, ekonomiczne, makroekonometryczne, optymalizacyjne typu input-output),
- sposób rozwiązania (programowanie liniowe i dynamiczne),
- zasięg geograficzny (globalne, regionalne, krajowe, lokalne),
- aspekt (punkt widzenia): energetyczny, ekologiczny i/lub inny,
- horyzont czasowy: krótki, średni, długi,
- charakter danych wejściowych: jakościowy, ilościowy, monetarny, całkowity, ułamkowy.

Praca Van Beeck'a zawiera ponadto szczegółowe informacje na temat 8 najbardziej znanych programów komputerowych wykorzystywanym do modelowania procesów energetycznych. Przedstawione modele są przeznaczone do analiz związanych z planowaniem energetycznym. Nie uwzględniają one specyfiki związanej z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii. Przedstawione opisy poszczególnych modeli są zazwyczaj ogólne. Nie zawierają one szczegółowych informacji merytorycznych wskazują one raczej odpowiednie źródła literaturowe.

Praca Pohekar'a i Romachandran'a obejmuje informacje podane w pozycjach literaturowych. Stanowiła ona jedno z podstawowych źródeł literaturowych wykorzystywanych przez nas przy opisie analiz wielokryterialnych w niniejszym opracowaniu.



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

BIBLIOGRAFIA DO ROZDZ. 1

- [1.1] Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania odnawialnych źródeł energii w budownictwie. Sprawozdanie z realizacji etapu 2: Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie, Gliwice, grudzień 2010

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



2. PRZEGLĄD I OCENA METOD MODELOWANIA BUDYNKU LUB GRUPY BUDYNKÓW JAKO UŻYTKOWNIKÓW ENERGII

Opracowanie przygotowane przez:

Prof. dr hab. inż. Koziół Joachim

Mgr inż. Mendecka Barbara

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

2.1. Metodyka uproszczona określania zapotrzebowania energii

Do orientacyjnej oceny zapotrzebowania ciepła do celów grzejnych i wentylacyjnych można wykorzystać metodę (A/V) [2.1]. Według zasad tej metody maksymalne zapotrzebowanie ciepła określa się ze wzoru:

$$\dot{Q}_n = \left(k_m \cdot \frac{A}{V} + 0,34 \cdot n \right) \cdot V \cdot \vartheta \quad , \quad (2.1)$$

$$\vartheta = t_a - t_z \quad ,$$

gdzie:

\dot{Q}_n - maksymalne zapotrzebowanie ciepła, W,

k_m - średni współczynnik przenikania ciepła, $\frac{W}{m^2 K}$,

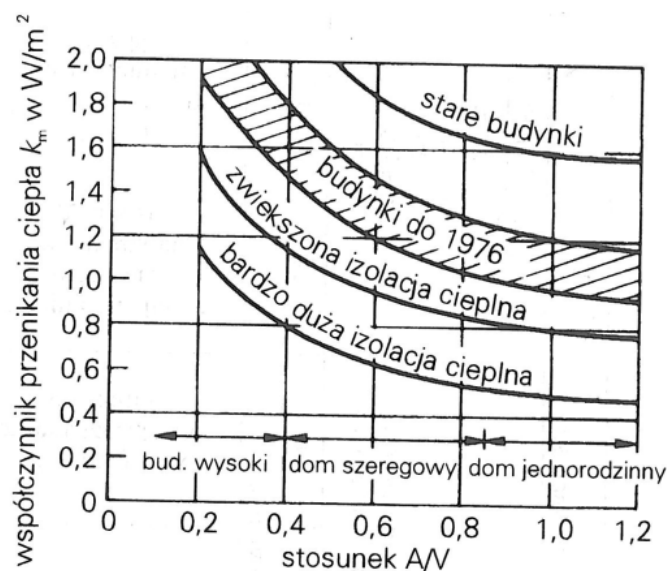
A - całkowita powierzchnia zewnętrzna, m^2 ,

V - całkowita objętość budynku, m^3 ,

n - godzinowa krotność wymiany powietrza wentylacyjnego, $\frac{1}{godz}$,

t_a, t_z - temperatura wewnątrz pomieszczenia oraz temperatura zewnętrzna, $^{\circ}C$.

Wartość k_m proponuje się odczytać z wykresu, rys. 2.1



Rys. 2.1 Zależność współczynnika k_m od stosunku A/V oraz typu budynku [2.1].

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



2.2. Metoda bilansowa określania zapotrzebowania energii

2.2.1. Metodyka obliczeń

Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i chłodzenia stanowi element charakterystyki energetycznej budynków. Zależy od warunków klimatu zewnętrznego, parametrów mikroklimatu w pomieszczeniu, wielkości i kształtu budynku oraz wielkości i właściwości termoizolacyjnych przegród zewnętrznych.

Wskaźnik zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego jest obliczany zgodnie z normą [2.2].

Na potrzeby obliczeń dzieli się budynek na strefy, z których każda obejmuje:

- pomieszczenia ogrzewane, jednorodne z uwagi na obliczeniową temperaturę powietrza wewnętrznego,
- pomieszczenia nieogrzewane, w których temperaturę powietrza wewnętrznego oblicza się z warunku bilansu ciepła.

Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania Q_h w wyodrębnionej j -tej strefie budynku oblicza się jako różnicę strat ciepła oraz zysków od słońca i źródeł wewnętrznych, z uwzględnieniem stopnia wykorzystania zysków ciepła, ze wzoru:

$$Q_h = \sum_m [Q_z + Q_w + Q_g + Q_a - \eta_m (Q_{sw} + Q_i)], \text{ GJ / rok} \quad (2.2)$$

gdzie:

Q_z – straty ciepła przez przegrody zewnętrzne, stykające się z powietrzem zewnętrznym, w m -tym miesiącu sezonu ogrzewczego,

Q_w – straty ciepła przez przegrody wewnętrzne, do przyległych pomieszczeń o temperaturze różnej od temperatury wewnętrznej i -tej strefy, w m -tym miesiącu sezonu ogrzewczego,

Q_g – straty ciepła przez podłogi do gruntu w m -tym miesiącu sezonu ogrzewczego,

Q_a – straty ciepła na podgrzanie powietrza wentylacyjnego w m -tym miesiącu sezonu ogrzewczego,

Q_{sw} – zyski ciepła od promieniowania słonecznego w m -tym miesiącu sezonu ogrzewczego,

Q_i – wewnętrzne zyski ciepła w m -tym miesiącu sezonu ogrzewczego,

η_m – współczynnik wykorzystania zysków ciepła w m -tym miesiącu sezonu ogrzewczego.

Współczynnik wykorzystania zysków ciepła η w m -tym miesiącu sezonu ogrzewczego oblicza się dla każdej strefy ze wzorów:

$$\eta = 1 - e^{-\frac{1}{GLR}}, \quad (2.3)$$

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

$$GLR = \frac{Q_{sw} + Q_i}{Q_z + Q_w + Q_g + Q_a}, \quad (2.4)$$

gdzie:

GLR – stosunek zysków do strat.

Obliczenia zapotrzebowania energii przeprowadza się zgodnie z zasadami podanymi w [2.2] przy wykorzystaniu programów komputerowych np. [2.2÷2.6].

2.2.2. Przykład obliczeniowy

Zapotrzebowanie ciepła przeprowadzono dla budynku użyteczności publicznej. Obliczenia przeprowadzono w programie Purmo OZC.

Dane techniczne:

- Wskaźniki powierzchniowe i kubaturowe:

Powierzchnia zabudowy:	393,8 m ²
Powierzchnia całkowita kondygnacji:	787,6 m ²
Powierzchnia wewnętrzna kondygnacji:	640,1 m ²
Powierzchnia ogrzewana:	557,5 m ²
Kubatura wewnętrzna:	1835,2 m ³
Kubatura ogrzewana:	1658,3 m ³

- Elementy konstrukcyjno-budowlane:

Technologia:	mieszana: szkieletowo-murowana
Ściany podziemia:	murowane z cegły pełnej, $U=0,58/0,58^1$ W/m ² K
Ściany zewnętrzne:	trójwarstwowe: cegła pełna, styropian, bloczki gazobetonowe o łącznej grubości 39 cm, $U=0,65/0,65$ W/m ² K
Ściany wewnętrzne:	murowane z cegły pełnej o grubości 25 cm, $U=1,60/1,60$ W/m ² K
Tynki:	tynki wewnętrzne oraz zewnętrzne cementowo-wapienne,
Stropy:	stropy ceramiczne Akermana, w piwnicach stropy żelbetowe, $U=1,05/1,05$ W/m ² K
Stropodach:	wentylowany, nad parterem żelbetowy, nad piętem ceramiczny Akermana, zaizolowany wełną mineralną o grubości 12 cm, $U=0,39/0,19$ W/m ² K
Stolarka:	okna skrzynkowe drewniane rozwieralne, drzwi wewnętrzne oraz zewnętrzne drewniane oszklone pojedynczo, $U=2,60/1,00$ W/m ² K.

Przedsięwzięcie termomodernizacyjne obejmowało modernizację systemu grzewczego, ocieplenie stropodachu wentylowanego oraz wymianę okien. Po realizacji tego usprawnienia sezonowe zapotrzebowanie na ciepło zmniejszy się o 161 GJ w skali roku co stanowi 43% ogólnego zapotrzebowania.

¹ Stan przed termomodernizacją/stan po termomodernizacji



Rys. 2.2. Zestawienie udziału strat ciepłych poszczególnych elementów budynku w stratach całkowitych w sezonie grzewczym- stan przed termomodernizacją.



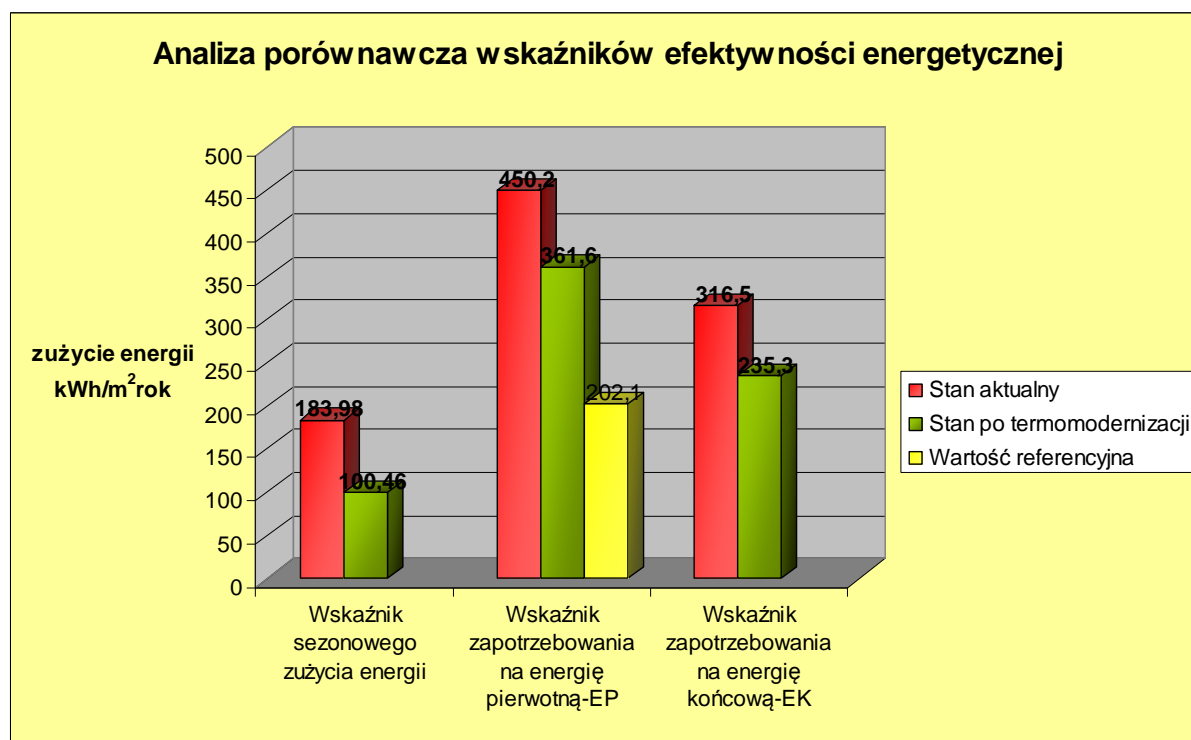
Rys. 2.3 Zestawienie udziału strat ciepłych poszczególnych elementów budynku w stratach całkowitych w sezonie grzewczym – stan po termomodernizacji.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

Tablica. 2.1 Zestawienie wyników końcowych.

Wielkość charakterystyczna	Stan aktualny	Stan po termomodernizacji	Różnica
	[kWh/m ² rok]	[kWh/m ² rok]	%
Wskaźnik sezonowego zużycia energii	183,98	100,46	43,7
Wskaźnik zapotrzebowania na energię pierwotną-EP	450,20	361,6	19,7
Wskaźnik zapotrzebowania na energię końcową-EK	316,5	235,3	25,7



Rys. 2.4 Porównanie wskaźników efektywności energetycznej.

2.3. Modelowanie oparte o metodę bilansów elementarnych

2.3.1. Podstawy teoretyczne przykładowej metody obliczeniowej

Zapotrzebowanie na energię w budynku jest zmienne w czasie co wynika ze zmienności temperatury zewnętrznej w cyklu dobowym i rocznym. Zmiany mogą być dynamiczne i ważne jest by rozwiązanie techniczne instalacji zaopatrujących budynek w media było dobrane odpowiednio do potrzeb. Szczególnie ważne jest to zagadnienie w przypadku zastosowania systemów biernych solarnych.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Do modelowania złożonych procesów cieplnych w budynku w stanie niestacjonarnym stosuje się metody numeryczne. Najczęściej stosowane to [2.10]:

- metoda różnic skończonych MRS (Finie Difference Method FDM),
- metoda bilansów elementarnych MBE (Finite Volume Method FVM),
- metoda elementów skończonych (Finite Element Method FEM).

Jedną z powszechniej stosowanych metod jest metoda bilansów elementarnych [2.8], [2.9]. Jest to numeryczna metoda dyskretna, rozwiązania są poszukiwane w postaci dyskretnej, a nie ciągłej jak w przypadku metod analitycznych.

Badany obszar jest dzielony na skończoną liczbę elementów geometrycznych, w których wyróżnia się charakterystyczne dla danej metody punkty centralne, tzw. węzły. Węzły są umieszczane w środku ciężkości danego elementu różnicowego. Rozwiązanie polega na wyznaczeniu poszukiwanych wielkości, np. temperatur, w węzłach podziały dyskretnego. Dla zagadnień niustalonych, dyskretyzacji podlega również czas, a rozwiązanie wyznaczone jest dla każdego węzła w wybranych punktach czasu.

W celu prezentacji metody przyjęto następujące założenia. Materiały, z których zbudowana jest przegroda są jednorodne i izotropowe, w związku z czym właściwości cieplne są stałe w każdej odrębnej warstwie. Pole temperatur wyznaczone jest w układzie jednowymiarowym, a przegroda została odniesiona do nieskończonej płyty, bez wewnętrznych źródeł ciepła, o początkowym rozkładzie temperatur wyrównanym określonym przez warunek początkowy.

Dla powyższych założeń zmienne w czasie pole temperatury opisuje równanie Fouriera [2.9]:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial \tau} \quad , \quad (2.5)$$

$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c_p} \quad , \quad (2.6)$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = (\alpha_r + \alpha_k)(T_F - T_{ek}) \quad , \quad (2.7)$$

gdzie:

a – dyfuzyjność cieplna warstwy, m^2/s ,

x – współrzędna geometryczna, m ,

τ – czas, sek ,

λ – współczynnik przewodzenia ciepła, W/mK ,

ρ – gęstość, kg/m^3 ,

c_p – pojemność cieplna właściwa, J/kgK ,

W celu uzyskania rozwiązania równania 2.5 określono warunek początkowy oraz brzegowy III rodzaju (2.6).

Współczynnik przejmowania ciepła po stronie zewnętrznej wynosi:

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

$$R_{se} = \frac{1}{\alpha_r + \alpha_k} \quad , \quad (2.8)$$

gdzie:

$$\alpha_k = 4 + 4w \quad , \quad (2.9)$$

$$\alpha_r = \varepsilon_p \cdot \sigma \cdot (T_F^2 + T_{eq}^2) \cdot (T_F + T_{eq}) \quad , \quad (2.10)$$

T_F – temperatura na powierzchni przegrody, K,

T_{eq} – temperatura ekwiwalentna otoczenia, K,

ε_p – emisyjność przegrody,

w – prędkość wiatru, m²/s,

σ – stała Stefana-Boltzmann.

W trakcie nieustalanej wymiany ciepła bilans energii dla i -tego elementu różnicowego przyjmuje postać równania różniczkowego, przy czym w zagadnieniu jednowymiarowym element i ma tylko dwa sąsiadujące węzły tzn. $i-1$ oraz $i+1$:

$$\sum_j \dot{Q}_{ji} + \dot{Q}_{Fi} = \frac{dI_i}{d\tau} = V_i \cdot c_{pi} \cdot \rho_i \frac{dT_i}{d\tau} \quad , \quad (2.11)$$

$$\sum_j \frac{1}{R_{ij}} (T_j - T_i) + \frac{1}{R_{Fi}} (T_{Fi} - T_i) = V_i \cdot c_{pi} \cdot \rho_i \frac{dT_i}{d\tau} \quad , \quad (2.12)$$

gdzie:

$$\sum_j \dot{Q}_{ji} = \sum_j \frac{1}{R_{ij}} (T_j - T_i) \quad - \text{suma strumieni ciepła dopływających z węzłów } j \text{ do węzła}$$

i , W,

R_{ij} – opór przewodzenia ciepła, m²K/W,

$$\dot{Q}_{Fi} = \frac{1}{R_{Fi}} (T_{Fi} - T_i) \quad - \text{strumień ciepła dopływający do węzła } i \text{ z zewnętrznej}$$

powierzchni ciała, W,

R_{Fi} – opór przejmowania ciepła na powierzchni wewnętrznej R_{si} i zewnętrznej R_{se} , m²K/W,

$\frac{dI_i}{d\tau}$ – zmiana entalpii w czasie,

V_i – objętość elementu różnicowego, m³,

c_{pi} – ciepło właściwe materiału, J/kgK,

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



ρ_i – gęstość materiału, kg/m^3 ,

$\frac{dT_i}{d\tau}$ – zmiana temperatury w czasie.

Obliczenia rozkładu temperatur przeprowadzono z wykorzystaniem metody bilansów elementarnych, w której pochodna temperatury po czasie została zastąpiona ilorazem różnicowym przednim.

$$\frac{dT_i}{d\tau} = \frac{T_{i,\tau+1} - T_{i\tau}}{\Delta\tau}, \quad (2.13)$$

gdzie:

$T_{i,\tau}$ – temperatura w elemencie różnicowym i w chwili τ , K

$T_{i,\tau+1}$ – temperatura w elemencie różnicowym i w chwili $\tau + 1$, K.

Najmniej skomplikowany schemat obliczeniowy występuje przy stosowaniu metody ilorazu różnicowego przedniego.

Rozkład temperatur wewnątrz przegrody w każdym elemencie różnicowym (2.14) oraz na powierzchni zewnętrznej przegrody oblicza się dla każdego kroku czasu przyjmowanego indywidualnie, z uwzględnieniem ograniczenia kroku czasu (2.19), charakterystycznego dla wykorzystanej metody obliczeniowej, dla różnych typów przegród.

$$T_{i,\tau+1} = p_{ii} \cdot T_{i\tau} + \sum_j p_{ij} \cdot T_{j\tau} + p_{iF} \cdot T_{Fi\tau}, \quad (2.14)$$

gdzie:

$$p_{ii} = 1 - \frac{\Delta\tau}{V_i \rho_i c_{pi}} \left(\frac{1}{R_{Fi}} + \sum_j \frac{1}{R_{ij}} \right), \quad (2.15)$$

$$p_{ij} = \frac{\Delta\tau}{V_i \rho_i c_{pi}} \frac{1}{R_{ij}}, \quad (2.16)$$

$$p_{iF} = \frac{\Delta\tau}{V_i \rho_i c_{pi}} \frac{1}{R_{Fi}}, \quad (2.17)$$

$$p_{ii} + \sum_j p_{ij} + p_{iF} = 1, \quad (2.18)$$

W celu kontroli poprawności fizycznej równania 2.13 należy w każdym z węzłów obliczeniowych wyznaczyć maksymalny przedział czasu, wynikający z założenia, że $p_{ii} > 0$.

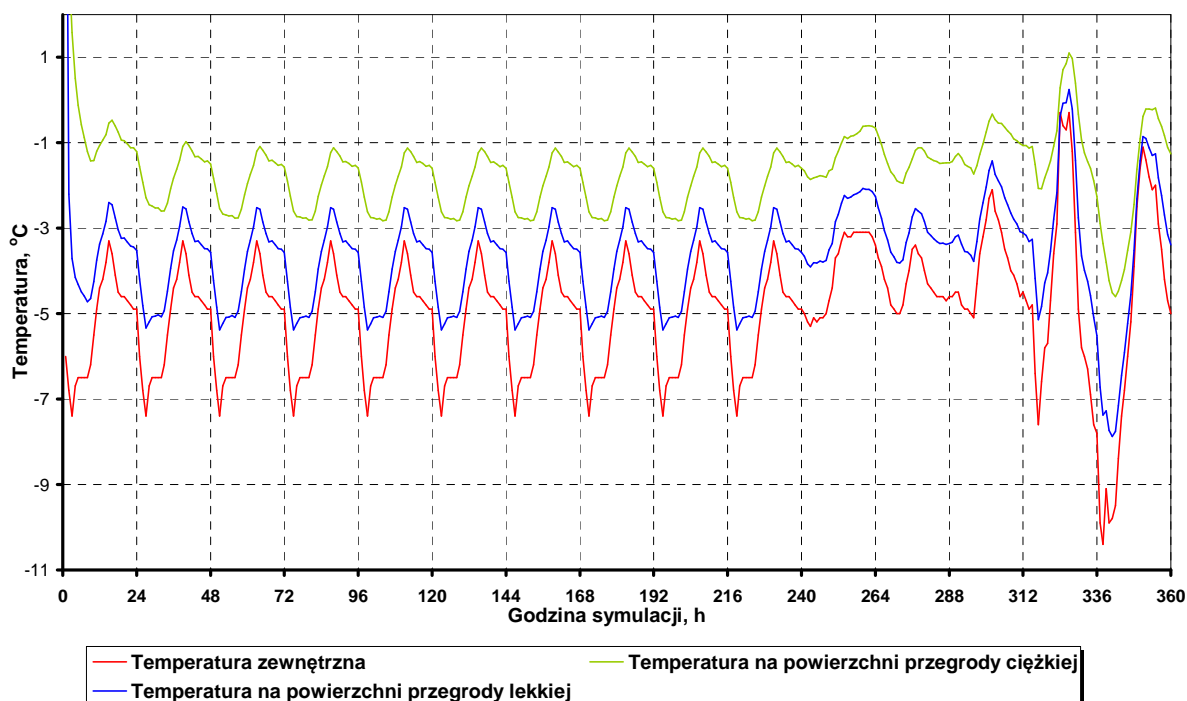
$$\Delta\tau \leq \min \left(\frac{V_i \rho_i c_{pi}}{\frac{1}{R_{Fi}} + \sum_j \frac{1}{R_{ij}}} \right), \quad (2.19)$$

Na potrzeby symulacji modeli numerycznych przeanalizowano dwa uogólnione typy przegród budowlanych, a mianowicie przegrody ciężkie – na wzór przegród z cegły zwykłej i lekkie – na wzór przegród z betonu komórkowego. Przyjęte dane wejściowe zostały przedstawione w tabelicy 2.2.

Do obliczeń założono, że przebiega ona w takich samych warunkach środowiska zewnętrznego dla obu typów przegród. Wyniki zostały przedstawione w formie wykresów na rys. 2.5.

Tablica. 2.2 Dane wejściowe dla przegrody ciężkiej.

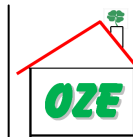
	DANE				
	ε	λ	ρ	c_p	T_{wew}
Rodzaj przegrody	-	W/mK	kg/m ³	J/kgK	°C
Przegroda ciężka	0,8	0,77	1800	880	20
Przegroda lekka	0,8	0,25	600	880	20



Rys. 2.5 Porównanie przebiegu temperatury na powierzchni przegrody lekkiej i ciężkiej.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



2.4. Modelowanie z wykorzystaniem pakietu Fluent

2.4.1. Podstawowe równania objęte pakietem CFD

Program CFD (Computational Fluid Dynamics) umożliwia przeprowadzenie eksperymentów numerycznych. Działanie programów polega na numerycznym rozwiązaniu układu równań różniczkowych cząstkowych, złożonego z równania bilansu substancji (2.20), równania bilansu energii (2.21) oraz równania Naviera-Stokes'a (2.22). Zestaw tych równań ma następującą postać całkową [2.12]:

$$\frac{\partial}{\partial \tau} \int_V \rho dV + \oint_S \rho w dS = \int_V \dot{m} dV, \quad (2.20)$$

$$\frac{\partial}{\partial \tau} \int_V \rho w dV + \oint_S \rho w w dS = \int_V (\rho F + \nabla T) dV, \quad (2.21)$$

$$\frac{\partial}{\partial \tau} \int_V \rho \left(u + \frac{1}{2} w w \right) dV = \int_V (\rho F + \dot{\sigma}) dV + \int_V \left(T w + \dot{q} \right) dV, \quad (2.22)$$

gdzie:

\dot{m} - masowa wydajność źródła na jednostkę objętości,

F - siła masowa na jednostkę masy,

T - tensor naprężenia,

\dot{q} - gęstość strumienia ciepła,

u - energia wewnętrzna właściwa,

w - prędkość płynu,

\dot{Q} - intensywność źródeł ciepła.

2.4.2. Ogólne zasady aplikacji metody entalpia-porowatość

Jednym ze sposobów modelowania matematycznego procesu może być technika „entalpii-porowatości” [2.13], [2.14], [2.15], [2.16], wykorzystywana m.in. w pakiecie komercyjnym FLUENT [2.12]. Pakiet ten oparty jest na metodzie objętości skończonych i służy do rozwiązywania złożonych zagadnień inżynierskich z zakresu mechaniki płynów, przepływu ciepła i przepływu masy, z procesem krzepnięcia/topnienia roztworów włącznie. Obliczenia numeryczne wykonywane techniką „entalpii – porowatości” nie wyznaczają frontu krystalizacji substancji krzepnącej w sposób jawny, natomiast prowadzą do wyznaczenia

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

(osobno dla każdej objętości kontrolnej) wartości udziału objętościowego niezakrzepniętej cieczy. Udział ten obliczany jest dla każdej iteracji w oparciu o elementarny bilans entalpii.

Rejon (w tym wypadku zbiór objętości skończonych), dla którego udział cieczy zawiera się pomiędzy 0 a 1 stanowi strefę jednoczesnego występowania fazy stałej i ciekłej. Strefa ta modelowana jest jako medium pseudo-porowate, w której porowatość zmniejsza się od 1 dla czystej cieczy do 0 dla czystej fazy stałej. Ma to istotne znaczenie w wypadku modelowania krzepnięcia płynących (w sposób wymuszony lub swobodny) cieczy, gdyż w obszarze fazy stałej prędkości płynu maleją do zera.

Elementarny bilans energii

Całkowita entalpia właściwa modelowanej substancji i_c wyznaczana jest jako suma entalpii jawnej i oraz części β entalpii przejścia fazowego ciec-ciało stałe r :

$$i_c = i(T) + \beta r, \quad (2.23)$$

przy czym:

$$i(T) = i_0 + \int_{T_0}^T c_p T, \quad (2.24)$$

gdzie:

T_0 – temperatura odniesienia,

i_0 – entalpia właściwa dla temperatury odniesienia,

c_p – ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu,

β , równe udziałowej fazy ciekłej, zgodnie z zasadą dźwigni określone jest następująco:

$$\beta = 0 \text{ dla } T < T_{\text{solidus}}, \quad (2.25)$$

$$\beta = 1 \text{ dla } T > T_{\text{likwidus}}, \quad (2.26)$$

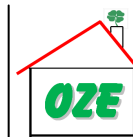
$$\beta = \frac{T - T_{\text{solidus}}}{T_{\text{likwidus}} - T_{\text{solidus}}} \text{ dla } T_{\text{solidus}} < T < T_{\text{likwidus}}, \quad (2.27)$$

gdzie: T_{solidus} , T_{likwidus} oznaczają temperatury początku topnienia i początku krzepnięcia rozpatrywanej substancji.

W wypadku krzepnięcia roztworów wieloskładnikowych z segregacją substancji, tj. przy uwzględnieniu dyfuzyjnego przepływu masy, temperatury likwidusu i solidusu wyznaczone są poprzez dodanie poprawek do stałej wartości temperatury przejścia fazowego $T_{\text{topnienia}}$ czystego rozpuszczalnika:

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



$$T_{solidus} = T_{topnienia} + \sum_i K_i m_i Y_i, \quad (2.28)$$

$$T_{likwidus} = T_{topnienia} + \sum_i m_i Y_i, \quad (2.29)$$

gdzie i oznacza kolejny składnik rozpuszczony, K wyraża współczynnik podziału, równy stosunkowi koncentracji składnika rozpuszczonego w fazie stałej do koncentracji składnika rozpuszczonego w fazie ciekłej dla powierzchni rozdziału faz, Y oznacza udział masowy substancji rozpuszczonej w roztworze, a m jest współczynnikiem nachylenia linii likwidusu.

Równanie energii dla zagadnień krzepnięcia/topnienia zapisane może być następująco:

$$\frac{\partial}{\partial \tau} (\rho i_c) + \nabla(\rho w i_c) = \nabla(\lambda \nabla T) + \dot{q}_v, \quad (2.30)$$

gdzie:

ρ – gęstość,

τ – czas,

w - wektor prędkości płynu,

λ - współczynnik przewodzenia ciepła,

\dot{q}_v - objętościowa generacja strumienia ciepła.

2.4.3. Przykład obliczeniowy

Przykładowo wspomniana metoda entalpii porowatości może być użyteczna przy rozwiązywaniu problemów przegród budynkowych o podwyższonej pojemności cieplnej [2.15]. W tym przypadku przegrody wykonane są z zapraw gipsowej z dodatkiem materiału zmienno-fazowego PCM (Micronalu) zmianie fazy towarzyszy na przemian akumulowanie i oddawanie energii. Innym przykładem może być zadanie określone w [2.16] jest to przykład zastosowania metody CFD do modelowania rurowego wymiennika ciepła.

2.5. Modelowanie złożonych kompleksów obiektów budowlanych

2.5.1. Liniowy model gospodarki materiałowo-energetycznej

Między elementami złożonych struktur (kompleksów) gospodarczych (zakładów przemysłowych, branż, gospodarki narodowej) występują liczne wzajemne powiązania i sprzężenia, które można opisać za pomocą układów równań algebraicznych tworzących model matematyczny. Ze względów obliczeniowych przyjmuje się linową postać poszczególnych równań. Równania te wynikają najczęściej z bilansów materiałowych i energetycznych elementów układu.

Podstawy analiz tego typu układów opracował W. W. Leontief [2.17, 2.20] tworząc teorię tzw. przepływów międzygałęziowych. Prace zainspirowane przez Leontiefa były kontynuowane przez innych badaczy (np. [2.21, 2.22, 2.27, 2.80]). W ogólnym zarysie model przepływów między gałęziowych można scharakteryzować następująco. W analizowanym kompleksie gospodarczym realizowane są procesy wytwarzania, przetwarzania i wykorzystywania produktów (wyrobów i półwyrobów). Można w nim wyróżnić gałęzie (elementy) służące do uzyskiwania jednego określonego produktu głównego. Nieraz w gałęziach wytwarzany jest jeden lub kilka produktów ubocznych. Produkt główny to taki efekt procesu, który decyduje o zakresie produkcji oraz lokalizacji urządzeń wytwórczych. Produkt uboczny, z kolei, zastępuje bezpośrednio lub pośrednio produkt główny wytwarzany w innej gałęzi. Produkcja danej gałęzi może być kierowana do gałęzi pozostałych lub stanowi produkt końcowy przeznaczony dla zewnętrznego odbiorcy lub gromadzony w magazynie. Zakłada się linową zależność między zużyciem G_{ij} produktu i -tej gałęzi oraz wytwarzanym produktem G_j gałęzi j -tej. Zużycie G_{ij} można podzielić na dwie części: znaną część stałą G_{ij}^o oraz zmienną część zależną od produkcji G_j j -tej gałęzi [2.29]. Uzyskuje się w tedy zależność:

$$G_{ij} = G_{ij}^o + a_{ij}G_j, \quad (2.31)$$

gdzie:

a_{ij} – techniczny współczynnik określający zmienną część zużycia produktu i -tego przypadająca na jednostkę produktu j -tego

Z bilansu materiałowego i -tego produktu uzyskuje się równanie:

$$G_i = \sum_{j=1}^n G_{ij}^o + \sum_{j=1}^n a_{ij}G_j + K_i, \quad (2.32)$$

gdzie:

K_i – produkcja końcowa i -tej gałęzi,

n – liczba uwzględnianych produktów głównych (gałęzi)

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Tworząc analogiczne bilanse dla wszystkich produktów uzyskuje się układ równań stanowiących model matematyczny liniowy bilansu materiałowego analizowanego kompleksu. Model ten może być wykorzystany do określenia niezbędnej produkcji wyrobu G_j dla założonych (znanych) wartości produktu końcowego oraz stałej części G_{ij}^o zużycia produkcji G_i w związku z produkcją produktu j -tego. Wspomniany model może być również wykorzystany do oceny wpływu zmian technologicznych na produkcję j -tych produktów ($j=1, \dots, n$). Zmiany technologiczne wpływają w tym przypadku na wartości współczynników technicznych a_{ij} .

Linowy model matematyczny przepływów międzygałęziowych jest jednym z podstawowych narzędzi analizy systemowej gospodarki materiałowo-energetycznej. Duży wkład w rozwój tego typu badań z wykorzystaniem modelu matematycznego linowego bilansu gospodarki materiałowo-energetycznej zakładów przemysłowych, a zwłaszcza hut żelaza, wnieśli prof. J. Szargut oraz prof. A. Ziębik (np. [2.27]÷[2.32]).

2.5.2. Wykorzystanie linowego modelu przepływów międzygałęziowych do analizy systemowej gospodarki energetycznej kompleksów budowlanych

W ostatnich latach przeprowadzono liczne badania dotyczące adaptacji modelu matematycznego liniowego do potrzeb analizy systemowej gospodarki energetycznej kompleksów budowlanych [2.23-2.26].

W złożonym układzie wspólnie zarządzanych budynków (szpitalach sanatoryjnych, centrach handlowych, hotelach) występują powiązania [2.23-2.26] między podsystemami zaopatrzenia (wytwarzania, przetwarzania i przesyłu) w nośników energii oraz podsystemem potrzeb (ogrzewania, wentylacją i klimatyzacją, oświetleniem, ochłodzeniem, drobnymi napędami itp.). Nośniki energii w podsystemie zaopatrzenia są często wytwarzane w sieci wzajemnie połączonych procesów. Ma to szczególnie miejsce w przypadku procesów skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła i chłodu oraz przy wykorzystywaniu odnawialnych źródeł energii. Jak wykazały stosunków liczne opracowania, również w tym przypadku linowy model matematyczny przepływów międzygałęziowych jest sprawnym narzędziem przy analizie systemowej gospodarki energetycznej.

Przykłady takich badań zostały obustronnie omówione w pracy [2.26]. W opracowaniu przedstawiono zbiór modeli matematycznych bilansu bezpośredniego zużycia energii, bilansu skumulowanego zużycia energii oraz bilansu kosztu termoeekologicznego. Ponadto wykorzystanie teorii przepływów międzygałęziowych wykorzystano do określenia modelu doboru struktury gospodarki energetycznej kompleksu budynkowego. Analizy teoretyczne zostały zilustrowane przykładowymi obliczeniami numerycznymi.

2.6. Ocena metody modelowania ze szczególnym uwzględnieniem wykorzystania OZE

Metody uproszczone mogą być wykorzystywane do oceny orientacyjnego zapotrzebowania energii do celów grzewczych i wentylacyjnych np. przy opracowywanych założeniach do planów zaopatrzenia gminy w ciepło. W [2.17] przeprowadzono analizę porównawczą wyników uzyskanych za pomocą metody uproszczonej w porównaniu z rezultatami metody bilansowej. Różnice wynosiły $\pm 10\div 20\%$.

Najbardziej popularnym sposobem określania zapotrzebowania ciepła grzewczego, wentylacyjnego, ciepłej wody użytkowej oraz energii elektrycznej są metody bilansowe. Podstawowym mankamentem tych metod jest ograniczenie ich stosowania do stanów ustalonych (stacjonarnych) budynków. Poważnym atutem natomiast jest powszechnie stosowane komputerowe wsparcie prac obliczeniowych. Stosunkowo duża liczba wersji programów obliczeniowych różni się stopniem uszczegółowienia wprowadzanych danych. Prowadzi to do otrzymywania różnych wyników [2.18]. Różnice te mogą dochodzić do kilku procent ($\pm 1\div 5\%$).

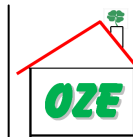
Wpływ działań modernizacyjnych, przy stosowaniu komputerowo wspartych metod bilansowych, zwykle się oceniać przez wielokrotne przeprowadzanie obliczeń dla parametrów wejściowych (danych) odpowiadających stanom budynków przed i po modernizacji.

Istotny wpływ OZE w analizach przeprowadzonych metodami bilansowymi dotyczy ich udziału w strukturze paliw i nośników energii.

Możliwości aplikacji modelowania opartej o metodę bilansów elementarnych opisano na przykładzie stosowania tzw. ilorazu różnicowego przedniego. Zaletą tego schematu obliczeń jest prosty algorytm sprowadzający się do wyznaczenia temperatury w kolejnych krokach czasowych z pojedynczych równań określonych dla temperatury z kroku poprzedniego. Tym przypadku występuje ograniczenie długości kroku czasowego w przeprowadzonych obliczeniach. Przekroczenie czasu granicznego powoduje utratę stabilności i zbieżności rozwiązania. Omówione metody modelowania mogą być wykorzystywane do rozwiązywania problemów związanych ze zmianą fazy analizowanych materiałów. W takim przypadku należy entalpię przemiany fazowej uwzględnić w pojemności cieplnej materiału.

Powyższego mankamentu nie mają schematy oparte o tzw. iloraz różnicowy wsteczny [2.28], [2.29]. Temperatury w poszczególnych węzłach wyznacza się jednak wtedy z układu równań, co jest powodem zwiększania czasu obliczeń.

Modelowanie z wykorzystaniem metody bilansów elementarnych umożliwia rozwiązywanie zarówno zadań z zakresu ustalonego jak również, co jest bardzo ważne, nieustalonego przepływu ciepła. W odniesieniu do wykorzystania nieodnawialnych źródeł energii dzięki powyższym metodom możliwe jest rozwiązywanie zagadnień, w których istotą jest cykliczna lub niecykliczna zmiana parametrów np. w przypadku zmiany natężenia energii słonecznej, temperatury gruntu, prędkości wiatru itp.



Metody polegające na wykorzystaniu pakietów CFD-Fluent posiadają wszystkie zalety metod różnicowych. Stosowane programy obliczeń są znacznie rozbudowane. Mają one charakter komercyjny.

Wadą tych metod jest stosunkowo długi czas obliczeń. Czas obliczeniowy jest porównywalny z czasem rzeczywistym. Dodatkową zaletą jest stosunkowo duża zgodność eksperymentów numerycznych i fizycznych.

Należy zwrócić uwagę na użyteczność modeli matematycznych bilansu materiałowego-energetycznego, opartych na teorii przepływów międzygałęziowych input-output, do systemowej analizy gospodarki energetycznej złożonych kompleksów obiektów budowlanych.

BIBLIOGRAFIA DO ROZDZ. 2

- [2.1] Recknagel H., Sprenger E., Hönnmann W., Schramek E. R.: Poradnik. Ogrzewanie I Klimatyzacja. EWFE 94/95.
- [2.2] PN-B-02025:2001.: Obliczanie sezonowego zapotrzebowania w ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego.
- [2.3] Arcadia Termo. Intersoft. www.intersoft.pl 2009
- [2.4] Ki-Therm, Ki-Humidity, Ki-Energy. Knauf Instalation, Narodowa Agencja Poszanowania Energii. S.A. 2009
- [2.5] Purmo OZC.
- [2.6] Program obliczeniowy dla domków jednorodzinnych Murator, Build desk 2009.
- [2.7] Mendecka B.: Audyt energetyczny obiektu użyteczności publicznej na przykładzie budynku domu katechetycznego w Mikołowie. Praca dyplomowa inżynierska. ITC Pol. Śl., Rybnik 2009.
- [2.8] Szargut J.: Metody numeryczne w obliczeniach cieplnych pieców przemysłowych, Śląsk, 1977.
- [2.9] Kostowski E., Przepływ ciepła, PWN, 1993.
- [2.10] Kozioł J., Skorek J.: Metody numeryczne jako alternatywa tradycyjnych metod wyznaczania czasu zamrażania i rozmrażania żywności. Chłodnictwo, 1993, nr 3.
- [2.11] Mendecka B.: Analiza możliwości zastosowania pomiarów termowizyjnych do oceny izolacyjności przegród budowlanych w warunkach stanu nieustalonego. Praca dyplomowa magisterska, ITC Pol. Śl., Gliwice 2010.
- [2.12] Fluent Inc. Fluent 6.2. Documentation 2005.
- [2.13] Voller V.: Modeling Solidification Processes. Technical Raport. Mathematical Modelling of Metals Processing Operations Conference. American Metalurgical Society. Palm Desert, CA, 1988.
- [2.14] Kozioł J., Banasiak K., Gazda W.: Zastosowanie własnych i komercyjnych programów obliczeniowych do analiz procesów chłodniczych, XXXVIII Dni Chłodnictwa, Poznań 2006.
- [2.15] Jaworski M.: Badania właściwości cieplnych materiałów budowlanych o podwyższonej pojemności cieplnej. XIV Sympozjum Wymiany Ciepła i Masy, Szczecin, 2010, s.241.
- [2.16] Szczygieł I., Stanek W., Rojczyk M.: Optymalizacja termoeologiczna wymiennika ciepła z wykorzystaniem modelowania CFD. XIV Sympozjum Wymiany Ciepła I Masy, Szczecin, 2010, s.541.
- [2.17] Kondrot A.: Audyt energetyczny obiektu oświatowego na przykładzie budynku Przedszkola nr 6 w Rybniku, Rybnik 2009, Praca dyplomowa inżynierska, ITC Pol. Śl.
- [2.18] Warzecha A., Zych M.: Audyt badania obiektów użyteczności publicznej na przykładzie budynków Politechniki Śląskiej. Praca dyplomowa magisterska. ITC Pol. Śl., Gliwice 2005.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



- [2.19] Leontief W. The structure of American Economy 1919-1939. New York: Oxford University Press, 1996.
- [2.20] Leonitief W.: Input-output economics 2nd edit. New York: Oxford University Press, 1996.
- [2.21] Born P.: Input-Outrout Analysis: Input of energy, CO₂ and Word to Produce Goods. Journal of Policy Modeling. 18, 1996 p.217-221.
- [2.22] Niemczynow W.: Metody i modele ekonomiczno-matematyczne. PWE. Warszawa 1964.
- [2.23] Hoinka K., Ziębik A.: Kompleks budowlany jako system energetyczny. Problemy Badawcze Energetyki Ciepłej. Warszawa 2007.
- [2.24] Hoinka K.: Nowoczesne technologie energetyczne wytwarzania elektryczności, ciepła i chłodu na potrzeby kompleksów budowlanych. Energia i Budynek 2007. nr 6.
- [2.25] Hoinka K., Ziębik A.: Kompleks budynkowy jako system energetyczny. Energetyka, 2008, nr 2.
- [2.26] Hoinka K.: Analiza systemowa gospodarki energetycznej kompleksu budynkowego. Praca doktorska, ITC, Politechnika Śląska, Gliwice 2008.
- [2.27] Szargut J., Ziębik A.: Model matematyczny liniowy bilansu materiałowo-energetycznego huty żelaza. Archiwum Energetyki. 1972, nr 2 s.103-131
- [2.28] Szargut J., Ziębik A.: Model matematyczny liniowy gospodarki materiałowo-energetycznej zakładu przemysłowego i branży. Badnia systemowe w gospodarce paliwowo-energetycznej: Ossolineum 1977 s. 183-196
- [2.29] Szargut J., Ziębik A.: Podstawy energetyki ciepłej PWN 1998.
- [2.30] Ziębik A.: Matematycal modelling of energy management systems in industrial plants. Ossolineum, Wrocław 1990.
- [2.31] Ziębik A.: Process and system analysis in thermal engineering. International Jurnal Energy. 2001 No. 12.
- [2.32] Ziębik A.: Systemy energetyczne. Skrypt Politechniki Śląskiej. 1989.



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

**3. PRZEGLĄD I OCENA DOSTĘPNYCH ROZWIĄZAŃ
TECHNICZNYCH ZASPOKOJENIA POTRZEB LUDNOŚCI
W BUDYNKACH Z UWZGLĘDNIENIEM WYKORZYSTANIA OZE**

Opracowanie przygotowane przez:

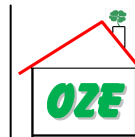
Prof. dr hab. inż. Koziół Joachim

Mgr inż. Mendecka Barbara

Mgr inż. Sas Joanna

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



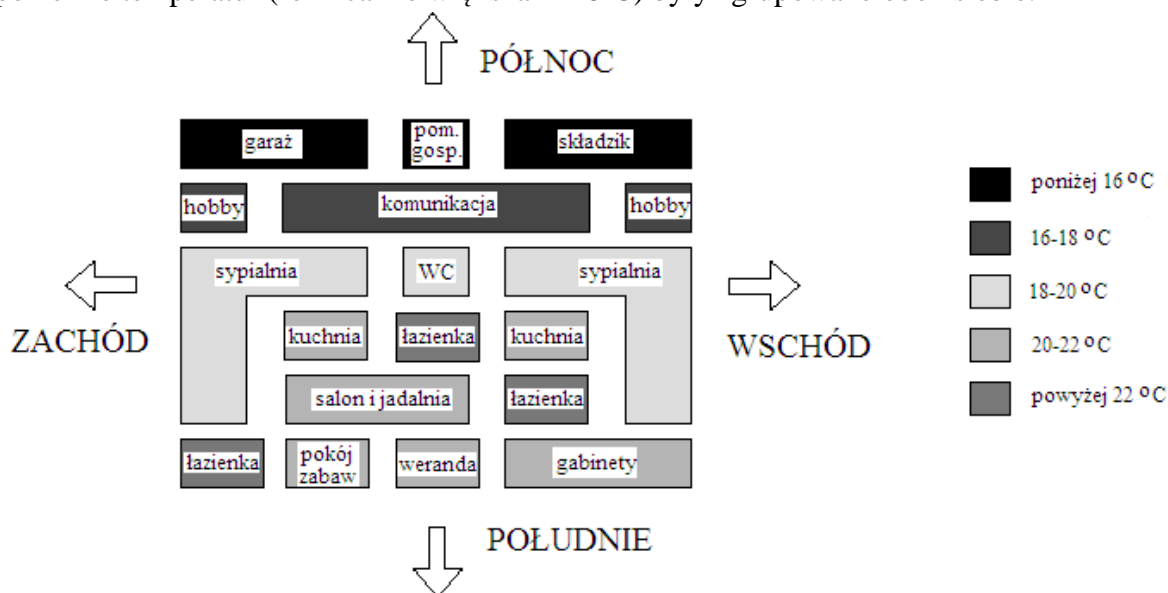
3.1. Przykładowe rozwiązania techniczne bryły budynku

Technologią dążącą do zmniejszenia energochłonności oraz wykorzystania odnawialnych źródeł energii jest koncepcja budynków energooszczędnych. Podstawowe założenia przy budowie budynku energooszczędnego to:

1. bierne wykorzystanie energii słonecznej poprzez właściwe zagospodarowanie działki budowlanej,
2. właściwa organizacja pomieszczeń,
3. termoizolacyjność i szczelność przegród zewnętrznych,
4. wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła.

3.1.1. Układ pomieszczeń

Budynek energooszczędny cechuje się jak najprostszą formą, jednocześnie ważne jest żeby był to budynek piętrowy zamiast rozbudowanego budynku parterowego. Dodatkowo większa kubatura pozwala wolniej ochładzać się ogrzewanym pomieszczeniom. Zmniejszenie zużycia energii można uzyskać poprzez właściwą organizację pomieszczeń. Pomieszczenia w domu energooszczędnym powinny być zgrupowane według tzw. układu buforowego, rys. 3.1. Zgodnie z tym wymogiem pomieszczenia mieszkalne, a więc takie, które wymagają jak największej ilości światła, powinny być zorientowane w północnej części budynku, natomiast wszystkie pomieszczenia pomocnicze powinny być zorientowane w części północnej. Jednocześnie wymagane jest, aby pomieszczenia o tym samym lub zbliżonym poziomie temperatur (różnica nie większa niż 8°C) były zgrupowane obok siebie.

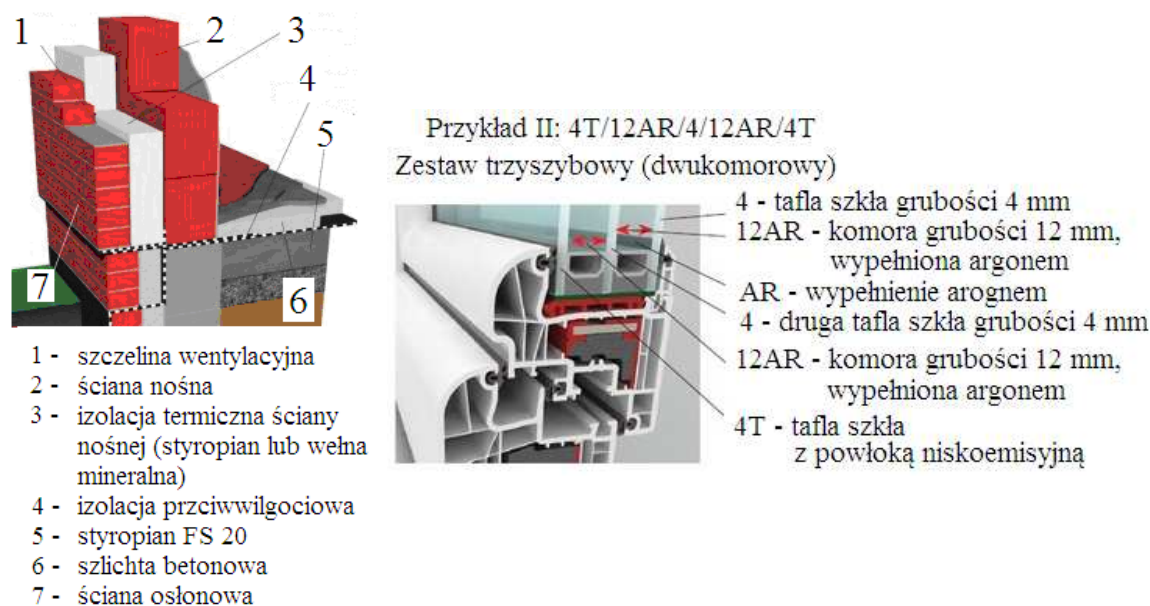


Rys. 3.1. Układ pomieszczeń w budynku budowanym według zasady buforowego układu pomieszczeń [3.1].

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

Konstrukcje wszystkich przegród zewnętrznych domu energooszczędnego powinna się cechować bardzo dobrą izolacyjnością termiczną. Wartość współczynnika przenikania ciepła powinna wynosić dla ścian zewnętrznych, dachów lub stropodachów i podłóg na gruncie $0,15-0,20\text{W/m}^2\text{K}$, a dla drzwi i okien $0,80-1,00\text{W/m}^2\text{K}$ [3.2]. Spełnienie tego warunku uzyskuje się poprzez odpowiednią grubość ściany i izolacji. W budynku energooszczędnym projektuje się zarówno ściany jedno-, dwu- lub trójwarstwowe, w których wymogi izolacyjności termicznej i wilgoci reguluje się poprzez odpowiedni dobór materiałów konstrukcyjnych i izolacyjnych. W przypadku okien ich wielkość powinna być zróżnicowana w zależności orientacji względem stron świata, strona południowa powinna być najbardziej przeszklona natomiast na pozostałych powinno się minimalizować jej ilość.



Rys. 3.2. przykład konstrukcji ścian i okna w budynku energooszczędnym [3.3, 3.4].

Prosta forma budynku energooszczędnego pozwala na zmniejszenie ilości mostków cieplnych i strat ciepła. Jednocześnie obok starannego projektowania ważne jest w tym aspekcie staranne wykonanie konstrukcji budynku.

Ważną zaletą budynków energooszczędných jest ich niskie zapotrzebowanie na ciepło, maksymalnie na poziomie 70kWh/m^2 na rok [3.4]. W takiej sytuacji ogrzewanie budynku może być realizowane przez np. izolację transparentną, w której poprzez odpowiednią konstrukcję ścian zewnętrznych wykorzystuje się promieniowanie słoneczne.

3.1.2. Przykłady konstrukcji budynków energooszczędnych

Dom jednorodzinny, jednopiętrowy, zlokalizowany w Gdyni wybudowany w 2004r (rys 3.3). W konstrukcji budynku zastosowano aktywne ściany z wentylacją naturalną oraz

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



trójstopniowy system ogrzewania, który składa się z kolektora szklarniowego, kominka z płaszczem wodnym i grzałek elektrycznych. W konstrukcji NATURALN-ego DOM-u zastosowano naturalne materiały jak drewno, ceramika, celuloza i gips.

Elementy konstrukcji ściany zewnętrznej zapewniają budynkowi nie tylko izolację termiczną, ale także przepuszczalność dla pary wodnej i gazów (CO₂, O₂). Pustka powietrzna zapewnia ciągłość wymiany pomiędzy ogrodem zimowym a pomieszczeniem kolektora szklarniowego.

Poprawne działanie wentylacji naturalnej zapewnione jest zastosowaniem ogrodu zimowego oraz poddasza. Jednocześnie na poddaszu znajduje się kolektor szklarniowy pełni funkcję podstawowego systemem ogrzewania.

Cyrkulacja powietrza wentylacyjnego odbywa się w różnych kierunkach w zależności od pory dnia. Ruch ten wynika z różnicy temperatur panujących w ogrodzie zimowym i pustce powietrznej.



Rys. 3.3. NATURAL-ny DOM [3.5].

Przykładem budynku energooszczędnego jest dom jednorodzinny, jednopiętrowy, zlokalizowany w Żywcu wybudowany w 2009r.

W konstrukcji budynku wykorzystano:

1. pompę ciepła,
2. kolektor słoneczny,
3. rekuperator,
4. turbinę wiatrową.

W konstrukcji budynku zastosowano bloki wapienno-piaskowe o dobrej izolacyjności, ocieplenie wykonano ze styropianu bez wykorzystania kołków co pozwala zmniejszyć możliwość wystąpienia mostków cieplnych. Okna wykonane są z trzech warstw szyby z tlenkiem srebra. W budynku tym podstawowym źródłem ciepła jest powietrzna pompa ciepła, natomiast próżniowy kolektor słoneczny pełni funkcję pomocniczą. Wymiana ciepła w układzie powietrza wentylowanego realizowana jest za pomocą rekuperatora napędzanego turbiną wiatrową oraz ogniwami fotowoltaicznymi.

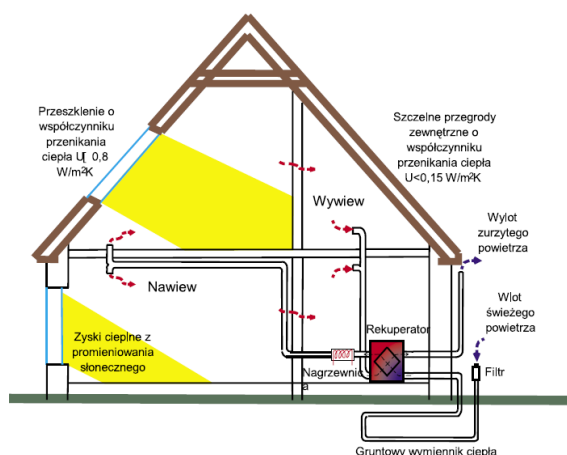
Jednocześnie w budynku zastosowano ogrzewanie podłogowe i ogrzewanie ścienne.



Rys. 3.4. Eenergooszczędny dom pokazowy [3.6].

3.1.3. Wpływ rozmieszczenia roślinności na funkcjonowanie domów energooszczędnych

Ważną zaletą budynków pasywnych jest ich niskie zapotrzebowanie na ciepło, na poziomie 15kWh/m^2 na rok. W takiej sytuacji ogrzewanie pomieszczeń łączy się z wentylacją mechaniczną, do ogrzewania wykorzystuje się np. pompy ciepła powietrze-powietrze. Zasada działania budynku pasywnego przedstawiona jest na rys. 3.5.

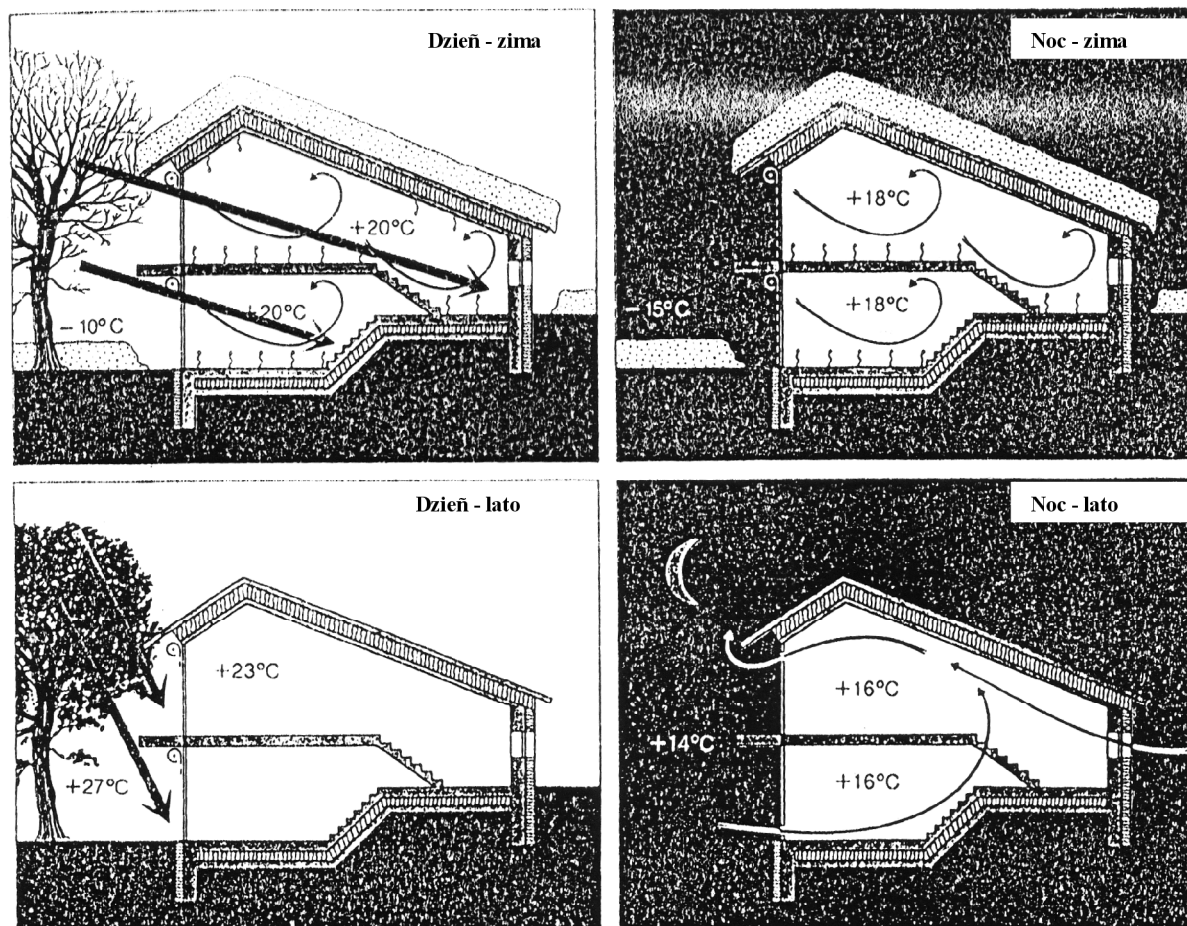


Rys. 3.5. Zasada działania budynku pasywnego [3.20].

Interesujące efekty związane z wykorzystaniem energii słonecznej do ogrzewania i wentylacji budynku można uzyskać przez odpowiednie rozmieszczenie i kształtowanie konstrukcji budynku i roślinności. Na rysunku 3.4 przedstawiono sposób wykorzystania energii słonecznej do utylizacji energii odpadowej w budynku pasywnym. Z kolei na rys. 3.5 przedstawiono wpływ konstrukcji budynku oraz rozmieszczenie roślinności na samoczynną regulację oddziaływania odnawialnych źródeł ciepła w letnie i zimowe dni i noce.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Rys. 3.6.

3.2. Rozwiązanie techniczne zaopatrzenia budynków w ciepło, ciepłą wodę użytkową i chłód z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii

Wykorzystanie biomasy

Biomasa potrzebna do zaopatrzenia w ciepło występuje w różnych formach. Energię z biomasy można uzyskać poprzez [3.13,3.12]:

- spalanie biomasy roślinnej,
- wytwarzanie oleju opałowego i innych paliw ciekłych z roślin oleistych,
- fermentację alkoholową materiału organicznego,
- beztlenową fermentację metanową odpadowej masy organicznej.

W budownictwie szczególnie popularne jest pozyskiwanie energii na skutek spalania i zgazowania drewna. Zgazowanie biomasy polega na termicznym rozkładzie bez dostępu powietrza. Produktami poddany pirolizie mogą być [3.8]:

- paliwa bogate w gaz i smołę (drewno, torf, węgiel brunatny),

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

- paliwa ubogie w gaz i smołę (węgiel drzewny, koks koksowniczy, węgiel kamienny, koks z węgla brunatnego).

W wyniku procesu pirolizy powstaje tzw. gaz generatorowy, który zawiera składniki palne i niepalne. Głównym składnikiem palnym w tej mieszaninie jest tlenek węgla – CO. Przykładowy skład objętościowy gazu drzewnego uzyskanego w procesie pirolizy przedstawiono w tabelicy 3.1. [3.8].

Tabl. 3.1. Skład objętościowy gazu drzewnego

Składnik	Zawartość, %
CO	15 – 22
H ₂	12 – 19
CH ₄	2 – 5
CO ₂	8 – 12
N ₂	reszta
O ₂	

Średnia wartość opałowa gazu drzewnego wynosi około 5 MJ/m³_n. Dla porównania wartość opałowa gazu ziemnego GZ50 wynosi około 35 MJ/m³_n, a biogazu pofermentacyjnego około 23 MJ/m³_n.

Kotły na biomasę pod względem eksploatacyjnym można podzielić na :

- sterowne ręcznie,
- sterowane automatycznie.

W stosunku do kotłów sterowanych ręcznie, osiągnięto wzrost wydajności z poziomu niższego niż 50% do poziomu w zakresie 75-90%. Dla kotłów zautomatyzowanych, uzyskano wzrost wydajności z 60% do 85-95% [3.13].

Jako paliwo w kotłach na biomasę może być wykorzystywane drewno w postaci: drewna opałowego, zrębków, trocin, wiórów lub kory.

Ze względu na technologię procesu produkcji ciepła kotły na biomasę można podzielić na:

- kotły ze spalaniem górnym,
- kotły ze spalaniem dolnym,
- kotły zgazowujące,
- kotły retortowe.

Przy wyborze kotła na paliwo stałe należy uwzględnić następujące aspekty [3.8]:

- możliwość pracy kotła w układzie otwartym,
- moc grzewcza obiegów nie może przekroczyć mocy znamionowej kotła,
- temperatura na zasilaniu kotła min. 60°C.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



W instalacjach z kotłami na biomasę zaleca się stosowanie zbiorników akumulujących ciepło. Wynika to ze zmian podaży i popytu na ciepło wraz ze zmieniającymi się parametrami otoczenia zewnętrznego. Zbiornik buforowy instalowany jest w celu przejmowania wytwarzanych nadwyżek ciepła i powinien zapewnić odbiór ciepła w pozostałych godzinach pracy kotła. Przyczynia się to do znacznych oszczędności paliwa sięgających nawet do 30 % [3.13]. W przypadku budynków dla których zapotrzebowanie na ciepło wynosi więcej niż kilkadziesiąt kW, np. budynków użyteczności publicznej, oświatowych czy wielorodzinnych często stosuje się rozwiązanie układu pracującego z więcej niż jednym kotłem. Umożliwia to w okresie letnim i przejściowym, gdy popyt na ciepło jest zmniejszony, eksploatację mniejszych kotłów na potrzeby podgrzania ciepłej wody użytkowej.

Efektywność energetyczna spalania paliw drewnopochodnych zależy nie tylko od rodzaju paliwa oraz stopnia zautomatyzowania procesu. Lepsze efekty spalania uzyskuje się w specjalnie skonstruowanych do tego typu paliwa kotłach [3.13,3.12].

Wykorzystanie promieniowania słonecznego

W warunkach klimatycznych Polski słońce dostarcza w ciągu roku od 900 do 1200 kWh energii na każdy m² powierzchni poziomej [3.13]. Energia słoneczna w Polsce jest głównie stosowana do zaspakajania potrzeb przygotowania ciepłej wody użytkowej, podgrzewania wody basenowej oraz wspomagania systemu centralnego ogrzewania. W okresie letnim jest wypromieniowane około 75 %, a w okresie zimowym około 25 % energii słonecznej [3.8].

Bierne wykorzystanie promieniowania słonecznego

Budynek wyposażony w system biernego pozyskiwania energii słonecznej powinien być maksymalnie wyeksponowany na działanie promieniowania słonecznego. Niekorzystne usytuowanie budynku to w tym przypadku lokalizacja [3.13]:

- na szczycie wzgórza,
- w depresji terenowej,
- w zacienionym lesie,
- w pobliżu innej przeszkody terenowej.

Szczegółowo rozwiązania bryły budynku umożliwiające pasywne wykorzystanie energii zostały opisane w [3.10, 3.11, 3.13]. Systemy pasywne budynku powinny być usytuowane w kierunku południowym. Zalecany kąt nachylenia powierzchni absorbującej promieniowanie powinien zawierać się w zakresie od 40 do 80°. Przegrody aktywne słonecznie tworzą następujące systemy [3.13]:

- system zysku bezpośredniego,
- system szklarniowy,
- ściana kolektorowo- akumulacyjna tzw. ściana Trombe`a,
- dachowy magazyn ciepła,
- pętla konwekcyjna,
- komin słoneczny.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

Aktywne wykorzystanie promieniowania słonecznego

Głównym elementem termicznego systemu solarnego jest kolektor słoneczny. Ze względu na rodzaj czynnika podgrzewanego można wyróżnić:

- powietrzne kolektory słoneczne – stosowane do bezpośredniego podgrzania powietrza w celach wentylacyjnych budynku lub do procesów technologicznych w rolnictwie np. suszenia siana, zbóż, nasion,
- wodne kolektory słoneczne.

Ze względu na konstrukcje w Polsce stosuje się dwa główne typy kolektorów[3.13,3.8]:

- płaskie,
- próżniowo – rurowe,
- absorbery do basenów kąpielowych,
- zintegrowane ze zbiornikiem magazynującym,
- z pokryciem transparentnym.

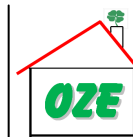
Kolektory próżniowo – rurowe charakteryzują się wyższą sprawnością w stosunku do kolektorów płaskich. Montuje się je na powierzchniach pionowych lub na powierzchniach poziomych od strony południowej, gdyż w takim przypadku nasłonecznienie jest najbardziej intensywne. Kolektory płaskie dla naszej szerokości geograficznej instaluje się z uwzględnieniem odpowiedniego kąta nachylenia znajdującego się w zakresie od 25° do 35° [3.8]. Wykorzystanie energii słonecznej jest opłacalne przy minimalnej różnicy temperatur 3 K. W przeciwnym wypadku może się okazać, że zużyta energia elektryczna na pracę pompy cyrkulacyjnej układu przekroczy pozyskaną energię słoneczną.

Wykorzystanie energii słonecznej silnie zależy od zmiennych warunków otoczenia zewnętrznego. Podczas gdy promieniowanie słoneczne nie wystarcza do podgrzania wody do wymaganej temperatury, stosuje się dogrzewanie przy wykorzystaniu konwencjonalnych źródeł energii. Zazwyczaj stosuje się centralne ogrzewanie elektryczne w postaci gazowego podgrzewacza przepływowego, lub centralne ogrzewanie [3.8]. W celu efektywnego spożytkowania energii słonecznej zaleca się podobnie jak w przypadku stosowania kotłów na biomasę, wykorzystanie podgrzewaczy zasobnikowych do magazynowania ciepła. Średnio przyjmuje się 1m² kolektora słonecznego na 10m² powierzchni ogrzewanej [3.7]. Stosowanie instalacji solarnych jest ekonomicznie uzasadnione dla obiektów o ciągłym odbiorze i zagospodarowaniu wytworzonego ciepła. Dlatego takie instalacje najlepiej sprawdzą się w budynkach użyteczności publicznej takich jak np. [3.7]:

- domy opieki społecznej,
- internaty,
- szpitale,
- baseny,
- szkoły z basenami,
- obiekty sportowe.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



W domach jedno- i dwurodzinnych, zazwyczaj stosowane są rozwiązania ze stuprocentowym pokryciem zapotrzebowania w miesiącach letnich. W miesiącach zimowych w warunkach polskich możliwość odbioru energii słonecznej jest dosyć ograniczona, dlatego pokrycie potrzeb grzewczych przewidzianych dla układu solarnego jest warunkowe i możliwe tylko w przypadku zwiększenia ich powierzchni. Działanie takie prowadzi do występowania w okresie letnim nadmiaru energii, co może skutkować występowaniem obciążeń termicznych całej instalacji. Rozwiązaniem tego problemu jest zaangażowanie do instalacji dodatkowego elementu mogącego wykorzystać istniejące nadwyżki energii np. basenu kąpielowego [3.7].

W okresie letnim tj. od czerwca do sierpnia, utrzymanie temperatury wody na poziomie 23-24°C, wymaga zainstalowania 0,4-0,6 m² powierzchni absorbera na 1m² powierzchni basenu [3.7, 3.8].

Energię słoneczną można wykorzystać również do napędu urządzeń chłodniczych [3.8,3.9]. W tym celu wymagana jest konwersja energii słonecznej:

- konwersja fotowoltaniczna (ogniwa fotowoltaniczne) – energia promieniowania słonecznego jest bezpośrednio zamieniana w energię elektryczną, która używana jest do napędu sprężarek chłodniczych,
- konwersja fototermiczna (kolektory słoneczne); energia promieniowania słonecznego jest wykorzystane do zasilania termochemicznych urządzeń chłodniczych.

W celu zapewnienia ciągłej pracy układu chłodniczego do wspomaganie kolektorów stosowane są dodatkowe źródła ciepła, przeważnie kotły gazowe, małe układy kogeneracyjne lub sieć ciepłownicza [3.9]. W perspektywie przyszłości kombinacja ogrzewania i chłodzenia z wykorzystaniem energii słonecznej jest rozwiązaniem szczególnie celowym i słusznym [3.8].

Do szacunkowego określenia powierzchni kolektorów zakłada się, że dla uzyskania 60% pokrycia zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej z instalacji solarnej w domach jedno i wielorodzinnych, powinno zakładać się około 1,0 do 1,5 m² powierzchni czynnej kolektora płaskiego na osobę lub 0,8 m² powierzchni czynnej kolektora próżniowego [3.7, 3.8].

W zależności od warunków budowlanych kolektory słoneczne można instalować zarówno na dachu jak i na fasadzie budynku w układzie szeregowym i równoległym. Szeregowo można łączyć ograniczoną liczbę kolektorów. Gdy istnieje konieczność połączenia w układ większej ilości kolektorów od dopuszczanej przez producenta, możliwe jest zastosowanie kombinacji połączenia szeregowego z równoległym. W tym przypadku równoległe powinno się łączyć układy szeregowo składające się z tej samej liczby kolektorów. W przypadku ustawiania większej ilości kolektorów jeden za drugim, na powierzchniach płaskich należy pamiętać o zachowaniu pomiędzy nimi odpowiedniego odstępu, aby nie dochodziło do wzajemnego zacieniania się kolektorów, zwłaszcza w okresie zimowym, gdy słońce znajduje się niżej nad horyzontem [3.7].

W instalacjach solarnych stosuje się podgrzewacze zasobnikowe o pojemności odpowiadającej 1,5-2,0 krotności dziennego zapotrzebowania, a minimalna pojemność

solarnych podgrzewaczy powinna wynosić około 50 litrów na 1 m² powierzchni kolektora [3.7, 3.8]. Przy doborze wymiennika ciepła zakłada się, że na każdy metr kwadratowy brutto kolektora przypada co najmniej 0,3-0,4 m² powierzchni wymiennika z rurami żebrowanymi lub 0,2 m² powierzchni wymiennika z rurami gładkimi. Optymalny zakres temperatur pracy obiegu grzewczego przy współpracy z instalacją solarną wynosi od 20 do 40°C, dlatego stosuje się je do wspomagania systemów ogrzewania powierzchniowego o małej bezwładności cieplnej i dużym stopniu regulacji.

Wykorzystanie ciepła z otoczenia:

Ciepło z otoczenia można pozyskać poprzez:

- bezpośrednie pobranie ciepła z gruntu w wyniku:
 - stosowania kolektorów gruntowych,
 - stosowania sond gruntowych,
- bezpośrednie pobranie ciepła z wód gruntowych,
- bezpośrednie pobranie ciepła z powietrza.

Aktualnie stosowane rozwiązania instalacji wykorzystujących pompy ciepła obejmują następujące układy [3.15-3.19]:

- *układ monowalentny* - pompa ciepła jako jedyne źródło zasilania instalacji c.o., moc pompy ciepła w tym przypadku wynosi 100% zapotrzebowania na moc grzewczą budynku,
- *układ monoenergetyczny* - pompa ciepła stanowi podstawowe źródło ciepła, uzupełniana jest elektryczną wytwornicą ciepła w postaci przepływowego podgrzewacza wody grzewczej,
- *układ biwalentny* - pompa ciepła stanowi podstawowe źródło ciepła, natomiast dodatkowym (szczytowym) źródłem ciepła może być źródło konwencjonalne,

Układ biwalentny może być eksploatowany w następujący sposób [3.8]:

- *równoległe* – pompa ciepła i kocioł po przekroczeniu maksymalnego obciążenia dla pompy ciepłej i uzupełnieniu niedoboru przez dodatkowe źródło ciepła pracują równocześnie,
- *alternatywnie* – pompa ciepła i kocioł nigdy pracują równocześnie,
- *równoległo- alternatywnie*.

Najczęściej spotykanymi wymiennikami są stosowanymi w pompach ciepła są wymienniki gruntowe. Mogą one występować w kilku wariantach ułożenia. Gruntowe poziome wymienniki ciepła mogą być wykonywane w różnych konfiguracjach: jako układy szeregowe, węzownicowe lub spiralne [3.15-3.19]. W przypadku instalacji z pionowymi sondami gruntowymi średnia wydajność poboru z gruntu wynosi 50 W/m [3.8]. Gęstość strumienia ciepła, od której zależy efektywność wymiennika gruntowego, wynosi w nim 40-50 W/m², podczas gdy w gruncie suchym tylko 10-30 W/m² [3.7].

Wody gruntowe wykorzystywane jako dolne źródło ciepła w pompach ciepła charakteryzują się stosunkowo stałą temperaturą w zakresie 5-12°C [3.8]. W budownictwie

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



jedno i wielorodzinnym opłacalne jest stosowanie instalacji wykorzystujące wody gruntowe zlokalizowane do głębokości 15 m. Jest to uwarunkowane kosztami pompowania wody.

Instalacje z pompą grzejną wykorzystująca powietrze zewnętrzne jako dolne źródło ciepła są stosowane do całorocznej eksploatacji monowalentnej, monoenergetycznej i biwalentnej.

Dobór systemu sprężarkowej pompy ciepła oraz regulacji jej wydajności powinien zależeć od następujących czynników [3.15-3.19]:

- rodzaju oraz parametrów dolnego źródła ciepła,
- warunków klimatycznych,
- standardu wyposażenia budynku,
- bilansu cieplnego budynku,
- rodzaju instalacji centralnego ogrzewania.

3.3. Rozwiązania techniczne zaopatrzenia budynków w energię elektryczną przy uwzględnieniu wykorzystania odnawialnych źródeł energii

Klasycznym sposobem zaopatrzenia budynków w energię elektryczną jest ich zasilanie z niskonapięciowej sieci elektroenergetycznej.

Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii stwarza nowe, szersze możliwości [3.21] zasilanie obiektów komunalno-bytowych w energię elektryczną oraz nowe kierunki organizacji gospodarki energetycznej w poszczególnych budynkach, kompleksach budowlanych oraz gminach.

Wykorzystując odnawialne źródła energii można energię elektryczną uzyskać z [3.22]:

- elektrowni:
 - a) wodnych wyposażonych, w zależności od spadku wody i jej strumienia, w turbiny: Peltona, Francisa, Kaplana lub Banki-Mitschela,
 - b) wiatrowych wyposażonych w turbiny: bębnowe, kanałowe, retortowe, wielopłatowe, Darrieusa lub Boeniga,
 - c) parowych zasilanych biopaliwem: stałym, ciekłym lub gazowym,
 - d) parowych zasilanych paliwem konwencjonalnym z dodatkiem biopaliwa,
 - e) typu ORC (z ograniczonym czynnikiem obiegowym) napędzanych np. energią geotermalną,
 - f) małej mocy zasilanych biopaliwem gazowym lub ciekłym, wyposażonych w silniki: gazowe wewnętrznego spalania, Sterlinga, Rankina (ORC) lub mikroturbiny spalinowe,
 - g) słonecznych z ogniwami fotowoltaicznymi lub koncentratorami energii słonecznej wykorzystywanej w obiegach parowych.
- układów kogeneracyjnych lub triogeneracyjnych:
 - a) parowych zasilanych biopaliwem,

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

- b) parowych zasilanych paliwem konwencjonalnym z dodatkiem biopaliwa,
- c) małych układów zasilanych biogazem lub ciekłym biopaliwem.
- układów specjalnych:
 - a) z kominami słonecznymi,
 - b) z ogniwami paliwowymi:
 - niskotemperaturowymi: z polimerową membraną PEFC, alkaliczne AFC, z kwasem fosforowym PAFC,
 - średnitemperaturowymi: ze stopionym węglanem MCFC,
 - wysokotemperaturowe: ze stałym tlenkiem SOFC, zasilanych metanolem,
- hybrydowych typu:
 - a) ogniwa fotowoltaiczne – termiczne kolektory słoneczne,
 - b) ogniwa fotowoltaiczne – elektrownie wiatrowe.

Z punktu widzenia możliwości aplikacyjnych wynikających: z lokalnych zasobów energii odnawialnych, z zaawansowania technologicznego, rozwiązań technicznych, dostępnych środków inwestycyjnych oraz względów społeczno-politycznych, na największą uwagę w Polsce zasługuje: elektrownia oraz układy kogeneracyjne małej mocy zasilane biopaliwem, turbiny wiatrowe, turbiny wodne oraz układy hybrydowe wykorzystujące ogniwa fotowoltaiczne i turbiny wiatrowe.

Bardzo istotnym czynnikiem warunkującym efektywność wytwarzania i użytkowania energii elektrycznej z odnawialnych źródeł jest wykorzystanie inteligentnych sieci elektroenergetycznych zwanych powszechnie Smart Gridem.

Według [3.28] Smart Grid to inteligentne sieci elektroenergetyczne umożliwiające komunikację między wszystkimi uczestnikami rynku energii [3.26] mającej na celu dostarczenie usług energetycznych przy możliwie niskich kosztach oraz zwiększenie efektywności oraz zintegrowanie rozproszonych źródeł energii, w tym zwłaszcza energii odnawialnej.

Według prof. Malko [3.29] istnieje wiele obiektywnych czynników sprzyjających rozwojowi Smart Gridu w Polsce, do których można zaliczyć:

- zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego w zasilaniu odbiorców energii elektrycznej przez likwidację przerw,
- rozszerzenie funkcjonalności usług na rzecz odbiorcy przez opomiarowanie i fakturowanie tych usług (liczniki dwukierunkowe zmienność ceny energii w czasie),
- integrację rozproszonych źródeł np. odnawialnych o ograniczonej dyspozycyjności mocy i energii,
- konieczność przebudowy istniejących sieci zasilających.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



3.4. Rozwiązania techniczne kogeneracyjnego i/lub triogeneracyjnego zaopatrzenia budynków lub kompleksów budowlanych w energię elektryczną ciepło i/lub zimno

Aktualnie dostępne są układy kogeneracyjne firmy CES zasilane biopaliwem o mocy elektrycznej od 50 kW_e do 3 MW_e [3.24]. Podobny zakres mocy (do 110 kW_e do 3 MW_e) proponuje firma Lüthe, współpracująca z wytwórniami silników wewnętrznego spalania MAN, Deutz oraz Jenbacher [3.25]. W literaturze [3.31] można również spotkać informacje dotyczące układów kogeneracyjnych o mniejszych mocach elektrycznych.

W układach kogeneracyjnych wyposażonych w mikroturbiny spotyka się moce elektryczne od 25 do 500 kW_e [3.23].

W układach kogeneracyjnych zasilanych z odnawialnych źródeł energii spotyka się stopnie skojarzenia (stosunki mocy elektrycznych do mocy cieplnej układu) wynoszące od $\sigma = 0,20$ (dla dużych mocy cieplnych) do $\sigma = 0,65$ (dla małych mocy cieplnych).

Według informacji podanych w [3.23] (Tablica 3.2) sprawności układów kogeneracyjnych (sumarycznej produkcji ciepła i energii elektrycznej) wynoszą od 65 do 90%.

Tablica 3.2. Sprawność wykorzystania energii chemicznej biopaliwa w małych silnikowych układach kogeneracyjnych.

Obiegi porównawcze silników	Sprawność elektryczna, %	Sprawność ogólna, %
Otto	25-43	70-90
Stirlinga	30-40	65-85
Rankina (ORC)	12-19	81-88

Podane w tablicy 3.2 wartości sprawności nie są w literaturze źródłowej zdefiniowane, dlatego mają znaczenie jedynie retoryczne. Należy sądzić, że sprawności ogólne dotyczą stosunku sumy energii elektrycznej i ciepła do całkowitej energii chemicznej paliwa. Więcej wątpliwości budzi natomiast sprawność elektryczna, która prawdopodobnie wyraża stosunek energii elektrycznej do całkowitej energii chemicznej paliwa. Brak uwzględnienia jakości energii (w pierwszym przypadku) oraz traktowanie ciepła jako straty (w przypadku drugim) są oczywistymi wadami definiowania tego typu wskaźników. Bardziej szczegółowe analizy dotyczące określania sprawności cząstkowej produkcji energii elektrycznej oraz ciepła i/lub zimna podano w rozdziale 4. niniejszego opracowania.

Nie ulega wątpliwości, że układy kogeneracyjne są energetycznie bardziej sprawne od indywidualnego wytwarzania ciepła i/lub zimna oraz energii elektrycznej. Z termodynamicznego punktu widzenia jest to rezultatem ograniczenia liczby i zakresu przemian nieodwracalnych, z ekonomicznego natomiast wynika z mniejszych jednostkowych nakładów inwestycyjnych i niższych kosztów eksploatacji.

Układy triogeneracyjne różnią się od układów kogeneracyjnych możliwością wytwarzania zimna do celów klimatyzacyjnych i/lub technologicznych (np. przechowywanie i konserwacja żywności).

Zimno w układach triogeneracyjnych uzyskuje się w absorpcyjnych agregatach chłodniczych. Ich użyteczność wynika z następujących okoliczności [10]:

- dużej niezawodności działania, będącej rezultatem braku elementów ruchomych (poza pompą roztworu bogatego przetłaczanego z absorbera do wężownicy przez wymiennika regeneracyjnego),
- możliwością regulacji wydajności chłodniczej w zakresie od 10 do 100% nominalnej wydajności,
- brak wykorzystania kancerogennych substancji podczas eksploatacji absorpcyjnego agregatu chłodniczego,
- możliwość znacznego zróżnicowania nominalnej chłodniczej pojedynczych agregatów absorpcyjnych w zakresie od 10 do 5000 kW.

Czynnikiem obiegowym 97% absorpcyjnych agregatów chłodniczych jest roztwór bromku litu LiBr oraz wody H₂O. w pozostałych przypadkach stosuje się roztwór amoniaku NH₃ i wody H₂O.

Sprawność energetyczna absorpcyjnego agregatu chłodniczego jest określana ze wzoru:

$$\eta_z = \frac{\dot{Q}_{ch}}{\dot{Q}_n} \quad , \quad (3.1)$$

gdzie:

\dot{Q}_{ch} - strumień zimna użytecznego, tzn. przekazanego czynnikowi obiegowemu w parowaczu,

\dot{Q}_n - strumień ciepła napędowego przekazanego czynnikowi roboczemu w wężownicy.

Zależy ona od temperatury: wody lodowej t_p uzyskiwanej w parowaczu, wody t_{WA} chłodzącej absorber, wody t_{NS} chłodzącej skraplacz, roztworu w wężownicy oraz od liczby podobieństwa regeneratora K_R , która jest określana z następującego równania definicyjnego:

$$K_R = \frac{F_r k_r}{W_r} \quad , \quad (3.2)$$

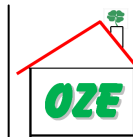
gdzie:

F_r – powierzchnia przepływu ciepła w wymienniku regeneracyjnym,

k_r – współczynnik przenikania ciepła w tym wymienniku,

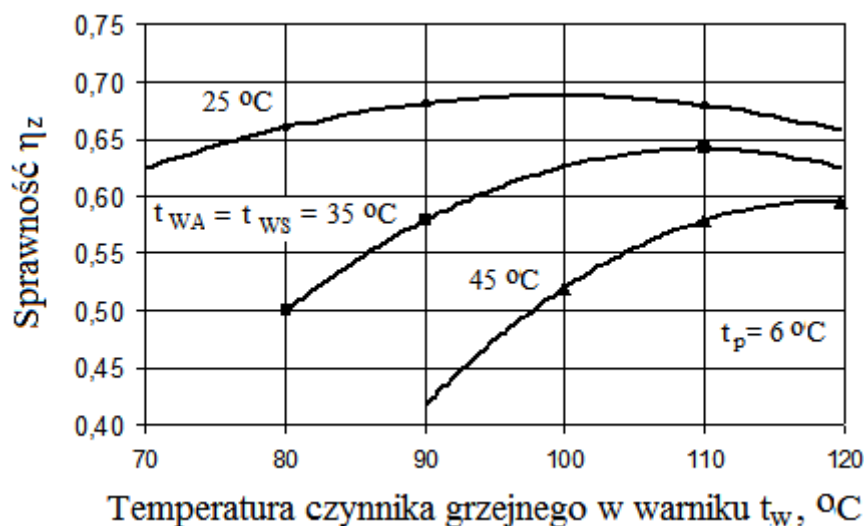
Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



W_r – strumień pojemności cieplnej czynnika podgrzewanego w wymienniku.

Przykładową zależność sprawności η_z od temperatury t_w czynnika grzejącego w warku oraz temperatury $t_{WA} = t_{WS}$ wody chłodzącej absorber i skraplacz, przy temperaturze wody lodowej $t_p = 6,0^\circ\text{C}$ oraz liczbie podobieństwa $K_R = 1$ [10]. Jak widać z przykładowego rysunku sprawności energetyczna absorpcyjnego agregatu chłodniczego wynosi od 40 do 70%.



Rys. 3.7. Charakterystyka energetyczna bromolitowego absorpcyjnego agregatu chłodniczego.



BIBLIOGRAFIA ROZDZ. 3.

- [3.1] Kaczowska A.: Dom pasywny, Wydawnictwo i Handel Książkami „KaBe” s.c., Krosno, 2009
- [3.2] http://termodom.pl/epbd/energooszczednosc/zalozenia_budynku_energooszczednego
- [3.3] <http://ekobudowanie.pl/okna-i-drzwi/143-okna-a-energooszczednosc>
- [3.4] http://www.budujemydom.pl/component/option,com_content/task,specialblogcategory/act,view/id,8152/Itemid,3327/
- [3.5] Praca zbiorowa pod redakcją Popołek Z.: Energooszczędne kształtowanie środowiska wewnętrznego, Politechnika Śląska, Gliwice, 2005
- [3.6] EKOPŁUS Odnawialne Źródła Energii
<http://www.ekoplus.pl/index.php?main=dom/dom>
http://www.pl.pompyciepla.danfoss.com/PCMFiles/7/master/Heat_Pumps_PL/Referencje/Dom_Pokazowy_Zywiec_last.pdf
- [3.7] Opracowanie Głównego Urzędu Statystycznego. Energia ze źródeł odnawialnych w 2008 r., Warszawa 2009
- [3.8] Recknagel H., Sprenger E., Hönnmann W., Schramek E. R.: Kompendium wiedzy. Ogrzewnictwo. Klimatyzacja. Ciepła woda. Chłodnictwo. OMNI SCALA 08/09
- [3.9] Rubik M.: Klimatyzacja solarna – możliwości i tendencje rozwoju, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, nr 10/2006
- [3.10] Rabiej S.: Wykorzystanie energii słonecznej w obiektach infrastruktury komunalnej, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, nr 5/2009
- [3.11] Suchodolski P.: Koncepcje pozyskania ciepła ze źródeł odnawialnych na potrzeby budynków energooszczędnych, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, nr 3/2006
- [3.12] Pieńkowski C.: Biomasa jako źródło energii odnawialnej, CIEPŁOWNICTWO, OGRZEWNICTWO, WENTYLACJA, nr 12/2007
- [3.13] Grabarczyk S.: Fizyka budowli. Komputerowe wspomaganie projektowania budownictwa energooszczędnego, Warszawa 2005
- [3.14] Szargut J.: Zasoby energii geotermalnej w Polsce, Gospodarka Paliwami i Energią, nr 7/1990
- [3.15] Rubik M.: Pompy ciepła cz.3, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, nr 6/2008
- [3.16] Rubik M.: Pompy ciepła cz.5, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, nr 9/2008
- [3.17] Rubik M.: Pompy ciepła cz.6, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, nr 10/2008
- [3.18] Rubik M.: Pompy ciepła cz.7, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, nr 11/2008
- [3.19] Rubik M.: Pompy ciepła cz.8, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, nr 12/2008
- [3.20] Pasierb S., Bogacki M., Osicki A. Wojtulewicz J.: Odnawialne Źródła Energii. Efektywne wykorzystanie w budynkach. Finansowanie przedsięwzięć. Poradnik, Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii, Katowice, 2006
- [3.21] Popczyk J.: Trendy rozwoju gospodarki energetycznej w Warszawie. Tekst zamieszczony w serwisie Energia 365, pl., 2010
- [3.22] Lweandowski W.M.: Proekologiczne odnawialne źródła energii. Wydawnictwo Naukowo-Technologiczne, Warszawa, 2007

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



- [3.23] Rusok S., Kowalczyk-Juśko A.: biogaz w systemach kogeneracyjnych. *Czysta Energia*, 2006, nr 10, s. 41-42.
- [3.24] <http://www.oes.com.pl> z 2010r.
- [3.25] <http://www.biogas-edelstahl.de/bhkw/> z 2010r.
- [3.26] Smart Grid nadchodzi. *Siemens newsletter* nr 33, 2010.
- [3.27] Cieśla A., Hanzelka Z.: Smart Grid. Platforma technologiczna Smart Grid. AGH, 2010.
- [3.28] http://pl.wikipedia.org/wiki/smart_grid. *Elektroenergetyka*. 2010
- [3.29] <http://www.smartgrid.agh.edu.pl/> 2010
- [3.30] Kozioł J., Gazda. W: Analiza czynników wpływających na efektywność absorpcyjnych agregatów chłodniczych, *Materiały XVIII Zjazd Termodynamików*, 2002, s.677-685
- [3.31] Gnutek Z, Kolasiński P.: Organic Ranking Cycle-Technology, Applications and Current Market Overview. *Heat Transfer and Renewable Sources of Energy* 2010, s.229-236.



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

4. PRZEGLĄD I OCENA METOD MODELOWANIA URZĄDZEŃ DO WYKORZYSTANIA ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

Opracowanie przygotowane przez:

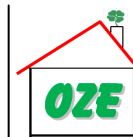
Prof. dr hab. inż. Koziół Joachim

Mgr inż. Mendecka Barbara

Mgr inż. Piłat Magdalena

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Wykaz oznaczeń podpunktu 4.1 i 4.2

A	-	powierzchnia, m^2
ACH	-	wymiana powietrza na godzinę, h^{-1}
b	-	wielkość wlotu komina, m
bdx	-	jednostkowa powierzchnia ogniwa słonecznego m^2
Cd	-	współczynnik przeładowania
C	-	ciepło właściwe kJ/kgK
d	-	szerokość komina, m
\dot{E}	-	strumień energii, W
g	-	przyspieszenie ziemskie m/s^2
Gr	-	liczba Grashofa
h	-	współczynnik wnikania ciepła W/m^2K
H, H_w	-	wysokość pomieszczeń i okien, m
I	-	intensywność promieniowania słonecznego, W/m^2
L	-	wysokość komina, m
\dot{m}	-	strumień masy, m^3/s
Nu	-	liczba Nuselta
p	-	liczba ogniów w rzędzie
Pr	-	liczba Prandtla
q	-	strumień ciepła W
R	-	opór przewodzenia m^2K/W
Ra	-	liczba Rayleya
t	-	czas, s
T	-	temperatura K
u, v	-	prędkość powietrza m/s
U	-	całkowity współczynnik wnikania ciepła
V	-	objętość pomieszczenia – kubatura pomieszczenia m^3
W	-	szerokość pokoju m
x, y	-	współrzędne
	-	
α	-	absorpcyjność
β	-	współczynnik upakowania
δ	-	grubość powłoki, m
η	-	sprawność
λ	-	współczynnik przewodzenia ciepła W/mK
τ	-	transmisyjność
ρ	-	gęstość kg/m^3
$\alpha\tau$	-	współczynnik absorpcyjno-transmisyjny
	-	
	-	
Indeksy	-	
a	-	powietrze
c	-	komin
$cond$	-	przewodzenie
$conv$	-	konwekcja
eff	-	efektywna

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

<i>el</i>	-	elektryczna
<i>f</i>	-	płyn
<i>g</i>	-	szkło
<i>g-a</i>	-	szkło do powietrza
<i>h</i>	-	ciepło
<i>p</i>	-	ściana
<i>p-a</i>	-	ściana do powietrza
<i>r</i>	-	pomieszczenie
<i>rp-g</i>	-	promieniowanie ze ściany do szkła
<i>rg-sky</i>	-	promieniowanie ze szkła do nieba
<i>s</i>	-	ogniwo słoneczne
<i>w</i>	-	woda

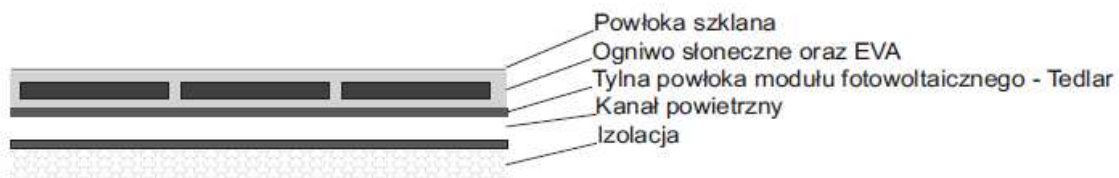
4.1. Model zintegrowanego systemu słonecznego BIPV/T

System BIPV/T (Building Integrated Photovoltaics and Thermal) jest wkomponowany w strukturę budynku i stanowi integralną część budynku. Jest to nowa technologia stanowiąca hybrydę słonecznych systemów: fotowoltaicznego i termicznego. System zintegrowany jest inwestycyjnie tańszy niż oba systemy z osobna [4.2].

Model systemu solarnego jest tworzony w celu eksperymentalnej walidacji przyjętych metodologii. Pierwszym elementem składowym modelu jest przyjęcie założeń. W większości przypadków zakłada się, że [4.1,4.2]:

- system pracuje w warunkach quasi-ustalonych,
- straty ciepła są pomijalnie małe,
- wymiana ciepła następuje poprzez jednowymiarowe przewodzenie ciepła,
- transmisyjność materiału, z którego zbudowane są elementy ogniwa słonecznego (np. EVA) jest równa 100 %,
- właściwości powietrza nie zmieniają się wraz ze zmianą temperatury,
- uśredniony strumień powietrza w przekroju poprzecznym kanału oraz brak stratyfikacji termicznej w zbiorniku akumulacyjnym.

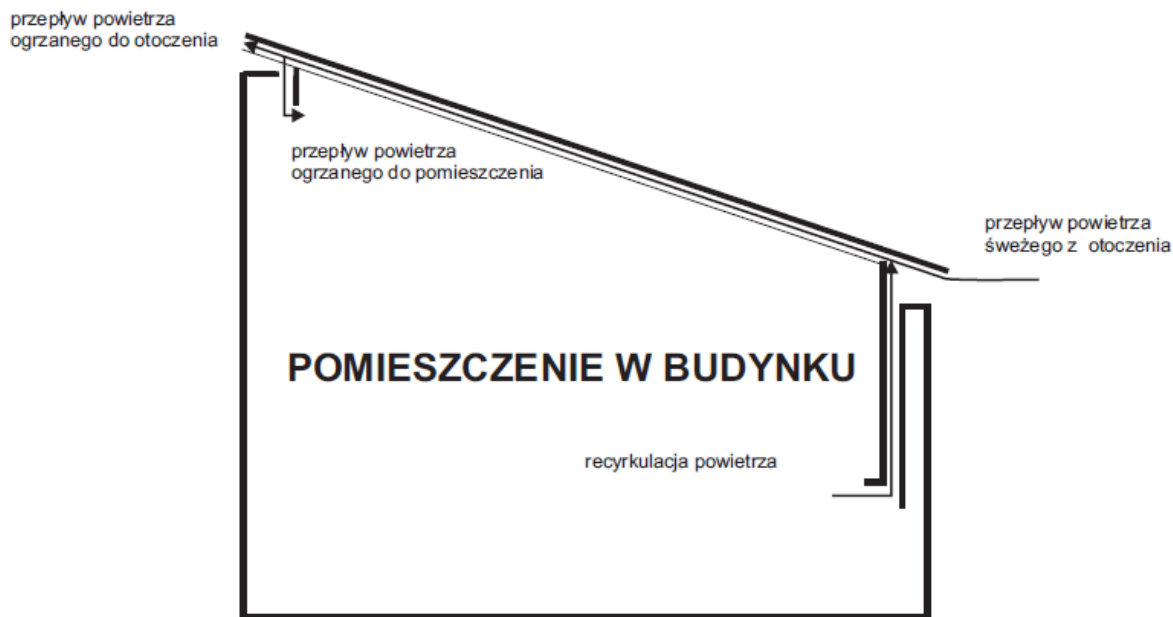
Zależności pozwalające na powiązanie poszczególnych elementów składowych obejmują przede wszystkim równania bilansu energii jednostkowych elementów składowych systemu BIPV/T.



Rys. 4.1. Przekrój modułu fotowoltaicznego BIPV/T

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Rys. 4.2. Rozdział powietrza w systemie BIPV/T

W przypadku zintegrowanego systemu solarnego można wyróżnić bilanse energii:

- ogniwa słonecznego,
- tylnej powłoki modułu fotowoltaicznego,
- powietrza przepływającego przez kanał lub wody przepływającej w kanale absorbera,
- budynku.

W celu uzyskania wyników symulacji za pomocą wyżej opisanego modelu konieczne jest określenie warunków początkowych i brzegowych. Przyjmuje się następujące warunki brzegowe :

- dla bezpośredniego ogrzewania powietrza [4.5], temperatura na wlocie do kanału powietrznego jest równa temperaturze powietrza w pomieszczeniu, temperatura na wylocie z kanału powietrznego jest równa temperaturze otoczenia zewnętrznego,
- dla pośredniego ogrzewania powietrza [4.6], określone są temperatury wody na wlocie i wylocie z absorbera.

Przykładowy bilans energii [4.5, 4.6] dla modułu BIPV/T został przedstawiony poniżej. Rozpatrzony jest system o wymiarach $L \times B$. W części termicznej czynnikiem roboczym jest powietrze przepływające w kanale między modułem fotowoltaicznym, a izolacją. Równanie bilansu energii dla elementarnego ogniwa fotowoltaicznego o jednostkowych wymiarach $b \times dx$ przyjmuje postać:

$$\alpha_s \cdot \tau_s \cdot \beta_s \cdot I(t) b dx = [U_T \cdot (T_s - T_a) + R_s \cdot (T_s - T_b)] b dx + \tau_s \cdot \eta_c \cdot \beta_s \cdot I(t) b dx, \quad (4.1)$$

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

$$U_T = \left(\frac{\delta_G}{\lambda_G} + \frac{1}{h_a} \right)^{-1}, \quad (4.2)$$

$$R_T = \left(\frac{\delta_T}{\lambda_T} \right)^{-1}, \quad (4.3)$$

Temperatura ogniwa słonecznego wynosi:

$$T_s = \frac{(\alpha\tau)_{eff} I(t) + U_T \cdot T_a + R_s T_b}{R_s + U_T}, \quad (4.4)$$

gdzie:

$(\alpha\tau)_{eff}$ – efektywny współczynnik absorpcyjno – transmisyjny.

Równanie bilansu energii dla tylnej powłoki kolektora przyjmuje postać [4.5, 4.6]:

$$R_s (T_s - T_b) b dx = h_a (T_b - T_a) b dx, \quad (4.5)$$

W przypadku bezpośredniego podgrzewania powietrza równanie bilansu od strony powietrza przedstawia się następująco:

$$h_a \cdot (T_b - T_a) \cdot b dx = \dot{m}_a \cdot c_a \cdot \left(\frac{dT_a}{dx} \right) \cdot dx + R_{iz} (T_a - T_r), \quad (4.6)$$

$$R_{iz} = \left(\frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}} \right)^{-1}, \quad (4.7)$$

W przypadku pośredniego podgrzewania powietrza równanie bilansu od strony powietrza przedstawia się następująco:

$$F \cdot h_a (T_b - T_a) \cdot b dx = \dot{m}_w \cdot c_w \cdot \left(\frac{dT_w}{dx} \right) \cdot dx, \quad (4.8)$$

Analiza energetyczna systemu BIPV/T:

Strumień energii elektrycznej możliwy do uzyskania przedstawia poniższe równanie:

$$\dot{E}_{el} = \eta_c \cdot I(t) \cdot b \cdot L \cdot s \cdot p, \quad (4.9)$$

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

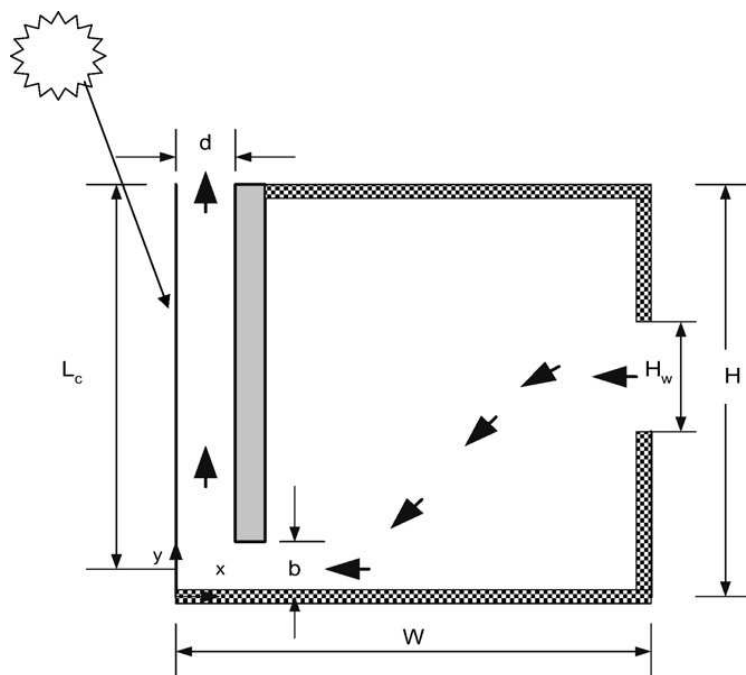
natomiast strumień ciepła możliwą do uzyskania określony jest następująco:

$$\dot{E}_s = \dot{m}_{pow} \cdot c_{pow} (T_a - T_r) \cdot p, \quad (4.10)$$

4.2. Modelowanie komina solarnego

Analiza komina solarnego stanowi temat wielu artykułów, zwykle autorów pochodzących z obszarów silnie nasłonecznionych. Komin solarny wbudowany w ścianę budynku może służyć do dwóch celów: grzewczego oraz wentylacji, wykorzystując zjawisko naturalnej cyrkulacji powietrza. Modele wykorzystywane w analizie matematycznej sprowadzają się w większości przypadków do rozwiązania kilku równań zachowania energii pomiędzy poszczególnymi warstwami struktury komina (np. [4.9, 4.10, 4.11, 4.12])

Poniżej omówiony zostanie przykład modelu komina solarnego wykorzystanego przez Ramadan Bassiouny i Nader S.A. Koura w artykule „An analytical and numerical study of solar chimney use for room natural ventilation”.



Rys. 4.3. Ogólny schemat analizowanego przypadku [4.9]

Schemat rozważanego przypadku został zamieszczony na rysunku pierwszym. Zawiera on szklaną ścianę osłonową, ścianę absorcyjną oraz warstwę powietrza pomiędzy wymienionymi ścianami.

Model zawiera pewne uproszczenia i założenia między innymi przepływ powietrza przez komin jest laminarny. Wymiana ciepła przez szkło, powietrze i absorber jest traktowana

jako jednowymiarowa. Temperatura powietrza na wejściu do komina ma temperaturę równą średniej temperaturze w wewnętrznych pomieszczeniach. Wymiana ciepła pomiędzy pozostałymi ścianami w pomieszczeniach jest pomijana.

Bilans energii dla ściany szklanej:

$$\alpha_g A_g I + h_{rp-g} A_p (T_p - T_g) = h_{conv,g-a} A_g (T_g - T_f) + \sum q_{loss} \quad , \quad (4.11)$$

Ostatni człon równania reprezentuje straty od szklanej ściany do otoczenia na drodze konwekcji, radiacji i przenikania.

$$\sum q_{loss} = q_{l-wind} + q_{l-sky} + q_{l-cond} \quad , \quad (4.12)$$

mogą być zapisane również w postaci:

$$\sum q_{loss} = U_t A_g (T_g - T_a) \quad , \quad (4.13)$$

Gdzie U_t liczy się z trzech współczynników wnikania ciepła:

$$U_t = h_{wind} + h_{rg-sky} + h_{cond1} \quad , \quad (4.14)$$

Powyższe równania mogą być zapisane jako:

$$a_1 T_g + b_1 T_f + c_1 T_p = R_1 \quad , \quad (4.15)$$

gdzie:

$$a_1 = h_{rp-g} A_p + h_{conv} A_g + (h_{wind} + h_{rg-sky} + h_{cond1}) A_g, b_1 = -h_{conv,g-a} A_g, c_1 = -h_{rp-g} A \quad , \quad (4.16)$$

$$R_1 = \alpha_g A_g I + (h_{wind} + h_{cond1}) A_g T_a + h_{rg-sky} A_g T_a \quad , \quad (4.17)$$

Bilans energii dla wnętrza komina wypełnionego powietrzem:

Analogicznie do wyżej przytoczonego bilansu energii dla szklanej ściany przeprowadza się bilans dla kolumny powietrza przepływającej przez komin.

$$h_{conv,g-a} A_g (T_g - T_f) + h_{conv,p-a} A_p (T_p - T_f) = q_{conv} \quad , \quad (4.18)$$

gdzie :

$$q_{conv} = \dot{m} C (T_{f0} - T_{f1}) \quad , \quad (4.19)$$



Temperatura dla powietrza przepływającego przez komin może być liczona z ważonego współczynnika pomiędzy wlotem i wylotem zgodnie z równaniem:

$$T_f = \omega T_{fo} + (1 - \omega) T_{fi} , \quad (4.20)$$

Zgodnie z założeniem równości temperatury na wlocie do komina i średniej temperatury w pomieszczeniu T_r równanie na strumień ciepła można zapisać:

$$q_{conv} = \dot{m} C_p \left(\frac{T_f - T_r}{\omega} \right) , \quad (4.21)$$

gdzie wartość ω (ważony współczynnik temperatury) znaleziona w literaturze równa się 0.74. Podstawienie i przekształcenie powyższych równań prowadzi do :

$$a_2 T_g + b_2 T_f + c_2 T_p = R_2 , \quad (4.22)$$

gdzie:

$$a_2 = h_{conv,g-a} A_g , b_2 = -h_{conv,g-a} A_g + h_{conv,p-a} A_p + \frac{\dot{m} C}{\omega} , c_2 = h_{conv,p-a} A_p , R_2 = -\frac{\dot{m} C T_r}{\omega} , \quad (4.23)$$

Bilans energii dla ściany absorpcyjnej.

Ściana absorpcyjna stanowi główny element działania komina solarnego.

Model tego elementu analogicznie prowadzi do bilansu:

$$\alpha_w \tau_g A_p I = h_{rp-g} A_w (T_w - T_g) + h_{conv,p-a} A_p (T_p - T_f) + h_{cond2} A_p (T_p - T_r) , \quad (4.24)$$

Oraz do przekształcenia:

$$a_3 T_g + b_3 T_f + c_3 T_w = R_3 , \quad (4.25)$$

gdzie:

$$a_3 = -h_{rp-g} A_w , b_3 = -h_{conv,p-a} A_p , c_3 = h_{rp-g} A_p + h_{conv,p-a} A_p + h_{cond2} A_p , \quad (4.26)$$

$$R_3 = \alpha_p \tau_p A_p I + h_{cond2} A_p T_r , \quad (4.27)$$

Równania 4.15, 4.22, 4.25 rozwiązywane metodami relaksacyjnymi prowadzą do otrzymania temperatury szkła, absorbera i powietrza znajdującego się wewnątrz komina. Inne właściwości powietrza brane pod uwagę zmieniają się wraz ze zmianą temperaturą, w związku z czym są nadpisywane w momencie ustalenia się wartości temperatury.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

Współczynniki wnikania ciepła we wszystkich trzech równaniach mogą być liczone przy wykorzystaniu równań: Stefana- Boltzmana, prawa chłodzenia Newtona oraz prawa Fouriera dla przewodzenia. Metoda ta uzupełniona jest o dostępne w literaturze empiryczne relacje m. in. na liczbę Nuselta. [4.13, 4.14]

Strumień przepływającego powietrza liczony jest z następującego równania:

$$\dot{m} = \frac{C_d \rho_f A_0}{\sqrt{1 + \frac{A_0^2}{A_i^2}}} \sqrt{2gL_c \left[\frac{T_f}{T_r} - 1 \right]}, \quad (4.28)$$

Współczynnik C_d definiowany jest jako stosunek całkowitej powierzchni przekroju kanału do aktualnie otwartego przekroju.

W literaturze można znaleźć wartości współczynnika C_d zależne od liczny Reynoldsa. Spencer w swojej pracy podał wartości $C_d=0,36$ dla $Re>100$ i $C_d<0,6$ dla $Re<100$ a wartość 0,57 została wybrana dla wlotu o ostrych krawędziach (nie gładkich).

W warunkach naturalnej konwekcji parametrem który należy znać jest stopień wymiany powietrza na godzinę (ACH). Współczynnik zdefiniowany został przez Amerykańskie stowarzyszenie Inżynierów Ogrzewnictwa Chłodnictwa Wentylacji i Klimatyzacji (ASHRAE– ang. American Society of Heating, Refrigerating And Air-Conditioning Engineers, Inc.) jako:

$$ACH = \frac{\dot{V} * 3600}{\text{kubatura pomieszczenia}}, \quad (4.29)$$

4.3. Modelowanie silników wiatrowych

Zasady określania efektów działania silników wiatrowych podano w [4.15, 4.16].

Moc użyteczną pobieraną od strumienia powietrza można określić z zależności:

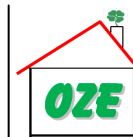
$$N_u = A_s \frac{w_o + w_k}{2} \rho \frac{w_o^2 - w_k^2}{2}, \quad (4.30)$$

gdzie:

A_s – powierzchnia zakreślana przez śmigło turbiny,

w_o, w_k – prędkość wiatru przed i za silnikiem,

ρ – gęstość powietrza.



Maksymalna moc użyteczna odpowiada $w_k = \frac{1}{3} w_o$. Uzyskuje się wtedy:

$$N_{u \max} = 0,233 D_s^2 \rho w_o^3, \quad (4.31)$$

gdzie:

D_s – średnica koła zakreślonego przez śmigło.

Z teorii procesów aerodynamicznych wynika, że siłę nośną F_N i siłę oporu F_{op} śmigła można obliczyć z równań:

$$F_i = C_i \rho \frac{w_o^2}{2} A_s, \quad (4.32)$$

gdzie:

$i = N, op$

oraz

C_N, C_{op} – współczynniki siły nośnej i siły oporu zależne od profilu skrzydła

Rzeczywista moc silnika powinna uwzględniać efekt wzajemnego oddziaływania siły nośnej i siły oporu. Prowadzi to do zależności na rzeczywistą moc elektryczną silnika.

$$N = \frac{1-e}{1+e} \left(1 - \frac{d_s^2}{D_s^2} \right) \left(1 - \frac{z}{3} \frac{C_{op}}{C_N} + \frac{1}{2z} - \frac{1}{4} \right) \cdot \eta_u \pi D_s^2 \rho w_o^3, \quad (4.33)$$

gdzie:

d_s – średnica wału śmigła,

e – współczynnik wykorzystania wiatru ($e = 0,3 \div 0,4$),

η_u – sprawność współpracy silnika wiatrowego z generatorem energii elektrycznej,

z – wyróżnik szybkobieżności określany z wzoru:

$$z = \frac{u}{w_o}, \quad (4.34)$$

przy czym:

u – prędkość obwodowa końca wirnika.

W przypadku małych turbin wiatrowych w [4.15] zaleca się stosować uproszczoną zależność do wyznaczania rocznej produkcji energii elektrycznej:

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

$$E = A_s K_{el} \eta , \quad (4.35)$$

gdzie:

K_{el} – potencjał energetyczny wiatru,

η – sprawność turbiny wiatrowej ($\eta = 0,25$ – dla rozwiązań profesjonalnych, $\eta = 0,1 \div 0,15$ – dla konstrukcji amatorskich).

Orientálną wartość potencjału energetycznego można wyznaczyć z następującej zależności aproksymacyjnej [4.17]:

$$K_u = 1,83H^{0,25}w_{30}^{1,82} , \quad (4.36)$$

gdzie:

H – wysokość osi wirnika (śmigła) nad powierzchnią terenu,

w_{30} – średnio roczna prędkość wiatru dla $H = 30\text{m}$.

Bardziej szczegółowe zależności dotyczące pracy elektrowni wiatrowych podano w [4.16]. W analizach tam przeprowadzonych uwzględnia się wpływ na prędkość wiatru wysokości usytuowania osi wirnika (śmigła) nad powierzchnią terenu oraz zmienność tej prędkości w funkcji czasu. Proponuje się przy tym powyższą zmienność opisywać za pomocą rozkładu Weibulla. Gęstość prawdopodobieństwa tego rozkładu określa zależność:

$$p(w_o) = \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{w_o}{\beta} \right)^{\gamma-1} \exp \left(- \frac{w_o}{\beta} \right)^{\gamma} , \quad (4.37)$$

gdzie:

γ – parametr kształtu ($\gamma = 1,2 \div 2,2$),

β – parametr zależny od średniorocznej prędkości wiatru.

Wartości γ , β powinny się określać empirycznie dla warunków lokalizacji zabudowy siłowni wiatrowej.

4.4. Ocena efektów skojarzonej gospodarki energetycznej.

Skojarzona gospodarka energetyczna polega na równoczesnym wytwarzaniu dwóch (kogeneracja), trzech (triogeneracja) i więcej (poligeneracja) produktów użytecznych.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Za produkt użyteczny uważa się każdy efekt procesu, który na dodatnią wartość ekonomiczną. Produktu o co najwyżej zerowej wartości uważany za odpad.

O wydajności znamionowej produkcji skojarzonej oraz lokalizacji procesu wytwórczego decyduje zazwyczaj jeden określony produkt, który nazywamy produktem głównym (np.[4.18]). Pozostałe produkty użyteczne uważane są za uboczne. Produkty uboczne zastępują w sposób pośredni lub bezpośredni określony produkt użyteczny jako główny w innym procesie w gospodarce narodowej. Jeżeli możliwa jest substytucja kilku produktów głównych przez dany produkt uboczny za produkt zastąpiony należy uznać wyrób o najkorzystniejszych uzyskania.

Jeżeli w rozpatrywanym procesie występuje kilka produktów głównych, korzystnie jest w analizie uwzględnić jeden produkt umowny (wirtualny) o wartości stanowiącej sumę wszystkich efektów przez ten produkt reprezentowanych. Przeliczenie efektów rzeczywistych wymaga przyjęcia określonego klucza obliczeniowego uwzględniającego wagi poszczególnych produktów:

$$G_{gw} = \sum_i G_{gi} w_i , \quad (4.38)$$

gdzie:

G_{gw} – liczba wirtualnego produktu głównego,

G_{gi} – liczba i -tych rzeczywistych produktów głównych,

w_i – waga i -tego produktu głównego w wartości wszystkich produktów głównych.

Wagi w_i mają charakter umowny. W przypadku określenia wskaźników energetycznych mogą one wyróżniać udział energii i -tego produktu w sumarycznej energii produktów głównych. Przy określaniu wskaźników ekonomicznych wagi mogą nawiązywać np. do ceny produktów na rynkach światowych.

Proces, w którym występuje więcej niż jeden produkt główny zwykle się nazywa procesami sprzężonymi.

Wcześniej podane definicje procesów skojarzonych i sprzężonych jest ważna ze względu na określanie efektów cząstkowych związanych z uzyskaniem produktów głównych i ubocznych np. kosztów produkcji, sprawności itp. Należy równocześnie starać się przy tym nie mieszać kryteriów ekonomicznych i fizycznych.

Dopuszczalne jest wykorzystywanie jednych wskaźników np. fizycznych do określania wskaźników ekonomicznych lub odwrotnie jedynie w przypadku gdy brak innych metod lub, gdy przemawiają za tym czytelne przesłanki logiczne. Przestrzeganie zasady rozdzielności wyznaczania wskaźników ekonomicznych (np. kosztów produkcji, cen wyrobów) oraz fizycznych (np. sprawności energetycznej, jednostkowego zużycia produktów) wynika z różnych kryteriów (celów) działalności ekonomicznej i fizycznej.

Celem działalności ekonomicznej jest maksymalizacja zysków przy uwzględnianiu zasad gospodarki rynkowej (np. kształtowania cen zgodnie z równowagą podaży i popytu).

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

Celem działalności fizycznej jest minimalizacja wykorzystania zasobu energii nieodnawialnej. W [4.18, 4.19] do określania efektów cząstkowych w procesach skojarzonych proponuje się stosowanie metody efektów równoważnych.

Zasadniczym założeniem przy określaniu wskaźników ekonomicznych [4.20] oraz fizycznych (energetycznych) [4.18, 4.19] jest „odpowiedniość” wskaźników dotyczących pozyskania produktów ubocznych w procesach skojarzonych oraz ich substytutów w procesach zastąpionych. Przez odpowiedniość należy rozumieć zarówno efekty jakościowe jak również ilościowe występujące w obu procesach.

4.4.1. Sprawności cząstkowe skojarzonego wytwarzania ciepła grzejnego i energii elektrycznej.

W układach skojarzonego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej o mocach przekraczających 20MW produktem głównym jest ciepło i/lub zimno, natomiast rolę produktu ubocznego spełnia najczęściej energia elektryczna. W układach skojarzonych o mocy do 20MW może być analogicznie lub odwrotnie (zwłaszcza w przypadku dużych wartości wskaźnika skojarzenia $\sigma = \frac{N_{ab}}{Q_g} \geq 0,5$).

Sprawności cząstkowe wytwarzania produktu ubocznego i głównego określa się ze wzorów analogicznych do podanych w [4.18]:

– dla wartości chwilowych:

$$\eta_{u,sk} = \eta_{z,u} \frac{\eta_{tr,z,u}}{\eta_{tr,u}(1-\varepsilon_u)} \quad , \quad (4.39)$$

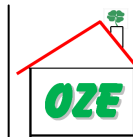
$$\eta_{g,sk} = \frac{\dot{E}_g}{\dot{E}_{ch} - \sum_u \frac{\dot{E}_u \eta_{tr,u}(1-\varepsilon_u)}{\eta_{z,u} \eta_{tr,z,u}}} \quad , \quad (4.40)$$

– dla wartości średniorocznych:

$$\bar{\eta}_{u,sk} = \bar{\eta}_{z,u} \frac{\bar{\eta}_{tr,z,u}}{\bar{\eta}_{tr,u}(1-\bar{\varepsilon}_u)} \quad , \quad (4.41)$$

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



$$\bar{\eta}_{g,sk} = \frac{E_{gR}}{E_{chR} - \sum_u \frac{E_{uR} \bar{\eta}_{tr,u} (1 - \varepsilon_u)}{\bar{\eta}_{z,u} \bar{\eta}_{tr,z,u}}}, \quad (4.42)$$

gdzie:

$\eta_{u,sk}$, $\eta_{g,sk}$ – sprawność cząstkowa skojarzonego wytwarzania u -tego produktu ubocznego oraz produktu głównego,

$\eta_{z,u}$ – sprawność wytwarzania produktu głównego zastępującego u -ty produkt uboczny,

$\eta_{tr,u}$, $\eta_{tr,z,u}$ – sprawność transportu i przesyłu do odbiorcy u -tego produktu ubocznego oraz z -tego produktu głównego zastępującego u -ty produkt uboczny,

ε_u – wskaźnik udziału potrzeb własnych u -tego produktu ubocznego w procesie skojarzonym,

\dot{E}_{ch} , \dot{E}_u , \dot{E}_g – strumień energii (egzergii) chemicznej paliwa spalanego w procesie skojarzonym, strumień energii (egzergii) u -tego produktu ubocznego oraz strumień energii (egzergii) produktu głównego,

E_{chR} , E_{gR} , E_{uR} – roczne zużycie energii chemicznej paliwa w procesie skojarzonym, roczna produkcja produktu głównego, roczna produkcja u -tego produktu ubocznego,

$\bar{\eta}$, $\bar{\varepsilon}_u$ – średnia roczna sprawność oraz średni roczny wskaźnik udziału potrzeb własnych u -tego wskaźnika udziału potrzeb własnych u -tego produktu ubocznego w procesie skojarzonym.

4.4.2. Jednostkowe koszty produktów w gospodarce skojarzonej.

Z równania bilansu kosztów rocznych dla procesu skojarzonego uzyskuje się:

$$K_R = E_g k_g + \sum_u E_u k_u, \quad (4.43)$$

gdzie:

K_R – roczne koszty produkcji skojarzonej produktu głównego i produktów ubocznych,

k_g , k_u – koszt jednostkowy produkcji produktu głównego oraz u -tego produktu ubocznego.

Stosując metodę efektów równoważnych uzyskuje się:

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

$$k_u = \frac{1}{\beta_{zu}} k_{zu} + k_{au} , \quad (4.44)$$

gdzie:

β – stopień substytucji produktu zastąpionego przez produkt uboczny,

$k_{z,u}$ – jednostkowy koszt produktu zastąpionego przez u -ty produkt uboczny,

k_{au} – jednostkowy koszt adaptacji produktu ubocznego do standardów wykorzystania produktu zastąpionego.

Z układu równań (4.43) (4.44) uzyskuje się rozwiązanie:

$$k_g = \frac{1}{E_g} \left[K_R - \sum_u E_u \left(\frac{1}{\beta_{zu}} k_{zu} + k_{au} \right) \right] , \quad (4.45)$$

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



BIBLIOGRAFIA ROZDZ. 4

- [4.1] Duffie J., Beckham W. Solar engineering thermal process, John Wiley & Sons, 2006.
- [4.2] Smolec W. Fototermiczna konwersja energii słonecznej. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.
- [4.3] Pluta Z. Słoneczne instalacje energetyczne. Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2008.
- [4.4] Swapnil D. Tiwari G.N. Thermal modeling a combined system photovoltaic thermal PV/T solar water heater. Solar Energy, 2008 str. 602-612.
- [4.5] Basant A., Tiwari G.N. Life cycle assessment of building integrated photovoltaic thermal (BIPVT) systems. Eenergy ang buildings 42, 2010.
- [4.6] Pantic S., Candanedo L., Athienitis A.K. Modeling of energy performance of a house with three configurations building-integrated photovoltaics/thermal systems. Energy and buildings 42, 2010.
- [4.7] Cahen D. Energy balance analysis of photovoltaics cells by voltagedependent modulation photocalorimetry. IEE tranactions on electron devices, vol. 32, 1990.
- [4.8] Baldini A., MANfrida G. Model of solar collector/storage system for industrial applications. Int. J. of Thermodynamics, vol. 12, 2009
- [4.9] Ramadan Bassiouny i Nader S.A. Koura „An analytical and numerical study of solar chimney use for room natural ventilation”.
- [4.10] G.Gan, S.B. Riffat ; A numerical study of solar chimney for natural ventilation of buildings with heat recovery; Applied Thermal Engineering 18 (1998) 1171-1187.
- [4.11] M. Maerefat, A.P. Haghghi Passive cooling of buildings by using integrated earth to air heat exchanger and solar chimney, Renewable Energy 35 (210) 2316-2324.
- [4.12] J. Mathur, N.K. Bansal, S. Mathur, M. Jain, Anupma, Experimental investigations on solar chimney for room ventilation, Solar Energy 80 (2006) 927–935.
- [4.13] J.P. Holman, Heat Transfer, McGraw-Hill Co., 1981.
- [4.14] E. Kostowski; Przepływ Ciepła
- [4.15] Lewandowski W. M.: Proekologiczne odnawialne źródła energii. NT Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2007.
- [4.16] Poradnik. Odnawialne i niekonwencjonalne źródła energii. Tarbonus, Kraków-Tarnobrzeg, 2008.
- [4.17] Kozioł J.: Informacje własne, 2010
- [4.18] Szargut J., Ziębik A.: Podstawy energetyki. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2000.
- [4.19] Szargut J.: Analiza termodynamiczna i ekonomiczna w energetyce przemysłowej. WNT, Warszawa. 1985.
- [4.20] Wagner J.: Metoda podziału kosztów własnych elektrociepłowni między oddawaną z niej energią elektryczną i ciepłą./ PAN, Komitet Elektryfikacji Polski, Materiały i Studia, Ł. 5, PWN, Łódź-Warszawa, 1962.
- [4.21] Marecki J.: Gospodarka skojarzona ciepłno-elektryczna, WNT, Warszawa, 1988.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

5. METODOLOGIA OCENY EFEKTÓW TECHNICZNYCH WYKORZYSTANIA ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII W BUDOWNICTWIE

Opracowanie przygotowane przez:

Prof. dr hab. inż. Koziół Joachim

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



5.1. Czynniki wpływające na wartość kryteriów

Wartość kryteriów, rozumianych jako wskaźniki stanowiące podstawę oceny użyteczności technicznej, ekonomicznej, ekologicznej itp., stosowania OZE w budynkach zależą między innymi od następujących czynników i okoliczności:

- sposobu definiowania wskaźników,
- typu budynku (mieszkalny, szpital, szkoła, zakład przemysłowy, zakład użytkowy),
- cech konstrukcyjnych budynków (rozmiarów, kształtu, rodzaju materiałów konstrukcyjnych i izolacyjnych, agregacji budynku, sposobu wentylacji, sposobu wykorzystania energii odpadowej itp.),
- czasu objętego rozważaniami [5.1] (godziny, doby, tygodnia, miesiąca, roku),
- obiektywnych warunków eksploatacyjnych [5.1] (pory roku, charakteru dnia tzn. roboczego lub świątecznego, warunków atmosferycznych),
- subiektywnych warunków eksploatacyjnych (okresu eksploatacji liczby osób przebywających w pomieszczeniu, charakteru ich czynności).

Wymienione wyżej czynniki stanowią zmienne niezależne (argumenty), od których zależą wskaźniki oceny. O wartości określanych wskaźników użyteczności decydują równocześnie prawie wszystkie wyżej wspomniane czynniki. Określanie wartości kryteriów z uwzględnieniem tylko jednego parametru może być powodem dużego błędu oceny użyteczności.

Dlatego proponuje się do porównywania efektów działań związanych ze stosowaniem OZE wykorzystywanie funkcji obiektu (charakterystyki) określanej przez zależność poszczególnych wskaźników od co najmniej najważniejszych czynników determinujących ich wartość.

Funkcji obiektu nie należy mylić z np. świadectwami charakterystyki energetycznej budynku [5.12]:

Funkcja obiektu (charakterystyki) mogą być wyznaczone następującymi metodami [5.1]:

- statystyczną [5.2, 5.4, 5.5] – w oparciu o wyniki pomiarów eksploatacyjnych i założonej postaci funkcji,
- teoretyczną – przy wykorzystaniu praw fizycznych, chemicznych, socjologicznych oraz bez konieczności dysponowania wynikami pomiarów,
- specjalnego pomiaru [5.6],
- metoda teoretyczno-statystyczna – charakteryzująca się dwoma etapami postępowania: wyznaczeniem postaci funkcji metodą teoretyczną oraz określenia niewiadomych stałych współczynników, występujących w zależnościach funkcyjnych, metodą statystyczną.

Przykładem funkcji obiektu mogą być charakterystyki energetyczno-eksploatacyjne określające roczne zużycie ciepła Q [GJ] w komunalnych obiektach oświatowych w zależności od:



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

x_1 powierzchni użytkowej budynków (m^2), x_2 jego kubatury (m^3), x_3 liczby osób użytkujących budynek [5.2]:

$$Q = 3,3 \cdot x_1 + 0,22 \cdot x_2 - 10,0 \cdot x_3 - 5650, \quad (5.1)$$

Wskaźniki zwykła się wykorzystywać do porównywania efektów uzyskiwanych:

- w tym samym budynku w kolejnych okresach rozliczeniowych
- w różnych budynkach w tym samym okresie rozliczeniowym.

Zarówno w pierwszym jak i drugim przypadku wymagana jest obiektywizacja uzyskanych rezultatów. Uzyskuje się ją poprzez standaryzację wartości wskaźników użyteczności [5.7]. Przykładu takiego działania może być uwzględnianie wpływu zróżnicowanych warunków atmosferycznych na wartość wskaźnika:

$$X_i^* = X_i \cdot \frac{STD^*}{STD_i}, \quad (5.2)$$

gdzie:

X_i^* , X_i – normatywna (standardowa) oraz rzeczywista wartość wskaźnika X w i -tym okresie rozliczeniowym

STD^* , STD_i – standardowa oraz rzeczywista liczba stopniocdni w i -tym okresie rozliczeniowym

Efekty techniczne w budynkach wynikające z racjonalnej gospodarki prowadzą się najczęściej do efektów energetycznych. Podstawą do wyznaczania odpowiednich wskaźników jest określenie rocznego zapotrzebowania na tzw. energię użytkową na potrzeby: ogrzewania i wentylacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej, przygotowania posiłku, oświetlenia oraz zasilania dodatkowych napędów.

5.2. Sprawność energetyczna i egzergetyczna

Do oceny poprawności konstrukcyjnej i eksploatacyjnej pojedynczych maszyn i urządzeń oraz ich zespołów (systemów) wykorzystuje się ich sprawność energetyczną [5.1, 5.8] lub egzergetyczną [5.14].

Wg [5.14], egzergia wyraża maksymalną zdolność rozpatrywanej porcji energii do wykonania pracy z wykorzystaniem ciepła pobranego z otoczenia oraz powszechnie występujących i wzajemnie niezależnych składników otoczenia. Egzergia wyraża „jakość” energii.

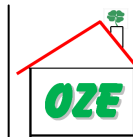
Sprawność można określić jako:

- stosunek użytecznego efektu energetycznego lub egzergetycznego odpowiednio do poniesionych nakładów energii lub egzergii napędowej:

$$\eta_e = \frac{E_{uz}}{E_n}, \quad (5.3)$$

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



$$\eta_b = \frac{B_{uż}}{B_n}, \quad (5.4)$$

gdzie:

η_e, η_b , - sprawność energetyczna i egzergetyczna,

$E_{uż}, B_{uż}$ – użyteczny efekt energetyczny i egzergetyczny,

E_n, B_n – energia i egzergia napędowa.

- stosunek rzeczywistego użytecznego efektu energetycznego lub egzergetycznego do analogicznego efektu uzyskiwanego w warunkach referencyjnych

$$\eta_e = \frac{E_{uż\ rzecz}}{E_{uż\ ref}}, \quad (5.5)$$

$$\eta_b = \frac{B_{uż\ rzecz}}{B_{uż\ ref}}, \quad (5.6)$$

gdzie:

$E_{uż\ rzecz}, B_{uż\ rzecz}$ – użyteczny efekt energetyczny i egzergetyczny w warunkach rzeczywistych,

$E_{uż\ ref}, B_{uż\ ref}$ – użyteczny efekt energetyczny i egzergetyczny w warunkach referencyjnych.

- stosunek napędowego nakładu energetycznego lub egzergetycznego ponoszonego w warunkach referencyjnych do analogicznego nakładu ponoszonego w warunkach rzeczywistych

$$\eta_e = \frac{E_{n\ ref}}{E_{n\ rzecz}}, \quad (5.7)$$

$$\eta_b = \frac{B_{n\ ref}}{B_{n\ rzecz}}, \quad (5.8)$$

gdzie:

$E_{n\ rzecz}, B_{n\ rzecz}$ – rzeczywisty nakład energii i egzergii napędowej,

$E_{n\ ref}, B_{n\ ref}$ – referencyjny nakład energii i egzergii napędowej.

Efekty energetyczne i egzergetyczne mogą być również odniesione do jednostki czasu. Stanowią one wtedy strumienie (moce) energii lub egzergii.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

Sprawności energetyczna lub egzergetyczna są zazwyczaj wykorzystywane do porównania efektów działania analizowanych procesów i urządzeń z alogicznymi maszynami i urządzeniami stosowanymi w układzie odniesienia. Należy wtedy koniecznie uwzględniać uwagi podane w p-cie 5.1. dotyczące czynników wpływających na wartości wskaźników energetycznych.

Ze względu na ścisłe powiązanie sprawności z nakładami inwestycyjnymi nie mogą one bezpośrednio stanowić kryterium optymalizacji. Mogą natomiast stanowić przedmiot optymalizacji, tzn. być parametrem doskonałości.

5.3. Skumulowana energochłonność i egzergochłonność

Energia i egzergia zużywa się nie tylko w procesie wytwarzania określonego produktu, ale również w procesach poprzedzających (dostarczanie surowców energetycznych i nieenergetycznych, półwyrobów, wytwarzania maszyn i urządzeń oraz w transporcie).

Sumaryczne zużycie energii i egzergii pierwotnej (bezpośrednio czerpanych z przyrody) obciążających dany produkt nazywamy odpowiednio energochłonnością lub egzergochłonnością skumulowaną [5.1, 5.8, 5.14].

Do wyznaczania wskaźników skumulowanego zużycia energii i egzergii stosuje się metodę sekwencyjną lub metodą równań bilansowych [5.1, 5.8, 5.14]. Metoda sekwencyjna polega na analizie energetycznej lub egzergetycznej kolejnych ogniw łańcucha technologicznego poczynając od ogniwa ostatniego i przechodząc do ogniw wcześniejszych.

Metoda układu równań bilansowych [5.14] wynika ze stwierdzenia, że energochłonność (lub egzergochłonność) skumulowana obciążająca produkty procesu jest równa sumie wartości obciążającej substraty. Równania bilansowe można sformułować dla każdego procesu produkcyjnego. Prowadzi to do uzyskania układu równań, których liczba jest równa liczbie poszukiwanych wskaźników skumulowanego zużycia. Dla j -tego produktu otrzymuje się następujące energetyczne równanie bilansowe dla k -tej postaci energii pierwotnej.

$$w_{jk} = \sum_i a_{ij} w_{ik} - \sum_u f_{uj} w_{uk} + \zeta_{jk} \quad , \quad (5.9)$$

gdzie:

w_{jk} , w_{ik} , w_{uk} – wskaźniki skumulowanego zużycia k -tej postaci energii pierwotnej na jednostkę produktu j -tego, i -tego oraz u -tego ,

f_{uj} , a_{ij} – wskaźnik ubocznego wytwarzania u -tego produktu oraz zużycia i -tego produktu przy wytwarzaniu produktu j -tego,

ζ_{jk} – wskaźniki bezpośredniego zużycia k -tej postaci energii pierwotnej przy produkcji jednostki produktu j -tego.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Egzegetyczne równanie bilansowe ma analogiczną postać (bez uwzględniania postaci energii pierwotnej).

$$b_j = \sum a_{ij} b_i - \sum f_{uj} b w_u + \sum a_{\beta j} b_{\beta}, \quad (5.10)$$

gdzie:

b_j, b_i, b_u – wskaźniki skumulowanego zużycia energii na jednostkę produktu j -tego, i -tego, u -tego ,

$a_{\beta j}, b_{\beta}$ – wskaźnik bezpośredniego zużycia i energia właściwa β -tej energii pierwotnej na jednostkę produktu głównego.

Należy zwrócić uwagę, że wskaźnik b_j uwzględnia zużycie energii wszystkich postaci energii pierwotnej, natomiast wskaźnik w_{jk} obejmuje jedynie k -tą postać energii pierwotnej.

Sumaryczny wskaźnik skumulowanego zużycia energii pierwotnej uzyskuje się z zależności:

$$w_j = \sum w_{jk}, \quad (5.11)$$

Ze względu na różnicowanie jakościowe poszczególnych postaci energii pierwotnej sumowanie wskaźników skumulowanego zużycie energii jest mało miarodajne.

5.4. Normatywne kryteria oceny efektów energetycznych w budynkach

W celu umożliwienia porównania energetycznych warunków użytkowych budynków zostały opracowane jednolite sposoby określania odpowiednich kryteriów oceny efektów energetycznych. Sposoby oceny zostały przedstawione w rozporządzeniach Ministra Infrastruktury i dlatego w niniejszym opisie uzyskane dzięki nim kryteria oceny nazwano normatywowanymi. Dotyczą one niżej omówionych wskaźników.

- a) Wskaźnik EK rocznego zapotrzebowania na energię końcową [...] uwzględniający ilość energii do ogrzewania (ewentualnie chłodzenia), wentylacji przygotowania ciepłej wody użytkowej, oświetlenia oraz dodatkowych napędów doprowadzoną do granicy budynku. Wskaźnik ten oblicza się w oparciu o tzw. Energię użytkową dzieląc poszczególne jej składniki odpowiednio przez średnie sprawności sezonowe. Dla systemu zaopatrywania w ciepło sprawności te mają wartości
 1. sprawności wytwarzania nośnika energii z energii dostarczonej do granicy bilansowej budynku:
 - dla kotłów (w zależności od rodzaju paliwa i typu kotła)

$$\eta_g = 0,5 \div 1,01$$
 - dla

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

$$\eta_g=2,5\div 3,8$$

2. sprawność układu akumulacji ciepła $\eta_s=0,91\div 1,00$
3. sprawność przesyłu i dystrybucji ciepła $\eta_d=0,87\div 1,00$
4. sprawność regulacji i wykorzystania ciepła w budynku $\eta_e=0,75\div 0,99$

Analogiczne sprawności dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej wynoszą odpowiednio:

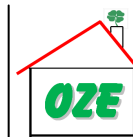
1. $\eta_g=0,16\div 1,00$ – dla kotłów i podgrzewaczy oraz $2,2\div 3,1$ dla pomp ciepła,
2. $\eta_s=0,3\div 0,86$,
3. $\eta_d=0,4\div 1,0$,
4. $\eta_e=1,0$.

Jeżeli istnieje kilka nośników energii lub kilka wydzielonych instalacji obliczenia przeprowadza się oddzielnie dla każdego przypadku. Równocześnie wyznacza się sumaryczny wskaźnik EK dla wszystkich nośników dla poszczególnych potrzeb oraz wskaźnik sumarycznych dla budynku.

- b) Wskaźnik EP rocznego jednostkowego zapotrzebowania energii pierwotnej [5.12]. Jest on wyznaczony na podstawie wskaźników EK dotyczących poszczególnych nośników i energii przy wykorzystaniu współczynników nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na pozyskiwanie ze złoża oraz przetwarzanie i dostarczenie nośnika energii. Wartości tych współczynników podano w tabelicy 5.1. Nakład ten powinien być tożsamy z odwrotnością sprawności skumulowanej pozyskiwania nośników energetycznych oraz energii.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Tablica 5.1. Współczynniki nieodnawialnej energii pierwotnej stosowane przy określaniu wskaźnika EP, wg [5.12].

Paliwo/ źródło energii	Wartość współczynnika
Nieodnawialne źródła energii	
Olej opałowy	1,10
Gaz ziemny	1,10
Gaz płynny LPG	1,10
Węgiel kamienny	1,10
Węgiel brunatny	1,10
Ciepło z węgla, gazu ziemnego:	
- z kogeneracji	0,80
- z ciepłowni	1,20
Energia elektryczna z sieci elektroenergetycznej	3,0
Odnawialne źródła energii	
Biomasa	0,20
Termiczny kolektor słoneczny	0,0
Ciepło z bigazu, biomasy z	
- z kogeneracji	0,15
- z ciepłowni	0,20
Energia elektryczna z ogniw fotowoltaicznych	0,70

Wskaźnik EP jest sumą składników dotyczących poszczególnych paliw i energii oraz wszystkich potrzeb energetycznych przewidzianych do realizacji w budynku.

Ponadto stosuje się dodatkowe kryteria:

- c) Klasy energetyczne budynku oparte o wartości zintegrowanego wskaźnika charakterystyki energetycznej WZE [5.11]. wskaźnik uwzględnia różnicowaną jakość energetyczną paliw energii i nośników energetycznych. Ponadto wartości zużycia energii w danym budynku są odnoszone do wartości użycia przewidywanego w analogicznym budynku referencyjnym tzn. spełniającym aktualne wymagania energetyczne.

Do oceny energetycznej przewiduje się w tym przypadku 7 klas (tablica 5.2).

- d) Klasy energetyczne budynku oparte o sumaryczne roczne zużycie końcowe poszczególnych postaci bez uwzględnienia ich różnicowania jakościowego [5.10]. wspomniane zużycie odnosi się do jednostki powierzchni użytkowej budynku. Uwzględnia się przy tym 8 klas (tablica 5.2).

Tablica 5.2. Klasy energetyczne budynku wg wskaźnika WZE oraz wskaźnika EK.

Klasa budynku	Wg wartości wskaźników WZE	Wg sumy energii końcowej odniesionej do jednostki powierzchni użytkowej, GJ/m ²
A	<0,25	<0,25
B	[0,26; 0,50]	[0,25; 0,33]
C	[0,51; 0,75]	[0,33; 0,44]
D	[0,76; 1,00]	[0,44; 0,58]
E	[1,01; 1,25]	[0,58; 0,76]
F	[1,26; 1,50]	[0,76; 0,99]
G	>1,51	[0,99; 1,3]
H		>1,3

5.5. Użyteczność stosowanych wskaźników energetycznych

Aktualnie stosowane wskaźniki energetyczne bezpośrednio nie charakteryzują wykorzystania odnawialnych źródeł energii w budownictwie.

W celu określenia efektów technicznych wykorzystania odnawialnych źródeł energii w budownictwie należy przy wyznaczeniu charakterystyk energetycznych wprowadzić jako zmienną niezależną strumień lub ilość wykorzystywanych w analizowanych procesach odnawialnych źródeł energii. Powinno się wspomniany wpływ uwzględniać w szczególności przy ocenie sprawności: wykorzystania nośnika, układu akumulacji ciepła, przesyłu i dystrybucji oraz regulacji i wykorzystania ciepła zarówno w przypadku ogrzewania i wentylacji jak również w przypadku przygotowania ciepłej wody użytkowej.

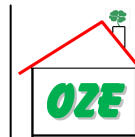
Istotne zastrzeżenia powinno budzić stosowanie wskaźników sumarycznego zużycia energii końcowej EK, ze względu na różną jakość techniczną, ekonomiczną i ekologiczną jednostki energii w zależności od jej postaci (tablica 5.1).

Należy zwrócić uwagę na brak korelacji między przyjętymi w [5.12] współczynnikami nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej, stosowanymi przy określaniu wskaźnika EP (tablica 5.1), a wartościami współczynników charakteryzujących: pozyskanie, wartość ekonomiczną oraz uciążliwość ekologiczną nośników energii (tablica 5.3). W przypadku energii i energochłonności skumulowanej podane wartości wyznaczono przy wykorzystaniu przejrzystej metodyki zgodnej z ogólnie znanymi prawami fizyki. Uciążliwość ekologiczna wynika z reakcji stechiometrycznych procesu spalania zaś wskaźniki cen uwzględniają zasady gospodarki rynkowej. W tej sytuacji należy uznać współczynniki podane w tablicy 5.3. za reprezentatywne.

Ponieważ brak korelacji współczynników z tablicy 5.1 z jakąkolwiek kolumną współczynników z tablicy 5.3 wartości EP muszą budzić poważne zastrzeżenia i wątpliwości.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zaletą analizowanych wszystkich kryteriów (wskaźników użyteczności) jest jednolita i określona metodyka ich wyznaczania.

Tablica 5.3. Porównanie wartości: egzergy, skumulowanej, ekonomicznej i ekologicznej 1 MJ, energii i mediów energetycznych [w tym paliw].

Wyszczególnienie Rodzaj paliwa, energii lub nośnika	Egzergia, MJ/MJ [5.8]	Energia skumulowana, MJ/MJ [5.8]	Względna wartość ekonomiczna (rynkowa), [zł/J]/[zł/J]	Względna emisja CO ₂ , kg/MJ [5.10] [5.13]
Węgiel kamienny z pokładów niemetanowych	1,09	1,06	1,00	0,095
Węgiel kamienny z pokładów wysoko metanowych		1,20	-	0,100
Koks	1,06	1,31	1,61	0,106
Węgiel brunatny	1,17	1,08	-	0,093
Olej opałowy	1,07	1,16	1,55	0,076
Benzyna	1,24	1,24	-	0,069
Ropa naftowa	1,02	1,06	-	0,073
Gaz ciekły LPG	1,24	1,24	2,56	0,062
Gaz ziemny własny	1,04	1,09	1,26	0,056
Gaz ziemny importowany		1,30		
Biopaliwa stałe	1,12	-		0,109/0,008
Biopaliwa ciekłe	1,07 [5.8]	-		-
Biogaz	1,04 [5.8]	-		0,054
Ciepło z ciepłowni	0,20÷0,50	1,57	1,58	0,123
Ciepło z elektrociepłowni		1,23		-
Energia elektryczna lub elektrownia	1,00	3,74	3,09	0,370
Energia elektryczna loco odbiorca		4,27	3,71	0,430

Etap nr 2:

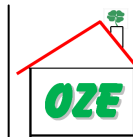
Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

BIBLIOGRAFIA DO ROZDZ. 5

- [5.1] Szargut J.: Analiza termodynamiczna i ekonomiczna w energetyce przemysłowej, W N-T, Warszawa, 1983.
- [5.2] Kozioł J., Skoczowski T.: Energetyczno - eksploatacyjne charakterystyki obiektów komunalnych na przykładzie obiektów oświatowych. Temodynamika w nauce i gospodarce, Materiały XX Zjazdu Termodynamiki, Wrocław, 2008, t. I, s. 582-587
- [5.3] Kozioł J., Skoczowski T.: Doświadczenia dotyczące zarządzania energią i mediami w przykładowym zespole obiektów komunalnych. II Konferencja „Współczesne Technologie i Urządzenia”
- [5.4] Helis A.: Analiza możliwości zmniejszenia zużycia energii elektrycznej, wody i ciepła w szkołach przykładowej gminy, Praca dyplomowa magisterska, ITC Pol. Śl., Gliwice 2005
- [5.5] Helis A.: Analiza czynników wpływających na zużycie mediów w szkołach, Seminarium „Komunalna polityka ekoenergetyczna”, Rybnik, 2005, s.29-34
- [5.6] Polanski Z.: Planowanie doświadczeń w technice., PWN, Warszawa, 1984
- [5.7] Kozioł.: Pozatechniczne aspekty zarządzania energią w obiektach komunalnych. Seminarium Komunalna polityka ekoenergetyczna, Rybnik, 2007, s.47-54
- [5.8] Szargut J., Ziębik A.: Podstawy energetyki cieplnej, Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa, 2000
- [5.9] Ptasieński K. J.: Exergy analysis of bioenergy gasification, biofuels, implications. Eindhoven University Press, Eindhoven, 2008
- [5.10] Praca zbiorowa pod kierownictwem Pasierba S.: Jak zarządzać energią i środowiskiem w budynkach użyteczności publicznej. Poradnik dla samorządów terytorialnych. FEWE, Katowice, 2004
- [5.11] Praca zbiorowa: Zarządzanie energią w budynkach szkolnych. Etykiety energetyczne. Poradnik. Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cites”, Kraków, 2006
- [5.12] Dz.U. nr201, poz. 1240 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania wzorów świadectwa ich charakterystyki energetycznej.
- [5.13] Krajowy Administrator Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji: Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2007 do raportowania w ramach Wspólnotowego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2010, <http://www.kashue.pl/index.php?mact=News,cntnt01,detail,0&cntnt01articleid=86&cntnt01origid=51&cntnt01returnid=116>
- [5.14] Szargut J.: Egzergia, obliczenia i stosowania, Wydawnictwo Politechnika Śląska, Gliwice, 2007.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



6. METODOLOGIA OCENY EFEKTÓW EKONOMICZNYCH WYKORZYSTANIA ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII W BUDOWNICTWIE

Opracowanie przygotowane przez:

Dr inż. Koziół Michał

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

6.1. Kryteria oceny efektów ekonomicznych

6.1.1. Charakterystyka inwestycji w OZE w budownictwie – aspekty ekonomiczne

Szeroko rozumiane procesy inwestycyjne są jednymi z najważniejszych działań o charakterze gospodarczym podejmowanym zarówno przez podmioty gospodarcze jak i osoby fizyczne.

Istnieje bardzo duża liczba definicji pojęcia „inwestycji” czy też dokładniej procesu inwestowania. W większości z tych definicji zwraca się uwagę na „nadzieję” uzyskania przyszłych korzyści kosztem obecnych „wyrzeczeń”. Tak np. w [6.1] inwestowanie określono jako finansowe angażowanie się w jakieś przedsięwzięcie w nadziei uzyskania przyszłych korzyści. W [6.2] inwestycje zdefiniowano jako strumień płatności rozpoczynający się wydatkami, z nadzieją uzyskania wpływów, przewyższających te wydatki w przyszłości. Z kolei w [6.3] autorzy podają za Hirschleiferem następującą definicję: „...Inwestycja jest w istocie bieżącym wyrzeczeniem dla przyszłych korzyści. Ale terażniejszość jest względnie dobrze znana, natomiast przyszłość nie, przeto inwestycja jest wyrzeczeniem się „pewnego” dla niepewnej korzyści...”

Szczególną grupę inwestycji stanowią inwestycje rzeczowe, określane również mianem realnych czy też materialnych. Inwestycje w OZE należą oczywiście do inwestycji rzeczowych.

O złożoności procesu realizacji inwestycji rzeczowych może świadczyć fakt istnienia bardzo wielu systematyk tego procesu. Każda z nich porządkuje procesy inwestycyjne najczęściej ze względu na jedną dominującą cechę. Tak więc inwestycje w OZE w budownictwie, można potraktować jako jedną z kategorii inwestycji w przypadku ich podziału z punktu widzenia przedmiotu samej inwestycji. Systematyka inwestycji rzeczowych z tego punktu widzenia jest jednak bardzo szeroka i de facto zawsze będzie stanowiła zbiór otwarty.

Aby precyzyjniej scharakteryzować inwestycje w OZE w budownictwie, najlepiej jest wymienić podstawowe ich cechy. Tak więc, charakteryzują się one m.in. tym, że:

1. zysk w sensie korzyści finansowych nie jest jedyną i przesądającą przesłanką podjęcia decyzji o realizacji inwestycji.
2. stanowią nierzadko istotne obciążenie finansowe dla inwestującego.
3. mają charakter nieodwracalny lub ich zmiana jest kosztowna.
4. są najczęściej realizowane w ramach większego projektu polegającego na budowie nowego obiektu lub modernizacji istniejącego.
5. korzyści finansowe uzyskiwane są często w dłuższym okresie czasu, a opłacalność inwestycji (szczególnie w przypadku inwestycji realizowanych wyłącznie na warunkach rynkowych) jest możliwa nierzadko tylko w przypadku bardzo długotrwałej eksploatacji przedmiotu inwestycji.
6. są często realizowane z wykorzystaniem środków publicznych udostępnianych na preferencyjnych warunkach.



7. bezpośrednie korzyści finansowe wynikają z minimalizacji kosztów eksploatacyjnych obiektu.

Pierwsza z wymienionych cech pozwala zaliczyć omawiane inwestycje do kategorii inwestycji dotyczących interesu publicznego. Kategoria ta obejmuje m.in. istotną część wydatków związanych z ochroną środowiska naturalnego, infrastrukturą, obronnością, badaniami naukowymi, kulturą itp.

Kolejne dwie cechy są typowymi cechami wymienianymi w przypadku inwestycji rzeczowych (por. [6.1]).

Cecha czwarta wskazuje, że z punktu widzenia powiązania inwestycji z głównym celem danego przedsięwzięcia mamy do czynienia z inwestycjami towarzyszącymi. Następna cecha wskazuje, że ze względu na czas realizacji i użytkowania inwestycji będą one zaliczane do inwestycji długoterminowych, a więc obejmujących okres co najmniej kilku lat. Punkt piąty informuje nas również pośrednio, że ze względu na kierunki przepływów pieniężnych (wydatków i wpływów „gotówkowych”) inwestycje OZE w budownictwie będą zaliczane do inwestycji konwencjonalnych, a więc takich, w których strumienie przepływów gotówkowych w początkowej fazie przybierają wartości ujemne (nakłady), a w następnej wartości dodatnie (dochody). Istnieje także możliwość wystąpienia inwestycji charakteryzujących się wielokrotną zmianą znaku przepływów pieniężnych (inwestycje niekonwencjonalne), związanych chociażby z realizowanymi procesami modernizacyjnymi istniejących instalacji. Jednak w związku z obecnym i prognozowanym rozwojem technologicznym odnawialnych źródeł energii w budownictwie, a także zakresem zmian oraz odległym horyzontem czasowym ich przeprowadzania w stosunku do momentu przeprowadzania oceny efektywności planowanej inwestycji, będą to raczej procesy, które należy zaliczyć do kategorii nowych inwestycji modernizacyjnych lub co najmniej odtworzeniowych.

Kolejna cecha (szósta) pozwala nam zakwalifikować omawiane inwestycje z punktu widzenia źródeł finansowania na finansowane najczęściej ze źródeł obcych lub mieszanych.

Ostatnia z prezentowanych cech informuje nas o formie korzyści i zarazem sposobie oceny efektywności inwestycji w OZE. W odróżnieniu od typowego przypadku inwestycji rozwojowej przedsiębiorstw, najczęściej nie wystąpi przychód lecz minimalizacja kosztów. Narzucać to będzie konieczność przeprowadzenia analizy porównawczej różnych wariantów doprowadzenia energii do analizowanego budynku (np. co najmniej jednego wariantu z OZE i jednego „bazowego” opartego na energetyce konwencjonalnej). Dopiero na podstawie różnicy kosztów będzie możliwym określenie opłacalności zastosowania danego rozwiązania wykorzystującego OZE.

Ze względu na fakt zaliczania inwestycji w OZE w budownictwie do inwestycji rzeczowych, w analizie finansowej efektywności tych inwestycji stosuje się metody powszechnie wykorzystywane w ocenie efektywności tych inwestycji. Poniżej omówiono podstawowe z nich.

Przystępując do oceny zamierzeń rozwojowych należy przyjąć kryterium, ze względu na które będziemy oceniać efektywność planowanych bądź realizowanych działań.

Najczęściej, w typowych analizach dotyczących oceny efektywności planowanych inwestycji podmiotów gospodarczych jest zysk. Nie jest to jednak kryterium w pełni wystarczające. Nie uwzględnia bowiem dwóch bardzo ważnych parametrów: czasu i ryzyka.

Stąd też metody oceny efektywności inwestycji dzieli się na dwie grupy [6.4]:

1. tzw. proste metody oceny finansowej, nie uwzględniające zmian wartości pieniądza w czasie. W metodach tych wykorzystywane wielkości roczne są wielkościami nominalnymi, nie zdyskontowanymi na moment przeprowadzania analizy.
2. metody dyskontowe, uwzględniające rozłożenie w czasie wpływów i wydatków związanych z analizowaną inwestycją.

Czynnik ryzyka uwzględnia się najczęściej poprzez podwyższenie stopy oczekiwanego zysku. Przeprowadza się również analizę wrażliwości przedsięwzięcia na zmiany czynników determinujących opłacalność jego realizacji. Oprócz tego istnieje kilka innych procedur próbujących określać i zarazem ograniczać ryzyko towarzyszące podejmowanym decyzjom, można tu wymienić metody symulacyjne i techniki drzewa decyzyjnego.

6.1.2. Metody nie uwzględniające czynnik czasu

Metody te powinny służyć jedynie do wstępnej analizy projektów inwestycyjnych. Stosuje się je z powodu prostej formuły, a w związku z tym i szybkości obliczeń. Zaliczamy do nich:

- okres zwrotu,
- stopę zwrotu.

Czasami do tej kategorii wskaźników zalicza się również próg rentowności. Wskaźnik ten jednak ze względu na marginalne znaczenie, w przypadku analizy zastosowania OZE w budownictwie, zostanie pominięty w dalszej części opracowania.

Podstawową wadą omawianych metod jest wykorzystywanie przy ich wyznaczaniu z wielkości niezdyskontowanych (brak nie uwzględniania czasu) oraz oparcie się na wielkościach rocznych lub średniorocznych. Takie podejście sugeruje, że dla obliczeń efektywności zaangażowanych środków obojętny jest moment ponoszenia kosztów i otrzymywania przychodów.

Mimo opisanych powyżej wad metody te są powszechnie wykorzystywane. Również niektóre organizacje międzynarodowe zalecają stosowanie niektórych z nich. Jako przykład mogą tutaj służyć materiały agendy ONZ ds. Rozwoju Gospodarczego – UNIDO [6.5, 6.6]. Zaleca się w nich wykonanie m.in. obliczeń następujących mierników opłacalności finansowej: okresu zwrotu, prostej stopy zwrotu oraz analizy progu rentowności. Również krajowe organizacje jak np. WFOŚ w Katowicach wymagają podawania prostego czasu zwrotu nakładów jako jedynego wskaźnika [6.7] lub też jako wskaźnika pomocniczego obok NPV [6.8].

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Prosta stopa zwrotu

Istnieją kilka sposobów obliczania tego wskaźnika w zależności od przyjętej procedury kalkulowania zysku i nakładów inwestycyjnych. Generalnie sprowadzają się one do porównania tych dwóch wielkości. Można to wyrazić wzorem:

$$SZ = \frac{Z}{I}, \quad (6.1)$$

gdzie:

SZ - stopa zwrotu,

Z - zysk,

I - nakłady inwestycyjne.

Jak już wcześniej zauważono istnieje duża liczba sposobów definiowania omawianego wskaźnika, w zależności od sposobu zdefiniowania zysku i nakładów. Do najczęściej stosowanych sposobów obliczania tego wskaźnika zalicza się [6.4]:

- a) Prosta stopę zwrotu całości kapitału zaangażowanego w finansowanie przedsięwzięcia, obliczoną na podstawie równania:

$$PSZ = \frac{Z_n + O}{I}, \quad (6.2)$$

lub

$$PSZ = \frac{Z_n + O + A}{I}, \quad (6.3)$$

gdzie:

PSZ - prosta stopa zwrotu zaangażowanego kapitału,

Z_n - roczny zysk netto,

O - roczne odsetki od kredytów,

I - kapitał zaangażowany,

A - amortyzacja.

Uwzględnienie odsetek od kredytów w obliczeniach zysku wynika z faktu potraktowania wypłacanych odsetek jako kwoty zysku należnej podmiotom udostępniającym środki na inwestycję w postaci kredytów.

- b) Prosta stopę zwrotu kapitału własnego zaangażowanego w finansowanie przedsięwzięcia, obliczoną wg wzorów:

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

$$PSZW = \frac{Z_n}{KW}, \quad (6.4)$$

lub

$$PSZW = \frac{Z_b - A}{KW}, \quad (6.5)$$

gdzie:

PSZW - prosta stopa zwrotu z kapitału zakładowego,

Z_n - roczny zysk netto,

KW - kapitał własny,

Z_b - roczny zysk brutto.

W przypadkach opisanych procedur obliczania stopy zwrotu stosuje się dwa podejścia. W pierwszym do powyższych formuł należy wstawić wielkości pochodzące z typowego roku funkcjonowania przedsięwzięcia. W drugim podejściu proponuje się obliczyć wartości prostej stopy zwrotu dla wszystkich lat funkcjonowania projektu a następnie obliczyć ich średnią arytmetyczną [6.2].

c) Przeciętną prostą stopę zwrotu.

Wielkość ta różni się od prostej stopy zwrotu sposobem obliczania zysku. We wskaźnikach opisanych powyżej pod pojęciem zysku rocznego, rozumie się zysk pochodzący z typowego roku funkcjonowania przedsięwzięcia. Jednak przyjęcie danego roku za typowy jest często bardzo trudne. Jest to spowodowane ilością, różnorodnością a szczególnie zmiennością czynników wpływających na wykorzystanie przedsięwzięcia. W prezentowanej formule powyższą niedogodność usunięto przez zastosowanie wielkości średnich. Obliczeń można dokonać na dwa sposoby na podstawie poniższych zależności:

– Wariant I

$$PPSZ = \frac{Z_{ns}}{I}, \quad (6.6)$$

gdzie:

PPSZ - przeciętna prosta stopa zwrotu,

Z_{ns} - średni roczny zysk netto,

I - kapitał zaangażowany (inwestycja).

– Wariant II

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Wadą wariantu I jest założenie, iż zainwestowany w przedsięwzięcie kapitał pozostaje w nim do końca jego funkcjonowania. Podejście takie jest jednak błędne, gdyż w wyniku stosowania odpisów amortyzacyjnych jest on stopniowo odzyskiwany. W przypadku stosowania liniowej metody amortyzacji przeciętna dla całego okresu wartość zaangażowanego kapitału jest równa połowie jego wartości początkowej. Dla takiego założenia formuła przyjmuje postać:

$$\text{PPSZ} = \frac{2Z_{ns}}{I}, \quad (6.7)$$

W przyjętej powyżej formule założono, że okres eksploatacji inwestycji jest równy okresowi jej amortyzacji. Często też korzysta się ze zmodyfikowanej wersji tego równania. Modyfikacja polega na obliczaniu przeciętnej stopy zwrotu w formie ilorazu średniego rocznego zysku i średniej wartości majątku netto (kapitału własnego) w ciągu roku.

$$\text{PPSZ} = \frac{Z_{ns}}{\frac{K + WK}{2}}, \quad (6.8)$$

gdzie:

WK - wartość końcowa.

Wartość końcowa jest to wartość księgową maszyn i urządzeń na koniec okresu eksploatacji (zachodzi to w przypadku niepełnego umorzenia np. maszyn i urządzeń w okresie ich użytkowania).

Należy zauważyć, że wielkości występujące we wszystkich podanych powyżej procedurach są wielkościami księgowymi [6.10], (w odróżnieniu od strumieni pieniężnych stosowanych w metodzie okresu zwrotu).

Okres zwrotu

Okres zwrotu jest to minimalny czas, po którym nadwyżka finansowa składająca się ze skumulowanych zysków netto wraz z amortyzacją zrówna się z całkowitymi nakładami inwestycyjnymi.

Do nadwyżki finansowej zaleca się wliczać koszty ponoszone przez inwestora z tytułu korzystania przez niego z kredytu bankowego jako części dochodu przekazywanej kredytodawcy [6.4, 6.6].

Jeżeli coroczne kwoty nadwyżek finansowych są jednakowe, to okres zwrotu inwestycji można określić na podstawie wzoru [6.13]:

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

$$OZ = \frac{I}{CF} + CRI, \quad (6.9)$$

gdzie:

OZ - okres zwrotu,

CF - średnioroczne wartości strumieni przepływów pieniężnych netto,

CRI - czas realizacji inwestycji.

Sytuacja określająca słuszność powyższego wzoru zachodzi jednak rzadko. Jeżeli roczne nadwyżki pieniężne nie są jednakowe, sumuje się roczne przychody aż do zrównania ich sumy z pierwotnym wydatkiem na inwestycje. Liczba lat, które trzeba w tym sumowaniu uwzględnić jest poszukiwanym okresem zwrotu.

Spotyka się kilka sposobów, nieco odmiennych od opisanych, obliczania charakteryzowanego wskaźnika. Różnice polegają głównie na innym skalkulowaniu nakładów lub nadwyżki finansowej. Do najczęściej spotykanych rozbieżności należy zaliczyć to, że:

- wykorzystuje się przepływy pieniężne netto,
- odejmuje się od nakładów inwestycyjnych nakłady poniesione na zakup ziemi oraz zgromadzenie niezbędnego kapitału obrotowego (zakłada się, iż będzie można je odzyskać przy likwidacji inwestycji),
- do okresu zwrotu nie wlicza się czasu realizacji inwestycji.

Analiza wrażliwości

Wielkości uwzględniane w analizie finansowej przedsięwzięć inwestycyjnych są wielkościami prognozowanymi. Wraz z wydłużaniem horyzontu czasowego projektowanego przedsięwzięcia prawdopodobieństwo wystąpienia ich na poziomie zakładanym maleje.

Analiza wrażliwości polega na badaniu wpływu zmian, jakie mogą wystąpić w przyszłości w kształtowaniu się kluczowych zmiennych przedsięwzięcia (np. wielkości nakładów, wartości wpływów, kosztów eksploatacji, stopy dyskontowej) na wskaźniki wyrażające finansową efektywność przedsięwzięcia [6.1]. Jej podstawą jest opracowanie dwóch podstawowych wariantów możliwych zmian warunków realizacji projektu: pesymistycznego i optymistycznego.

W ramach analizy wrażliwości można uwzględnić zmianę badanych wskaźników pod wpływem zmiany jednego lub kilku czynników.

W ramach analizy wrażliwości określa się kilka wielkości charakterystycznych takich jak: graniczne poziomy poszczególnych zmiennych oraz marginesy bezpieczeństwa.

Wartość graniczna jest to dopuszczalna wielkość jakiegoś czynnika, maksymalna lub minimalna, która przy stałym poziomie pozostałych zmiennych zagwarantuje jedynie minimalny poziom analizowanego wskaźnika.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Marginesy bezpieczeństwa unaoczniają nam z kolei, jakimi możliwościami sterowania przedsięwzięciem dysponujemy oraz w jakim stopniu jest ono zarazem "odporne" na zakłócenia. Większy margines świadczy więc także o lepszym bezpieczeństwie projektu. Sposób ich obliczenia został przedstawiony przy omówieniu progu rentowności.

Analiza wrażliwości nie jest więc de facto osobnym narzędziem gdyż ma na celu jedynie uzyskanie wariantowych wartości wskaźników omówionych zarówno w poprzednich rozdziałach, jak również zaliczanych do metod dyskontowych (i omówionych w dalszej części opracowania).

Test pierwszego roku

Podobnie jak analiza wrażliwości, metoda ta stanowi wariant obliczeniowy omówionych w poprzednich rozdziałach wskaźników. Wielkości stosowane w tej metodzie dotyczą tylko pierwszego roku funkcjonowania inwestycji. Tak jak okres zwrotu, test pierwszego roku preferuje rozwiązania dające szybkie efekty.

Wielkość wskaźnika testu pierwszego roku wyraża się wzorem:

$$TPR = \frac{Z_n + A_1}{I}, \quad (6.10)$$

gdzie:

TPR - test pierwszego roku,

A_1 - amortyzacja w pierwszym roku eksploatacji inwestycji.

Wielkość graniczna TPR określana jest na podstawie doświadczeń praktycznych z oceny zbliżonych projektów oraz warunków specyficznych danego projektu. Jest więc to ocena o charakterze subiektywnym [6.15].

Do metod prostych można także zaliczyć obliczanie i interpretowanie szeregu wskaźników stosowanych głównie w bieżącej analizie finansowej funkcjonujących projektów gospodarczych. W odróżnieniu od obliczeń przeprowadzanych dla projektów już funkcjonujących przy ocenie projektów inwestycyjnych wykorzystuje się wielkości prognozowane. Jednak wskaźników tych nie zalicza się najczęściej do metod oceny projektów inwestycyjnych. Ich prezentacja przekracza także zakres niniejszego sprawozdania. Wskaźniki te zostały omówione w szeregu publikacjach z zakresu finansów przedsiębiorstw, np.: [6.4, 6.5, 6.10, 6.16, 6.17].

6.1.3. Metody dyskontowe

Metody dyskontowe uważa się za najdokładniejsze. Są też one obecnie najszerzej stosowanymi. Podstawą tych metod są przepływy pieniężne. Uwzględniają one, poprzez zastosowanie techniki dyskonta, rozłożenie w czasie prognozowanych wpływów i wydatków. Stanowi to ich podstawową zaletę w stosunku do metod prostych.

Istnieją dwie podstawowe metody dyskontowe:

- metoda wartości zaktualizowanej netto NPV,
- metoda wewnętrznej stopy zwrotu IRR.

Stosowane się także:

- metoda okresu zwrotu (dyskontowa),
- współczynnik zyskowności.

Obecnie coraz popularniejsza staje się także metoda zmodyfikowanej wewnętrznej stopy zwrotu.

Wartość pieniądza w czasie

Zmiana wartości pieniądza w czasie jest jednym z podstawowych problemów, jakimi zajmuje się nauka o finansach.

Powszechnie znana jest zasada, iż pieniądz otrzymany dzisiaj ma większą wartość od otrzymanego w przyszłości. Wynika to z dwóch powodów. Pierwszym z nich jest inflacja, której występowanie jest obecnie regułą. Drugim, występującym zawsze i nie zależnie od poprzedniego, możliwość zainwestowania (lub wydania na konsumpcję) posiadanych dziś środków i odniesienia z tego tytułu korzyści. Dlatego też, planując inwestycje powinno dążyć się m.in. do jak najwcześniejszego uzyskiwania przychodów oraz do jak najpóźniejszego ponoszenia kosztów (przy założeniu tych samych nominalnie wielkości).

Porównanie strumieni kosztów i dochodów przez ich sumowanie nie uwzględnia mechanizmu opisanego wcześniej. Jest to mylące zarówno w przypadku oceny opłacalności danego projektu jak i wyboru wariantu optymalnego.

Przy pomocy formuł procentu składanego i dyskontowania możliwe jest sprowadzenie nakładów i efektów występujących w różnych okresach do wielkości porównywalnych. Znaczenie tych formuł w ocenie finansowej projektów jest tym większe im okres realizacji i działania przedsięwzięcia jest dłuższy.

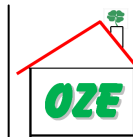
Wiąże się z tym jednak konieczność oszacowania kosztów i przychodów dla całego okresu funkcjonowania inwestycji. Szacunek ten wraz z wydłużeniem okresu objętego analizą staje się coraz trudniejszy. Ma to swoje uzasadnienie w niestabilności gospodarki.

Trudnym etapem obliczania zmienności wartości pieniądza w czasie jest przyjęcie właściwej wielkości stopy procentowej. Zagadnienie to jest przedmiotem znacznej części literatury poświęconej problematyce finansów, np.: [6.1, 6.4, 6.10]

Stopa procentowa pozwala określić wartość przyszłą obecnych kwot. Można ją obliczyć za pomocą formuły:

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



$$WP = WB \times (1+i)^t, \quad (6.11)$$

gdzie:

WB - wartość bieżąca,

WP - wartość przyszła,

I - stopa dyskonta,

t - ilość okresów do uzyskania danego przychodu, w latach.

Z powyższego wzoru, wartość bieżąca, czyli aktualna wartość przyszłych wpływów lub wydatków wyznaczana jest zgodnie z formułą:

$$WB = WP \times \frac{1}{(1+i)^t}, \quad (6.12)$$

gdzie:

$\frac{1}{(1+i)^t}$ - współczynnik dyskontowy.

Wartość zaktualizowana netto (NPV)

Metoda wartości zaktualizowanej netto NPV (Net Present Value) należy obok metody wewnętrznej stopy zwrotu do najczęściej i najszerzej opisywanych i wykorzystywanych sposobów oceny projektów inwestycyjnych.

Wartość bieżącą netto można określić jako różnicę pomiędzy sumą zdyskontowanych wpływów z przedsięwzięcia a sumą również zdyskontowanych wydatków na jego realizację [6.12].

Jest, więc ona miernikiem przepływów pieniężnych netto i wyraża, zaktualizowaną na moment dokonywania oceny, wielkość korzyści, jakie rozpatrywana inwestycja przyniesie inwestorowi [6.4].

Obliczeń omawianego wskaźnika można dokonać na podstawie wzoru [6.18]:

$$NPV = \sum_{t=0}^{t=n} NCF_t \frac{1}{(1+i)^t}, \quad (6.13)$$

lub w trochę innym zapisie:

$$NPV = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{CF_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^{t=n} \frac{I_t}{(1+i)^t}, \quad (6.14)$$

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

gdzie:

NPV - wartość zaktualizowana netto,

NCF_t - przepływy pieniężne netto w kolejnych latach okresu obliczeniowego,

CF_t - przepływy pieniężne netto związane z bieżącym funkcjonowaniem przedsięwzięcia bez nakładów inwestycyjnych, w kolejnych latach okresu obliczeniowego,

I_t - wydatki inwestycyjne w kolejnych latach okresu obliczeniowego,

t - kolejne lata okresu obliczeniowego,

i - stopa dyskonta.

W przypadku, gdy całość nakładów ponoszona jest w jednym roku $t = 0$, wówczas uzyskuje się zależność:

$$NPV = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{CF_t}{(1+i)^t} - I, \quad (6.15)$$

Pod pojęciem okresu obliczeniowego rozumie się czas realizacji i eksploatacji obiektu. Czas eksploatacji obiektu może być m.in. wyznaczany na podstawie okresu użytkowania najważniejszego elementu środków trwałych, zawartego w strukturze ponoszonych nakładów (np. w przypadku maszyn i urządzeń najczęściej 10 lat) [6.17].

Jako moment dokonywania oceny, na który dyskontuje się przepływy pieniężne netto, przyjmuje się przeważnie rok rozpoczęcia realizacji inwestycji. Z tym, że w niektórych analizach moment ten wyznacza się na początek roku, a w innych na jego koniec. Spotyka się również coraz częściej analizy, w których moment ten wyznacza oddanie obiektu do eksploatacji.

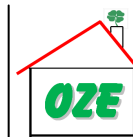
Wskaźnik wartości zaktualizowanej, współczynnik zyskowności

Wskaźnik wartości zaktualizowanej i współczynnik zyskowności stanowią pewną odmianę metody NPV. Wartość współczynnika zyskowności można określić przy pomocy formuły [6.22]:

$$PI = \frac{\sum_{t=0}^{t=n} \frac{CF_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^{t=n} \frac{I_t}{(1+i)^t}}, \quad (6.16)$$

gdzie:

PI - współczynnik zyskowności.



Jeżeli nakłady są ponoszone w pierwszym (zerowym roku) wskaźnik można wyrazić za pomocą wzoru:

$$PI = \frac{\sum_{t=0}^{t=n} \frac{CF_t}{(1+i)^t}}{I}, \quad (6.16)$$

Wskaźnik wartości zaktualizowanej określa się za pomocą wzoru:

$$NPVR = \frac{NPV}{PVI} = \frac{\sum_{t=0}^{t=n} \frac{CF_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^{t=n} \frac{I_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^{t=n} \frac{I_t}{(1+i)^t}}, \quad (6.17)$$

gdzie:

NPVR - wskaźnik wartości zaktualizowanej netto,

PVI - obecna wartość nakładów inwestycyjnych.

Pomiędzy przedstawionymi powyżej wielkościami występuje zależność $NPVR=PI-1$.

Wewnętrzna stopa zwrotu

Drugą najbardziej rozpowszechnioną metodą dyskontową oceny finansowej przedsięwzięć jest metoda wewnętrznej stopy zwrotu IRR (z ang. internal rate of return) [np. 6.1, 6.4, 6.10, 6.16, 6.17]

Wewnętrzna stopa zwrotu jest określana się jako stopę dyskontową, przy której wartość bieżąca strumienia wpływów wyrównuje się z nakładami inicjującymi, tzn. jako stopę dyskontową przy której $NPV = 0$ [6.12].

W obliczeniach omawianej wielkości wykorzystuje się wzory:

$$NPV = \sum_{t=0}^{t=n} NCF_t \frac{1}{(1+IRR)^t} = 0, \quad (6.18)$$

lub w innym zapisie:

$$\sum_{t=0}^{t=n} \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{I_t}{(1+IRR)^t}, \quad (6.19)$$

gdzie:

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

IRR - wewnętrzna stopa zwrotu.

W przypadku ponoszenia nakładów finansowych w jednym roku:

$$-I + \sum_{t=0}^{t=n} \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} = 0, \quad (6.20)$$

IRR jest zatem taką wartością stopy dyskontowej, przy której nie ma ani korzyści, ani strat.

Metoda zmodyfikowanej wewnętrznej stopy zwrotu

Metoda ta będąca modyfikacją metody IRR próbuje usunąć główną jej wadę. Wada ta, o czym wspomniano już wcześniej polega na założeniu, że generowane w rozważanym projekcie strumienie gotówki są wykorzystywane przez firmę w sposób, w którym z zainwestowanych przyszłych strumieni gotówki uzyska się stopę zwrotu równą wartości IRR.

W metodzie zmodyfikowanej wewnętrznej stopy zwrotu MIRR przyjmuje się, że proces reinwestowania będzie prowadzony w taki sam sposób, w jaki realizowała go firma w okresach poprzednich. Uzasadnione jest zatem, przyjęcie założenia o reinwestowaniu przyszłych strumieni gotówki w takie projekty, których stopy zwrotu będą równe kosztowi kapitału. Można jednak tą stopę zwrotu przyjąć na dowolnym, ustalonym w oparciu o inne kryteria poziomie.

W metodzie MIRR występują dwie wartości stopy dyskontowej. Wszystkie uzyskiwane z projektu dodatnie strumienie przepływów pieniężnych netto są najpierw oprocentowane stopą procentową równą np. kosztowi kapitału (projektu). Wyraża to wzór:

$$TV = \sum_{t=1}^n CF_t (1+i)^{n-t}, \quad (6.21)$$

gdzie:

- TV - przyszła (na koniec ostatniego roku) wartość sumy dodatnich przepływów pieniężnych (wartość terminalowa),
- i - przewidywana stopa reinwestycji osiągnięta w kolejnych latach okresu obliczeniowego (dla sumy reinwestowanych przepływów pieniężnych),
- t - kolejne lata okresu obliczeniowego, przy czym t = 1 oznacza rok, w którym zrealizowano pierwsze dodatnie przepływy pieniężne.

Następnie wielkość TV jest dyskontowana na moment zerowy.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Wszystkie ujemne strumienie gotówki są dyskontowane przy wykorzystaniu kosztu kapitału założonego przy obliczaniu TV. Można to zapisać [6.23]:

$$\sum_{k=0}^l \frac{I_k}{(1+i)^k} = \frac{TV}{(1+\text{MIRR})^{k+t}}, \quad (6.22)$$

Skąd po przekształceniach:

$$\text{MIRR} = \sqrt[k+t]{\frac{TV}{\sum_{k=0}^l \frac{I_k}{(1+i)^k}}} - 1, \quad (6.23)$$

gdzie:

MIRR - zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu (uwzględniająca przewidywaną stopę reinwestycji),

i - stopa dyskonta stosowana przez inwestora,

k - kolejne lata realizacji (budowy),

t - liczba lat osiągnięcia dodatnich przepływów pieniężnych.

Okres zwrotu

Idea tej metody jest analogiczny do przedstawionej przy ocenianiu metod statycznych. Modyfikacja polega na porównaniu zdyskontowanych przepływów pieniężnych netto związanych z bieżącym funkcjonowaniem przedsięwzięcia (bez nakładów inwestycyjnych) z dyskontowanymi nakładami kapitałowymi, zamiast wielkości niezdykontowanych. Okres zwrotu stanowi czas po którym te wielkości się zrównają (przychody będą równe poniesionym nakładom) [6.18].

Ułamkową część ostatniego roku oblicza się wykorzystując formułę:

$$\text{część danego roku} = \frac{\text{ostatnia ujemna wartość skumulowanego strumienia gotówki}}{\text{wartość nieskumulowanego strumienia gotówki z roku następnego}}$$

Wskaźnik zaoszczędzonych kosztów (Cost of Saving) oraz wskaźnik kosztów zaoszczędzonej energii CSE (Cost of Energy Saving)

W przypadku inwestycji energooszczędnych wykorzystywane są dodatkowo wskaźniki przeznaczone specjalnie dla nich:

- wskaźnik zaoszczędzonych kosztów (CS),
- wskaźnik kosztów zaoszczędzonej energii (CSE).

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

Wskaźnik zaoszczędzonych kosztów CS - wyraża iloraz zdyskontowanych nakładów oraz kosztów remontów i napraw ponoszonych w ramach realizacji danego usprawnienia modernizacyjnego do zdyskontowanych efektów finansowych wynikających z oszczędności kosztów energii.

Wskaźnik kosztów zaoszczędzonej energii CSE wyraża się ilorazem zdyskontowanych nakładów oraz kosztów remontów i napraw ponoszonych w ramach realizacji danego usprawnienia modernizacyjnego do zdyskontowanej ilości energii wynikłej z jej oszczędności (jednostka np. zł/GJ).

Koszt cyklu życia (LCC)

Life Cycle Cost (LCC a dokładniej Life Cycle Cost Analysis, spotyka się również pojęcie Whole-life cost) - całkowity koszt związany z posiadaniem danego aktywu trwałego w całym okresie jego użytkowania – od nabycia do unieszkodliwienia/likwidacji "od kołyski do grobu". LCC obejmuje koszty finansowe, środowiskowe i społeczne. Należy zauważyć, że analizy LCC są również często przeprowadzane jedynie dla niektórych etapów całego cyklu życia aktywu trwałego np. eksploatacji i unieszkodliwiania/likwidacji.

Przeprowadzenie analizy LCC wiąże się najczęściej z wykonaniem obliczeń NPV [6.30, 6.32].

Analiza LCC najczęściej obejmuje porównanie co najmniej dwóch np. wzajemnie wykluczających się projektów. Jednym z porównywanych wariantów może być np. opcja nie realizowania żadnego projektu (nie wprowadzania żadnych zmian).

W ramach przeprowadzanych analiz, dla przewidywanego okresu jej eksploatacji uwzględnia się koszty:

- projektowania/planowania
- budowy/zakupu (w tym aktywa niematerialne i prawne)
- koszty eksploatacji
- koszty remontów i modernizacji
- koszty napraw i awarii (strat spowodowanych przez awarię)
- koszty unieszkodliwiania/likwidacji
- koszty finansowania projektu
- itp.

Analiza LCC składa się z szeregu analiz szczegółowych, jak analizy niezawodności, analizy ryzyka, analizy kosztów produkcji, itp. [6.30]

Początki analiz LCC datuje się na I połowę lat 60-tych XX w. Analizy dotyczyły zamówień dokonywanych przez wojsko USA. Następnie (w latach 80-tych) analizy LCC znalazły zastosowanie w sektorze energetycznym, chemiczno-petrochemicznym i transporcie kolejowym (początek lat 90-tych) [6.30].

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Normą zawierającą ogólne wytyczne dotyczące przeprowadzania analiz LCC (ze szczególnym uwzględnieniem problematyki niezawodności) jest norma PN-EN 60300-3-3:2006 [6.24]. W przypadku analiz dotyczących obiektów budowlanych pomocne są również niektóre części normy ISO 15686 (części 1, 2, 3, 6 i 7 zostały wprowadzone do polskiego systemu norm, jako części normy- PN-ISO 15686). W tym, w szczególności norma ISO 15686-5 [6.27].

Należy podkreślić, że istnieją wytyczne uściślające przeprowadzanie analiz LCC dla konkretnych branż czy wyrobów [np. 6.26-6.29].

6.2. Użyteczność stosowanych wskaźników ekonomicznych

Wszystkie opisane w rozdziale 6.1. wskaźniki są pomocne (dostarczają informacji: efektywnej, nieefektywnej) w przypadku oceny efektywności pojedynczego, rozpatrywanego projektu. Jednak problemy nasuwa wybór projektu optymalnego z grupy projektów cechujących się różnym horyzontem czasowym oraz wielkości koniecznych inwestycji. Poniżej, na podstawie przeprowadzonej analizy literatury podjęto próbę wskazania sposobu rozwiązania tego zagadnienia.

6.2.1. Metody nie uwzględniające czynnik czasu

Prosta stopa zwrotu

Metodę prostej stopy zwrotu można stosować dla kalkulacji efektywności całkowitych nakładów inwestycyjnych, kiedy mniej więcej równe zyski brutto oczekiwane są w całym okresie życia projektu. W takich przypadkach może być ona użyteczna przy wstępnej ocenie konkurujących ze sobą projektów i eliminacji projektów słabszych [6.6].

Przedsięwzięcie może zostać zaakceptowane, jeżeli wartość stopy zwrotu jest większa lub przynajmniej równa kosztowi alternatywnych zastosowań kapitału (stopie dyskonta).

Z pośród wielu przedsięwzięć należy wybrać projekt o najwyższej stopie zwrotu. W przypadku, gdy projekty mają tę samą stopę zwrotu, lecz różnią się czasem eksploatacji, wybrany powinien być wariant o dłuższym okresie eksploatacji. Jest to spowodowane tym, iż przy tych samych nakładach będzie dłużej przynosił dochód o takich samych średnich wartościach rocznych jak pozostałe rozwiązania [6.11].

Do zalet metody zalicza się łatwość stosowania oraz możliwości korzystania z danych sprawozdawczości księgowej [6.12].

Do wad omawianej metody zalicza się:

- nie uwzględnianie wszystkich przepływów, amortyzacji jako elementu strumienia wpływów i kapitału obrotowego jako elementu nakładów.



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

- pomijanie zależności wartości dochodu od momentu jego uzyskania. Jeżeli więc warianty różnią się rozkładem wpływów w czasie, lecz posiadają tej samej wysokości zysk średnioroczny lub przyjęty do obliczeń zysk roczny (dla roku typowego), analiza nie może ograniczyć się tylko do powyższej metody.
- nie uwzględnianie okresu zwrotu.

Okres zwrotu

Projekt może zostać zaakceptowany, jeżeli okres zwrotu jest krótszy, lub przynajmniej równy, okresowi przyjętemu przez inwestora za dopuszczalny. Spośród wielu projektów, spełniających to kryterium, powinien być realizowany projekt o najkrótszym okresie zwrotu. Świadczy on bowiem o mniejszym ryzyku, lepszej płynności i wyższej stopie dochodu [6.10].

Odwrotność okresu zwrotu może być wykorzystywana jako przybliżona miara efektywności inwestycji. Przybliżenie jest w miarę dokładne, jeżeli faza inwestycyjna jest relatywnie krótka, salda pieniężne stabilne, a cykl życia projektu trwa od 10 do 15 lat. W przypadku ponawiających się sald pieniężnych, odwrotność okresu zwrotu równa się dokładnie IRR [6.6].

Wadami tej metody są:

- nie uwzględnianie wpływów pełniejszych po okresie zwrotu. Może więc zostać odrzucony projekt, który w późniejszym okresie przynosi znaczne dochody.
- nie uwzględnianie zmiany wartości pieniądza w czasie.
- przyjęcie z góry określonej liczby lat, jako podstawowego kryterium akceptowalności projektu. Okres ten wynika z doświadczeń inwestora, zdobytych w czasie realizacji podobnych projektów i nie zawsze dobrze przystaje do warunków realizowanej inwestycji.
- ponadto okres zwrotu nie jest miarą zyskowności. Brak jest więc odpowiedzi na podstawowe pytanie, czy zamierzona inwestycja zapewnia osiągnięcie z góry określonej stopy zyskowności poniesionych nakładów. Nie można więc porównać projektowanej inwestycji z innymi formami lokowania kapitału, np. w banku [6.14].

Ostatnią wadę próbuje się eliminować poprzez dwukrotne obliczanie okresu zwrotu. W pierwszych obliczeniach określa się czas zwrotu poniesionych wydatków inwestycyjnych, a następnie określa się okres zwrotu początkowych nakładów wraz z pewnym założonym minimalnym zyskiem.

Pomimo wymienionych braków, w pewnych okolicznościach metoda ta może być wykorzystywana w następujących okolicznościach [6.11]:

- w warunkach niepewności, kiedy długoterminowa perspektywa jest niejasna, np. w przypadku inwestycji podejmowanych w krajach o niestabilizowanej sytuacji polityczno-gospodarczej. W takich warunkach szybki zwrot kapitału staje się najważniejszym kryterium dla inwestora. Krótszy okres zwrotu nakładów zapewnia inwestorowi większą płynność w czasie eksploatacji i mniejsza jego ryzyko.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



- w przypadku działania przedsiębiorstwa w branży cechującej się szybkimi zmianami technologicznymi, w której okres zużycia obiektów jest bardzo krótki (znacznie krótszy od czasu i technicznego zużycia).
- w sytuacji, kiedy firma chce podkreślić osiągnięcie zysków, a co ważniejsze spłatę zaangażowanego kapitału w krótkim terminie.
- kiedy źródła kapitału są ograniczone a zachodzi konieczność zrealizowania kilku projektów, wtedy jednym z kryteriów eliminacji może być czas zwrotu poniesionych nakładów.

Metoda czasu zwrotu jest prosta, łatwa do przyswojenia oraz bardzo obrazowa.

Przewaga tej metody, nad pozostałymi technikami nie uwzględniającymi czynnika czasu, polega na bazowanie na strumieniach pieniężnych, co czyni wynik bliższy rzeczywistości.

Analiza wrażliwości i test pierwszego roku

Analiza wrażliwości powinna zostać przeprowadzona zawsze. W analizie powinno się poddać szczególnie wpływ zmian kluczowych parametrów na wartości wykorzystywanych wskaźników. W przypadku inwestycji w OZE za kluczowy, na pewno należy uznać wpływ zmian cen różnych postaci energii względem siebie i w stosunku do inflacji (np. jednej z miar „średniej” inflacji).

Za realizacją powyższej analizy przemawia także fakt stosunkowej łatwości jej realizacji w przypadku przeprowadzania obliczeń wykorzystywanych miar efektywności ekonomicznej za pomocą narzędzi informatycznych.

Wartość użyteczna wyników przeprowadzonej analizy wrażliwości jest trudna do przecenienia. Jej wyniki bowiem pozwalają lepiej oszacować ryzyko związane z realizowaną inwestycją i określić akceptowalny poziom zmienności kluczowych czynników.

Test pierwszego roku należy do rzadziej stosowanych „świadomie” metod oceny przedsięwzięć inwestycyjnych. Część analiz jest bowiem przeprowadzana zgodnie z przedstawioną metodologią tylko, że przyjęcie danych dla pierwszego roku wynika z faktu:

- przybliżonego charakteru obliczanych wskaźników,
- przekonania (często nieuzasadnionego) o znacznej powtarzalności analizowanych procesów ekonomicznych,
- braku wystarczających danych do przeprowadzenia dokładniejszej analizy w horyzoncie wieloletnim (np. ze względu na ich dużą zmienność).

6.2.2. Metody dyskontowe

Wartość zaktualizowana netto (NPV)

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

Projektowane przedsięwzięcie jest akceptowalne, jeżeli wartość NPV jest większa lub przynajmniej równa zero. Oznacza to, bowiem opłacalność inwestycji, wynikającą z faktu przyjęcia do obliczeń równej lub wyższej stopy dyskontowej aniżeli graniczna (minimalna stopa satysfakcjonująca inwestora) stopa rentowności inwestycji.

Wzrost stopy procentowej powoduje zmniejszenie wartości współczynnika dyskontowego. To z kolei powoduje obniżenie wielkości zdyskontowanych wpływów jak i nakładów w kolejnych latach. Jest to niekorzystne w przypadku inwestycji konwencjonalnych, cechujących się dużymi ujemnymi wartościami przepływów pieniężnych w pierwszym okresie funkcjonowania (przeważnie realizacji i uruchamiania), a dodatnimi w następnym (pełnych mocy produkcyjnych), oddalonym w czasie. Powoduje, bowiem zmniejszenie wartości NPV, biorące się z mniejszej wartości obecnej przyszłych wpływów. Powyższa analiza dowodzi znaczenia właściwego określenia poziomu stopy procentowej.

Na temat zakresu i poprawność oceny projektu inwestycyjnego za pomocą omawianej metody zdania są podzielone. Poza dyskusyjną pozostaje zastosowanie metody NPV w przypadku analizy opłacalności konkretnego projektu. Jednak w przypadku porównywania różnych projektów metoda NPV wykazuje duże ułomności. Zachodzi to szczególnie w przypadku porównywania projektów różniących się skalą koniecznych nakładów, okresem funkcjonowania, czy też obydwojoma parametrami razem. W literaturze większość autorów zauważa, że metoda ta nie może być przyjęta jako jedyne kryterium rankingu takich projektów.

Tak więc, według M.Sierpińskiej i T.Jachny metoda NPV nadaje się do wyboru projektu z spośród charakteryzujących się identycznymi, co do wartości i rozłożenia w czasie, nakładami kapitałowymi [6.4].

J. Szargut uważa, iż zastosowanie tej metody jest uzasadnione w przypadku porównywania inwestycji cechujących się identyczną trwałością [6.19].

W. Pazio w przykładzie umieszczonym w pracy: „Jak gospodarować finansami” [6.17], posługuje się metodą NPV do wyboru najlepszego przedsięwzięcia z spośród alternatywnych rozwiązań, tego samego projektu, różniących się sposobem finansowania.

Należy więc uznać, że metoda ta znajduje zastosowanie przypadku porównywania kilku projektów cechujących się tym samym rozkładem w czasie nakładów inwestycyjnych, ich wielkością oraz okresem eksploatacji. Są to jednak sytuacje występujące niezmiernie rzadko. W pozostałych przypadkach należy sądzić, iż omawianej metody nie można stosować bezpośrednio, proponuje się jednak procedury pochodne, bazujące na NPV, pozwalające porównać projekty różne od wyżej wymienionych.

W przypadku, gdy porównywane projekty mają różne okresy eksploatacji a także różnią się wielkością inwestowanych kapitałów Z. Fedorowicz [6.20] proponuje, aby aktualne wartości netto porównywanych projektów inwestycyjnych należy potraktować jako sumy aktualnych wartości dochodów otrzymywanych corocznie z każdego projektu, obliczonych przy tej samej rynkowej stopie procentowej, ale dla różnej liczby lat, odpowiadającej przewidywanemu okresowi ich eksploatacji. Można to zapisać:

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



$$KAW = \frac{NPV}{\frac{(1+i)^t - 1}{i(1+i)^t}}, \quad (6.24)$$

gdzie:

KAW - kwota od której aktualna wartość dochodów jest równa NPV rozpatrywanego projektu inwestycyjnego (w tym samym okresie czasu).

Opisana procedura jest czasami nazwana metody równych rat [6.21].

Metoda ta pozwala uwzględnić możliwość reinwestowania środków.

Spośród projektów wybierane jest zamierzenie mające najwyższą wartość KAW. W przypadku, gdy te wartości są równe wybierane jest rozwiązanie cechujące się dłuższym okresem eksploatacji.

Reasumując do zalet metody NPV należy zaliczyć [6.1]:

- uwzględnianie zmiany wartości pieniądza w czasie,
- uwzględnianie wszystkich przepływów pieniężnych związanych z danym przedsięwzięciem,
- ocenę wzrostu wartości przedsiębiorstwa, wywołaną realizacją inwestycji,
- możliwość sumowanie poszczególnych wartości NPV w przypadku kilku przedsięwzięć,
- daje wskazówkę umożliwiającą akceptację przedsięwzięcia,
- możliwość hierarchizacji porównywanych przedsięwzięć (przy jednakowym okresie ich eksploatacji oraz porównywalnych nakładach).

Należy także zauważyć, że przy rozpatrywaniu przedsięwzięcia przeznaczonego do realizacji poszukiwanie maksymalnej wartości NPV może doprowadzić do nadmiernego zwiększenia wydatków inwestycyjnych, jeżeli równocześnie występuje możliwość realizowania innych przedsięwzięć opłacalnych.

Wskaźnik wartości zaktualizowanej, współczynnik zyskowności

NPVR pokazuje wskaźnikowo skumulowane zaktualizowane korzyści netto generowane przez jednostkę zainwestowanego kapitału.

Interpretacja obu omawianych wskaźników jest analogiczna. Przedsięwzięcie jest akceptowalne, jeżeli $PI \geq 1$ (NPVR ≥ 0) w przeciwnym przypadku jest odrzucane.

W przypadku posługiwania się PI i NPVR, podstawą wyboru projektu do realizacji jest największa wartość wskaźnika. Świadczy to bowiem o relatywnie większej, w stosunku do poniesionych kapitałów, wartości strumieni przychodów

Współczynnik zyskowności i wskaźnik wartości zaktualizowanej w odróżnieniu od metody NPV uwzględniają skalę realizowanego projektu. Znajdują one zastosowanie w procedurach racjonowania kapitału.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

Wskaźnik PI i NPVR w przypadku $NPV > 0$ również przyjmują wartości potwierdzające efektywność przedsięwzięcia ($PI > 1$, $NPVR > 0$). W przypadku jednak porównywania przedsięwzięć (np. wzajemnie się wykluczających) kryterium PI (NPVR) może odmiennie niż NPV je zhierarchizować. Wybór inwestycji jest wówczas uzależniony od:

- Możliwości zainwestowania pozostałych kapitałów w przypadku wyższej zyskowności przedsięwzięcia o mniejszych nakładach inwestycyjnych. Zachodzi to w przypadku dysponowania przez firmę znacznymi środkami nie mogącymi być wykorzystanymi w pozostałej części równie korzystnie, jak nawet w mniej zyskowym przedsięwzięciu. Należy więc, brać pod uwagę całość zagospodarowywanych funduszy a nie pojedynczą inwestycję.
- Celów przedsiębiorstwa, tzn. czy jest nim maksymalizacja rentowności zainwestowanych kapitałów czy też maksymalizacja absolutnej wartości bieżącej netto.

Wewnętrzna stopa zwrotu

IRR jest taką wartością stopy dyskontowej, przy której nie ma ani korzyści, ani strat. Obliczoną wartość IRR porównuje się z stopą procentową „i” wyrażającą koszt kapitału wykorzystanego do sfinansowania przedsięwzięcia. Jeżeli $IRR \geq i$ to przedsięwzięcie może zostać zaakceptowane. Oznacza to bowiem, że zwraca ono poniesione nakłady oraz wnosi korzyści równe żądanej przez inwestorów stopie zwrotu, a także wypracowuje nadwyżkę. W przeciwnym wypadku, jeżeli $IRR < i$ analizowany projekt się odrzuca.

Poszukiwana wewnętrzna stopa zwrotu może być znaleziona drogą iteracyjną. Pierwszą zakładaną w tej metodzie stopę dyskontową dobiera się na podstawie projektów podobnych (doświadczenia).

Do zalet metody należy zaliczyć to, że [6.1]:

- uwzględnia zmianę wartości pieniądza w czasie,
- uwzględnia wszystkie przepływy pieniężne związane z danym przedsięwzięciem,
- pozwala obliczyć ekonomiczną stopę zwrotu przedsięwzięcia, która jest bezpośrednio porównywalna z kosztem kapitału,
- jest niezawodna w podejmowaniu decyzji o akceptacji lub odrzuceniu w przypadku pojedynczych projektów.

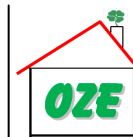
Do jej podstawowych wad należy to, że:

- jest zawodna w hierarchizowaniu przedsięwzięć, szczególnie gdy różnią się one wielkościami lub okresem eksploatacji,
- nie powinna być stosowana w przypadku przedsięwzięć o niekonwencjonalnym strumieniu przepływów.

Wady te w dalszej części opracowania omówiono bardziej szczegółowo.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Związki pomiędzy metodami NPV i IRR oraz problemy hierarchizacji inwestycji

Często dla konkretnego projektu przeprowadza się równoczesne obliczenia NPV i IRR.

Należy zauważyć, że taką samą wartość NPV jak i IRR można uzyskać dla projektów cechujących się różnym horyzontem czasowym jak i różnymi koniecznymi do poniesienia nakładami.

Ocena opłacalności pojedynczego przedsięwzięcia rozwojowego przeprowadzona na podstawie metody NPV pokrywa się z oceną opartą na IRR pod warunkiem, że stopa procentowa stanowiąca podstawę obliczaniu NPV stanowi równocześnie stopę graniczną, do której porównujemy IRR [6.4.]

Jeżeli jednak porównujemy projekty wzajemnie się wykluczające poszczególne metody mogą wskazać na odmienny projekt jako najbardziej efektywny. Projekt uznany na podstawie IRR za mniej opłacalny, może więc okazać się najbardziej efektywny pod względem NPV.

Różnice w hierarchii przedsięwzięć, zalecanych do realizacji przez poszczególne metody, występują często wówczas, kiedy:

- przedsięwzięcia różnią się znacznie skalą nakładów inwestycyjnych,
- przedsięwzięcia różnią się okresem eksploatacji,
- strumienie przepływów pieniężnych przedsięwzięć mają niekonwencjonalny przebieg.

Za przedsięwzięcia o niekonwencjonalny przebiegu strumienia przepływów pieniężnych uważa się takie, dla których jego znak zmienia się wielokrotnie (wydatki przeważają wpływy i na odwrót). Dla tego typu przepływów może wystąpić kilka wartości IRR. Dlatego też w analizie projektów charakteryzujących się tego typu przepływami metoda wewnętrznej stopy zwrotu jest nieprzydatna. Sensowne jest więc tylko zastosowanie metody NPV. Istnieje przy tym możliwość wyliczenia stopy dyskontowej, dla której wartość aktualna netto osiąga wielkość maksymalną.

W sytuacji, gdy zastosowanie metod NPV oraz IRR przynosi przeciwstawne wyniki, powstaje konieczność oparcia się na tylko jednej z nich. Zaleca się wtedy stosowanie metody NPV, pomimo, że intuicyjnie bardziej oczywista jest metoda IRR. Taki a nie inny wybór metody wynika z większej jej wiarygodności. Konstrukcja NPV opiera się na założeniu, że przepływy te będą reinwestowane według stopy procentowej stanowiącej podstawę obliczeń. Określając IRR zakłada się natomiast, że stopa procentowa uzyskiwana z reinwestycji kapitału, będzie równa obliczanej wewnętrznej stopie zwrotu. Założenie to często jest niemożliwe do spełnienia.

Drugim argumentem za przyjęciem metody NPV jako głównego wyznacznika efektywności porównywanych projektów jest fakt, że porównując warianty inwestycyjne za pomocą tej metody, uwzględniamy za każdym razem tą samą, określoną w wyniku wcześniejszych analiz, stopę reinwestycji. Przy metodzie IRR stopa ta jest zróżnicowana dla poszczególnych przedsięwzięć i nie może być określona przez oceniającego [6.4.]

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

Należy tutaj zaznaczyć, że IRR i NPV nie powinny być nigdy stosowane jako jedyne kryterium decyzyjne. Ocena finansowa projektu powinna zawsze dodatkowo obejmować krytyczną analizę struktury i rozkładu czasowego przepływów pieniężnych [6.6].

Analiza przedsięwzięć różniących się znacznie skalą nakładów inwestycyjnych

W przypadku projektów różniących się znacznie skalą nakładów inwestycyjnych, będących zarazem jedynymi sposobami zainwestowania, innymi od lokaty finansowej przy stopie oprocentowania przynajmniej na poziomie lokaty kapitału, wówczas wybiera się przedsięwzięcie dające większy przyrost wpływów mierzony wartością NPV.

W celu wybrania do realizacji jednego z dwóch projektów, z których pierwszy (B) przy wyższych nakładach pozwala uzyskać większą wartość NPV, drugi natomiast (A) cechuje się korzystniejszą wartością IRR, analizuje się tzw. przyrostowy strumień przepływów, będący różnicą między przedsięwzięciami B i A.

Gdyby przedsiębiorstwo dysponując środkami na przedsięwzięcie B (droższe) podjęło się realizacji projektu A o wyższej stopie IRR przy równoczesnym podjęciu przedsięwzięcia (B - A), oznaczałoby to, że decyduje się na projekt B, gdyż $A+(B-A)=B$ [6.1, 6.12].

Ważnym elementem opisanej metody jest określenie IRR dla różnicy przedsięwzięć. Określa się ją dla strumieni równych różnicy nakładów i wpływów.

Mając obliczoną wartość IRR dla obydwu przedsięwzięć oraz dla ich różnic przyjmuje się, że [Lumby S.: Investment Appraisal and Financial Decisions. Chapman and Hall 1991, za 6.1]:

1. Jeśli IRR dla strumienia przyrostowego jest większa od stopy dyskontowej przyjmowanej do obliczania NPV oraz:
 - jest mniejsza od IRR dla obydwu przedsięwzięć, wówczas akceptowane jest przedsięwzięcie o mniejszej IRR,
 - jest większa od IRR dla obydwu przedsięwzięć, akceptuje się przedsięwzięcie o większej IRR,
2. Jeśli IRR dla strumienia przyrostowego jest mniejsza od stopy dyskontowej przyjmowanej do obliczania NPV oraz:
 - IRR jednego lub obydwu przedsięwzięć jest wyższa od stopy dyskontowej, akceptowane jest przedsięwzięcie o wyższej IRR,
 - IRR żadnego z przedsięwzięć nie jest wyższa od stopy dyskontowej, odrzucane są obydwa przedsięwzięcia.

- Dla większości przedsięwzięć zasadę tę można stosować w uproszczonej formie, tzn.:
- jeśli IRR dla strumienia przyrostowego jest mniejsza od stopy dyskontowej, akceptowane jest przedsięwzięcie o wyższej IRR,
 - jeśli IRR dla strumienia przyrostowego jest wyższa od stopy dyskontowej, akceptowane jest przedsięwzięcie o mniejszej IRR.



Metoda zmodyfikowanej wewnętrznej stopy zwrotu

Metoda ta jest rzadko stosowana. Pozwala jednak usunąć - jak już wcześniej wspomniano - główny mankament IRR, polegający na założeniu, że generowane w rozważanym projekcie strumienie gotówki są wykorzystywane przez inwestora w sposób, w którym z zainwestowanych przyszłych strumieni gotówki uzyska się stopę zwrotu równą wartości IRR.

Obliczanie MIRR jest szczególnie istotne, w przypadku projektów cechujących się wyjątkowo wysoką wartością IRR, odbiegającą znacznie od wartości stóp spotykanych na rynku (czy też dokładniej możliwych do uzyskania przez inwestora w przypadku inwestycji alternatywnych).

Okres zwrotu

W przypadku okresu zwrotu uzyskiwanego w oparciu o przepływy finansowe dyskontowane, jego wartość jest znacznie bardziej wiarygodna. Dotyczy to w szczególności projektów cechujących się dodatnimi przepływami finansowymi oddalonymi od momentu rozpoczęcia inwestycji i lub też długotrwałym procesem uzyskiwania pełnych zdolności wytwórczych (przychodów) przez projekt.

Wskaźnik zaoszczędzonych kosztów (Cost of Saving) oraz wskaźnik kosztów zaoszczędzonej energii CSE (Cost of Energy Saving)

W przypadku wskaźnika zaoszczędzonych kosztów, aby przedsięwzięcie było opłacalne jego wartość musi spełniać następujący warunek: $0 < CS < 1$ (zdyskontowane nakłady nie mogą przekroczyć zdyskontowanych korzyści z tytułu oszczędności energii). Im CS jest mniejsze tym bardziej opłacalna jest planowana inwestycja modernizacyjna.

W przypadku OZE korzyścią może być tańsza, (bo po wykluczeniu nakładów inwestycyjnych) energia odnawialna.

CSE wyraża koszt poniesiony na zaoszczędzenie jednostki energii. Wartość CSE należy porównywać do jednostkowych kosztów energii cieplnej dostarczanej do budynku. Aby inwestycja była opłacalna wartość CSE powinna zawierać się w granicach $0 < CSE < \text{koszt jednostkowy zakupu energii cieplnej}$.

Koszt cyklu życia (LCC)

Poniżej wymieniono zalety i wady związane ze stosowaniem analiz LCC.

Zalety:

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

- a) Umożliwia uniknięcie wyboru projektu cechującego się niskimi nakładami inwestycyjnymi i równocześnie cechującego się wysokimi pozostałymi kosztami.
- b) Umożliwia uwzględnienie:
 - roli niezawodności realizowanego przedsięwzięcia
 - jakości systemu serwisowego (czas realizacji napraw, koszty napraw, dostępność części)
- c) Umożliwia wybranie projektu charakteryzującego się niższymi kosztami całkowitymi w całym czasie „życia” składnika majątku.
- d) Umożliwia określenie kosztów zakupu/budowy i pozostałych kosztów rozpatrywanych wariantów projektu.
- e) Pozwala na identyfikację „źródeł” najwyższych kosztów.
- f) Jej wynik jest istotnym kryterium wyboru projektu przez inwestora szczególnie w przypadku gdy jest on np. późniejszym użytkownikiem planowanego składnika majątku.
- g) Wyniki analizy LCC są pomocne w długookresowym planowaniu wydatków.
- h) Analiza LCC jest pomocna w określeniu momentów konserwacji (harmonogram) i likwidacji/wymiany eksploatowanego składnika majątku (wyboru właściwej strategii postępowania).
- i) Analizy LCC są pomocne w optymalizacji konstrukcji przedmiotu analizy na etapie jego projektowania.
- j) Wielkości kosztów (ich zestawienia) wykorzystywane w analizie LCC mogą zostać wykorzystane w innych analizach finansowych projektu.

Z wymienionych zalet na podkreślenie zasługuje, że wyniki analizy LCC są szczególnie istotne dla inwestorów będących zarazem eksploatatorami przedmiotu analiz.

Wady

- a) Brak ścisłej, szczegółowej metodyki przeprowadzania analizy
- b) Konieczność zgromadzenia dużej ilości danych (nierzadko wykonania dodatkowych analiz).
- c) Opieranie się w dużej mierze na przybliżonych, szacunkowych wartościach.
- d) Część wielkości jest uzyskiwana metodami statystycznymi dla wielkości historycznych.
- e) Duża pracochłonność i znaczny koszt uzyskania dokładniejszych danych do analizy.
- f) Analiza dotyczy stosunkowo odległej przyszłości – brak możliwości przewidzenia zmiany składników kosztów (i wzajemnego stosunku pomiędzy nimi).
- g) Problemy z liczbowym ujęciem (wyceną) kosztów ekologicznych i społecznych.
- h) Szacunkowy charakter wyników analizy (szczególnie w przypadku przeprowadzania analiz na wczesnym etapie życia obiektu).
- i) Możliwość wykorzystania wyników analizy de facto tylko dla porównywanych wariantów planowanego przedsięwzięcia (w ramach analiz opierających się na zbliżonych danych i założeniach).

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



6.2.3. Czynniki istotnie wpływające na wiarygodność wyznaczonych miar efektywności ekonomicznej wykorzystania OZE w budownictwie

Ze względu na wąską problematykę niniejszego opracowania, nie omówiono w nim szeregu zagadnień istotnie wpływających na użyteczność prezentowanych wskaźników.

Należy tutaj zwrócić uwagę na problematykę gromadzenia maksymalnie wiarygodnych i dokładnych danych wyjściowych koniecznych do wyznaczania omówionych miar efektywności ekonomicznej. Nie jest możliwym, w horyzoncie wieloletnim określenie zachowania się z oczekiwaną dokładnością, otoczenia makroekonomicznego.

W przypadku OZE elementem otoczenia makroekonomicznego istotnie wpływającym na efektywność ekonomiczną ich zastosowania jest polityka państwa. Często ma ona decydujące znaczenie dla uzyskania pozytywnych efektów ekonomicznych. Jednym z najbardziej wyraźnych jej przejawów są bezpośrednie subwencje do wykorzystania odnawialnych źródeł energii (przyznawane zarówno na etapie realizacji inwestycji jak i ich eksploatacji). Niestety, polityka ta ulegała niejednokrotnie w przeszłości i można się spodziewać, że będzie ulegała również w przyszłości gwałtownym zmianą.

Kolejnym zagadnieniem, często bagatelizowanym w przypadku przeprowadzanych analiz (i wiążącym się z poprzednim) jest konieczność jednoznacznego i dokładnego określenia źródeł i kosztów kapitałów wykorzystywanych w analizowanym projekcie. W zależności od kosztu kapitału i rozkładu ich przepływów w czasie będziemy otrzymywali całkowicie odmienne wyniki analiz.

Ważnym zagadnieniem, wspomnianym już w poprzednich rozdziałach, a istotnym w przypadku wykorzystania OZE w budownictwie jest kwestia zmiany cen energii na tle średnich zmian cen towarów i usług w gospodarce (inflacji). Pomimo, że najczęściej analizy efektywności ekonomicznej projektów inwestycyjnych przeprowadza się dla warunków bezinflacyjnych (w cenach stałych), należy uwzględnić fakt spodziewanego szybszego od przeciętnego wzrostu cen w gospodarce, wzrostu cen surowców, a w szczególności surowców energetycznych. W przypadku procesów inwestycyjnych realizowanych w przedziałach wieloletnich, istotnym jest fakt obniżania się kosztów jednostkowych urządzeń służących do pozyskiwania OZE.

BIBLIOGRAFIA ROZDZ. 6

- [6.1] Marcinek K.: Finansowa ocena przedsięwzięć inwestycyjnych przedsiębiorstw. Akademia Ekonomiczna im. Karola Adamieckiego, Katowice 1996.
- [6.2] Flak W., Henzel H., Krotla W., Marcinek K., i inni: Vademecum inwestora, przygotowanie i wykonawstwo inwestycji rzeczowych. GIPH, 1996.
- [6.3] Jajuga K., Jajuga T.: Jak inwestować w papiery wartościowe. PWN, Warszawa 1994.
- [6.4] Sierpińska M., Jachna T.: Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych. PWN, Warszawa 1995.
- [6.5] Organizacja Narodów Zjednoczonych ds. Rozwoju Przemysłowego, Opracowanie projektu inwestycyjnego, Warszawa czerwiec 1993.
- [6.6] Behers W., Hawranek P.M.: Poradnik Przygotowania Przemysłowych Studiów Feasibility. United Nations Industrial Development Organization, Warszawa 1993.
- [6.7] WFOŚiGW w Katowicach: Wnioski o dofinansowanie. Ochrona powietrza i ochrona przed hałasem. Termomodernizacja obiektu (bez docieplenia) –B2-3a analiza techniczno-ekonomiczna.
http://www.wfosigw.katowice.pl/wnioski2010/ochrona_powietrza_i_ochrona_przed_h_alasem.html, 2010.
- [6.8] WFOŚiGW w Katowicach: Wnioski o dofinansowanie. Ochrona powietrza i ochrona przed hałasem. Termomodernizacja obiektu (z dociepleniem) – B2-3a Karta audytu.
http://www.wfosigw.katowice.pl/wnioski2010/ochrona_powietrza_i_ochrona_przed_h_alasem.html, 2010.
- [6.9] Flak W., Henzel H., Krotla W., Marcinek K., i inni: Vademecum inwestora, przygotowanie i wykonawstwo inwestycji rzeczowych. GIPH, 1996.
- [6.10] Siegel J.G., Shim J.K., Hartman S.W.: Przewodnik po finansach. PWN, Warszawa 1995.
- [6.11] Sośnierz G.: Analiza finansowa projektów inwestycyjnych w dziedzinie gospodarki energetycznej. Pol. Śl. Wydział Mechaniczny Energetyczny, Gliwice 1993.
- [6.12] Marcinek K.: Metody finansowej oceny przedsięwzięć inwestycyjnych przedsiębiorstw, Akademia Ekonomiczna im. K. Adamieckiego, Skrypt uczelniany, Katowice 1993.
- [6.13] Bartnik R. Popławski J.: Ocena efektywności ekonomicznej elektrociepłowni gazowo-parowej. Energetyka, nr 7/97.
- [6.14] Bień W.: Zarządzanie finansami przedsiębiorstwa. Stowarzyszenie Księgowych w Polsce-Zarząd Główny, Warszawa 1993.
- [6.15] Borowiecki R. (Praca zbiorowa pod redakcją): Efektywność przedsięwzięć rozwojowych. Metody-analizy-przykłady. Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa, Warszawa-Kraków 1995.
- [6.16] Davies D.: Sztuka zarządzania finansami. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1993.
- [6.17] Pazio W.: Jak gospodarować finansami. PWN, Warszawa 1994.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



- [6.18] Pluta W.: Strategiczne zarządzanie finansami. Ekspert Wydawnictwo i Doradztwo, Wrocław 1996.
- [6.19] Szargut J., Ziębik A., Kozioł J., Janiczek R. i inni: Racjonalizacja użytkowania energii w zakładach przemysłowych. Biblioteka Fundacji Poszanowania Energii. Warszawa 1994.
- [6.20] Fedorowicz Z.: Finanse przedsiębiorstw. Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 1994.
- [6.21] Martan L.: Rachunek efektywności przedsięwzięć inwestycyjnych. Nowator, nr 11/92, str. 20-21.
- [6.22] Adamczyk J.: Efektywność przedsięwzięć inwestycyjnych w gospodarce rynkowej. Przemysł Spożywczy nr 3/95, str. 76-79.
- [6.23] Pluta W., Jajuga T.: Inwestycje. Capital Budgeting-budżetowanie kapitałowe. Fundacja Rozwoju Rachunkowości w Polsce, Warszawa 1995.
- [6.24] PN-EN 60300-3-3:2006 Zarządzanie niezawodnością - Przewodnik zastosowań - Szacowanie kosztu cyklu życia
- [6.25] Świdorski M.: Analiza LCC (Life Cycle Cost Analysis) narzędziem wspomagającym ocenę projektów inwestycyjnych związanych z techniką pompową. IX Forum Użytkowników Pomp, Szczyrk, 1 – 3 październik 2003. http://www.ksb.com/ksb/web/PL/pl/company/ksb__polen/5__publications/LCC__dow_nobjekt,property=file.pdf, 2010 (lipiec-listopad).
- [6.26] Świdorski M. (opracowanie i tłumaczenie wersji polskiej): Pump Life Cycle Cost: Kompendium wiedzy o analizie LCC układów pompowych. Zwięzłe streszczenie. Hydraulic Institute (NY, USA), Europump, U.S. Department of Energy Office of Industrial Technologies.
- [6.27] ISO 15686-5: 2008 Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 5: Life-cycle costing.
- [6.28] de Haas R.C.T., Smit M.C. de Zeeuw Ir. M: LCC Analysis for the Replacement of the Dutch F-16. RTO SAS Symposium on "Cost Structure and Life Cycle Cost (LCC) for Military Systems", France, 2001, RTO-MP-096.
- [6.29] van Oeveren K.-J., Wilks M.: Life Cycle Costing, Qualification document - Rev 3. KEMA Consulting Power Projects, Arnhem, Netherlands, 2009. Źródło: <http://www.kema.com/nl/Images/Life%20cycle%20costing.pdf>, lipiec-listopad 2010.
- [6.30] Kawauchi Y., Rausand M.: Life Cycle Cost (LCC) analysis in oil and chemical process industries. 1999. Źródło: <http://www.ntnu.no/ross/reports/lcc.pdf>, lipiec-listopad 2010.
- [6.31] Agrawal B., Tiwari G.N.: Life cycle cost assessment of building integrated photovoltaic thermal (BIPVT) systems. Energy and Buildings, 2010/42, Pages 1472-1481.
- [6.32] Barringer H.P., Barringer P.E.: A Life Cycle Cost Summary. International Conference of Maintenance Societies (ICOMS®-2003), Perth, Australia, 2003.



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

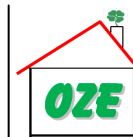
7. METODOLOGIA OCENY EFEKTÓW EKOLOGICZNYCH WYKORZYSTANIA ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

Opracowanie przygotowane przez:

Prof. dr hab. inż. Koziół Joachim
Dr inż. Koziół Michał

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



7.1. Emisja bezpośrednia i skumulowana CO₂ związana z wykorzystaniem OZE

W tabelicy 5.3 podano wskaźniki emisji ekwiwalentnej CO₂ dla energii i jej nośników. W odniesieniu do odnawialnych źródeł energii powinno się uwzględnić dwa wskaźniki tej emisji. Pierwszy określający bezpośrednią emisję wynikającą: ze spalania jednostki energetycznej biopaliwa, użytkowania termicznych kolektorów słonecznych, ogniw fotowoltaicznych, pomp ciepła, energii wody i wiatru itd. (Tabl. 7.1). Drugi natomiast powinien uwzględniać skumulowaną emisję CO₂ wynikającą z pozyskania, przetwarzania, transportu i wykorzystania energii i jej nośników. Przy pozyskaniu biopaliw jednym ze składników powinna być redukcja CO₂ związana z reakcją fotosyntezy. Zakłada się, że redukcja CO₂ związana z wytwarzaniem jednostki energii, w szeroko rozumianym środowisku jest równa emisji CO₂ powstałej ze spalania tego biopaliwa. Pozostałe reakcje mają zerową emisję przypisaną ich wykorzystaniu, natomiast pozyskanie obciążone jest emisją CO₂ wynikającą z budowy urządzeń i pozyskania półwyrobów maszyn oraz surowców energetycznych i nieenergetycznych.

Ponieważ procesy pozyskania odnawialnych źródeł energii różnią się w czasie i przestrzeni wskaźniki bezpośrednie dotyczą lokalnych efektów zaś skumulowana emisja CO₂ określa obciążenie globalne związane z wykorzystaniem OZE.

Tablica 7.1 Bezpośrednia i skumulowana emisja CO₂ związana z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii [7.2].

	Bezpośrednia emisja, kg/MJ	Skumulowana emisja, kg/MJ
Biopaliwa stałe:		
- drewno	0,109	0,007÷0,009
Biopaliwa ciekłe:		
- bioetanol	0,07	0,014
- biodiesel	0,076	0,006
Biopaliwo gazowe:		
- biogaz	0,054	0,005
Energia słoneczna:		
- kolektory termiczne	0,0	0,020
- ogniwa fotowoltaiczne	0,0	0,070
Energia wiatru:		
- turbiny wiatrowe	0,0	0,010 ¹⁾
Energia wody:		
- turbiny wodne	0,0	0,010
Pompy ciepła	0,0	0,100

¹⁾ wg informacji podanych w [7.1]

Z tabelicy 7.1 wynika, że emisje skumulowane CO₂ są o rząd mniejsze od emisji bezpośrednich. W przypadku energii wiatrowej oraz wodnej nie występuje emisja

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

bezpośrednia zaś emisja skumulowana wynika z energetycznych kosztów budowy maszyn i urządzeń.

Wysoka wartość emisji skumulowanej towarzysząca użytkowaniu pomp ciepła związana jest z ich napędem elektrycznym. Energii elektryczną do tego celu zwykle się wytwarza w elektrowniach lub elektrociepłowniach.

7.2. Klasa ekologiczna budynków

W oparciu o wskaźnik jednostkowego zużycia energii chemicznej paliw oraz ciepła można określić emisję CO₂ związaną z zaspokajaniem potrzeb energetycznych budynków. Należy w tym celu wykorzystać wskaźniki emisji ekwiwalentnej CO₂ (tablica 7.2)

Tablica 7.2 Wskaźniki emisji ekwiwalentnej CO₂ dla nośników energii [7.3].

Nośnik energii	Emisja ekwiwalentna, kg CO ₂ /MJ
Energia elektryczna	0,293
Gaz ziemny	0,055
Olej opałowy	0,073
Koks	0,112
Węgiel	0,099
Drewno	0,007
Ciepło sieciowe	0,124

W celu określenia stopnia obciążenia środowiska emisją gazów cieplarnianych wprowadzono tzw. klasy (efekty) ekologiczne budynków [7.3, 7.4] (Tablica 7.3).

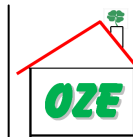
W przypadku, gdy w budynku wykorzystywane są odnawialne źródła energii przy określaniu klas ekologicznych należy korzystać z ekwiwalencji (skumulowanej) emisji CO₂ podanej w tablicy 7.1.

Tablica 7.3 Jednostkowe roczne emisje CO₂ odpowiadające poszczególnym klasom ekologicznym [7.3]

Klasa	Zakres, kg CO ₂ /(m ² rok)
A	<27
B	[27;43]
C	[43;63]
D	[63;90]
E	[90;124]
F	[124;169]
G	[169;227]
H	≥227

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



7.3. Koszty termoeologiczny

Kosztem termoeologicznym nazywamy skumulowane zużycie energii nieodnawialnych surowców naturalnych obciążające cały ciąg procesów technologicznych prowadzących do jednostki rozpatrywanego produktu [7.5÷7.7]. Jak już wcześniej podano skumulowane zużycie energii oraz energii można wyznaczyć za pomocą układu równań bilansowych lub metodą sekwencyjną (vide rozdz. 5) z tym, że w przypadku obliczania kosztu termoeologicznego uwzględnia się wyłącznie zużycie nieodnawialnych postaci energii (energii) oraz wprowadza się koszt termoeologiczny szkodliwych produktów odpadowych [7.1]:

$$\rho_j + \sum_u f_{uj} \rho_u = \sum_i a_{ij} \rho_i + \sum_k p_{kj} \zeta_k + \sum_m a_{mj} b_m, \quad (7.1)$$

gdzie:

ρ_j, ρ_i, ρ_u – właściwy koszt termoeologiczny produktu głównego w procesie j -tym, i -tym oraz produktu ubocznego procesu j -tym,

ζ_k – jednostkowy koszt termoeologiczny k -tego produktu odpadowego,

a_{ij}, f_{uj} – wskaźnik zużycia i -tego produktu oraz ubocznego wytwarzania u -tego produktu w j -tym procesie,

a_{mj}, b_m – wskaźnik bezpośredniego zużycia m -tego nieodnawialnego zasobu energii i jego energia właściwa.

Koszt termoeologiczny produktu ubocznego można obliczyć z zasady określania kosztów zastąpionych [7.1]:

$$\rho_u = \rho_z z_{zu}, \quad (7.2)$$

gdzie:

ρ_u, ρ_z – jednostkowy koszt termoeologiczny produktu ubocznego i produktu zastąpionego,

z_{zu} – stosunek liczby jednostek produktu z -tego zastąpionego przez jednostkę u -ego produktu ubocznego.

Jednostkowy wskaźnik kosztu termoeologicznego ζ_k szkodliwych produktów odpadowych odprowadzonych do otoczenia proponuje się określać [7.1] za pomocą monetarnego wskaźnika szkodliwości oszacowanego przez ekspertów.

$$\xi_k = \frac{B \sigma_k}{PKB \sum_k P_k \sigma_k}, \quad (7.3)$$

gdzie:

σ_k – monetarny wskaźnik szkodliwości k -tego produktu odpadowego,
 B – roczne zużycie nieodnawialnej energii z źródeł krajowych,
 PKB – produkt krajowy brutto w jednostkach monetarnych,
 P_k – roczna krajowa emisja k -tego produktu szkodliwego.

Obszerną analizę związaną z wykorzystaniem kosztu termoeologicznego do oceny skutków ekologicznych w procesach cieplnych przedstawiono w [7.8]. w pracy [7.9] koszt termoeologiczny wykorzystano do analizy systemowej gospodarki energetycznej kompleksu budowlanego.

Kryterium kosztu termoeologicznego jest uogólnieniem kryterium (analizy) LCA (Life Cycle Assessment) [7.1].

7.4. Proekologiczny podatek VAT

Wykorzystanie pojęcia kosztu termoeologicznego prof. J. Szargut zaproponował [7.10, 7.11] wprowadzenie proekologicznego podatku VAT. Podatek ten mógłby być wyznaczany z następującego wzoru:

$$y = x\rho, \quad (7.4)$$

gdzie:

$$x = \frac{Y}{B + \sum_k P_k \xi_k}, \quad (7.5)$$

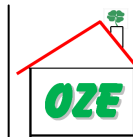
przez:

x – mnożnik do obliczania produktu proekologicznego,
 Y – roczna suma wartości podatku VAT pobieranego w kraju,
 B – roczne zużycie nieodnawialnej energii ze źródeł krajowych,
 P_k – roczna krajowa emisja k -tego produktu szkodliwego,
 ξ_k – wskaźnik kosztu termoeologicznego produktu szkodliwego.

Podatek ekologiczny VAT ma następujące zalety [7.12]:

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



- powiązanie opłat z negatywną działalnością człowieka polegająca na zakłóceniu stanu środowiska, a nie jak dotychczasowy podatek VAT karanie za pracowitość, wydajność pracy i talent organizacyjny,
- możliwość regulacji wysokości produktu stosowanie do potrzeb gospodarki narodowej na cele socjalne, edukację, wojsko, policję i administrację,
- samoczynne przenoszenie produktu na kolejne wyroby, przez co jego funkcjonalność byłaby analogiczna do podatku „unitex” [7.12].

7.5. Analiza cyklu życia (LCA)

7.5.1. Definicja LCA

Analizę cyklu życia (Life Cycle Assessment - LCA) najczęściej uznaje się za narzędzie badawcze, naukowe umożliwiające ocenę wpływu na środowisko, w całym okresie „życia” produktu (wyrobu, elementu, instalacji, konstrukcji, procesu, usługi itd.) począwszy od pozyskania surowców poprzez produkcję, użytkowanie produktu oraz jego unieszkodliwienie.

Równocześnie zgodnie z normą PN-EN ISO 14040:2009 [2]: „LCA jest jedną z kilku technik zarządzania środowiskiem służącą do badania aspektów środowiskowych i potencjalnych wpływów na środowisko w całym okresie życia wyrobu (tj. „od kołyski do grobu”) począwszy od pozyskania surowców przez produkcję, użytkowanie, aż do likwidacji”. W powyższej definicji termin „wyrób” obejmuje zarówno system wyrobu jak i usługi.

Obecnie często stosuje się definicję LCA zaproponowaną przez UNEP (za [7.48 i 7.52]): „LCA jest procesem oceny efektów, jaki dany wyrób wywiera na środowisko podczas całego życia, poprzez wzrost efektywnego zużycia zasobów i zmniejszenie obciążeń środowiska. Ocena wpływu na środowisko może być prowadzona zarówno dla wyrobu jak i dla jego funkcji. LCA jest traktowana jako „analiza od kołyski do grobu”. Podstawowymi elementami LCA są:

1. zidentyfikowanie i ocena ilościowa obciążeń wprowadzanych do środowiska, tj. zużytych materiałów i energii, oraz emisji i odpadów wprowadzanych do środowiska,
2. ocena potencjalnych wpływów tych obciążeń,
3. oszacowanie dostępnych opcji dla zmniejszenia tych obciążeń wprowadzanych do środowiska”.

Sam początek analizy cyklu życia datuje się na koniec lat 60-tych XX wieku.

Z praktycznego punktu widzenia analiza LCA polega na określeniu interakcji pomiędzy rozpatrywanym procesem i środowiskiem w tym w szczególności na określeniu wielkości przepływających strumieni masy i energii.

LCA zalicza się do narzędzi wspomagających procesy decyzyjne zarówno na etapie projektowania nowych wyrobów/technologii, jak i w przypadku rozwoju istniejących.

7.5.2. LCA – przegląd źródeł

O istotności analiz LCA może świadczyć duża liczba tekstów i publikacji naukowych ukazujących się na ten temat. W tabeli poniżej podano liczbę artykułów spełniających wymogi słów kluczowych w wyszukiwarkach [7.41, 7.42] i bazach danych [7.39, 7.40]. W przypadku wszystkich wyszukiwanych haseł i wykorzystanych narzędzi poszukiwano podanych słów (i wyrażenia) kluczowego w całości dostępnych zasobów.

Tab.7.3. Przykładowe wyniki przeszukiwań baz danych i zasobów internetowych.

Słowa kluczowe	Narzędzie			
	Google [7.42]	Scirus [7.41] (410 mln indeksowanych pozycji o charakterze naukowym)	Scopus [7.40] (41 mln indeksowanych pozycji, 70% ze streszczeniami)	ScienceDirect [7.39] (10 mln artykułów I rozdz. książek)
LCA	5 450 000	190 608	11 219	15 402
LCA&building	2 530 000	45 372	1 618	2 798
LCA&building &renewable&energy&sources	268 000	6 778	130	956
LCA&building&”renewable energy sources”	65 100	1 975	34	297

Oczywiście, w szczególności w przypadku samodzielnie wyszukiwanego skrótu LCA może zachodzić przypadkowa zbieżność powyższego skrótu z układem liter występującym w różnych językach. Jedną już w przypadku ostatniego prezentowanego wyszukiwania, to prawdopodobieństwo jest znacznie mniejsze.

W przypadku mniejszej j bazy danych ScienceDirect liczba wyników wyszukiwania jest większa aniżeli w przypadku większej bazy Scopus. Wynika to - jak już wcześniej zauważono - z faktu przeszukiwania całości zasobów każdej z baz danych. Pierwsza baza jest bazą pełno tekstową, w odróżnieniu od bazy Scopus opartej w dużej mierze na streszczeniach (tak, więc w przypadku ScienceDirect wyszukiwane wyrażenia występowały w tekście, lecz nie ma ich w streszczeniach, słowach kluczowych itp.).

Do podstawowych publikacji zawierających wytyczne dotyczące wykonywania analiz LCA należy zaliczyć poniższe normy:

- PN-EN ISO 14040:2009 Zarządzanie środowiskowe - Ocena cyklu życia – Zasady i struktura [7.14] (ISO 14040:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework);
- PN-EN ISO 14044:2009 Zarządzanie środowiskowe - Ocena cyklu życia - Wymagania i wytyczne [7.15] (ISO 14044:2006);

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



- PN-EN ISO 14050:2010 Zarządzanie środowiskowe -- Terminologia (orgy.) [7.16], (ISO 14050:2009)
- PKN-ISO/TR 14047:2006 Zarządzanie środowiskowe -- Ocena wpływu cyklu życia -- Przykłady stosowania ISO 14042 [7.17], (ISO/TR 14047:2003);
- 8.TŁUM.ISO/TS-14048:2002 Polskie tłumaczenie ISO/TS 14048 "Zarządzanie środowiskowe - Ocena cyklu życia - Format dokumentowania danych" [7.18];
- 7.TŁUM.ISO/TR 14049:2000 "Polskie tłumaczenie ISO/TR 14049" Zarządzanie środowiskowe-Ocena cyklu życia-Przykłady zastosowania ISO 14041 do określania celu i zakresu oraz analizy zbioru [7.19].

Powyższe normy międzynarodowe (ISO) przyczyniły się do standaryzacji przeprowadzanych analiz. Pozwalają one na przygotowaniu i realizację procedur LCA (przyjęcie założeń i dokonanie wyborów), a także interpretację wyników tych analiz.

Do podstawowych pozycji w języku polskim omawiających LCA należy zaliczyć m.in. pozycje [7.13 oraz 7.48÷7.51].

7.5.3. Narzędzia informatyczne

Możliwość stosunkowo prostej implementacji procedur LCA w programach komputerowych, jest obok dużego zainteresowania samą problematyką LCA, główną przyczyną powstania stosunkowo dużej liczby programów wspomagających przeprowadzenie analiz cyklu życia wyrobu. Istotnym elementem programów komputerowych są bazy danych dostarczane wraz z nimi lub mogące zostać wykorzystane w przeprowadzanych obliczeniach. Chociaż należy zauważyć, że większość dużych baz danych pozwala obecnie uzyskać dane w najczęściej spotykanych formatach (w tym, w formacie typowym dla analiz LCA – EcoSpold [7.34]). Istnieje stosunkowo duża liczba dostępnych na rynku programów komputerowych umożliwiających przeprowadzenie obliczeń LCA [np. 7.23,7.35,7.36,7.37, 7.43, 7.44, 7.56, 7.57]. Jednak duża ich część ma jedynie stosunkowo ograniczone znaczenie. Tak np. (układ chronologiczny publikacji):

- w [7.43] wymieniono 37 programów (znaczna część bez większego już dzisiaj znaczenia – publikacja 1996r.);
- w [7.23] wymieniono 13 programów (publikacja w j. polskim z 2002r.);
- w [7.44] wymieniono kilkadziesiąt programów, omówiono 11 w tym 3 szczegółowo, porównano 8 programów (ponadto publikacja zawiera przegląd dalszych pozycji literaturowych dotyczących omawianej problematyki [np. 7.45, 7.46, 7.47] – publikacja z 2006r.);
- w [7.37] wymieniono 14 programów do analiz cyklu życia i ponadto 11 programów dotyczących analiz cyklu życia w budownictwie (publikacja z 2009r.);
- w [7.35] wymieniono 28 programów (publikacja z 2009r.).

Na stronie European Commission - DG Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability wymieniono ponad 60 różnych programów (częściowo

różnych wersji i pakietów oprogramowania) wraz z krótkimi ich charakterystykami [7.56]. Na stronie tej (podstronie) przedstawiono również bazy danych przydatne w prowadzeniu analiz LCA. Wymieniono ich ponad 30, z tego część dedykowana konkretnym programom. Należy zauważyć, że zamieszczone na powyższej stronie informacje są częściowo nieaktualne, a same listy programów i baz danych niepełne.

Programy do analiz LCA znajdują się również na stronie U.S. Department of Energy [7.57]. Na stronie tej wśród ponad 300 programów do obliczeń efektywności energetycznej budynków znajduje się kilkanaście programów do wspomagających obliczenia LCA.

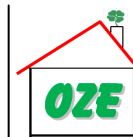
Wśród najczęściej wymienianych programów do przeprowadzania analiz LCA wymienia się programy przedstawione w tab.

Tab.7.4. Najczęściej wymieniane w literaturze programy do obliczeń LCA.

Program	Aktualna wersja	Kraj pochodzenia	Źródła
Boustead	Boustead Model 5	Wielka Brytania	[7.53, 7.35, 7.37 7.45, 7.47, 7.56]
Eco-it	Eco-it 1.4	Holandia	[7.21, 7.23, 7.24, 7.36, 7.37, 7.45]
SimaPro	SimaPro 7.2		[7.21, 7.23, 7.24, 7.35, 7.36, 7.37, 7.44, 7.45, 7.56]
Ecopro	Regis 2.2 ECOPRO	Szwajcaria	[7.23, 7.33, 7.35, 7.36, 7.37, 7.45, 7.47, 7.56]
GaBi	GaBi 4	Niemcy	[7.23, 7.35, 7.36, 7.37, 7.45, 7.57, 7.58]
KCL Eco	KCL-ECO 4.1	Finlandia	[7.23, 7.35, 7.37, 7.45, 7.56, 7.57]
Wisard	Wisard 4.0	Francja	[7.35, 7.37, 7.56, 7.59]
Team	Team 4.0		[7.35, 7.36, 7.37, 7.44, 7.45, 7.56, 7.59]
Umberto	Umberto 5	Niemcy	[7.23, 7.35, 7.36, 7.37, 7.56, 7.57, 7.60]

Przy czym np. część programów jak wymieniony powyżej Wisard, czy ATROiD 3.0 (Assessment Tool for Recycling Oriented Design) [7.29, 7.30, 7.31, 7.32] skupiają się na problematyce zagospodarowania odpadów.

W zakresie analiz obiektów budowlanych wymienia się najczęściej programy przedstawione w tab.7.5. Programy te najczęściej zawierają moduły umożliwiające uwzględnianie w analizach odnawialnych źródeł energii.



Tab.7.5. Programy do analiz LCA obiektów budowlanych.

Program	Aktualna wersja	Kraj pochodzenia	Źródła
ATHENA	4.1 Build 12	Kanada	[7.37, 7.44, 7.45, 7.57, 7.61]
BeCost	BeCost	Finlandia	[7.37, 7.57, 7.62]
BEES	BEES 4.0	USA	[7.37, 7.44, 7.45, 7.47, 7.56, 7.63]
Eco-Quantum	Eco-Quantum 2.01	Holandia	[7.37, 7.44, 7.45, 7.47, 7.56, 7.64]
ECO-SOFT	ECOSOFT WBF, ECOSOFT PRO	Austria	[7.37, 7.65]
Envest	Envest 2: Envest 2 estimator, Envest 2 calculator	Wielka Brytania	[7.37, 7.44, 7.45, 7.57, 7.66]
EQUER	Pleiades+COMFIE v3.0 (dodatek EQUER 1.10.6. do LCA)	Francja	[7.37, 7.45, 7.47, 7.57, 7.67]
GaBi Build-it	GaBi Build-it (współpracuje z GaBi)	Niemcy	[7.23, 7.35, 7.37, 7.44, 7.58]
GREENCALC	GreenCalc+ 4.0	Holandia	[7.37, 7.68]
LEGEP	LEGEP	Niemcy	[7.35, 7.37, 7.56, 7.69]
LTE OGIP	LTE OGIP	Szwajcaria/Niemcy	[7.35, 7.37, 7.56, 7.70]

Wśród najczęściej wymienianych baz danych, z których korzystają programy można wymienić [7.20, 7.21, 7.24, 7.25, 7.26, 7.28, 7.33, 7.56]:

- ecoinvent v2;
- US Input Output database;
- Danish Input Output database;
- Dutch Input Output database;
- LCA food database;
- Industry data;
- Japanese Input Output database;
- IVAM database;
- Life-Cycle Inventory Database/ U.S. LCI Database Project (V 1.6.0.).

Wśród wielkości pozwalających ocenić wpływ wyrobu na środowisko (np. w [7.44] wymienianych jest kilkadziesiąt wielkości) znajdują się m.in.:

- GWP (Global Warming Potential);
- ODP (Ozone Depletion Potential);
- AP (Acidification Potential);
- Human Health Respiratory Effects Potential;
- EP (Eutrophication Potential);

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

- Weighted Raw Resource Use;
- POCP (Photochemical Ozone Creation Potential);
- Wielkość zużycia energii pierwotnej;
- Wielkość wykorzystania pierwotnej energii odnawialnej (nieodnawialnej);
- Weighted Raw Resource Use.

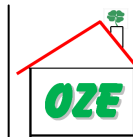
7.5.4. Użyteczność LCA

Do zalet LCA można zaliczyć, że:

- uwzględnia wszystkie wpływy wyrobu na środowisko,
- pozwala na porównanie różnych zagrożeń stwarzanych (lub mogącymi być stwarzanymi) przez wyrób w trakcie jego życia;
- pozwala na identyfikację i hierarchizację wpływów na środowisko,
- pozwala na określenie miejsc (w sensie procesów składowych w trakcie życia wyrobu) istotnych z punktu widzenia wpływu na środowisko i dobrać metody minimalizacji oddziaływania na środowisko,
- pozwala na unikanie efektu „wypychania” (przesuwania oddziaływań szkodliwych dla środowiska do innych etapów życia wyrobu),
- LCA może być wykorzystana:
- do określenia najistotniejszych z punktu widzenia wpływu na środowisko faz życia wyrobu,
- do określenia wskaźników umożliwiających ocenę wpływu wyrobu na środowisko,
- do określenia istotnych punktów w okresie życia wyrobu, wymagających dokładniejszych badań (np. pomiarów),
- do porównań wpływu na środowisko wyrobów substytucyjnych lub np. wytwarzanych w różnych technologiach.
- Z punktu widzenia podmiotów gospodarczych wykorzystanie analiz cyklu życia (a dokładniej informacji, które one dostarczają):
- pozwala na ograniczenie wpływu działalności na środowisko (w tym np. bezpośrednie ograniczenie opłat wnoszonych za jego wykorzystanie);
- pozwala na uzyskanie przewagi technologicznej nad konkurencją np. w wyniku wykorzystania analiz LCA w planowaniu długookresowym (wyboru technologii wytwarzania, projektowanie proekologiczne, zwrócenie uwagi na istotne elementy procesu recyklingu, itp.);
- jest pomocne lub nawet konieczne w przypadku uzyskiwania wymaganych prawem zezwoleń (w niektórych państwach);
- może zostać wykorzystanie bezpośrednio i pośrednio w marketingu (np. poprzez postępowanie się pewnymi wielkościami).

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Za podstawowe ograniczenia LCA uważa się [7.14, 7.23, 7.27]:

- subiektywny charakter przyjmowanych założeń i dokonywanych w trakcie analizy wyborów oraz doboru wykorzystywanych zbiorów danych (brak pełnej standaryzacji);
- regionalny charakter przeprowadzanych analiz (adekwatność przyjętych wielkości dla analiz przeprowadzonych w jednej lokalizacji nie odpowiada często warunkom w innych);
- wiarygodność i ograniczona dostępność danych (fragmentaryczność danych, przypadkowość danych, dane w różny sposób agregowane, błędy pomiarowe);
- zmiana w czasie przyjętych założeń i wielkości oddziaływań (np. ze względu na postęp technologiczny);
- przyjmowanie potencjalnych parametrów wpływu na środowisko;
- nie uwzględnianie skutków społecznych (i ograniczone ekonomicznych);
- brak wpływu projektanta wyrobu na niektóre fazy cyklu życia (np. sposób zagospodarowania odpadów).

W związku z wymienionymi powyżej wadami metody, powinna ona stanowić część szerszych analiz (patrz pkt.7.1.3).

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



BIBLIOGRAFIA ROZDZ. 7

- [7.1] Szargut J.: Egzergia. Poradnik obliczania i stosowania, Wyd. Pol. Śl., Gliwice, 2007
- [7.2] Kozioł J.: Informacja własna, 2010.
- [7.3] Praca zbiorowa pod kier. Pasierba S.: Jak zarządzać energią i środowiskiem w budynkach użyteczności publicznej. Poradnik dla samorządów terytorialnych., Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii, Katowice, 2004.
- [7.4] Praca zbiorowa: Zarządzanie energią w budynkach szkolnych. Efekty energetyczne.
- [7.5] Szargut J.: Minimization of the consumption of natural resources. Bull. Pol Acad. Sci. ser. Techn. 1978, nrb s.41-45.
- [7.6] Szargut J.: Application of exergy for the calculation of ecological cost. Bull. Pol. Acad. Sci. ser. Techn. 1986, nr 7-8, s.475-480.
- [7.7] Szargut K.: Depletion of unrestorable natural exergy resources. Bull. Pol. Acad. Sci. ser. Techn. 1997, nr 2, s. 247-250.
- [7.8] Stanek W.: Metodyka oceny skutków ekologicznych w procesach cieplnych za pomocą analizy egzergicznej. Monografia. Wydawnictwo Pol. Śląskiej, Gliwice, 2009.
- [7.9] Hoinka K.: Analiza systemowa gospodarki energetycznej kompleksu budowlanego. Praca doktorska. ITC Politechnika Śląska, Gliwice, 2008.
- [7.10] Szargut J.: Zastosowanie egzergii do wyznaczania podatku proekologicznego zastępującego podatek od dochodów. Gospodarka Paliwami i Energią, 2001, nr. 1, s.2-5.
- [7.11] Szargut J., Stanek W.: Proekologiczny podatek VAT i jego oddziaływanie na zużycie nieodnawialnych surowców energetycznych. Energetyka, 2006, s. 477-479.
- [7.12] Slessor M.: Unitex: a new environmentally sensitive concept in taxation. Ross-on-Wye: Hydatum Press, 1989.
- [7.13] Górczyński J.: Podstawy analizy środowiskowej wyrobów i obiektów. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2007, str.1-491.
- [7.14] PN-EN ISO 14040:2009 Zarządzanie środowiskowe - Ocena cyklu życia – Zasady i struktura (ISO 14040:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework Pełny adres strony internetowej).
- [7.15] PN-EN ISO 14044:2009 Zarządzanie środowiskowe - Ocena cyklu życia - Wymagania i wytyczne (ISO 14044:2006).

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



- [7.16] PN-EN ISO 14050:2010 Zarządzanie środowiskowe - Terminologia (oryg.), (ISO 14050:2009).
- [7.17] PKN-ISO/TR 14047:2006 Zarządzanie środowiskowe - Ocena wpływu cyklu życia - Przykłady stosowania ISO 14042, (ISO/TR 14047:2003).
- [7.18] 8.TŁUM.ISO/TS-14048:2002 Polskie tłumaczenie ISO/TS 14048 "Zarządzanie środowiskowe - Ocena cyklu życia - Format dokumentowania danych".
- [7.19] 7.TŁUM.ISO/TR 14049:2000 Polskie tłumaczenie ISO/TR 14049 „Zarządzanie środowiskowe-Ocena cyklu życia-Przykłady zastosowania ISO 14041 do określania celu i zakresu oraz analizy zbioru”.
- [7.20] Ryszko A.: Ocena cyklu życia jako narzędzie wspomagające rozwój produktu. Politechnika Śląska, Zeszyty Naukowe - Organizacja i Zarządzanie, 2003, z. 15, str. 181-194.
- [7.21] Czaplicka K., Bojarska-Kraus M., Świądrowski J.: Analiza cyklu życia odbiornika telewizyjnego. II Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekologia w elektronice”. Przemysłowy Instytut Elektroniki, 2002.
- [7.22] Wenzel H., Alting L.: Danish Experience with the EDIP Tool for Environmental Design of Industrial Products. Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, 1999. Proceedings. EcoDesign '99: First International Symposium On Tokyo, 1999.
- [7.23] Wach K.A.: Metoda oceny cyklu życia (LCA) jako podstawa komputerowo-wspomaganej oceny wyrobu. II Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekologia w elektronice”. Przemysłowy Instytut Elektroniki, 2002.
- [7.24] PRé Consultants: www.pre.nl, Printerweg 18, 3821 AD Amersfoort, Holandia, 2010 (lipiec-październik).
- [7.25] Wenzel H., Hauschild M.Z., Jorgensen J., Alting L.: Environmental tools in product development. Electronics and the Environment, ISEE 1994. Proceedings., 1994 IEEE International Symposium, San Francisco, 1994.
- [7.26] Franklin Associates (ERG): Example Projects. <http://www.fal.com/projects.html>, 2010 (lipiec-październik).
- [7.27] Finnveden G., Hauschild M.Z., Ekvall T., Guinée J., Heijungs R., Hellweg S., Koehler A., Pennington D., Suh S.: Recent developments in Life Cycle Assessment. Journal of Environmental Management, 91/2009, p.1-21.



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

- [7.28] National Renewable Energy Laboratory and Alliance for Sustainable Energy: U.S. LCI Database Project www.nrel.gov/lci/database. 2010 (lipiec-październik).
- [7.29] Environmental Expert S.L.: <http://www.environmental-expert.com>. 2010 (lipiec-listopad).
- [7.30] European Environment Agency: <http://sdo.ew.eea.europa.eu>. Kongens Nytorv 6, 1050 Copenhagen K, Denmark. 2010 (lipiec-listopad).
- [7.31] Kang H.Y., Jung J.W., Herrmann C.: Recycling oriented design - a case study on house appliances using the software ATROiD. Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing. Proceedings EcoDesign 2001. Second International symposium on environmentally conscious design and inverse manufacturing. Japonia/Tokyo, 2001.
- [7.32] Mathieux F., Froelich D., Moszkowicz P.: ReSICLED: a new recovery-conscious design method for complex products based on a multicriteria assessment of the recoverability. Journal of Cleaner Production, Vol.16, February 2008, Pages 277-298.
- [7.33] sinum AG, Redingstrasse 6, CH-9000 St. Gallen, Switzerland: www.sinum.com. 2010 (lipiec-listopad).
- [7.34] ecoinvent Centre c/o Empa/Technology&Society Lab (TSL), Lerchenfeldstrasse 5, 9014 St-Gallen, Szwajcaria: <http://www.ecoinvent.org/database>, 2010 (lipiec-listopad).
- [7.35] Techato K., Watts D.J., Chaiprapat S.: Life cycle analysis of retrofitting with high energy efficiency air-conditioner and fluorescent lamp in existing buildings. Energy Policy 2009/37, pp. 318-325.
- [7.36] Institut für Konstruktionswissenschaften der Technischen Universität Wien: www.ecodesign.at/methodik/software, 2010 (lipiec-listopad).
- [7.37] Zabalza Bribián I., Aranda Usóna A., Scarpellini: Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. Building and Environment, 2009/44, Pages 2510-2520.
- [7.38] Ardentea F., Beccalia M., Celluraa M., Mistretta M.: Building energy performance: A LCA case study of kenaf-fibres insulation board. Energy and Buildings, 2008/40, Pages 1-10.
- [7.39] Elsevier B.V.: www.sciencedirect.com/science. 2010 (lipiec-listopad).
- [7.40] Elsevier B.V.: www.scopus.com/home.url. 2010 (lipiec-listopad).

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



- [7.41] Elsevier B.V.: www.scirus.com. 2010 (lipiec-listopad).
- [7.42] Google Inc.: www.google.pl. 2010 (lipiec-listopad).
- [7.43] Menke D.M., Davis G.A., Vigon B.W.: Evaluation of life-cycle assessment tools. Hazardous Waste Branch Environment Canada, 1996.
- [7.44] Ove Arup & Partners Hong Kong Ltd Electrical and Mechanical Services Department: Study on Life Cycle Energy Analysis of Building Construction. Final Report. Consultancy Agreement No. CAO L013, – Consultancy, 2006, p.1-315. www.emsd.gov.hk/emsd/e_download/pee/FinalReport.pdf.
- [7.45] Department of the Environment and Heritage: Environment Australia. Background Report: LCA Tools, Data and Application in the Building and Construction Industry. Australia, 2001 (za [7.44]).
- [7.46] Department of the Environment and Heritage: Environment Australia. Building LCA – Tools description. Australia, 2001 (za [7.44]).
- [7.47] Knapen M.: Comparative Applications: A Comparison of Different Tool Results on Similar Residential and Commercial Building, IEA Annex 31 – Energy-related environmental impact of buildings, 2001 (za [7.44]).
- [7.48] Kowalski Z., Kulczycka J., Góralczyk M.: Ekologiczna ocena cyklu życia procesów wytwórczych (LCA). Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- [7.49] Lewandowska A.: LCA Środowiskowa ocena cyklu życia produktu na przykładzie wybranych typów pomp przemysłowych. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, 2006, str. 1-159.
- [7.50] Kulczycka J.(red): Ekologiczna ocena cyklu życia LCA nową techniką zarządzania środowiskowego. Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków, 2001, str. 1-113.
- [7.51] Szpadt R. (red.): LCA Międzygminna gospodarka odpadami. Zastosowanie oceny cyklu życia w planowaniu gospodarki odpadami komunalnymi. Materiały z konferencji „Międzygminna gospodarka odpadami”, Wydawnictwo PZITS, Wrocław, 2005.
- [7.52] Kulczycka J.: Ocena cyklu życia LCA - metodyka i zastosowanie. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN. Źródło: www.min-pan.krakow.pl/pbs/lca/3.pdf, 2010 (lipiec-listopad).
- [7.53] Boustead Consulting Ltd., Black Cottage, West Grinstead, HORSHAM, West Sussex, UK: www.boustead-consulting.co.uk, 2010 (lipiec-listopad).

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

- [7.54] Wenzel H., Hauschild M.Z., Alting L.: Environmental Assessment of Products. Methodology, tools and case studies in product development. Kluwer Academic Publishers, 2001, p. 1-551.
- [7.55] Keskuskusklaboratorio Oy, Espoo, Finlandia:
- [7.56] European Commission - DG Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub, 2010 (lipiec-listopad).
- [7.57] U.S. Department of Energy, Building Energy Software Tools Directory: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/alpha_list.cfm, 2010 (lipiec-listopad).
- [7.58] PE INTERNATIONAL AG, Leinfelden-Echterdingen, Germany: www.gabi-software.com, 2010 (lipiec-listopad).
- [7.59] PricewaterhouseCoopers/Ecobilan, Crystal Park 63, rue de Villiers 92208 Neuilly-sur-Seine Cedex – France: https://www.ecobilan.com/uk_contacts.php, 2010 (lipiec-listopad).
- [7.60] ifu Hamburg GmbH, Max-Brauer-Allee 50, Hamburg, Germany: <http://www.umberto.de>, 2010 (lipiec-listopad).
- [7.61] Athena Sustainable Materials Institute Merrickville, Ontario, Canada, 629 St. Lawrence St.: <http://www.athenasmi.org>, 2010.
- [7.62] VTT Technical Research Centre of Finland: http://virtual.vtt.fi/virtual/environ/ohjelmat_e.html, 2010 (lipiec-listopad).
- [7.63] National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce: <http://www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm>, 2010 (lipiec-listopad).
- [7.64] IVAM University of Amsterdam, Holandia: http://www.ivam.uva.nl/index.php?id=171&no_cache=1&L=1, 2010 (lipiec-listopad).
- [7.65] IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie (Verein) und IBO GmbH, Alserbachstraße 5/8, Wien, Austria: <http://www.ibo.at/de/ecosoft.htm>, 2010 (lipiec-listopad).
- [7.66] BRE Trust, Anglia i Walia: <http://www.envestv2.bre.co.uk>, 2010 (lipiec-listopad).
- [7.67] IZUBA énergies, Parc technologique et environnemental (Ecosite), Route des salins, Mèze: <http://www.izuba.fr/home>, 2010 (lipiec-listopad).
- [7.68] Stichting Sureac, p/a DGMR, t.a.v. Martin Bijleveld, Arnhem, Holandia: www.greencalc.com, 2010 (lipiec-listopad).
-

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.



-
- [7.69] LEGEP, WEKA MEDIA GmbH & Co. KG, Römerstraße 4, Kissing, Niemcy:
<http://www.legep.de>, 2010 (lipiec-listopad).
- [7.70] Software GmbH, Speyerer Strasse 4, Rheinstetten, Niemcy: www.the-software.de,
2010 (lipiec-listopad).

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

8. SPOSÓB OCENY EFEKTÓW TRUDNO WYMIERNYCH WYKORZYSTANIA ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



8.1. Przykłady efektów trudno wymiernych.

Za efekty trudno wymierne uważa się:

- jakościowe skutki działań o subiektywnym charakterze,
- ilościowe rezultaty przewidywanych lub przeprowadzonych przedsięwzięć, których ocenę charakteryzuje wysoka niepewność.

W aspekcie zwiększonego wykorzystania odnawialnych źródeł energii do trudno wymiernych efektów jakościowych można przykładowo zaliczyć:

- stopień społecznej akceptacji działań,
- ocena jakości usług serwisowych,
- poczucie bezpieczeństwa,
- odczucie warunków komfortu,
- skuteczność działań marketingowych, np. skutki działań pomocniczych oraz efekty ich zaniechania,
- efekty metod kształtowania psychologii społecznej.

Z kolei przykładem trudno wymiernych efektów ilościowych może być:

- niezawodność działania maszyn i urządzeń,
- dostępność nowych (prototypowych) technologii,
- priorytety podziału budżetu rodzinnego,
- prognozy atmosferyczno-klimatyczne,
- warunki dostaw surowców, np. do produkcji biopaliw,
- wartość czasu wolnego.

8.2. Metody oceny efektów trudno wymiernych

Efekty trudno wymierne zwykło się określać z wykorzystaniem inwencyjnych metod eksperckich [8.1, 8.2, 8.4]. Najpopularniejszym i najbardziej skodyfikowanym sposobem oceny jest metoda delficka.

W pierwszym etapie eksperci otrzymują kwestionariusze z określonymi pytaniami, na które pisemnie wyrażają swoją opinię dotyczącą analizowanej oceny. Uzyskane odpowiedzi są analizowane, najczęściej za pomocą metod statystycznych, a następnie przekazywane ekspertom z prośbą o skorygowanie swoich ocen lub uzasadnienie pierwotnie podjętych decyzji. Działania te stanowią konkretny etap funkcjonowania metody. Wynik drugiego etapu ankietyzacji są poddawane analogicznej analizie jak po etapie pierwszym a następnie przekazywane ekspertom do kolejnej weryfikacji wraz z anonimowym uzasadnieniem przyjęcia wartości oczekiwanej. Eksperci rozważają problem w kilku, np. czterech, rundach.

Przy korzystaniu z metody delfickiej wyróżnia się ostatecznie następujące kroki postępowania:

- zdefiniowanie problemu,

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

- wybór grupy ekspertów,
- przygotowanie i rozesłanie ankiet (kwestionariuszy),
- wypełnienie ankiet przez ekspertów,
- analiza odpowiedzi ankietowych,
- ocena zgodności,
- rozesłanie kolejnej ankiety zawierającej wyniki ankiety poprzedniej z ich uzasadnieniem.

Do zalet metody delfickiej zaliczamy [8.4]:

- niezależność opinii,
- anonimowość opinii ekspertów,
- unikanie dominujących osobowości (każda opinia ma taką samą wagę),
- kontrolowane sprzężenie zwrotne,
- idealna, asynchroniczna, grupowa komunikacja,
- statystyczne opracowanie wyników pomiarów,
- wieloetapowość,
- uzgodnienie opinii.

Do wad tej metody zalicza się [8.5]:

- konieczność angażowania dużej liczby osób,
- czasochłonność,
- trudność w doborze odpowiednich osób,
- małe angażowanie ekspertów, jeśli nie są zaznajomieni z problemem.

Do oceny jakościowej efektów wykorzystuje się standaryzację wyników. Polega ona na wartościowaniu ocen, tzn. przypisanie ocenom wartości liczbowej, np. -1 ocenie najgorszej oraz 1 ocenie najlepszej. Z kolei standaryzacje wyników wymiernych przeprowadzana się przez określenie minimalnej i maksymalnej wartości czynnika lub efektu a następnie przypisanie wartości minimalnej liczby -1 oraz maksymalnej +1. W jednym i drugim przypadku wartości pośrednie określa się przez zachowanie zasady proporcjonalności.

Dysponowanie ocenami liczbowymi efektów umożliwia z kolei zastosowanie do ich opracowania metod statycznych.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



BIBLIOGRAFIA ROZDZ. 8

- [8.1] Cieślak M.: Prognozowanie gospodarcze: metody i zastosowanie. Wydawnictwo PWN, Warszawa, 2001.
- [8.2] Martyniak Z.: Wstęp do inwentyki, Wydawnictwo Uczelniane, Kraków, 1997.
- [8.3] [http://mfiles.pl/pl/index.php/Technika delficka. maj 2008](http://mfiles.pl/pl/index.php/Technika_delficka_maj_2008)
- [8.4] [http://pl.wikipedia.org/wiki/Heurystyka.](http://pl.wikipedia.org/wiki/Heurystyka), marzec, 2009.
- [8.5] <http://pl.wikipedia.org/wiki/metodadelficka>, październik, 2010.



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

9. JEDNOKRYTERIALNA OPTIMALIZACJA PRZEDSIĘWZIĘĆ ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

Opracowanie przygotowane przez:

Prof. dr hab. inż. Koziół Joachim

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



9.1. Podstawowe pojęcia z zakresu optymalizacji. Sformułowanie zadania optymalizacyjnego

Sformułowanie zadania optymalizacyjnego polega na określeniu:

- parametrów doskonałości – tzn. zmiennych podlegających optymalizacji,

$$\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n], \quad (9.1)$$

gdzie:

\mathbf{x} – wektor parametrów doskonałości

- funkcji celu – kryterium stanowiącego podstawę optymalizacji, tzn. wielkość ze względu, na którą mają być dobierane wartości parametrów doskonałości

$$FC = F(\mathbf{x}) \rightarrow \text{ekstremum}, \quad (9.2)$$

- ograniczeń, które muszą spełniać parametry doskonałości.

$$g_i(\mathbf{x}) \geq 0 \quad i = 1 \dots I, \quad (9.3)$$

$$h_j(\mathbf{x}) = 0 \quad j = 1 \dots J, \quad (9.4)$$

$$x_k \geq 0 \quad k = 1 \dots n, \quad (9.5)$$

gdzie:

g_i – ograniczenie nierównościowe,

h_j – ograniczenie równościowe.

Rozwiązanie zadania optymalizacyjnego polega na określeniu wektora parametrów doskonałości. Wariantem rozwiązania dopuszczalnego jest wektor, którego elementy spełniają wszystkie ograniczenia zadania optymalizacyjnego.

Rozwiązanie zadania optymalizacyjnego stanowi wariant dopuszczalny, a zarazem najkorzystniejszy ze względu na przyjęte kryterium.

Rozwiązanie zadania optymalizacyjnego jest tym bardziej trudne im większa jest liczba określanych parametrów doskonałości. Można przyjąć, że pracochłonność i energochłonność rozwiązania problemu optymalizacyjnego jest proporcjonalna do kwadratu liczby parametrów doskonałości.

W przypadku optymalizacji jednokryterialnej funkcja celu (kryterium) ma najczęściej charakter ekonomiczny i jest określona przez zysk lub sumaryczny koszt realizacji przedsięwzięcia. Zarówno zysk jak i koszt mogą mieć charakter średnioroczny lub dotyczyć

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

całego okresu realizacji przedsięwzięcia. Parametry doskonałości powinny zapewniać uzyskanie odpowiednio maksymalnej lub minimalnej wartości kryterium.

Ograniczenia mogą mieć charakter równościowy (rów. 9.4) i/lub nierównościowy (rów. 9.3). W pierwszym przypadku ograniczeniem są najczęściej bilanse energii i substancji, w drugim natomiast mogą one być przykładowo określane przez:

- wartości graniczne parametrów doskonałości,
- pozostające do dyspozycji inwestora środki inwestycyjne,
- warunki atmosferyczne,
- dopuszczalne wartości emisji substancji szkodliwych i emisja hałasu,
- zasoby siły roboczej,
- wykresy lokalizacyjne,
- zasoby paliw i surowców,
- względy transportowe
- dostępność maszyn i urządzeń na rynku.

Ograniczenia równościowe odgrywają szczególną rolę w procesie optymalizacji. Mogą one być wykorzystane do zmniejszenia liczny parametrów doskonałości a tym samym do uproszczenia zadania optymalizacyjnego.

Za dodatkową grupę ograniczeń uważa się warunek nieujemnej wartości parametrów doskonałości (rów. 9.5).

9.2. Dekompozycja zadania optymalizacyjnego

Zadanie optymalizacyjne może mieć charakter hierarchiczny polegający na rozwiązaniu zespołu zadań cząstkowych pozostających w określonej zależności funkcjonalnej:

$$FC = F[\varphi(x_1, \dots, x_l), \psi(x_{l+1}, \dots, x_k), x_{k+1}, \dots, x_n] , \quad (9.6)$$

gdzie:

φ, ψ – cząstkowe funkcje celu,

lub charakter jedynie globalny (bez możliwości podziału na zadania cząstkowe) (rów. 9.1).

W przypadku hierarchicznej struktury zadania optymalizacyjnego rozwiązania poszczególnych zadań cząstkowych dotyczą na ogół znacznie mniejszej liczby parametrów doskonałości niż rozwiązania globalne. Jeżeli rozwiązania zadań cząstkowych są tożsame z rozwiązaniem globalnym, to możliwe jest przeprowadzenie dekompozycji zadania globalnego. Prowadzi to do istotnego uproszczenia problemu optymalizacyjnego oraz, co jest równie ważne, do uogólnienia cząstkowych wyników.



9.3. Klasyfikacja zagadnień optymalizacyjnych według cech informacji wejściowych

Dane wejściowe są wykorzystywane do wyznaczenia wartości liczbowej kryteriów i ograniczeń. Można wyróżnić następujące typy informacji wejściowych [9.1]:

- określone przez wartości średnie danych,
- znane są rozkłady statystyczne danych (informacje probabilistyczne),
- występuje uzasadnione domniemanie probabilistycznego charakteru danych, przy nieznanach parametrach charakteryzujących odpowiednie rozkłady statystyczne,
- informacje heurystyczne.

Informacje a) i b) należą do typu zdeterminowanego. Natomiast informacje c) i d) zalicza się do niepewnych.

9.4. Metody rozwiązania zdeterminowanych zadań optymalizacyjnych

9.4.1. Programowanie liniowe

Jeżeli funkcja celu oraz wszystkie ograniczenia nierównościowe są zależnościami liniowymi, to takie zadanie optymalizacyjne wchodzi w zakres programowania liniowego [9.2]. Do rozwiązywania takich zagadnień wykorzystuje się najczęściej biblioteczne programy komputerowe realizujące schemat metody simpleksowej (np. [9.21]).

9.4.2. Programowanie nieliniowe

Jeżeli funkcja celu i/lub co najmniej jedno ograniczenie nierównościowe ma charakter nieliniowy to zadanie optymalizacyjne podlega zasadom programowania nieliniowego.

Do rozwiązania zadań z zakresu programowania nieliniowego stosuje się następujące metody:

- metodę siatki przestrzennej (kompleksowa),
- metodę Monte Carlo,
- metody gradientowe.

Metoda siatki przestrzennej polega na utworzeniu w n -wymiarowej przestrzeni dopuszczalnych rozwiązań (gdzie n -liczba wyznaczonych parametrów) siatki współrzędnych węzłów, które określają rozpatrywane warianty rozwiązań. Dla powyższych wariantów; w pierwszej kolejności, sprawdza się spełnienie ograniczeń a następnie określa wartość funkcji celu. Metodę stosuje się przy małej liczbie parametrów doskonałości.

Za rozwiązanie zadania optymalizacyjnego uważa się „węzeł”, którego współrzędne najkorzystniej spełniają funkcję celu. Metoda siatki przestrzennej może być również wykorzystana do analiz związanych z oceną możliwości wystąpienia ekstremów lokalnych oraz „okolic” wystąpienia ekstremum globalnego (optimum). Metoda siatki przestrzennej jest

często nazywana metodą kompletnej, gdyż polega ona na tworzeniu wariantów rozwiązania na zasadzie kojarzenia każdej wyróżnionej wartości jednego parametru doskonałości z wszystkimi z wyróżnionych wartości pozostałych parametrów.

Zaletą metody jest prosty algorytm obliczeń, wadą natomiast stosunkowo długi czas obliczeń.

Zwiększenie dokładności obliczeń można uzyskać przez ich powtórzenie w okolicy wcześniej wyznaczonego optimum przy siatce przestrzennej o mniejszych odległościach między węzłami (mniejszych oczkach).

W metodzie Monte Carlo [9.1, 9.3] do określenia poszczególnych wariantów rozwiązania zadania optymalizacyjnego wykorzystuje się liczby pseudolosowe z przedziału (0, 1). Liczby takie można uzyskać z generatorów liczb losowych charakteryzujących się stałą wartością gęstości prawdopodobieństwa. Wartość wariantu parametru doskonałości (zmiennej optymalizowanej) oblicza się z zależności:

$$x_{k,l} = x_{k \min} + P \cdot (x_{k \max} - x_{k \min}) , \quad (9.7)$$

gdzie:

$x_{k,l}$ – wartość k-tego parametru w l-tej serii losowania,

$x_{k \min}$, $x_{k \max}$ – minimalna i maksymalna wartość k-tego parametru.

Dla określenia pojedynczego wariantu rozwiązania należy przeprowadzić n losowań. Dokładność przeprowadzonych obliczeń optymalizacyjnych zależy od liczby serii losowań zwykle stosuje się kilka tysięcy serii losowań.

Po wyznaczeniu wylosowanego wariantu rozwiązania należy sprawdzić czy spełnia on wszystkie ograniczenia. W przypadku pozytywnym, określa się odpowiadającą mu wartość funkcji celu. Za optymalny uważa się ten wariant parametrów doskonałości, dla którego uzyskuje się ekstremalną wartość funkcji celu.

Metodę Monte Carlo korzystnie jest stosować w przypadku gdy charakter funkcji celu nie wyklucza wystąpienia ekstremum lokalnego. Dzięki stosowaniu tej metody, podobnie jak w przypadku metody siatki przestrzennej, można określić „okolice” występowania rozwiązania globalnego.

Metoda Monte Carlo jest szczególnie używana w przypadku probabilistycznych informacji wejściowych, ponieważ umożliwia, w stosunkowo prosty sposób, modelowanie ich zachowań zgodnie z założonymi rozkładami odpowiednich danych wejściowych.

Najbardziej rozpowszechnionymi metodami programowania nieliniowego są metody gradientowe. Zasadniczym warunkiem prawidłowego rozważania zadania optymalizacyjnego jest ograniczenie przestrzeni dopuszczalnych rozwiązań do obszaru, w którym występuje wyłącznie ekstremum globalne (optimum) nie występuje natomiast ekstremum lokalne.

Przed przystąpieniem do obliczeń za pomocą metod gradientowych należy wykluczyć wystąpienie ekstremum lokalnego. Proponuje się do tego celu wykorzystać jedną z wyżej omówionych metod.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Metody gradientowe mają charakter krokowy (iteracyjny) polegają one na doborze wartości poszukiwanych parametrów doskonałości w kolejnych krokach, w sposób gwarantujący najbardziej efektywne podążanie ku ekstremum funkcji celu. Efekt taki jest możliwy do uzyskania przy zachowaniu kierunku przemieszczania się punktów określających rozwiązanie zgodnego z wektorem gradientu funkcji celu, określanego względem przyrostów wartości parametrów doskonałości. Kolejne wartości parametrów doskonałości określa się ze wzoru [9.1]:

$$x_{k,m+1} = x_{k,m} + \xi \frac{\Delta(FC)}{\Delta x_k}, \quad (9.8)$$

gdzie:

ξ – mnożnik empiryczny określający przyjętą długość kroku poszukiwań,

$x_{k,m+1}$, $x_{k,m}$ – wartość liczbową k -tego parametru doskonałości w $(m+1)$ oraz m -tym kroku obliczeń,

Δx_k – przyjęty krok różnicowy,

przy czym:

$$\Delta(FC) = (FC)_m - (FC)_{m-1}, \quad (9.9)$$

gdzie:

$(FC)_m$, $(FC)_{m-1}$ – wartość funkcji celu w m -tym i $m+1$ kroku iteracyjnym różnicowych.

Istnieją stosunkowo liczne algorytmy obliczeń przeprowadzonych metodą gradientową: metoda kierunków sprzężonych Davidowa, Fletschera i Powella [9.1, 9.3], Newtona-Raphsona, Greenstadta [9.2] i inne.

9.5. Metoda rozwiązania zadania optymalizacyjnego przy niepewnych informacjach wejściowych

Przy rozwiązywaniu zadań optymalizacyjnych przy niepewnych danych wejściowych proponuje się następujący pięcioetapowy sposób postępowania [9.6, 9.1].:

1. Określenie wariantów danych wejściowych.

Przez wariant danych wejściowych rozumie się zbiór średnich wartości określonych wielkości zdeterminowanych oraz zbiór rozkładów statystycznych pozostałych wielkości o charakterze probabilistycznym.

Zazwyczaj w przeprowadzonych analizach optymalizacyjnych uwzględnia się kilka wariantów danych wejściowych. Poszczególnym wariantem powinno się przypisać

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

prawdopodobieństwo wystąpienia (zaistnienia) zbiory danych wejściowych powinni określać eksperci, najkorzystniej przy wykorzystaniu metody delfickiej lub innych metod heurystycznych.

2. Określenie rozwiązania optymalnego dla każdego z rozpatrywanych wariantów danych wejściowych.

Rozwiązanie optymalne, jak już wcześniej wspomniano, stanowi jeden określony wektor wartości parametrów doskonałości, umożliwiających uzyskanie ekstremalnej wartości funkcji celu. Gdy funkcję celu stanowią koszty realizacji (inwestycyjne i eksploatacyjna) przedsięwzięcia za optymalną uważa się wartość minimalną, zaś w przypadku zysku wartość maksymalną funkcji celu. Każdemu wariantowi danych wejściowych odpowiada rozwiązanie optymalne. Należy zauważyć, że dane wejściowe mają duży wpływ na ekstremalną wartość funkcji celu oraz nieco mniejszy wpływ na wybór optymalnych parametrów.

3. Ocena wartości funkcji celu dla optymalnych rozwiązań przy zmniejszonych wariantach danych wejściowych.

W tym etapie określa się wartości funkcji celu uzyskiwana dla optymalnych rozwiązań dla każdego z rozpatrywanych wariantów danych wejściowych. Najkorzystniejszą wartość funkcji celu uzyskuje oczywiście dla wariantu danych wejściowych, przy których uzyskano analizowane rozwiązanie optymalne.

Przeprowadzone obliczenia pozwalają określić tzw. strategiczną macierz wypłat (tablica 9.1) i strategiczną macierz ryzyka (tablica 9.2). Macierz wypłat zawiera wartości funkcji celu F_{ij} gdzie i – rozwiązanie, j – wariant danych wejściowych). Liczba rozwiązań jest równa liczbie wariantów danych wejściowych. Wartości funkcji celu znajdujące się na przekątnej macierzy wypłat (dla $i=j$) odpowiadają warunkom optymalnym rozwiązań poszczególnych rozpatrywanych wariantach danych wejściowych.

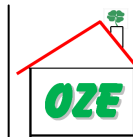
Macierz ryzyka uzyskuje się odejmując od wartości optymalnej funkcji celu dla danego rozwiązania odpowiadającą temu rozwiązaniu wartość przy zmienionym wariacie danych wejściowych:

$$R_{ij} = |F_{ii} - F_{ij}|, \quad (9.10)$$

Łatwo zauważyć, że dla $i=j$ $R_{ij}=0$.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Tablica 9.1. Strategiczna macierz wypłat.

		Wariant danych wejściowych				
		1	...	j	...	n
Rozwiązanie	1	F_{11}	...	F_{1j}	...	F_{1n}
	⋮	⋮		⋮		⋮
	i	F_{i1}	...	F_{ij}	...	F_{in}
	⋮	⋮		⋮		⋮
	n	F_{n1}	...	F_{nj}	...	F_{nn}

Tablica 9.2. Strategiczna macierz ryzyka

		Wariant danych wejściowych				
		1	...	j	...	n
Rozwiązanie	1	0	...	R_{1j}	...	R_{1n}
	⋮	⋮		⋮		⋮
	i	R_{i1}	...	R_{ij}	...	R_{in}
	⋮	⋮		⋮		⋮
	n	R_{n1}	...	R_{nj}	...	R_{nn}

4. Wybór optymalnego rozwiązania lub grupy rozwiązań równoważnych.

Wybór optymalnego rozwiązania lub grupy rozwiązań uważanych za równoważne przeprowadzane są zazwyczaj według różnych kryteriów [9.1]:

- najkorzystniejszej średniej wartości funkcji celu (kryterium Bayesa)

$$\phi_1 = \underset{i}{\text{POZ}} \left(\sum_j P_j F_{ij} \right), \quad (9.11)$$

oraz

$$\sum_j P_j = 1, \quad (9.12)$$

gdzie:

$\underset{i}{\text{POZ}}$ - najkorzystniejsza wartość spośród wszystkich rozwiązań,

P_j – prawdopodobieństwo wystąpienia j -tego wariantu danych wejściowych.

- najkorzystniejszej z najmniej korzystnych wartości funkcji celu (kryterium minimaksowe Walda)

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

$$\phi = Poz_i \left(Neg_j F_{ij} \right), \quad (9.13)$$

gdzie:

Neg_j – najmniej korzystna wartość spośród wszystkich wariantów danych wejściowych

– najkorzystniejsze z wartości skrajnych (kryterium Hurwica):

$$\phi = Poz_i [\lambda Pes_i + (1 - \lambda) Opt_i], \quad (9.14)$$

gdzie:

$$Pes_i = Neg_j F_{ij}, \quad (9.15)$$

$$Opt_i = Poz_j F_{ij}, \quad (9.16)$$

oraz:

λ – współczynnik wagi statystycznej.

– minimum średniego ryzyka

$$\phi = \min_i \sum_j P_j R_{ij}, \quad (9.17)$$

– minimum maksymalnego ryzyka

$$\phi = \min_i \left(\max_j R_{ij} \right), \quad (9.18)$$

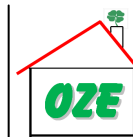
Według [9.6] na największe zaufanie zasługują kryteria ϕ_1 , ϕ_4 i ϕ_5 .

5. Analiza uzyskanych wyników.

Najczęściej analiza przeprowadzona w poprzednim etapie nie wskazuje jednoznacznie, które z analizowanych rozwiązań należy uznać za optymalne. Wynikiem etapu jest określenie grupy rozwiązań równoważnych ze względu na przyjęte kryterium. Wybór ostatecznego rozwiązania powinien ustalać inwestor przy uwzględnieniu okoliczności trudno wymiernych.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



BIBLIOGRAFIA ROZDZ. 9

- [9.1] Szargut J.: Analiza termodynamiczna i ekonomiczna w energetyce przemysłowej. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1983.
- [9.2] Krupiczka R.: Optymalizacja procesowa. Skrypt Politechniki Śląskiej nr 887, Gliwice 1979.
- [9.3] Banasiak K.: Optymalizacja wykorzystania entalpii fizycznej spalin podprocesowych do celów ziębno grzejnych przy uwzględnieniu aspektów probabilistycznych. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 2006.
- [9.4] Czubała J.: Wpływ strategii paliwowego zasilania kotłów na efektywność handlu uprawnieniami do emisji CO₂ dla wybranej elektrociepłowni przemysłowej. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 2008.
- [9.5] Findeisen W., Szymanowski J., Wierzbicki A.: Metody obliczeniowe optymalizacji, Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1973.
- [9.6] Mielentiew Ł. A.: Optimizacja rozwitja i uprawlenia bolszych sistem eniergetiki. Wyższa Szkoła, Moskwa 1976.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

10. WIELOKRYTERIALNA OPTYMALIZACJA WYKORZYSTANIA ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

Opracowanie przygotowane przez:

Mgr inż. Mendecka Barbara

Mgr inż. Piłat Magdalena

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



10.1. Wstęp - wielokryterialna metoda podejmowania decyzji MCDM (multicriteria decision making methods)

Wykorzystanie analizy wielokryterialnej stanowi jedną z coraz częściej stosowanych technik przy planowaniu zużycia energii. Tradycyjne metody jednokryterialne są ukierunkowane na maksymalizację zysku, bądź minimalizację kosztów. W latach siedemdziesiątych modelowanie gospodarowaniem energią skupiało się na wykorzystaniu relacji ekonomiczno- ekologicznych [10.12] dotyczy to zwłaszcza wykorzystania odnawialnych źródeł energii.

Wzrost troski o środowisko w latach osiemdziesiątych, miał znaczny wpływ na sposób podejmowania decyzji. Zauważono konieczność uwzględniania współzależności pomiędzy środowiskiem i czynnikami społecznymi przy planowaniu podaży i popytu na energii. Konsekwencją tego był wzrost zainteresowania metodami wielokryterialnymi.

Wieloobiektowe liniowe programowanie stanowi kolejną metodę wykorzystywaną przy badaniach relacji pomiędzy parametrami środowiskowymi i ekonomicznymi. Pomaga ono w doborze kompromisowego rozwiązania, popularnego w latach siedemdziesiątych, planowania wykorzystania paliw konwencjonalnych [10.28].

W roku 1973, czyli po kryzysie naftowym, w planowaniu energii zaczęto zwracać uwagę na oszczędność paliw i ich substytucję. Rozpoczęła się promocja wykorzystania odnawialnych źródeł energii, które są wolne od zanieczyszczeń. Stanowią one również w wielu przypadkach dobry substytut paliw konwencjonalnych. W tym czasie znacznie wzrosła świadomość możliwości wyczerpania się ze złóż paliw konwencjonalnych, oraz barier rozwoju technologii bazujących na wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii. Przeprowadzone wtedy badania pozwoliły zidentyfikować warunki brzegowe związane z możliwościami wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Powstała świadomość możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii, która powinna powodować zmiany w polityce energetycznej. Zmniejszenie eksploatacji nieodnawialnych źródeł energii, w związku z realnym widmem ich wyczerpania powoduje rozwój, kosztem nieraz drogich, technologii bazujących na wykorzystaniu energii odnawialnej.

Ważną rolę stanowią decydenci, gdyż ich wiedza i doświadczenie stanowi podstawę prowadzących do podejmowania decydujących rozstrzygnięć. Metody doboru grup podejmowania decyzji są pierwszym stopniem działania w implementacji wyników analiz decyzyjnych do rzeczywistych procesów [10.1].

Przy podejmowaniu decyzji wymagane jest uwzględnienie i wybór kryteriów ilościowych (policzalnych) i jakościowych (niepoliczalnych). Wyznaczone cele często nie są porównywalne, w związku z czym rozwiązanie zależy od preferencji podejmującego decyzje i musi mieć charakter kompromisowy. Wskazane jest, aby zespół decyzyjny grupy osób o różnych punktach widzenia, co powinno umożliwić uzyskanie wspomnianego kompromisowego rozwiązania.

Aplikacja MCDM zawiera przykładowo takie obszary jak: zintegrowany system przemysłowy, rozwój inwestycji w technologie, pogoda i zarządzanie rolnictwem itp.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



10.2. Charakterystyka procesu optymalizacyjnego

Projekty energetyczne uwzględniające wykorzystanie odnawialnych źródeł energii są złożone dlatego w planowaniu zakresu i ocenie wyboru źródła energii ocena ekonomiczna nie powinna być jedynym czynnikiem, który należy brać pod uwagę. Analiza wielokryterialna umożliwia uwzględnienie innych ważnych czynników, które są kluczowe w podejmowaniu decyzji, m.in. czynników technicznych, socjologicznych, ekologicznych [10.6-10.28].

10.2.1. Kryteria optymalizacyjne

Kryteria brane pod uwagę przy analizie problemów energetycznych z uwzględnieniem odnawialnych źródeł energii powinny być dobierane indywidualnie do każdego problemu i grupy decydentów. Każdy problem powinien być rozpatrywany w skali lokalnej, a nie globalnej [10.2].

10.2.2. Ograniczenia

Ograniczenia w wielokryterialnym procesie optymalizacyjnym wynikają głównie z założeń oraz właściwości fizycznych wielkości. Jednym z głównych ograniczeń jest nieujemna wartość energii dla poszczególnych zmiennych decyzyjnych [10.2] oraz bilans energii.

10.3. Metodologia badań wielokryterialnych

10.3.1. Model sytuacji decyzyjnej wykorzystania OZE

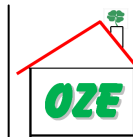
Sytuacja decyzyjna dotycząca wykorzystania odnawialnych źródeł energii przez użytkownika energii wymaga przede wszystkim określenia zbioru jego potrzeb energetycznych. Kolejnym krokiem jest zidentyfikowanie potencjalnych dróg zaspokojenia tych potrzeb tj. wszelkich dostępnych lokalnie odnawialnych źródeł energii. Każda potrzeba energetyczna obiektu może być zaspokojona przez dowolną liczbę źródeł, z wykorzystaniem dostępnych dla danego źródła technologii.

Model procesu decyzyjnego posiada następujące wspólne elementy składowe [10.3]:

- obecność reprezentatywnego podmiotu podejmującego decyzję (np. inwestorów, odbiorców lub grup odbiorców energii stojących przed wyborem sposobu zaopatrzenia w energię),
- zbiór stanów otoczenia zewnętrznego mający wpływ na efekt decyzji – kryteria optymalizacyjne,

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



- zbiór funkcji celu,
- niepewność stanu otoczenia zewnętrznego.

Zmienne wejściowe modelu użytkownika energii są określane w zależności od potrzeb i preferencji grup decydentów (deweloperzy, właściciele domków jednorodzinnych, jednostki administracyjne itp.) i stanowią zbiór kryteriów do analizy wielokryterialnej.

10.3.2. Metoda hierarchicznej analizy problemu AHP (Analytical Hierarchy Process)

Metoda została opracowana przez Thomasa Satty'ego [10.4, 10.5]. Służy do wspomagania wyboru wariantów rozwiązań. Ocena wariantów stanowi wstępną fazę przed podejmowaniem decyzji. Ma ona charakter oceny diagnostycznej lub porównawczej.

Metoda AHP jako metoda wielokryterialna jest oparta na kompensacyjnej strategii modelowania preferencji przy założeniu porównywalności uzyskiwanych efektów. Uwzględnienie preferencji oceniającego stanowi istotę podejścia wielokryterialnego. Preferencje wynikają z subiektywnych ocen dokonywanych przez człowieka, w odróżnieniu od pomiarów mających charakter obiektywny. Metoda AHP uwzględnia specyfikę psychologicznych procesów wartościowania, mających przede wszystkim charakter relacyjny i hierarchiczny.

Modelowanie za pomocą hierarchicznej analizy problemu jest przydatne szczególnie wtedy, gdy nie jest znana zależność funkcyjna między wariantem rozwiązania, a przyjętym kryterium, natomiast możliwy jest do oszacowania skutek przyjętego rozwiązania. Doświadczenie oceniającego stanowi tu główne źródło ocen, które mają charakter subiektywny.

Metoda AHP wykazuje swoją przydatność szczególnie w sytuacjach kiedy [10.4]:

- występuje hierarchia kryteriów oceny, reprezentujących różny poziom szczegółowości, związany z hierarchią celów lub oczekiwanych korzyści,
- występuje pełna porównywalność wariantów,
- większość kryteriów oceny wariantów nie ma charakteru ilościowego lecz jakościowy i subiektywny.

Metoda AHP bazuje na twierdzeniu, że osądy człowieka mają zawsze charakter relatywny, jego aktualnej roli i wyznawanym systemie wartości. W rezultacie otrzymuje się sumę różnych spojrzeń na problem decyzyjny (przedmiot oceny lub wartościowania). Przejawiają się one w różnych wagach istotności częściowych użyteczności poszczególnych wariantów a więc i kryteriów oceny. Warianty decyzyjne podlegają analizie w ramach oceny porównawczej lub diagnostycznej.

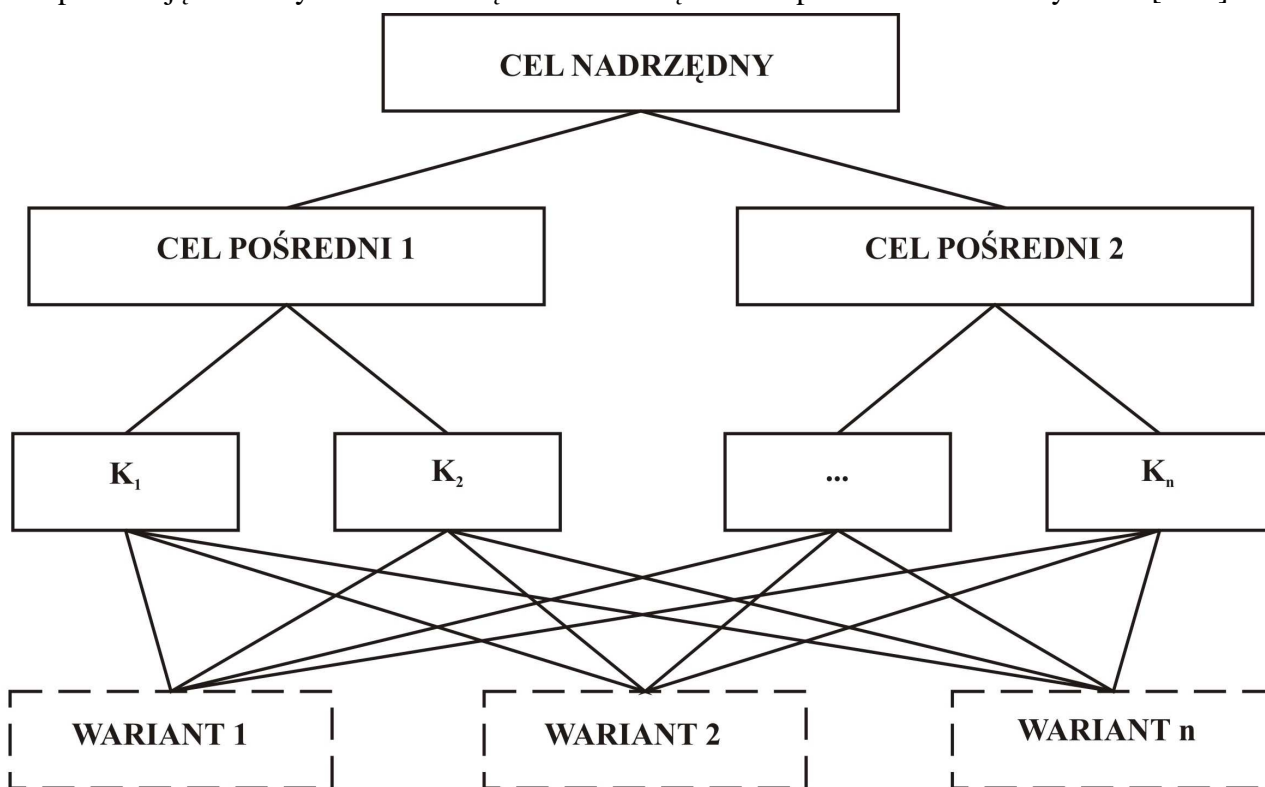
Przy analizie procesu decyzyjnego metodą AHP rozróżnia się następujące fazy [10.3]. Pierwsza faza polega na opracowaniu hierarchicznej struktury problemu. Na najwyższym poziomie hierarchii znajduje się cel nadrzędny (globalny), a na poziomie niższym – cele częściowe (alternatywne) prowadzące do niego. Poziomy pośrednie zawierające zadania częściowe są rozwiązywane z uwagi na kryteria lokalne. Liczba poziomów pośrednich zależy

od złożoności problemu i przyjętego przez decydenta/analityka modelu problemu decyzyjnego. Drugi z kolei etap polega na określeniu skali ocen w celu wzajemnego porównania kryteriów wyboru (preferencji globalnych) oraz rozważanych wariantów (preferencji lokalnych). Wymaga to dokonania przez oceniającego (decydenta) serii porównań rozwiązań zadań z poszczególnych poziomów modelu hierarchicznego, ze względu na kryterium zadania stanowiącego poziom wyższy.

Metodę AHP realizuje się w czterech następujących krokach[10.4, 10.5]:

1. budowie modelu hierarchicznego, polegającego na dekompozycji problemu decyzyjnego i budowie hierarchii czynników (kryteriów) wpływających na rozwiązanie problemu,
2. ocenie przez porównania parami kryteriów oraz wariantów rozwiązań, przez zastosowanie względnej skali dominacji,
3. wyznaczeniu preferencji globalnych i lokalnych, polegających na określeniu wzajemnych priorytetów (istotności) kryteriów i wariantów rozwiązań przez obliczenia skutków ich stosowania za pomocą arkusza kalkulacyjnego (Excel),
4. klasyfikację wariantów rozwiązań przez ich uporządkowanie z uwzględnieniem ich udziału w realizacji celu nadrzędnego.

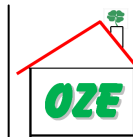
Podstawą metody AHP jest modelowanie graficzne hierarchii celów w postaci drzewa hierarchicznego, co pozwala opisać strukturę decyzyjną problemu. Realizacja celu głównego przez każdy z wariantów wynika ze spełnienia celów pośrednich, wyrażonych przez odpowiadające im kryteria. Strukturę hierarchiczną zadania przedstawiono na Rys.10.1.[10.4]



Rys. 10.1. Struktura hierarchiczna zadania w metodzie AHP.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Do oceny bezpieczeństwa złożonego obiektu technicznego wystarczy przyjęcie hierarchicznego modelu o podstawowej strukturze, składającej się najwyżej z 4 poziomów:

- celu nadrzędnego,
- czynników głównych,
- czynników cząstkowych,
- wariantów rozwiązań.

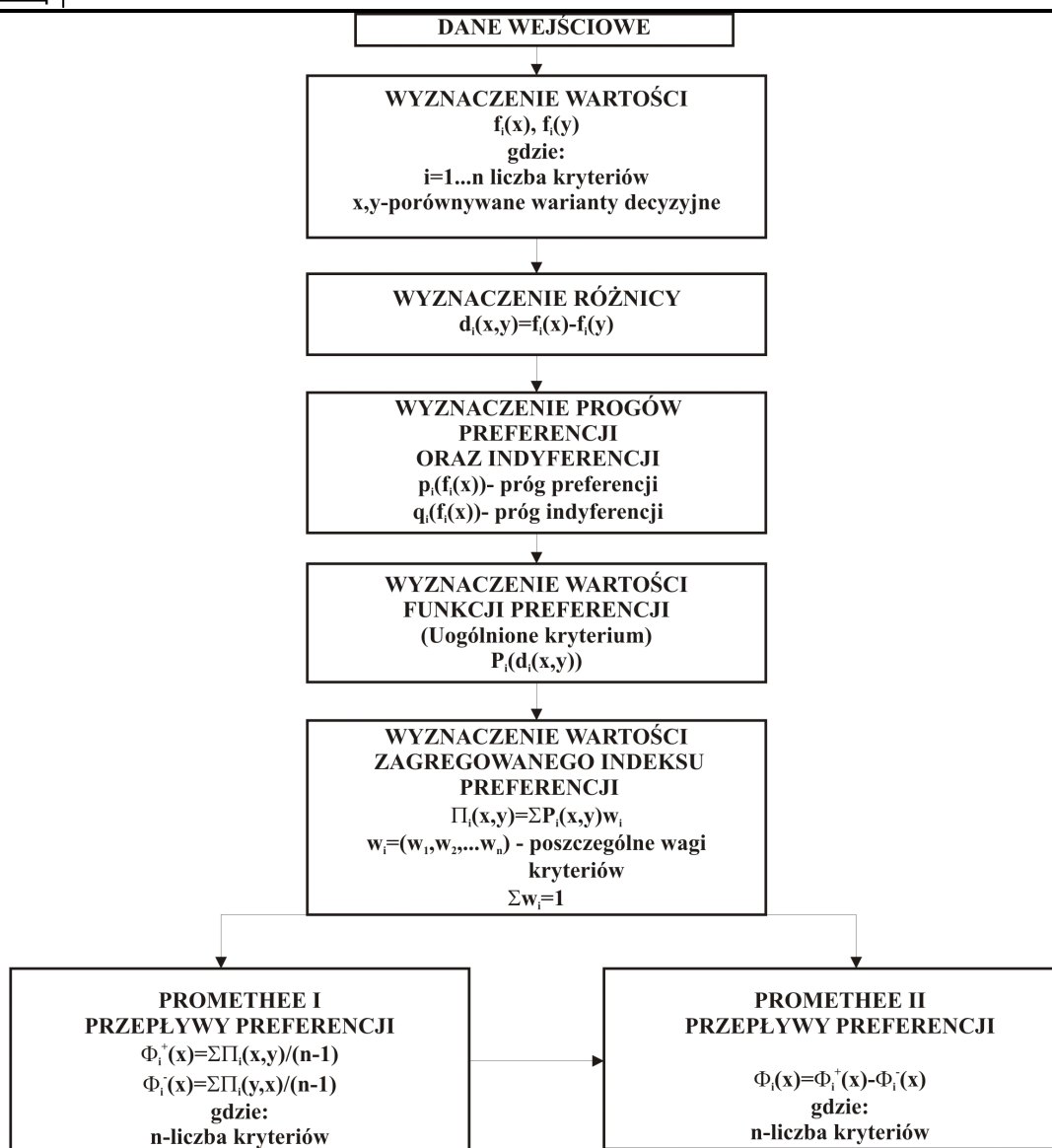
Struktura hierarchiczna, w ocenie rozważanych wariantów, stanowi subiektywną ocenę decydenta użyteczności cząstkowych wymagań, grup wymagań i wyłonionych z nich kryteriów. Przyczynia się ona do realizacji odpowiedniej funkcji celu, znajdujący się na samym szczycie drzewa hierarchicznego.

10.3.3. Metoda Promethee (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation)

Metoda PROMETHEE należy do grupy metod dyskretnej optymalizacji wielokryterialnej [10.1]. Istotą tej metody jest przeprowadzenie wielokryterialnego rankingu. Postępowanie w metodzie PROMETHEE można ująć w sposób przedstawiony na rysunku 10.2:

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Rys.10.2. Schemat blokowy metody Promethee.

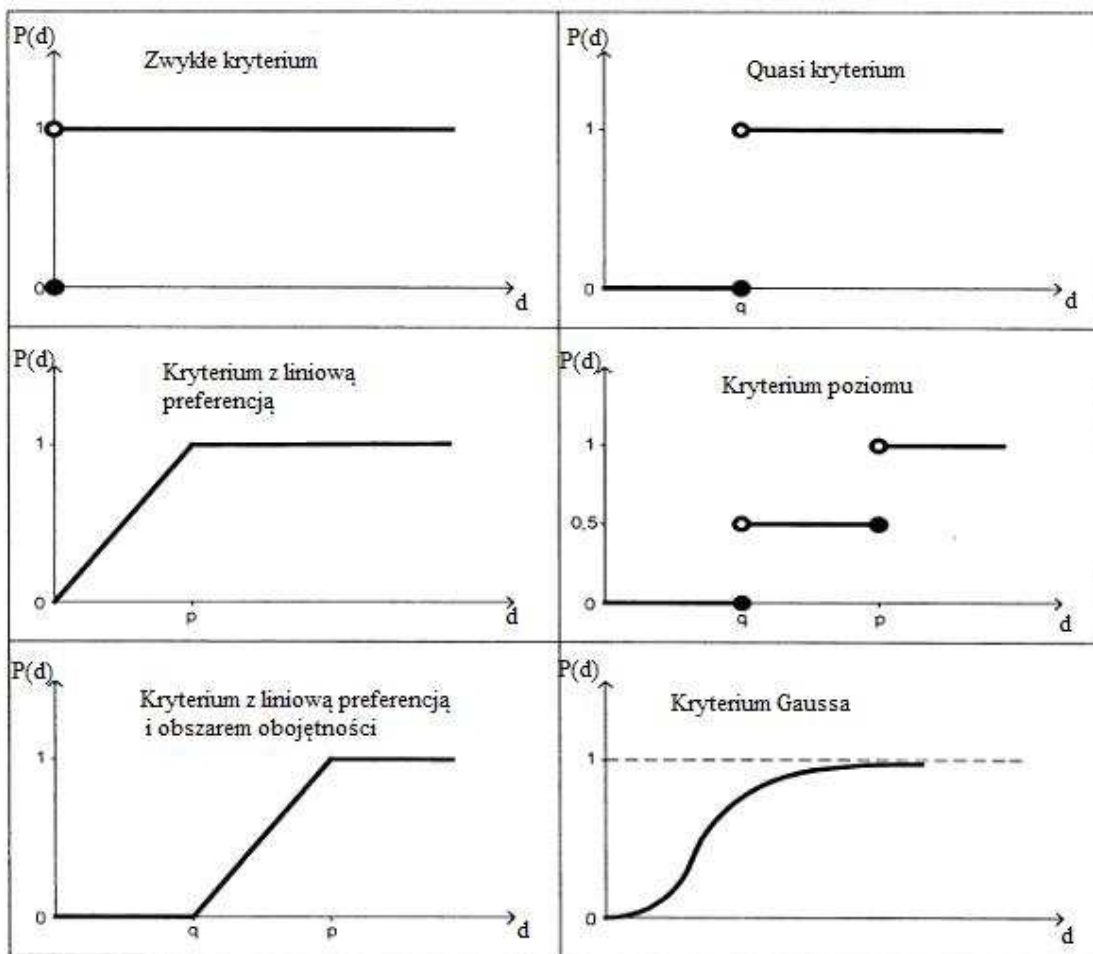
Pierwszym etapem obliczeń w metodzie PROMETHEE jest wyznaczenie wartości funkcji preferencji, które przeprowadza się dla wszystkich par wariantów rozwiązań ze względu na każde kryterium.

W metodzie PROMETHEE preferencje decydenta określane są na podstawie uzyskanej różnicy ocen poszczególnych wariantów decyzyjnych – $d_i(x,y)$. [10.1]. Funkcja preferencji przyjmuje wartości z przedziału od 0 do 1 w zależności od uzyskanego wyniku różnicy.

W aspekcie praktycznym zastosowania metody PROMETHEE wystarczający jest wybór jednego z sześciu uogólnionych kryteriów, reprezentujących funkcję preferencji (Rys.10.3.). Uogólnione kryteria pozwalają na jednoczesne porównywanie par wariantów ze względu na wszystkie kryteria.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Rys.10.3. Uogólnione kryteria metody PROMETHEE [10.1, 10.5].

Kolejnym etapem jest wyznaczenie indywidualnych indeksów preferencji dla wszystkich par obiektów w każdym z kryteriów, czyli tzw. normalizacja wartości funkcji preferencji, które są podobne jak wartości funkcji preferencji wyliczane dla każdej pary wariantów rozwiązań x, y .

Wartości indeksów preferencji pozwalają na wyznaczenie tzw. przepływów preferencji (wyjścia, wejścia i netto) dla każdego z wariantów. Przepływ preferencji wyjścia informuje o wielkości dominacji poszczególnego wariantu nad wszystkimi innymi, natomiast przepływ preferencji wejścia określa wielkość dominacji wszystkich pozostałych wariantów nad aktualnie rozpatrywanym. Przepływ preferencji netto stanowi sumę przepływów wejścia i wyjścia. Uzyskane wyniki są przedstawione w postaci rankingu, a rozwiązanie optymalne charakteryzuje się najwyższą wartością przepływu preferencji netto.

Metoda PROMETHEE najczęściej stosowana jest w rozwiązywaniu zagadnień związanych z wyborem optymalnego wariantu zaopatrzenia w energię.

10.3.4. Metody ELECTRE

W metodzie rozpatrywany jest zbiór A złożony z n decyzyjnych wariantów rozwiązań, oceniany ze względu na k maksymalizowanych kryteriów.

Przy porównywaniu dwóch wariantów rozwiązań mogą wystąpić między nimi relacje równoważności, preferencji słabej, preferencji silnej oraz nieporównywalności. Każdemu kryterium decydent przypisuje dodatnią wagę w_k , odzwierciedlającą jego ważność. Przyjmuje się, że wagi te sumują się do jedności [10.1, 10.5].

Metoda ELECTRE I

Posiadając dane dwa warianty decyzyjne x oraz y , ustalane jest, czy ze względu na kryterium f_k , wariant x oceniany jest nie gorzej niż wariant y . Obliczamy w tym celu wskaźnik przewyższania:

$$\varphi_i(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{gdy } f_i(x) \geq f_i(y) \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}, \quad (10.1)$$

Kolejnym elementem jest obliczenie współczynnika zgodności $c(x, y)$. Współczynnik zgodności stanowi stopień przewagi wariantu x nad wariantem y , rozumiany jako suma wag tych kryteriów, dla których wartości dla wariantu x są nie mniejsze niż dla wariantu y .

$$c(x, y) = \sum_{i=1}^k w_i \varphi_i(x, y), \quad (10.2)$$

Warunek zgodności spełniony jest wówczas, gdy współczynnik zgodności jest nie mniejszy niż wartość podanego przez decydenta progu zgodności s . Jeżeli para wariantów x oraz y spełnia warunek zgodności, dodatkowo należy sprawdzić czy spełniony jest warunek braku zgodności. W rezultacie analiza sprowadza się wyeliminowania sytuacji w której spełniony jest warunek zgodności lecz przynajmniej jedno z kryteriów przeważającego wariantu x ma wartość niekorzystną. Znalezienie wcześniej przytoczonego przykładu możliwe jest dzięki zastosowaniu progu weta. Próg ten zadawany jest przez osobę decydującą, czyli zależy od jego subiektywnej oceny.

Metoda ELECTRE I składa się z 4 etapów [10.1, 10.5] :

1. Wyznaczenie wszystkich par wariantów decyzyjnych, spełniających warunek zgodności na zadanym przez decydenta poziomie s . Zbiór ten nazywany jest zbiorem zgodności, oznaczany jako C_s .
2. Znalezienie wśród nich tych par, dla których należy zastosować zasadę weta. Zbiór tej nazywany jest zbiorem niezgodności i oznaczany jako D_v .

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



3. Określenie relacji przewyższania $s(s,v)$ jako zbioru tych par wariantów decyzyjnych, które spełniają warunek zgodności i jednocześnie spełniają warunek braku zgodności czyli:

$$S(s, v) = C_s \cap \bar{D}_v, \quad (10.3)$$

\bar{D}_v - uzupełnienie zbioru D_v do całej przestrzeni.

4. Konstrukcję grafu zależności między wariantami.

Metoda ELECTRE III

Metoda ELECTRE III jest jedną z najczęściej stosowanych technik porządkowania zbioru wariantów decyzyjnych. Wykorzystuje się w niej koncepcja pseudokryterium, progów weta oraz współczynniki wagowe. Pierwszym etapem rozwiązania problemu jest obliczanie wartości współczynników zgodności i wiarygodności dla każdej pary wariantów decyzyjnych. Macierz wskaźników wiarygodności może być wykorzystana do wyznaczenia dwóch porządków całkowitych.

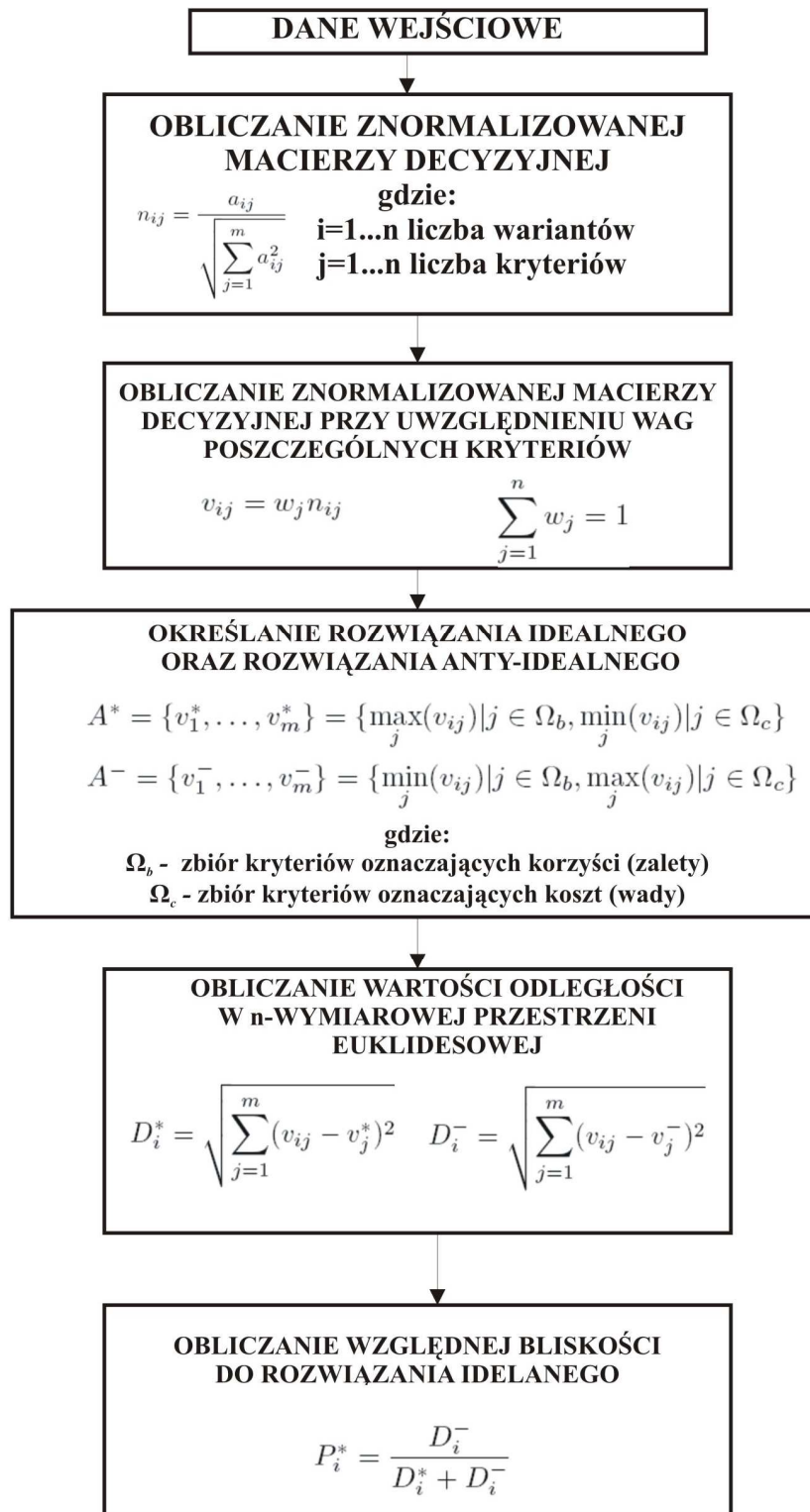
10.3.5. Inne metody wielokryterialne

Metoda Topsis (The Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions)

Metoda TOPSIS stanowi alternatywę dla metody ELECTRE. w swoich założeniach polega na porównaniu wektora wartości kryteriów decyzyjnych dla danego obiektu z wektorami rozwiązania idealnego oraz negatywnie idealnego TOPSIS [10.1].

Aby możliwa była ocena i porównanie poszczególnych wariantów ze sobą, należy zmierzyć odległość pomiędzy wektorami wartości oraz idealnym i anty-idealnym wyznaczonym dla rozpatrywanego wariantu w tzw. przestrzeni euklidesowej.

Ranking wariantów alternatywnych tworzony jest na podstawie ich podobieństwa. Najlepszym z wariantów jest ten, dla którego jego wektor wartości ma jednocześnie najmniejszą odległość od wektora idealnego i największą od wektora negatywnie idealnego. Schemat blokowy obliczeń procedury TOPSIS przedstawiono na rysunku 10.4.



Rys. 10.4 Schemat blokowy metody TOPSIS.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Metoda programowania kompromisowego CP (Compromise Programming)

Wybór optymalnego wariantu rozwiązania ze zbioru rozwiązań dopuszczalnych jest przeprowadzany w oparciu o najbliższa „odległość” od rozwiązania idealnego. Dystans jest reprezentowany przez wartość następującej funkcji:

$$L_p(a) = \sum_{j=1}^j w_j^p |f_j^* - f(a)| / |M_j - m_j|, \quad (10.4)$$

gdzie:

$L_p(a)$ – odległość alternatywy a ,

$f(a)$ – wartość kryterium j dla alternatywy a ,

M_j – maksymalna (idealna) wartość kryterium j w zbiorze A ,

m_j – minimalna (najgorsza) wartość kryterium j w zbiorze A ,

f_j^* – idealna wartość kryterium j ,

w_j – waga kryterium j .

Metoda wielo-atrybutowej teorii użyteczności MAUT (Multi-Attribute Utility Theory)

W teorii tej brane są pod uwagę preferencje rozwiązania wynikające z funkcji użyteczności definiowanej przez zespół cech jakościowych. Funkcja użyteczności może być pomniejszana, rozdzielona lub zwielokrotniona, przy uwzględnieniu użyteczności poszczególnych cech jakościowych. Zwielokrotniona forma równania na wartość użyteczności ma postać:

$$1 + k_u (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \prod_{j=1}^n (1 + k_j u_j(x_j)), \quad (10.5)$$

gdzie:

j - indeks cech jakościowej,

k – stała skalująca (większa lub równa -1),

k_j – stała skalująca dla cechy j ,

$u(\cdot)$ – ogólny operator funkcji użyteczności,

$u(j)$ – operator funkcji użyteczności dla każdego atrybutu.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

BIBLIOGRAFIA ROZDZ. 10

- [10.1] Trzaskalik T: Wprowadzenie do badań operacyjnych, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2003
- [10.2] Bewszko T: Wielokryterialna analiza zasilania w energię odbiorcy komunalno-bytowego, Rozprawa doktorska, Wydział Eii Pol. Rz., Rzeszów 2003
- [10.3] Jankowski A: Model środowiskowo-energetyczny prognozowania preferencji dla odbiorców rozwiązań zaopatrzenia w ciepło, Rozprawa doktorska, Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, Katowice 2007
- [10.4] Krzysztofowicz J: Opracowanie systemu informatycznego stanu zdrowia populacji ludzi na podstawie obiektowej bazy danych, Praca dyplomowa magisterska, Wydział IMiI Pol. Cz., Częstochowa 2003
- [10.5] Trzaskalik T: Metody rankingowe w wielokryterialnym podejmowaniu decyzji, Raport techniczny 07/2009, Kraków, 2009
- [10.6] Cengiz Kahraman, Ihsan Kaya, Selcuk Cebi: A comparative analysis for multiattribute selection among renewable energy alternatives using fuzzy axiomatic design and fuzzy analytic hierarchy process, *Energy* 34 (2009) 1603–1616
- [10.7] Fausto Cavallaro: A comparative assessment of thin film photovoltaic production processes using the ELECTRE III method, *Energy Policy* 38 (2010) 463–474
- [10.8] Jiang-Jiang Wang, You-Yin Jing, Chun-Fa Zhang, Guo-Hua Shi, Xu-Tao Zhang: A fuzzy multi-criteria decision-making model for trigeneration system, *Energy Policy* 36 (2008) 3823–3832
- [10.9] Enrico Fabrizio, Vincenzo Corrado, Marco Filippi: A model to design and optimize multi-energy systems in buildings at the design concept stage, *Renewable Energy*
- [10.10] C. Dinca, A. Badea, P. Rousseaux and T. Apostol: A multi-criteria approach to evaluate the natural gas energy systems, *Energy Policy* 35 (2007), pp. 5754–5765
- [10.11] Fausto Cavallaro, Luigi Ciriaolob: A multicriteria approach to evaluate wind energy plants on an Italian island, *Energy Policy* 33 (2005) 235–244
- [10.12] S.D. Pohekar, M. Ramachandran: Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 8 (2004) 365–381
- [10.13] Agis Papadopoulos, Avraam Karagiannidis: Application of the multi-criteria analysis method Electre III for the optimisation of decentralised energy systems, *Omega* 36 (2008) 766 – 776
- [10.14] M.G. Goumas, V.A. Lygerou, L.E. Papayannakis: Computational methods for planning and evaluating geothermal energy projects, *Energy Policy* 27 (1999) 147–154
- [10.15] M. Beccali, M. Cellura, M. Mistretta: Decision-making in energy planning. Application of the Electre method at regional level for the diffusion of renewable energy technology, *Renewable Energy* 28 (2003) 2063–2087
- [10.16] Zheng GZ (Zheng, Guozhong), Jing YY (Jing, Youyin), Huang HX (Huang, Hongxia), Shi GH (Shi, Guohua), Zhang XT (Zhang, Xutao): Developing a fuzzy

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



- analytic hierarchical process model for building energy conservation assessment, *Renewable Energy* 2010, Vol. 35 str. 78-87
- [10.17] Mousa s. Mohsen : Evaluation of domestic solar water heating system in Jordan using analytic hierarchy process, *Energy Conrrrs. Mgntt* Vol. 38. No. 18, pp. 181~1822. 1997
- [10.18] Jonathan Burtonb, Klaus Hubaceka: Is small beautiful? A multicriteria assessment of small-scale energy technology applications in local governments, *Energy Policy* 35 (2007) 6402–6412
- [10.19] Naim H. Afgan, Maria G. Carvalho: Multi-criteria assessment of new and renewable energy power plants, *European Journal of Operational Research* 182 (2007) 844–855
- [10.20] Haris Ch. Doukas, Botsikas M. Andreas, John E. Psarras: Multi-criteria decision aid for the formulation of sustainable technological energy priorities using linguistic variables
- [10.21] D. Diakoulaki , F. Karangelis: Multi-criteria decision analysis and cost–benefit analysis of alternative scenarios for the power generation sector in Greece, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11 (2007) 716–727
- [10.22] P.A. Pilavachi, C.P. Rouppeas, S. Minett and N.H. Afgan: Multi-criteria evaluation for CHP system options, *Energy Conversion and Management* 47 (2006), pp. 3519–3529
- [10.23] Petros A. Pilavachi a,* , Stilianos D. Stephanidis a, Vasilios A. Pappas a, Naim H. Afgan b: Multi-criteria evaluation of hydrogen and natural gas fuelled power plant technologies, *Applied Thermal Engineering* 29 (2009) 2228–2234
- [10.24] Athanasios I. Chatzimouratidis, Petros A. Pilavachi: Multicriteria evaluation of power plants impact on the living standard, *Energy Policy* 36 (2008) 1074–1089
- [10.25] K. Alanne, A. Salo, A. Saari and S.-I. Gustafsson: Multi-criteria evaluation of residential energy supply systems, *Energy and Buildings* 39 (2007), pp. 1218–1226
- [10.26] N. Mladineo, J. Margeta, J.P. Brans and B. Mareschal: Multicriteria ranking of alternative locations for small scale hydro plants, *European Journal of Operational Research* 31 (1987), pp. 215–222
- [10.27] Bilal A. Akash a, Rustom Mamlook b, Mousa S. Mohsen a: Multi-criteria selection of electric power plants using analytical hierarchy process, *Electric Power Systems Research* 52 (1999) 29–35
- [10.28] D.A. Haralambopoulos and H. Polatidis: Renewable energy projects: structuring a multi-criteria group decision-making framework, *Renewable Energy* 28 (2003), pp. 961–973



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

11. MODELOWANIE PROCESÓW CIEPLNO-PRZEPEŁYWOWYCH W REJONIE RUROWYCH GRUNTOWYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA ZESPOŁÓW SPRĘŻARKOWYCH PAROWYCH POMP CIEPŁA

Opracowanie przygotowane przez:

Prof. dr hab. inż. Składzień Jan

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



11.1. Wstęp

Pompy grzejne (pompy ciepła) są coraz powszechniej stosowane, głównie w niektórych krajach europejskich – Szwajcarii, Niemczech, Francji, Szwecji i Norwegii, a także w USA i w Japonii. Urządzenia te instaluje się przy tym zarówno w regionach o wyższych, jak i o niższych niż u nas średnich temperaturach otoczenia w czasie sezonu grzewczego, np. we wspomnianych krajach skandynawskich. W warunkach polskich pompy ciepła, których na świecie działa już ponad 60 milionów [11.1, 11.2], są jednak nadal stosowane dość sporadycznie. O ich wykorzystaniu w polskich warunkach decydują na ogół względy poza merytoryczne, czyli nie techniczno – ekonomiczne, ale np. kwestie prestiżowe lub możliwość skorzystania z określonych dotacji.

Do celów grzewczych o charakterze komunalnym, zarówno w odniesieniu do zespołu budynków mieszkalnych, jak i pojedynczych domów jednorodzinnych, mogą być stosowane pompy grzejne sprężarkowe parowe oraz pompy grzejne absorpcyjne. Te drugie mają praktyczny sens tylko w przypadku, gdy dolnym źródłem ciepła są np. niskotemperaturowe wody termalne o temperaturze rzędu 30°C, jak to ma miejsce w instalacjach grzewczych Pyrzyce lub Uniejowa [11.3, 11.4]. W takich warunkach możliwe jest wykorzystanie w pompach grzewczych jako czynnika roboczego wodnego roztworu bromku litu. Inna sytuacja występuje w przypadku pomp grzewczych sprężarkowych parowych (**PGSP**), gdzie dolnym źródłem ciepła może być powietrze (choć to trudne do realizacji w naszych warunkach klimatycznych), grunt, niezamarzające zbiorniki i ciekłe wodne, a nawet wody morskie, jak w Sztokholmie.

Przedmiotem niniejszego opracowania są metody matematyczne modelowania procesów ciepło – przepływowych w układach gruntowych wymienników ciepła (**GWC**). Wymienniki takie wymagają na ogół relatywnie dużych finansowych nakładów inwestycyjnych i dlatego mają one sens tylko gdy zespół sprężarkowej parowej pompy grzewczej zastępuje system ogrzewania elektrycznego i gdy koszt elektryczności jest odpowiednio duży. Jak już wspomniano, w warunkach polskich pompy grzejne SP z wymiennikami gruntowymi mają uzasadnienie w przypadku uzyskania odpowiednich dotacji, jednak także wtedy, z uwagi na wspomniany duży koszt inwestycyjny wymiennika, istotny jest właściwy dobór jego charakterystycznych parametrów.

Bardzo ważnym czynnikiem decydującym o sensowności stosowania pomp grzewczych jest współczynnik (wskaźnik) efektywności grzewczej ϵ_{PG} będący ilorazem mocy grzewczej oraz sumarycznej mocy napędowej urządzenia. W przypadku pomp grzewczych cieplnych, czyli w praktyce absorpcyjnych, współczynnik ten co najwyżej nieco przekracza wartość 1,5. Oznacza to, że np. przy $\epsilon_{PG} = 1,5$ dwie trzecie ciepła użytecznego pochodzi z kotła dostarczającego gorącą wodę (górne źródła ciepła) do pompy grzewczej, a jedynie 1/3 tego ciepła ze źródła dolnego. W przypadku $\epsilon_{PG} = 1,67$, a więc dość wysokiego tu relatywnie współczynnika ϵ_{PG} , 60% ciepła grzewczego dostarcza kocioł, a też tylko 40% źródło niskotemperaturowe. Zupełnie inaczej wygląda sytuacja w sytuacji pomp grzewczych sprężarkowych parowych, w przypadku których współczynnik efektywności grzewczej, czyli iloraz mocy grzewczej i mocy napędowej sprężarki, waha się w granicach 2,5 ÷ 6,5, przy czym

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

górną wartość dotyczy przypadku stosunkowo wysokiej temperatury źródła ciepła dolnego, co ma miejsce np. w przypadku ścieków. Typowe wartości współczynnika ε_{PG} zawarte są w granicach $3,0 \div 3,5$. Dotyczy to np. wspomnianego już systemu grzewczego w Sztokholmie, gdzie dolnym źródłem ciepła są wody Bałtyku, ochładzające się w parowaczach pomp grzewczych w granicach $4^{\circ}\text{C} \div 2^{\circ}\text{C}$, a współczynnik ε_{PG} ma wartości znajdujące się w zakresie $3,2 \div 3,4$. W przypadku gruntu jako dolnego źródła ciepła, w typowych dla Polski warunkach, współczynnik ten ma na ogół, co oczywiste, nieco mniejszą wartość, rzędu 3,0. Należy przy tym pamiętać, że energię napędową, w przypadku pomp grzewczych sprężarkowych parowych, stanowi elektryczność napędzająca sprężarkę. Ilość zużywanej elektryczności zależy od wartości tego współczynnika, na którego wielkość wpływ ma, co oczywiste, postać wymiennika gruntowego, a zwłaszcza jego parametry geometryczne, w tym sumaryczna długość rur. Dokładność analiz obliczeniowych termodynamiczno – przepływowych dla wymienników gruntowych jest więc elementem, jak wynika z powyższych uwag, o dość istotnym znaczeniu.

11.2. System pompa grzejna sprężarkowa parowa – gruntowy wymiennik ciepła

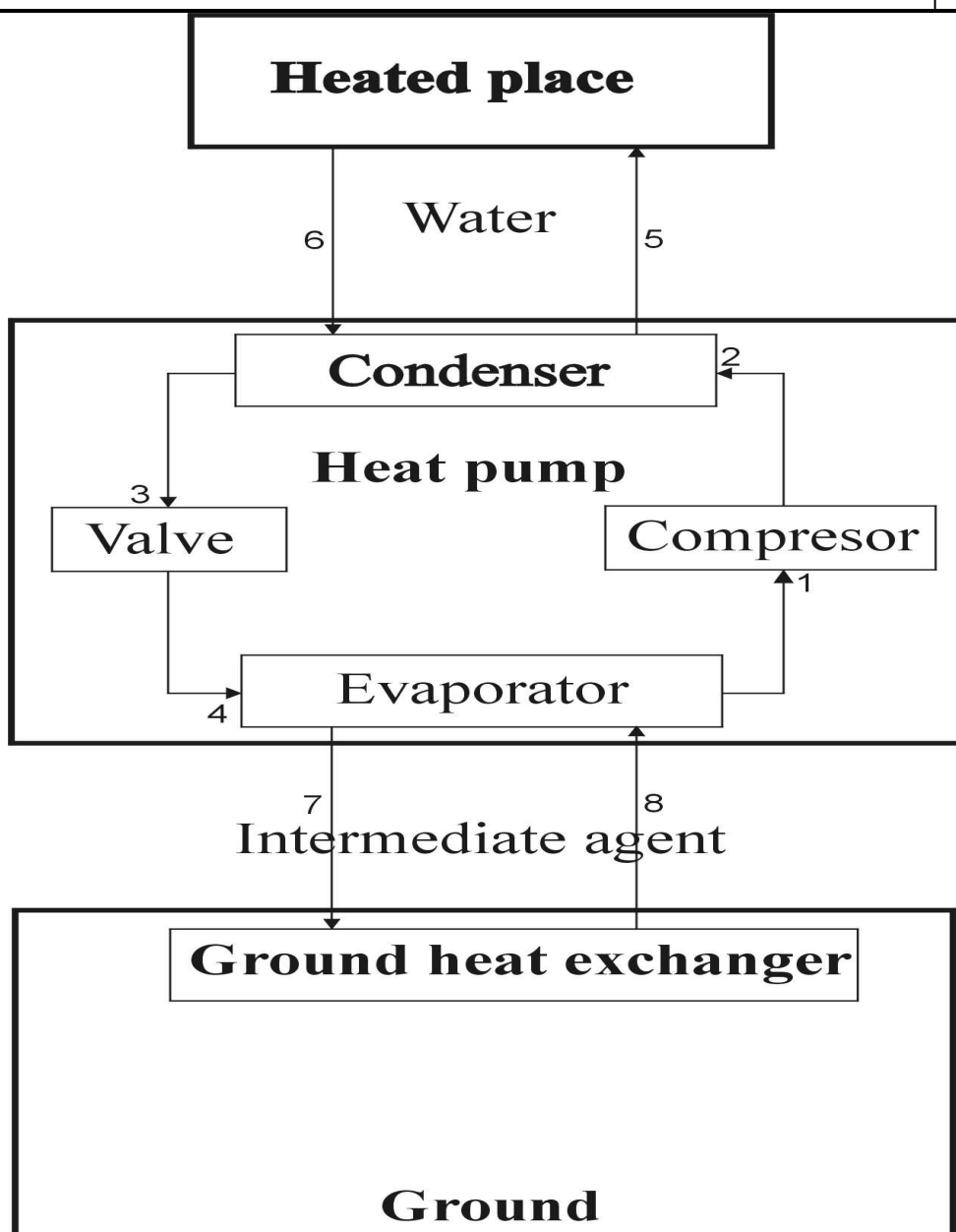
Aby zorientować się w roli, jaką odgrywa w systemie grzejnym wymiennik gruntowy, należy rozpatrzeć schemat tego systemu przedstawiony na rys. 11.1. Rysunek ten przedstawia typowy dla tego przypadku system ogrzewania zawierający trzy obiegi:

- obieg czynnika roboczego w agregacie PGSP o klasycznym schemacie,
- obieg czynnika pośredniczącego, w postaci np. wodnego roztworu glikolu, który służy do przekazywania ciepła od górotworu do parowacza PGSP,
- obieg wody, która przekazuje ciepło od skraplacza do wymiennika ciepła w ogrzewanym pomieszczeniu.

Powstała w parowaczu nasycona lub nieznacznie przegrzana para 1 czynnika roboczego ulega sprężeniu do stanu 2, a następnie ochładza się i skrapla w kondensatorze oddając strumień ciepła grzejnego. Powstała nasycona lub nieznacznie przechłodzona ciecz 3 po zdławieniu do stanu 4 i o niskich parametrach płynie do parowacza, gdzie pobiera ciepło pobrane z gruntu przez czynnik pośredniczący. Woda grzejna po podgrzaniu w skraplaczu PGSP do stanu 5 płynie do wymiennika ciepła w ogrzewanym pomieszczeniu, gdzie ulega ochłodzeniu do stanu 6. Ponieważ współczynnik (wskaźnik) efektywności grzewczej ε_{PG} bardzo wyraźnie zależy od temperatury skraplania, zatem temperatura ta, a tym samym temperatury wody grzewczej, powinny być możliwie niskie. Z tego względu wskazane jest tu zastosowanie ogrzewania podłogowego. Czynnik pośredniczący płynie z parowacza do rur GWC o stanie 7, ulega podgrzaniu do stanu 8 i następnie powraca do parowacza. Wyznaczenie przyrostu temperatury tego czynnika $t_8 - t_7$ jest bardzo trudnym zagadnieniem termodynamiczno – matematycznym i analiza tego problemu jest głównym celem niniejszego opracowania.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Rys. 11.1. Trójbiegowy system grzewczy z gruntowym wymiennikiem ciepła (Ground heat exchanger), pompą grzejną sprężarkową parową (Heat pump) oraz ogrzewanym pomieszczeniem (Heated space)

Jak widać w układzie znajdują się trzy obiegi: czynnika pośredniczącego, czynnika roboczego oraz wody grzejnej. W tym ostatnim może się także znajdować dodatkowe źródło ciepła w postaci grzejnika elektrycznego lub kotła gazowego, nie zaznaczonego na rysunku. Źródło to powinno być umieszczone za punktem 5, tzn. między skraplaczem i wymiennikiem ciepła w ogrzewanym pomieszczeniu.

11.3. Modelowanie systemu grzewczego zawierającego PGSP oraz GWC

Kompleksowy model systemu grzejjego jak na rys. 1 ma złożoną postać i powinien on zawierać model matematyczny ogrzewanego pomieszczenia lub budynku, model przemian zachodzących w elementach PGSP oraz model procesów ciepło – przepływowych przebiegających w GWC. Model taki, obejmujący kompleksowo cały system grzejny, autorstwa M. Hanuszkiewicz-Drapała, powstał w Instytucie Techniki Ciepłej Politechniki Śląskiej, a jego opis zawarty jest w monografii [11.5]. Jednym z najważniejszych elementów tego modelu jest relatywnie bardzo dokładny matematyczny opis zjawisk zachodzących w GWC, tj. wewnątrz rur tego wymiennika, a przede wszystkim w górotworze w sąsiedztwie rur z czynnikiem pośredniczącym. W literaturze światowej spotyka się na ogół modele nieco mniej dokładnie opisujące procesy termodynamiczne w GWC, często natomiast układy z PGSP traktowane są jako działające rewersyjnie, tzn. pełniące w okresie letnim funkcje chłodnicze, zwykle przy współpracy z urządzeniem klimatyzacyjnym [11.6, 11.7]. Układy takie mogą zawierać dodatkowo kolektory słoneczne, przy czym opracowania dotyczące takich układów mają na ogół postać eksperymentalną [11.8-11.10].

11.4. Modelowanie procesów ciepło – przepływowych związanych z GWC

Kompletne modele termodynamiczno – matematyczne GWC powinny zawierać opis procesów wewnątrz rur wymiennika oraz model zjawisk ciepło – przepływowych w górotworze sąsiadującym z rurami, w których płynie czynnik pośredniczący. Opis matematyczny procesów wewnątrz rur wymiennika służy przede wszystkim do wyznaczenia współczynnika wnikania (przejmowania) ciepła od wewnętrznych ścianek rur do płynącej w nich cieczy. Należy jednak wyraźnie zaznaczyć, że współczynnik ten jest na ogół na tyle duży, iż opór wnikania ciepła do cieczy jest znikomo mały w stosunku do oporów przepływu ciepła występujących w górotworze. Tym samym nie jest na ogół konieczne dokładne wyznaczanie współczynnika wnikania ciepła wewnątrz rur GWC. Jak wykazano w pracach [11.5, 11.11, 11.12] natomiast istotne znaczenie mogą mieć opory przepływu cieczy przez system rurowy. Mechaniczne te opory mogą spowodować, zgodnie z charakterystyką pompy czynnika pośredniczącego, zmianę w strumieniu masowym tej cieczy, to z kolei wpływa przede wszystkim na wartość przyrostu temperatury $t_8 - t_7$, a to powoduje następnie zmiany w wymianie ciepła z górotworem i tym samym pewną zmianę strumienia ciepła odbieranego od gruntu.

Podstawowym zadaniem modelu matematycznego procesów ciepło – przepływowych w GWC jest wyznaczenie strumienia ciepła oddawanego przez górtwór i przejmowanego przez czynnik pośredniczący. Powoduje to wspomniany przyrost temperatury cieczy $t_8 - t_7$, którego wyznaczenie stanowi końcowy efekt obliczeń związanych z GWC. Należy tu wyraźnie zaznaczyć, że przyrost ten jest praktycznie zawsze zmienny w czasie, a w pewnych przypadkach przyrost ten w miarę upływu sezonu grzewczego może

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



ulegać zmianom dość istotnym. Przy rozpatrywaniu procesów ciepłno – przepływowych w obszarze GWC temperatura dolotowa czynnika pośredniczącego t_7 stanowi warunek brzegowy, a zatem obliczenia prowadzą się do wyznaczenia temperatury wylotowej t_8 , przy uwzględnieniu m. in. rzeczywistej chwilowej wartości strumienia czynnika pośredniczącego. Model GWC wraz z modelami PGSP, pomp cyrkulacyjnych i budynku powinien stanowić wspomniany już kompletny model całego systemu grzewczego, umożliwiając wyznaczenie zapotrzebowania na ilość napędowej elektryczności oraz pozwalając na określenie wartości innych charakterystycznych parametrów.

Modele termodynamiczno – matematyczne procesów ciepłno – przepływowych w górotworze w sąsiedztwie rur GWC można, zdaniem autora niniejszego opracowania, podzielić na trzy grupy:

- modele o postaci wyłącznie analitycznej,
- modele analityczno-numeryczne lub numeryczne o uproszczonej postaci,
- modele numeryczne uwzględniające w pełni postać fizyczną zjawisk w górotworze.

Z uwagi na zastosowanie modele mogą dotyczyć wymienników z rurami poziomymi lub pionowymi, przy czym w tym drugim przypadku mogą to być elementy o postaci „rura w rurze”, a więc typu Fielda lub wydłużone elementy U-rurowe. Te ostatnie są obecnie praktycznie zawsze stosowane w wymiennikach pionowych od czasu, gdy uzyskano możliwość stosowania odpowiednio małych promieni gięcia, a więc gdy możliwe jest wykorzystanie elementów U-rurowych o odpowiednio małej odległości pomiędzy osiami obu ramion elementu. Oczywiście odpowiednio uniwersalna numeryczna procedura obliczeniowa może być przydatna zarówno w odniesieniu do wymienników z rurami poziomymi, jak i pionowymi.

11.4.1. Modele analityczne rurowych gruntowych wymienników ciepła

Modele analityczne procesów przepływu ciepła w rejonie wymienników ciepła w górotworze tworzone były pierwotnie w celu prognozowania przebiegu mrożenia górotworu przed głębinem szybów. Powstałe wówczas metody analityczne mają podobną postać jak czasem w przypadku gruntowych wymienników ciepła [11.13], ale w początkowych wersjach miały one jednak bardzo uproszczoną formę. W wymiennikach gruntowych były i są jeszcze, choć coraz rzadziej, stosowane, podobnie jak przy mrożeniu szybów, wspomniane już elementy typu Fielda. Modele analityczne wykorzystywane do wyznaczania pola temperatury w górotworze, a następnie strumienia przekazywanego ciepła, wymagają zastosowania wielu założeń upraszczających, zarówno w odniesieniu do geometrii układu, jak i właściwości górotworu, a nawet wymagają pomijania pewnych dość istotnych zjawisk, np. zmiany fazy wilgoci w gruncie, będącym w przypadku GWC górną warstwą górotworu.

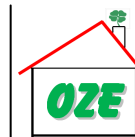
Jak szczegółowo opisano w monografii [11.5] w pracach [11.4, 11.14-11.25] przedstawiono modele matematyczne gruntowych pionowych wymienników ciepła U-

rurowych oraz typu Fielda. W modelach tych [11.4] przyjęto quasi – ustalone przekazywanie ciepła z gruntu do czynnika pośredniczącego na powierzchni zewnętrznej wymiennika. Przedstawione modele, bazujące na rozwiązaniu analitycznym, zakładają liniową zmienność temperatury gruntu w funkcji głębokości. W modelu wymiennika typu rura w rurze przyjęto zmienny w czasie współczynnik przekazywania ciepła w gruncie, w przypadku zaś modelu wymiennika pionowego U-rurowego określano zastępczy współczynnik przenikania ciepła od złoża do rury zewnętrznej oraz współczynnik przenikania ciepła uwzględniający wzajemne oddziaływanie rur. Przedstawiono tam też wyniki symulacji obliczeniowych dla przypadków głębokich sond pionowych, czyli elementów rurowych GWC, w których czynnikiem pośredniczącym była w tym przypadku woda. Metodyka tych symulacji została przedstawiona w [11.24]. Wyznaczono także, na drodze analitycznej, rozkład temperatury w gruncie w funkcji odległości od sondy i czasu eksploatacji w sezonie grzewczym dla stałego jednostkowego strumienia ciepła, w [11.25] zaprezentowano też analityczny model opisujący przebieg cyklicznego poboru ciepła z gruntu. Porównanie wyników obliczeń dla gruntowego pionowego U-rurowego wymiennika ciepła pompy grzewczej z wynikami uzyskanymi za pomocą metod przybliżonych stosowanych w praktyce przy szacowaniu parametrów wymienników przedstawiono w pozycji [11.16]. Dotyczą one ciągłego funkcjonowania wymiennika, przy czym w modelu wymiennika opartym na rozwiązaniu analitycznym przyjęto stan quasi – ustalony, przy zmiennych współczynnikach przenikania ciepła z gruntu do rur [11.15]. Prace [11.14, 11.18] dotyczą głębokich sond usytuowanych w górotworze, z którego ciepło pobierane jest za pośrednictwem wody. Wymienniki te mają postać rur Fielda, podobnie jak w pracy [4.19]. W publikacjach tych przedstawiono analityczne modele wspomnianych wymienników dla przypadków zaizolowania rury wewnętrznej oraz wyniki wariantowych obliczeń dotyczących wpływu strumienia wody oraz głębokości na efektywność wymiennika ciepła. Problematyce głębokich oraz płytkich sond ciepła, czyli pionowych elementów rurowych, dla wariantów z przepływem przeciwbieżnym i koncentrycznym, poświęcona jest z kolei praca [11.17]. W referacie [11.26] w modelu wymiennika ciepła przyjęto, iż zastępczy współczynnik przenikania ciepła od gruntu do płynu w wymienniku ciepła jest zależny od czasu, temperatura zaś gruntu jest funkcją głębokości. Uproszczony model matematyczny opisujący przepływ ciepła w warstwie wodonośnej przedstawiono w [11.21, 11.23]. Otrzymane analityczne rozwiązanie pozwala wyznaczyć rozkład temperatury w warstwie wodonośnej za pionową sondą w funkcji temperatury początkowej, pobieranego strumienia ciepła i czasu. Metodę wyznaczania współczynnika wnikania ciepła od warstwy wodonośnej do pionowej sondy ciepła przedstawiono w pracy [11.20]. Problematykę pionowych sond ciepła oraz wyniki obliczeń przy uwzględnieniu odmiennych warunków wymiany ciepła w nieprzepuszczalnym górotworze i w złożu geotermalnym, dla czterech wariantów sondy, przedstawiono w [11.22].

Przedstawione powyżej w wielkim skrócie w oparciu o monografię [11.5] pozycje literaturowe tylko w niewielkim stopniu reprezentują całość piśmiennictwa, w skali światowej, dotyczącego metod analitycznych analizy termodynamicznej gruntowych wymienników ciepła. Wymienniki te złożone są tu na ogół z elementów pionowych,

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



nazywanych często – jak jest to widoczne wyżej – sondami. Pewnym świadectwem liczby i postaci innych, opracowanych dotąd, uproszczonych modeli analitycznych jest tu pozycja [11.27], w której przedstawiono przegląd wybranych modeli gruntowych pionowych wymienników ciepła, prezentując przy tym to zagadnienie w ujęciu historycznie chronologicznym. Zaprezentowano analityczny sposób wyznaczania rozkładu temperatury wokół rury pionowego gruntowego wymiennika ciepła, wykorzystując teorię liniowego źródła ciepła w postaci rury wymiennika, gdzie grunt wokół niej traktowany jest jak obszar nieskończony, o znanej temperaturze początkowej. Jednowymiarowy model nie uwzględnia przepływu ciepła wzdłuż długości wymiennika. Nieco inne podejście reprezentuje model, w którym pionowy wymiennik ciepła traktowany jest jako walec o nieskończonej długości usytuowany w gruncie o stałych właściwościach, przy założeniu stałej temperatury na powierzchni rury. W tym przypadku rozpatrywany jest proces przewodzenia ciepła pomiędzy gruntem a powierzchnią walca o nieskończonej długości. Zależność określająca promieniowy rozkład temperatury w gruncie w otoczeniu pionowego walca, reprezentującego gruntowy pionowy wymiennik, jest funkcją czasu i odległości od osi walca. Oba wspomniane modele nie znajdują zastosowania, co oczywiste, w przypadku długiego okresu funkcjonowania wymiennika lub w przypadku zmiany fazy wilgoci.

Rozwiązania analityczne przedstawione powyżej mają jedną zaletę, a mianowicie umożliwiają przeprowadzenie w prosty i szybki sposób obliczeń, które nie wymagają ponadto użycia specjalistycznego sprzętu komputerowego. Podstawową niedogodnością cytowanych opracowań jest dość ograniczona możliwość wykorzystania zaprezentowanych metod obliczeniowych. Metody analityczne albo nie analizują procesów ciepło – przepływowych w górotworze, albo przewodzenie ciepła w gruncie uwzględniają w sposób bardzo uproszczony. Nie jest przede wszystkim rozpatrywany proces zmiany fazy wilgoci, a zatem omawiane metody dotyczą jedynie procesów w sytuacji temperatur wyższych od 0°C. W przypadku typowych uwarunkowań polskich GWC wymóg ten z zasady nie jest spełniony. Przewodzenie ciepła w gruncie, w sąsiedztwie rur GWC, związane jest też z bardzo złożonymi, na ogół, warunkami granicznymi, tj. warunkami początkowymi i brzegowymi. Metody analityczne większości tych warunków nie są w stanie uwzględnić. Przede wszystkim jednak metody te nie biorą pod uwagę bardzo złożonych uwarunkowań o charakterze nieustalonym. Innym problemem jest radiacyjno – konwekcyjna wymiana ciepła z otoczeniem na powierzchni zewnętrznej gruntu, która to wymiana jednak, w przypadku pionowych rur wymiennika ciepła (pionowych sond) o odpowiedniej długości, ma znikome znaczenie. Metody analityczne mogą być natomiast przydatne do wstępnych, orientacyjnych, analiz obliczeniowych, poprzedzających przeprowadzenie właściwego procesu projektowego i konstrukcyjnego. Modele te mogą też mieć uzasadnienie w przypadku, gdy brak informacji dotyczących charakterystycznych parametrów termodynamicznych górotworu jest na tyle znaczący, że nie ma uzasadnienia przeprowadzanie obliczeń cieplnych wykorzystujących procedury i kody o złożonej, numerycznej, postaci.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

11.4.2. Modele analityczno – numeryczne rurowych gruntowych wymienników ciepła

Modele rurowych gruntowych wymienników ciepła o postaci analityczno – numerycznej są etapem pośrednim w rozwoju modeli termodynamicznych takich wymienników, a ściślej modeli procesów ciepłno – przepływowych zachodzących w ich rejonie. Procesy te związane z GWC, jak już wspomniano, mają dwojaką postać, a mianowicie dzielą się one na zjawiska zachodzące w samych rurach wymienników, gdzie granicą osłonową jest zewnętrzna ich powierzchnia oraz na procesy w gruncie w rejonie, a ściślej w sąsiedztwie, zestawu rurowego. Metody analityczne koncentrują się na procesach przepływu ciepła wewnątrz rur, a powstałe równania różniczkowe, o postaci zwyczajnej, zawierają niewiadome w formie rozkładów temperatury czynnika pośredniczącego. Procesy przepływu ciepła na zewnątrz rur są albo pomijane, albo zaś uwzględniane w sposób bardzo uproszczony. Modele analityczno – numeryczne w sposób różnicowy uwzględniają proces przewodzenia ciepła w górotworze, w sposób analityczny zaś procesy wewnątrz rur, a nawet czasem w części zewnętrznej bezpośrednio przy rurach.

Typowym przykładem modelu analityczno – numerycznego jest jeden z modeli omawiany w pracach [11.6, 11.27, 11.28, 11.29]. Model ten dotyczy pionowego GWC z wydłużonymi U-rurami. W sposób analityczny rozpatrywany jest obszar wewnątrz tzw. „boreholes” czyli wyodrębniony walcowy obszar zawierający U-rurę, oddzielnie zaś jest traktowany obszar zewnętrzny. Model taki, mimo stosunkowo złożonej postaci, umożliwia dość szybkie wykonywanie obliczeń, jest jednak słuszny jedynie dla ściśle określonych uwarunkowań. Model ten nie umożliwia ponadto uwzględniania efektów cieplnych zmiany fazy, a zatem może być stosowany tylko w strefie klimatycznej bardziej zbliżonej do warunków tropikalnych. W szczególności model taki ma zastosowanie w przypadku układów grzejno – chłodniczych (klimatyzacyjnych) w cieplejszych niż Polska strefach klimatycznych.

W przypadku stosowania metod analityczno – numerycznych występuje dodatkowy problem o charakterze modelowo – obliczeniowym. Istnieje granica obszarów, w których stosowane są odmienne metody postępowania obliczeniowego i na tej granicy oba modele powinny dawać taki sam przebieg pola temperaturowego. Jest to tzw. „zszywanie” rozwiązań, które może być dość kłopotliwe do realizacji.

11.4.3. Modele numeryczne autorskie rurowych gruntowych wymienników ciepła

Autorskie, niekomercyjne, modele numeryczne oparte są na metodach różnic skończonych, w pewnych sensie równoważnych metodzie bilansów elementarnych, lub też na metodzie elementów skończonych. Metody różnic skończonych mają więc wyraźne odniesienie do fizycznego przebiegu zjawisk transportu ciepła, podczas gdy istota metody elementów skończonych opiera się na podstawowych twierdzeniach rachunku wariacyjnego. Z tego też powodu pierwsze, budowane indywidualnie, modele służące do rozwiązywania

*Etap nr 2:**Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie*



numerycznego zagadnień przewodzenia ciepła w obszarach ciał stałych miały na ogół postać różnicową.

Jednym z pierwszych, w warunkach polskich, modeli numerycznych różnicowych złożonego procesu przewodzenia ciepła był, opracowany przez autora niniejszego dokumentu, numeryczny różnicowy model zamrażania górotworu za pomocą kręgu rur o postaci elementów Fielda [11.13, 11.30-11.36]. Powstały model służył zasadniczo do analizy procesu zamrażania do dużej głębokości górotworu złożonego z wielu warstw o różnych właściwościach, w tym o różnej zawartości wilgoci podlegającej izotermicznej przemianie fazowej. Powstały kod komputerowy, z równaniami opartymi o iloraz różnicowy przedni (schemat obliczeniowy jawny) może także być wykorzystywany do trójwymiarowych analiz procesów zachodzących w rejonie GWC. Model ten, w chwili powstania dość nowatorski, obecnie byłby relatywnie mniej dokładny i dość kłopotliwy w obsłudze, przede wszystkim z uwagi na potrzebę przeprowadzania odpowiedniego podziału na elementy różnicowe i błędy powstałe w efekcie niedoskonałego dobrania układu i kształtu elementów różnicowych. Ponadto zastosowanie jawnego schematu obliczeniowego co prawda eliminuje konieczność rozwiązywania układów równań algebraicznych, wymaga jednak stosowania odpowiednio dobranego i na ogół bardzo krótkiego kroku czasowego.

Wiele różnicowych modeli obliczeniowych powstało bezpośrednio na potrzeby obliczeń związanych z GWC. Część z nich, np. [11.37, 11.38], wykorzystuje tzw. iloraz różnicowy centralny, który teoretycznie daje bardziej dokładne równania niż zastosowanie ilorazu różnicowego przedniego. Metoda stosująca iloraz różnicowy centralny wymaga rozwiązywania układów równań algebraicznych liniowych, na ogół o znacznej liczbie niewiadomych. Istnieje też ograniczenie kroku czasowego, choć nie tak rygorystyczne, jak w przypadku użycia ilorazu różnicowego przedniego. Jak w przypadku każdej metody różnicowej problemem jest modelowanie układów o złożonej geometrii. W cytowanych pracach nie uwzględnia się ponadto możliwości wystąpienia zmiany fazy wilgoci, co jest oczywiście możliwe w przypadku równań różnicowych z ilorazem centralnym, ale co stwarza dodatkowe problemy i komplikuje model obliczeniowy.

Oprócz równań różnicowych z ilorazem przednim oraz centralnym możliwe jest zastosowanie tzw. ilorazu różnicowego wstecznego. W takim przypadku nie występuje ograniczenie długości kroku, choć jego wielkość ma wpływ na dokładność obliczeń. W każdym kroku czasowym trzeba natomiast rozwiązywać układy algebraicznych równań liniowych, metoda wykorzystująca iloraz różnicowy wsteczny zaś jest uważana za najmniej dokładną spośród metod stosujących równania różnicowe. Autor niniejszego opracowania nie spotkał się z pracami, w których występuje wsteczny iloraz różnicowy. Nie są mu znane także prace dotyczące GWC, w których występowałyby równania różnicowe o postaci pośredniej – jeśli przyjąć że iloraz różnicowy wsteczny ma parametr charakterystyczny równy 0,0, iloraz różnicowy centralny 0,5, przedni zaś 1,0, to istnieje nieskończona ilość przypadków pośrednich. Przypadki te mogą mieć czasem dość specyficzną postać, ale nie zauważono ich wykorzystania w przypadku analiz termodynamicznych związanych z GWC.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

Jak już wspomniano konkurencyjną, w stosunku do metody różnic skończonych, jest metoda elementów skończonych (MES). Mimo podobieństwa w nazwie filozofia tworzenia kodów obliczeniowych jest całkowicie odmienna w obu wymienionych przypadkach. Kody komputerowe wykorzystujące MES są dość kłopotliwe w tworzeniu, mają one jednak zwykle bardziej uniwersalną formę. W warunkach polskich pierwszy, według informacji posiadanych przez autora, model obliczeniowy wykorzystujący MES i służący do analiz pola temperatury w rejonie rur GWC opracował A. Fic, wykorzystując swoje doświadczenie z modelowania przebiegu procesów cieplnych w osłonach reaktorów jądrowych. Kod komputerowy wykorzystujący te doświadczenia powstał pierwotnie na potrzeby analizy procesu mrożenia górotworu [11.39, 11.40, 11.41]. Komputerowy ten program został następnie dostosowany do potrzeb analiz termodynamicznych układów z wymiennikami gruntowymi, zarówno w układzie poziomym, jak i pionowym [11.42-11.51]. Kod autorstwa A. Fica można już uznać za częściowo profesjonalny. Zbudowanie od podstaw takiego kodu jest zwykle czasochłonne, jak też wymaga nie tylko posiadania odpowiednich wiadomości z zakresu przepływu ciepła, ale także znajomości techniki MES oraz przede wszystkim dużego doświadczenia i biegłości w samodzielnym pisaniu programów komputerowych. Sam kod też stawia pewne wymagania sprzętowe, a przygotowanie go do konkretnych obliczeń może być również dość czasochłonne. Wynika to przede wszystkim z konieczności odpowiedniego podziału rozpatrywanego obszaru na elementy skończone, doboru kształtu tych elementów, a także właściwego uwzględnienia warunków brzegowych. W przypadku GWC warunki te sprowadzają się do uwzględnienia 3 – wymiarowego, półnieskończonego charakteru obszaru obliczeniowego, złożonej wymiany ciepła na górnej, zewnętrznej powierzchni gruntu, a przede wszystkim do uwzględnienia złożonego procesu przenikania ciepła od górotworu do czynnika pośredniczącego przez ścianki rur wymiennika. Omawiany kod umożliwia rozpatrywanie procesów przepływu ciepła w układzie o złożonej geometrii, zróżnicowanych właściwościach cieplnych górotworu i przy zachodzeniu przemian fazowych wilgoci zawartej w gruncie. Poprzez odpowiednie zamodelowanie elementu rurowego z czynnikiem pośredniczącym możliwe jest wyznaczanie rozkładu jednostkowego strumienia ciepła przejmowanego przez czynnik pośredniczący, a tym samym pola temperatury tego czynnika i jego temperatury wylotowej, gdy znana jest jego temperatura przy dopływie do rur GWC.

Dalsza, jeszcze doskonalsza wersja omawianego kodu wykorzystującego MES, również autorstwa A. Fica, uwzględnia dodatkowo możliwość wystąpienia migracji wilgoci w niezamrożonej części górotworu [11.52-11.60]. Również ten kod, praktycznie o profesjonalnej postaci, powstał pierwotnie na potrzeby analizy procesu zamrażania górotworu, lecz następnie został wykorzystany do obliczeń termodynamicznych związanych z GWC pomp grzejnych [11.61-11.64]. W kodzie tym wyznaczane jest naprzemiennie pole temperatury w całym rozpatrywanym obszarze oraz pole prędkości wilgoci w obszarze niezamrożonym. Do tego celu twórca programu wykorzystał równanie zachowania pędu w postaci zależności wyrażającej prawo Darcy'ego i zawierającej gradient wysokości rozporządzałnej wody wstępnej. Istnienie tego gradientu jest warunkiem występowania ruchu wilgoci, przy czym prędkość migracji wody w górotworze jest w praktyce na ogół rzędu 10^{-6}

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



$\div 10^{-3}$ m/s. Omawiany kod komputerowy w chwili powstania stanowił nowość nie tylko w skali krajowej. Kod ten, niewątpliwie trudny do zastosowania przez osobę „z zewnątrz” i wymagający sprzętu komputerowego o odpowiednio wysokiej klasie, może być niezwykle przydatny przy analizie procesów ciepło – przepływowych w rejonach GWC w warunkach występowania cieków wodnych. Od dawna wiadomo, że bardzo korzystną lokalizacją dla instalowania pionowych sond – rur GWC jest miejsce, w którym występuje studnia, lub gdzie są warunki do wybudowania studni. Innym miejscem, nawet bardziej korzystnym termodynamicznie dla rur GWC, poziomych lub pionowych, może być sąsiedztwo otwartych zbiorników – stawów będących osadnikami ścieków [11.62]. Jak wykazały wielowariantowe obliczenia migracja wilgoci nawet z bardzo niewielką prędkością może całkowicie zmienić zmienne w czasie charakterystyczne parametry układów z GWC. W przypadku braku migracji wilgoci po rozpoczęciu sezonu grzewczego następuje stopniowe wychładzanie górotworu w sąsiedztwie rur wymiennika. Przy stałej temperaturze czynnika pośredniczącego powoduje to spadek strumienia ciepła odbieranego od gruntu, a tym samym spadek wydajności zespołu pompy grzewczej. Spadek ten jest szczególnie istotny w środku sezonu grzewczego, gdy występuje maksymalne zapotrzebowanie na ciepło. Obniżenie temperatury czynnika pośredniczącego związane jest z kolei z obniżeniem współczynnika jej efektywności grzewczej oraz z większymi stratami ciśnienia w obiegu tego czynnika. W przypadku odpowiednio intensywnej migracji wilgoci, przy stałej temperaturze czynnika pośredniczącego strumień ciepła odbieranego od gruntu dość szybko się stabilizuje i jest niemal stały przez cały sezon grzewczy.

11.4.4. Wybrane, szczególne, modele gruntowych wymienników ciepła

Wymienione w p. 11.1 – 11.4 modele zostały wybrane w sposób subiektywny, z bardzo dużej liczby modeli GWC dostępnych w literaturze polskiej i światowej. Obszerny przegląd wielu innych opracowań związanych z modelowaniem procesów cieplnych w zespołach GWC podano w [11.5]. Poniżej, korzystając z monografii [11.5], przedstawiono w dużym skrócie jedynie niektóre z nich.

W pracy [11.65] zaprezentowano rezultaty analizy numerycznej wymiennika Fielda w układzie dwuwymiarowym. Problem cyklicznego magazynowania ciepła w gruncie przy wykorzystaniu pionowego GWC rozpatrywano w [11.66, 11.67], gdzie wykorzystano metodę różnicową do wyznaczania nieustalonego pola temperatury w 3-wymiarowym obszarze wokół rur wymiennika, a celem końcowym było określenie zmian temperatury czynnika pośredniczącego. Wyznaczanie rozkładów temperatury w górotworze w obszarze GWC w stanach nieustalonych związane jest zawsze z warunkiem początkowym, którym na ogół jest naturalna temperatura gruntu. W pracach [11.68, 11.69] przedstawiono, w oparciu o badania pomiarowe, formułę służącą do wyznaczania naturalnego rozkładu temperatury górotworu.

Publikacje [11.27, 11.70] zawierają różnicowy model sondy pionowej wraz z sąsiadującym górotworem we współrzędnych cylindrycznych, przy czym w oryginalny

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

sposób jest wyznaczana temperatura na styku dwóch walcowych obszarów obliczeniowych, będąca funkcją czasu i głębokości. Obszary te to walcowy otwór z U-rurą i wypełnieniem oraz fragment otaczającego gruntu. Na podstawie analiz przeprowadzonych w [11.71] zaproponowano rozwiązanie analityczne dla temperatury gruntu w funkcji głębokości i odległości od osi układu rurowego. Powstały model o postaci numeryczno – analitycznej był następnie dalej modyfikowany i rozwijany [11.6, 11.27, 11.28, 11.70, 11.72-11.74], m. in. przy wykorzystaniu zastępczego oporu cieplnego.

Inną postać ma model opisany w [11.75], który oparty jest o metodę elementów skończonych i dotyczy dwójakiego trybu pracy: ogrzewania i chłodzenia, w [11.76] z kolei przedstawiony jest quasi 3-wymiarowy model numeryczny z analitycznie wyznaczaną temperaturą czynnika pośredniczącego. Inną postać ma praca [11.77], w której w bardzo uproszczony sposób, analitycznie, badany jest wpływ migracji wody przez porowaty grunt na efektywność pionowego GWC.

Wymienione prace dotyczyły głównie wymienników z rurami pionowymi. Poziome GWC rozpatrywane są m. in. w pracach [11.37, 11.38], gdzie obliczenia prowadzone były przy wykorzystaniu metody różnicowej.

W literaturze światowej dość licznie prezentowane są prace o charakterze eksperymentalno – pomiarowym. Analiza takich prac nie jest celem niniejszego opracowania warto jednak nadmienić, że prace tego typu prowadzone są także w Polsce, w Politechnice Poznańskiej [11.68, 11.69], w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technicznym [11.4] oraz w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego [11.78, 11.79].

Wymienione modele dotyczą na ogół elementów „prostych”, rurowych, poziomych lub pionowych wymienników gruntowych. W praktyce stosowane bywają także bardziej złożone konstrukcje GWC [11.80, 11.81]. Jedną z nich jest np. wymiennik poziomy z rurami spiralnymi [11.82, 11.83]. Do zamodelowania tego wymiennika posłużono się tu metodą elementów skończonych, przy czym praca [11.83] dotyczy stanu ustalonego, a więc ma w zasadzie charakter poznawczy.

Bardzo ciekawym przypadkiem jest wymiennik gruntowy rozpatrywany w pracy [11.84], który ma postać poziomo – pionową. Zasadniczą część wymiennika tworzą U-rurowe sondy pionowe, które jednak są połączone z agregatem PGSP rurociągami poziomymi na tyle długimi, że nie można pominąć strumieni ciepła pobieranego przez czynnik pośredniczący w tych rurach, zwłaszcza w początkowym okresie sezonu grzewczego. Układ taki rzeczywiście istnieje i został on zainstalowany w systemie ogrzewania budynków obiektów szkolno – sportowych w miejscowości Ożarówce (woj. Śląskie). Zamodelowanie takiego układu wymagało odpowiedniej modyfikacji i dostosowania do obliczeń o specyficznej postaci kodu komputerowego wspomnianego uprzednio i opisanego m. in. w [11.5].

11.4.5. Modele numeryczne gruntowych wymienników ciepła a kody komercyjne

W ostatnim czasie pojawiło się wiele kodów komercyjnych, które mogą być bardzo przydatne do wyznaczania pola temperatury w górotworze w sąsiedztwie rur GWC. Do

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



kodów takich należą np. dość popularne systemy obliczeniowe PATRAN oraz FLUENT [11.5]. Oczywiście od struktury zastosowanego kodu komercyjnego zależą jego możliwości obliczeniowe, a tym samym możliwość uwzględniania poszczególnych zjawisk w gruncie, np. zmiany fazy H_2O , czy też migracji wilgoci. Kody te umożliwiają bardzo dokładne uwzględnienie kształtu obszaru obliczeniowego, a do jego podziału na elementy, których liczba może być bardzo znaczna, służą specjalne kody pomocnicze, np. GAMBIT. Wadą wymienionych procedur komputerowych, oprócz ponoszenia kosztów za prawo do ich wykorzystywania, jest przede wszystkim konieczność opanowania umiejętności posługiwania się nimi, co na ogół wymaga pewnej wprawy i doświadczenia. Szczególnych umiejętności wymaga jednak dostosowanie kodu komercyjnego do warunków GWC, a ściślej wprowadzenie dodatkowych procedur do całościowego programu, które umożliwią wyznaczenie strumieni ciepła wnikaącego do czynnika pośredniczącego, a następnie rozkładu temperatury tego czynnika i w końcu jego temperatury wylotowej t_8 , gdy znana jest temperatura dolotowa do rur GWC t_7 . Obliczenia dokładne wymagają w takim przypadku dodatkowo zastosowania procedury iteracyjnej: dla założonego wstępnie rozkładu temperatury czynnika pośredniczącego w GWC (np. płaskiego, równego t_7) wyznaczone jest pole temperatury w gruncie i strumienie przekazywanego ciepła, a na tej podstawie korygowany jest rozkład temperatury czynnika pośredniczącego w rurach GWC. Obliczenia są następnie powtarzane aż do uzyskania założonej dokładności obliczeń. Taki sposób postępowania umożliwia otrzymanie bardzo dokładnych wyników, jest jednak dość kłopotliwy w stosowaniu, a ponadto może wymagać bardzo długiego czasu obliczeń komputerowych, zwłaszcza w przypadku obszaru 3-wymiarowego.

11.4.6. Złożone modele numeryczne rurowych GWC we współpracy z systemem PGSP

W podpunktach 11.1 ÷ 11.5 rozpatrywano modele wymienników gruntowych bez uwzględniania współpracy tych wymienników z całym systemem jak na rys. 11.1. W rzeczywistości współpraca ta ma bardzo istotne znaczenie przede wszystkim dlatego, że procesy w obiegach czynnika roboczego PGSP i wody grzejnej wpływają na temperaturę t_7 czynnika pośredniczącego. Temperatura ta stanowi z kolei warunek brzegowy dla modelu matematycznego GWC, a w ujęciu fizykalnym na procesy cieplne wewnątrz rur GWC i w sąsiadującym rejonie górotworu (gruntu). O znaczeniu takiej współpracy wspomniano m. in. w pracach [11.6, 11.28, 11.85]. Bardzo uproszczony model współpracy zespołu PGSP zawierającego GWC i oddającego ciepło do ogrzewanego pomieszczenia bezpośrednio poprzez skraplacz przedstawiono w [11.29]. W modelu tym działanie pompy grzejnej jest scharakteryzowane analitycznie, w uproszczony sposób, za pomocą funkcji wielomianowych, analitycznie również jest modelowany GWC. W [11.6] z kolei działanie pompy grzejnej również scharakteryzowano funkcjami wielomianowymi lecz dokładniej, w sposób opisany uprzednio, jest natomiast zamodelowany GWC.

Analiza kompleksowa całego systemu jak na rys. 1, ewentualnie wraz z dodatkowym źródłem ciepła w obiegu wodnym, stanowi przedmiot monografii [11.5], a wyniki

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

częstkowych analiz zawarte są w pracach [11.11, 11.12, 11.86-11.99]. W obliczeniach termodynamicznych GWC wykorzystywano w nich początkowo model wymiennika gruntowego A. Fica, a w dalszych etapach komercyjne kody PATRAN i FLUENT.

Ciekawą i ważną innowacją wprowadzoną przez M. Hanuszkiewicz-Drapała [11.5, 11.11, 11.12] jest uwzględnienie charakterystyki pompy czynnika pośredniczącego co sprawia, że strumień masowy tego medium ulega zmianie w wyniku zmiennych hydraulicznych oporów przepływu. Opory te ulegają korekcie, z upływem czasu, w efekcie korekty rozkładu temperatury czynnika pośredniczącego.

Drugą, bardzo interesującą i znacznie skracającą czas obliczeń dotyczących strefy GWC jest propozycja M. Hanuszkiewicz-Drapała umożliwiająca przeprowadzanie obliczeń w układzie 2-wymiarowym w rejonie GWC, gdzie pole temperatury w górotworze jest zasadniczo 3-wymiarowe [11.5, 11.12]. Modyfikacja taka modelu numerycznego procesów ciepło – przepływowych w strefie GWC jest bardzo istotna z uwagi na czas obliczeń. Czas ten, w przypadku rozpatrywania całego układu jak na rys. 4.1, przy obecnych „mocach obliczeniowych” ogólnie dostępnych zespołów komputerowych, staje się częściowo porównywalny z czasem rzeczywistym. Wynika to przede wszystkim z podwójnie iteracyjnej procedury obliczeniowej. Zewnętrzna pętla iteracyjna sprowadza się do kolejnego wyznaczania temperatur t_7 i t_8 tak długo, aż temperatury te w kolejnych krokach iteracyjnych będą się różnić mniej niż wynosi założona dokładność obliczeń. Temperaturę t_7 wyznacza się z modelu procesów w obiegu pompy grzewczej SP i w ogrzewanym pomieszczeniu dla zadanej temperatury t_8 , temperaturę t_8 zaś oblicza się z modelu GWC dla założonej temperatury t_7 . Temperaturę t_7 otrzymuje się po rozwiązaniu silnie nieliniowego układu równań, co wymaga wewnętrznej procedury iteracyjnej. Temperaturę t_8 określa się z wewnętrznej procedury iteracyjnej dotyczącej GWC, wspomnianej uprzednio. Ponieważ w każdym kroku czasowym wyznaczane jest pole temperatury w górotworze, obliczenia dla układu 3-wymiarowego mogą być bardzo czasochłonne. Uproszczenie wprowadzone przez M. Hanuszkiewicz-Drapała opiera się na założeniu, że średni strumień ciepła przejmowanego przez rurę wymiennika gruntowego jest taki sam jak strumień ciepła przekazywany do rury GWC, w której znajduje się czynnik pośredniczący o stałej temperaturze równej średniej arytmetycznej temperatur t_8 i t_7 . Założenie takie jest całkowicie uzasadnione w przypadku niewielkiej różnicy pomiędzy tymi temperaturami, co na ogół ma miejsce – w realistycznym przykładzie przedstawionym w [11.12] różnica ta jest rzędu 2 K. Po przyjęciu zaproponowanego uproszczenia pole w górotworze wyznacza się jedynie w układzie 2-wymiarowym w płaszczyźnie prostopadłej do rozpatrywanej rury GWC.

Omawiany, złożony, komputerowy program obliczeniowy umożliwia bardzo precyzyjne modelowanie wieloletniego działania całego systemu grzewczego z GWC i PGSP, pod warunkiem posiadania odpowiednio dokładnych danych wejściowych, zwłaszcza w odniesieniu do właściwości cieplnych gruntu. Obliczenia powinny obejmować okres kilku lat, gdyż w porze wiosenno – letniej, gdy nie pracuje sprężarka układu PGSP, w górotworze następuje regeneracja stanu termicznego. Regeneracja ta jednak na ogół nie jest całkowita co oznacza, że stan termiczny gruntu w chwili rozpoczynania kolejnych sezonów grzewczych

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



różni się od stanu naturalnego. Rozpatrywany kompletny kod wymaga jednak, co oczywiste, odpowiedniej obsługi, a przede wszystkim odpowiednich prac przygotowawczych oraz działań związanych z opracowaniem otrzymanych rezultatów. Bardzo istotne jest natomiast, zdaniem autora niniejszego opracowania, iż kod taki umożliwi przeprowadzanie analiz techniczno – ekonomicznych związanych z procedurami o charakterze optymalizacyjnym. Znając wartości charakterystycznych kosztów można optymalizować długość rur GWC i ich charakterystyczne parametry, np. wielkość odstępu między nimi, a przede wszystkim można optymalizować nominalną moc cieplną zespołu GWC – PGSP. Moc ta powinna być mniejsza od maksymalnego zapotrzebowania na ciepło grzejne, gdyż niskie temperatury otoczenia w warunkach polskich występują stosunkowo krótko podczas sezonu grzewczego. Z drugiej jednak strony przy małej mocy cieplnej tego zespołu efekty jego zainstalowania będą niewielkie.

11.5. Podsumowanie, wnioski, uwagi końcowe

Modelowanie procesów ciepło – przepływowych związanych z GWC, zarówno zachodzących wewnątrz rur, jak i w gruncie sąsiadującym z rurami, jest przedmiotem bardzo dużej liczby opracowań naukowych i naukowo – technicznych. Jak wynika z informacji przedstawionych w p. 11.1.4, modele procesów termodynamicznych wewnątrz GWC można, w uproszczeniu, podzielić na analityczne, analityczno – numeryczne, numeryczne autorskie, autorskie o postaci częściowo komercyjnej oraz zawierające procedury będące zaimplementowanymi kodami komercyjnymi, służącymi głównie do rozwiązywania równania przewodzenia ciepła w górotworze.

Modele analityczne były i są rozwijane głównie ze względów poznawczych, gdyż stanowią one „wdzięczny” temat do analiz teoretycznych. Ich zastosowanie do celów praktycznych, do obliczeń dających konkretną korzyść praktyczną, jest jednak bardzo ograniczone. Wynika to z konieczności przyjmowania dość rygorystycznych założeń upraszczających, a przede wszystkim z faktu, iż modele analityczne obejmują na ogół procesy cieplne tylko wewnątrz rur oraz ewentualnie w obszarze gruntu jedynie bezpośrednio sąsiadującym z pojedynczą rurą GWC.

Modele analityczno – numeryczne też stanowią już obecnie raczej pewien etap pośredni w modelowaniu procesów termodynamicznych w rejonie GWC. Modele te, przy obecnym rozwoju technik numeryczno – komputerowych, nie mają większego uzasadnienia praktycznego, choć mogą być przydatne w odniesieniu do pewnych szczególnych rozwiązań układów GWC, dla których zostały indywidualnie opracowane.

Metody numeryczne modelowania procesów ciepło – przepływowych przeszły ogromną ewolucję w ciągu ostatniego czterdziestolecia. Początkowo miały one postać dość elementarnych kodów wykorzystujących metodę bilansów elementarnych lub równoważną metodę różnic skończonych. Powstałe na tej bazie programy komputerowe miały oczywiście pewne wady, umożliwiały one jednak w miarę wierne odwzorowywanie procesów fizycznych



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

zachodzących w górotworze w rejonie rur GWC. Jeszcze większe możliwości, jak się w pewnym okresie wydawało, stwarzały kody komputerowe wykorzystujące metodę elementów skończonych. Metoda ta, mimo podobnej nazwy, ma całkowicie odmienną postać od metody różnic skończonych. Mimo nieco abstrakcyjnej genezy teoretycznej metoda elementów skończonych umożliwia bardzo wierne modelowanie procesów fizycznych zachodzących w górotworze, nawet gdy procesy te mają złożoną postać ciepłno – przepływową.

W chwili obecnej coraz większego znaczenia nabierają i coraz częściej stosowane są komputerowe kody komercyjne, jak np. PATRAN lub procedury klasy CFD, jak np. FLUENT. Kody te mogą być wykorzystywane „samodzielnie” lub mogą stanowić element bardziej złożonych programów obliczeniowych. Ich wykorzystywanie wymaga odpowiedniej wiedzy i umiejętności, stwarzają one jednak, niedawno jeszcze trudne do wyobrażenia, możliwości obliczeniowe. Praktycznie rzecz biorąc jedynym ograniczeniem, a właściwie praktyczną barierą ograniczającą ich stosowanie, jest dokładność danych do obliczeń, a przede wszystkim dokładność, z jaką znane są właściwości termodynamiczne gruntu.

Jak już zaznaczono w p. 4.6, szczególnego znaczenia w modelowaniu systemów grzewczych z wykorzystaniem PGSP, współpracujących z GWC, nabierają kompleksowe komputerowe programy obliczeniowe, które łączą model matematyczny GWC z modelem procesów w elementach PGSP oraz w ogrzewanym pomieszczeniu. Model taki, zdaniem autora niniejszego opracowania, o wyjątkowo kompleksowej i nowatorskiej, unikalnej, postaci, został zaprezentowany całościowo w wielokrotnie cytowanej już monografii [11.5]. Model ten bardzo wierne opisuje procesy ciepłno – przepływowe w całym rozpatrywanym systemie, ale także stwarza możliwości przeprowadzania złożonych analiz techniczno – ekonomicznych. Analizy takie, traktowane dotąd marginesowo, są bardzo istotne z punktu widzenia opłacalności stosowania systemów grzewczych z układem PGSP – GHE.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



BIBLIOGRAFIA ROZDZ. 11

- [11.1] Zalewski W.: Pompy ciepła sprężarkowe, sorpcyjne i termoelektryczne. Gdańsk, IPPU Masta, 2001.
- [11.2] Brodowicz K., Dyakowski T.: Pompy ciepła. PWN, Warszawa 1990.
- [11.3] Nowak W., Stachel A.: Stan i perspektywy wykorzystania niektórych odnawialnych źródeł energii w Polsce. Wyd. I, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2004
- [11.4] Nowak W., Stachel A., Borsukiewicz-Gozdur A.: Zastosowanie odnawialnych źródeł energii. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2008.
- [11.5] Hanuszkiewicz-Drapała M.: Analiza termodynamiczna systemów ogrzewania z pompą grzejną sprężarkową parową i rurowym gruntowym wymiennikiem ciepła. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Śląskiej, Gliwice, w trakcie procesu wydawniczego.
- [11.6] Cui P., Yang H., Spitler J.D., Fang Z.: Simulation of hybrid ground-coupled heat pump with domestic hot water heating systems using HVACSIM+. Energy and Buildings, V. 40, 2008.
- [11.7] Doherty P.S., Al-Huthaili S., Riffat S.B., Abodahab N.: Ground source heat pump—description and preliminary results of the Eco House system. Applied Thermal Engineering 24, 2004.
- [11.8] Kuang Y.H., Wang R.Z., Yu L.Q.: Experimental study on solar assisted heat pump system for heat supply. Energy Conversion and Management 44, 2003.
- [11.9] Ozgenera O., Hepbasli A.: Performance analysis of a solar-assisted ground-source heat pump system for greenhouse heating: an experimental study. Building and Environment 40, 2005.
- [11.10] Trillat-Berdal V., Souyri B., Fraisse G.: Experimental study of a ground coupled heat pump combined with thermal solar collectors. Energy and Buildings 38, 2006.
- [11.11] Hanuszkiewicz-Drapała M.: Modelowanie zjawisk cieplnych w gruntowych wymiennikach ciepła pomp grzejących z uwzględnieniem oporów przepływu czynnika pośredniczącego. Modelowanie inżynierskie z.38, 2009.
- [11.12] Hanuszkiewicz-Drapała M.: Analizy numeryczne układów z pompami grzejnymi parowymi sprężarkowymi i z gruntowymi poziomymi wymiennikami ciepła. Rynek Energii nr 5 (90), 2010.
- [11.13] Składzień J.: Analiza cieplna i ekonomiczna zamrażania górotworu. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Energetyka z.78, (monografia), Gliwice 1978.
- [11.14] Kujawa T.: Mathematical model downhole geothermat coaxial heat exchanger with insulated inside pipe. Proc. of the International Conference Heat Transfer and Renewable Sources of Energy 2004, Szczecin 2006.
- [11.15] Kujawa T.: Wykorzystanie gruntu jako źródła ciepła dla budynków mieszkalnych za pomocą pionowych gruntowych wymienników ciepła. Praca doktorska, Politechnika Szczecińska, Szczecin 2003.

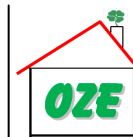
Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

- [11.16] Kujawa T.: Wymienniki gruntowe typu U-rura współpracujące z pompami ciepła. „Systems” Journal of Transdisciplinary Systems Science, v.9, Wrocław 2004.
- [11.17] Kujawa T., Nowak W.: Płytkie i głębokie pionowe sondy geotermiczne jako dolne źródło ciepła dla pomp grzejnych. Materiały konferencyjne XVII Zjazdu Termodynamików, Kraków-Zakopane 1999.
- [11.18] Kujawa T., Nowak W.: The impact of depth of a one – hole DGHE on its characteristics. Proc. of the International Conference Heat Transfer and Renewable Sources of Energy 2004, Szczecin 2004.
- [11.19] Kujawa T., Nowak W., Szaflik W.: Mathematical model of geothermal Field exchanger. Archives of Thermodynamics vol.20, No1-2, 1999.
- [11.20] Kujawa T., Szaflik W.: Determination of replacing convective heat transfer coefficient from an aquiferous layer into a vertical heat probe. Materiały Sympozjum Wymiany Ciepła i Masy, Wrocław-Świeradów Zdrój 1998.
- [11.21] Kujawa T., Szaflik W.: Thermal field in aquiferous layer behind a vertical heat probe. Materiały Sympozjum Wymiany Ciepła i Masy, Wrocław-Świeradów Zdrój 1998.
- [11.22] Kujawa T., Szaflik W.: Wpływ sposobu rozwiązania geotermalnej sondy pionowej na jej wydajność cieplną. Materiały Sympozjum Wymiany Ciepła i Masy, Wrocław-Świeradów Zdrój 1998.
- [11.23] Kujawa T., Szaflik W.: Określenie pola temperatury za pionową sondą umieszczoną w warstwie wodonośnej gruntu. Materiały konferencyjne XVII Zjazdu Termodynamików, Kraków-Zakopane 1999.
- [11.24] Sokołowski J., Kujawa T., Nowak W., Stachel A.A. i in.: Metodyka i technologia uzyskiwania użytecznej energii geotermicznej z pojedynczego otworu wiertniczego. Polgeotermia Sp. z o.o. – IGAMiE PAN, Kraków 2000.
- [11.25] Szaflik W., Stachel A.: Temperature profile in the ground surrounding a vertical ground heat Exchange of constant calorific effect. Acta Mechanica Slovaca, 3, 2000.
- [11.26] Nowak W.: Analytical calculation model of underground closed geothermal heat exchanger. Heat Transfer and Renewable Sources of Energy 2004, Szczecin 2004.
- [11.27] Yang H., Cui P. Fang Z.: Vertical-borehole ground-coupled heat pumps: A review of models and systems. Applied Energy, V. 87, 2010.
- [11.28] Spitler J., Cullin J., Bernier M., Kummert M., Cui P. Liu X., Lee E., Fisher D.: Preliminary intermodel comparison of ground heat exchanger simulation model. Proc. of 11th International Conference on Thermal Energy Storage, Effestock 2009.
- [11.29] Yang W.B., Shi M.H., Dong H.: Numerical simulation of the performance of a solar-earth source heat pump system. Applied Thermal Engineering, V.26, 2006.
- [11.30] Składzień J.: Analiza cieplna procesu zamrażania górotworu przy pomocy metody różnicowej. Archiwum Termodynamiki i Spalania 1, 1977.
- [11.31] Składzień J.: Bezwymiarowa analiza cieplna procesu zamrażania górotworu. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Energetyka z.67, Gliwice 1978.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



- [11.32] Składzień J.: The application of the difference equations in thermal analysis of rock-freezing. Konferencja "Numerical Methods in Thermal Problems", Swansea 1979.
- [11.33] Składzień J.: Metodyka określania optymalnych parametrów mrożenia górotworu. Materiały konferencyjne XI Zjazdu Termodynamików, Świnoujście – Szczecin, 1996.
- [11.34] Składzień J.: Zamrażanie górotworu przy ograniczonej mocy agregatów mrożeniowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Energetyka z.71, Gliwice 1979.
- [11.35] Składzień J.: Zastosowanie metody różnicowej do analizy cieplnej procesu zamrażania górotworu. Materiały Sympozjum Komitetu Termodynamiki i Spalania PAN „Wymiana Ciepła i Masy”, Warszawa – Jabłonna 1976.
- [11.36] Składzień J.: Zastosowanie metody różnicowej do analizy cieplnej procesu zamrażania górotworu za pomocą podwójnego kręgu otworów. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Energetyka z.63, Gliwice 1978.
- [11.37] Demir H., Koyun A., Temir G.: Heat transfer of horizontal parallel pipe ground heat exchanger and experimental verification. Applied Thermal Engineering, V. 29, 2009.
- [11.38] Esen H., Inalli M., Esen M.: Numerical and experimental analysis of a horizontal ground-coupled heat pump system. Building and Environment, V.42, 2007.
- [11.39] Fic A.: Błędy modelowania cieplnych efektów zmiany fazy przy stosowaniu metody uśrednień całkowych do rozwiązywania zagadnień Stefana. Materiały konferencyjne XXVII Sympozjonu PTMTiS „Modelowanie w mechanice”, Gliwice-Wiśla 1988.
- [11.40] Fic A.: FEM technique for convective-diffusion problems with moving boundary. Proc. Int. Conf. Heat Transfer with Change of Phase „HEAT 96” in Kielce, Politechnika Świętokrzyska, Kielce 1990.
- [11.41] Fic A., Składzień J.: Zastosowanie MES do analizy cieplnej procesu zamrażania górotworu przy różnej konfiguracji rur mrożeniowych. ZNPSI, seria Energetyka, z. 124, 1995.
- [11.42] Fic A., Hanuszkiewicz-Drapała M.: Strumienie ciepła przejmowanego w poziomym gruntowym wymienniku pompy grzewczej. Chłodnictwo 6, 2002.
- [11.43] Fic A., Hanuszkiewicz-Drapała M., Piątek R., Składzień J.: Heat transfer analysis in ground heat exchanger systems of heat pumps. Proc. of European Congress on Methods in Applied Sciences and Engineering, ECCOMAS 2000, Barcelona 2000.
- [11.44] Fic A., Hanuszkiewicz-Drapała M., Piątek R., Składzień J.: Temperature field analysis in region of heat pump underground heat exchanger. Zeszyty Naukowe Katedry Mechaniki Stosowanej z.13, Politechnika Śląska w Gliwicach, Gliwice 2000.
- [11.45] Fic A., Hanuszkiewicz-Drapała M., Piątek R., Składzień J.: Wpływ zewnętrznych strumieni ciepła na efektywność gruntowego wymiennika pompy ciepła. Zeszyty Naukowe Katedry Mechaniki Stosowanej z.15, Politechnika Śląska w Gliwicach, Gliwice 2001.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

- [11.46] Fic A., Hanuszkiewicz-Drapała M., Składzień J.: Analiza porównawcza pionowych gruntowych wymienników ciepła pomp grzewczych. Materiały konferencyjne XIX Zjazdu Termodynamików, Gdańsk – Sopot 2005.
- [11.47] Fic A., Hanuszkiewicz-Drapała M., Składzień J.: Numerical analysis of thermal processes in ground heat exchanger of heat pumps systems. Proceedings of 2-nd International Conference. on Computational Heat and Mass Transfer COPPE/UFRJ – Federal University of Rio de Janeiro, Brazil 2001.
- [11.48] Fic A., Hanuszkiewicz-Drapała M., Składzień J.: Obszar gruntowego wymiennika pompy grzewczej jako akumulator energii słonecznej. Zeszyty Naukowe Politechniki Warszawskiej, s. Prace Naukowe, Konferencje z.22, Warszawa 2002.
- [11.49] Składzień J., Fic A., Hanuszkiewicz-Drapała M.: Ochładzanie i nagrzewanie gruntu w obszarze wymiennika ciepła pompy grzewczej. Gospodarka Paliwami i Energią, nr 11, 2002.
- [11.50] Składzień J., Hanuszkiewicz-Drapała M., Fic A.: Thermal analysis of vertical ground exchangers of heat pumps. Heat Transfer Engineering, 27, 2006, pp.2-13.
- [11.51] Składzień J., Hanuszkiewicz-Drapała M., Fic A.: Thermal analysis of vertical ground exchangers of heat pumps. International Symposium CHT-04 „Advances in Computational Heat Transfer III”, Norwegia, MS Midnatsol 2004.
- [11.52] Fic A.: Bezwymiarowy model matematyczny zamrażania gruntu przy ruchu wody gruntowej. Materiały XXXVIII Sympozjonu PTMTiS, ZN Katedry Mechaniki Stosowanej, Gliwice 1999.
- [11.53] Fic A.: FEM solution of heat transfer problem in the ground with change of phase and groundwater flow. Proc. of European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, ECCOMAS 2000, Barcelona 2000 (CD).
- [11.54] Fic A.: Influence of Arrangement of Freezing Tubes on the Ground Freezing Process with Flowing Groundwater. Proc. Int. Conference Computational Modeling of Free and Moving Boundary Problems Moving Boundary V in Lubliana, Šarler, B., Brebbia, C.A., Power, H., ed., WITPRESS, Southampton, Boston 1999.
- [11.55] Fic A.: Numerical analysis of the ground freezing problem with flowing groundwater. Proc. of the Fourth European Fluid Dynamics Conference “Computational Fluid Dynamics ‘98”, Athens, Greece, John Willey and Sons, vol.1, Part 1, 1998.
- [11.56] Fic A.: Solving of 3D Heat Transfer Problems in the Ground with Change of Phase and Groundwater Flow. Proc. of the 2nd International Conference on Computational Heat and Mass Transfer in Rio de Janeiro, Brazil 2001.
- [11.57] Fic A.: Wpływ prędkości wody na przebieg procesu zamrażania górotworu w obecności przepływającej wody gruntowej. Materiały konferencyjne XVII Zjazdu Termodynamików, Kraków - Zakopane 1999.
- [11.58] Fic A., Składzień J.: Analiza cieplna procesu ochładzania górotworu przy uwzględnieniu ruchu wód podziemnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Energetyka, z. 124, 1995

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



- [11.59] Fic A., Składzień J.: FEM solution of the ground freezing problem with flowing groundwater. Proc. of Conference "Moving Boundary IV" in Gent, R. Van Keer, C.A. Brebia, ed. Computational Mechanics Publications, Southampton 1997.
- [11.60] Fic A., Składzień J.: Zamrażanie gruntu w warunkach ruchu wody gruntowej - koncepcja metody obliczeń numerycznych. ZN Katedry Mechaniki Stosowanej, Nr 3, Gliwice 1997.
- [11.61] Fic A., Składzień J.: Pole temperatury prędkości wilgoci w obszarze wymiennika gruntowego pompy grzewczej. Materiały konferencyjne XII Sympozjum Wymiany Ciepła i Masy, AGH – Zakopane 2004.
- [11.62] Fic A., Składzień J., Hanuszkiewicz-Drapała M.: Ground heat exchanger of heat pump installed in the region of polders or waste dumping – analysis of possible locations. Archives of Thermodynamics 4, 2006.
- [11.63] Składzień J., Koziół J., Fic A.: Modelowanie przewodzenia ciepła przy zmianie fazy w wybranych układach chłodniczych i zespołach pomp grzewczych. Kongres Nauki Politechniki Śląskiej Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.
- [11.64] Fic A., Składzień J., Skorek J.: Analiza numeryczna procesów ciepłno – przepływowych przy zmianie fazy. Aktualne Problemy Energetyki Ciepłej, Politechnika Śląska, Gliwice 2003.
- [11.65] Bogusławski L., Nowaczyk K.: Analiza pola temperatury w wymienniku gruntowym – wpływ współczynnika przewodzenia ciepła na intensyfikację wymiany ciepła. Materiały Sympozjum Wymiany Ciepła i Masy, Wrocław-Świeradów Zdrój 1998.
- [11.66] Olszewski P.: Analiza pracy długoterminowego, gruntowego magazynu energii z regeneracją sezonową. Praca doktorska, Politechnika Warszawska, Warszawa 2005.
- [11.67] Olszewski P.: Numerical modeling of temperature field in the storage system with vertical borehole. Proc. of 9th International Conference on Thermal Energy Storage FUTURESTOCK'2003, Warsaw, 2003.
- [11.68] Oleśkiewicz-Popiel C., Wojtkowiak J., Biernacka B.: Measurements of temperature distribution in ground, Experimental Thermal and Fluid Science 25, 2001.
- [11.69] Oleśkiewicz-Popiel C., Wojtkowiak J., Prętka I.: Semi-empirical formula for the natural ground temperature distribution. Proc. of 9th International Conference on Thermal Energy Storage FUTURESTOCK'2003, Warsaw, 2003.
- [11.70] Bando T.V., Monterob A., Fernández E., Santander J.L., Isidro H.M., Pérez J., Fernández de Córdoba P.J., Urchueguía J.F.: Finite line-source model for borehole heat exchangers: effect of vertical temperature variations. Geothermics 38, 2009.
- [11.71] Zeng H.Y., Diao N.R., Fang Z.H.: A finite line-source model for boreholes in geothermal heat exchangers. Heat transfer Asian 31, 2002
- [11.72] Sanner B.: Current status of ground source heat pumps in Europe, Proc. of the 9th Int. Conf. on Thermal Energy Storage FUTURESTOCK'2003, Warsaw 2003.

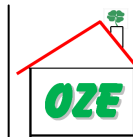
Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

- [11.73] Sanner B., Karytsas C., Mendrinis D., Rybach L.: Current status of ground source heat pumps and underground thermal energy storage in Europe. *Geothermic* 32, 2003.
- [11.74] Sanner B., Mands E., Sauer M.K.: Larger geothermal heat pump plants in the central region of Germany. *Geothermics* 32, 2003.
- [11.75] Cui P., Yang H., Fang Z.: Numerical analysis and experimental validation of heat transfer in ground heat exchangers in alternative modes. *Energy and Buildings*, 40, 2008.
- [11.76] Zeng H., Diao N., Fang Z.: Heat transfer analysis of boreholes in vertical ground heat exchangers. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 46, 2003.
- [11.77] Diao N, Li Q., Fang Z.: Heat transfer in ground heat exchangers with groundwater advection. *International Journal of Thermal Sciences* 43, 2004.
- [11.78] Czekalski D.: Experimental investigations of vertical ground exchanger thermal performance. *Proc. of the International Conference Heat Transfer and Renewable Sources of Energy 2004, Szczecin 2004.*
- [11.79] Czekalski D., Mirski T., Chochowski A.: Operation analysis of heat pump in hybrid system. *Proc. of the International Conference Heat Transfer and Renewable Sources of Energy 2004, Szczecin 2002.*
- [11.80] Rubik M.: *Pompy ciepła. Poradnik, Ośrodek Informacji: Technika instalacyjna w budownictwie*”, Warszawa 2006.
- [11.81] Zawadzki M.: *Kolektory Słoneczne Pompy Ciepła Na Tak, Oficyna Wydawnicza firmy Ekologia Sp. z o. o. . Warszawa 2003.*
- [11.82] Niezgoda-Żelasko B.: Projektowanie poziomych spiralnych gruntowych wymienników ciepła. *XXXIII Dni Chłodnictwa – Nowe Rozwiązania w Konstruowaniu, Projektowaniu i Eksploatacji Systemów Chłodniczych i Klimatyzacyjnych*, Poznań 2001.
- [11.83] Niezgoda-Żelasko B.: Transient heat exchange process between ground and spiral earth heat exchanger. *Proc. of 9th International Conference on Thermal Energy Storage FUTURESTOCK'2003, Warsaw 2003.*
- [11.84] Hanuszkiewicz-Drapała M.: Analiza termodynamiczna złożonego pionowo - poziomego wymiennika ciepła pompy grzejnej. *Chłodnictwo* nr 5, 2008.
- [11.85] Nowak W., Stachel A.: Example of utilization of geothermal energy in heating systems with heat pumps cooperating with vertical heat ground exchangers, „Systems” *Journal of Transdisciplinary Systems Science*, v.9, Wrocław 2004
- [11.86] Składzień J., Fic A., Hanuszkiewicz-Drapała M.: Thermal Analysis of the Systems: Ground Heat Exchanger – Heat Pump. *Second International Conference Contemporary Problems of Thermal Engineering, Gliwice – Ustroń 2004.*
- [11.87] Fic A., Hanuszkiewicz-Drapała M., Składzień J: Numerical Model of the System: Vapour Compressor Heat Pump – Ground Heat Exchanger. *EUROTHERM Seminar 82 Numerical Heat Transfer, Gliwice-Cracow 2005.*

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



- [11.88] Hanuszkiewicz-Drapała M.: Comparative analysis of systems: vapour compressor heat pump - ground heat exchanger. Archives of Thermodynamics, Vol.29, No 4, 2008.
- [11.89] Hanuszkiewicz-Drapała M.: Heating system with vapour compressor heat pump and horizontal ground heat exchanger. Archives of Thermodynamics, Vol. 30, No 4, 2009.
- [11.90] Hanuszkiewicz-Drapała M.: Model numeryczny układu: ogrzewany obiekt - sprężarkowa parowa pompa grzejna o regulowanej wydajności - poziomy gruntowy wymiennik ciepła. XX Zjazd Termodynamików, Termodynamika w Nauce i Gospodarce, Z. Gnutek, W. Gajewski (ed.), Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2008.
- [11.91] Hanuszkiewicz-Drapała M.: Wpływ długości rur poziomego gruntowego wymiennika ciepła na funkcjonowanie układu grzewczego z pompą ciepła sprężarkową parową. Modelowanie inżynierskie nr 40, 2010 (artykuł przyjęty do druku).
- [11.92] Hanuszkiewicz Drapała M., Fic A., Składzień J.: Analiza termodynamiczna układu sprężarkowa parowa pompa grzejna – pionowy gruntowy wymiennik ciepła. Materiały konferencyjne XIX Zjazdu Termodynamików, Gdańsk-Sopot 2005.
- [11.93] Hanuszkiewicz-Drapała M., Składzień J.: Analiza termodynamiczna pionowych U-rurowych gruntowych wymienników ciepła pompy grzejnej. XX Zjazd Termodynamików, Termodynamika w Nauce i Gospodarce, Z. Gnutek, W. Gajewski (Eds.), Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2008.
- [11.94] Hanuszkiewicz-Drapała M., Składzień J.: Energy consumption analysis in the system: vapour compressor heat pump - horizontal ground heat exchanger. Proc. of the International Conference Heat Transfer and Renewable Sources of Energy, Szczecin 2008.
- [11.95] Hanuszkiewicz-Drapała M., Składzień J.: Heating system with vapour compressor heat pump and vertical U-tube ground heat exchanger. Archives of Archives of Thermodynamics, Vol. 31, No 4, 2010.
- [11.96] Hanuszkiewicz-Drapała M. Składzień J.: Sprężarkowe parowe pompy grzejne z rurowymi gruntowymi wymiennikami ciepła. Chłodnictwo 4, 2009.
- [11.97] Hanuszkiewicz-Drapała M., Składzień J.: Thermal analysis of vapour compressor heat pump working with ground heat exchanger. Proc. of the International Conference Heat Transfer and Renewable Sources of Energy, Szczecin 2010.
- [11.98] Hanuszkiewicz-Drapała M., Składzień J., Fic A.: Analiza termodynamiczna złożonego U-rurowego gruntowego wymiennika ciepła pompy grzejnej. Materiały konferencyjne XIII Sympozjum Wymiany Ciepła i Masy, Koszalin – Darłówek 2007.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

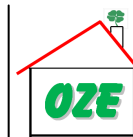
Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

- [11.99] Hanuszkiewicz-Drapała M., Składzień J., Fic A.: Numerical analysis of the system: vapour compressor heat pump – vertical ground heat exchanger. Archives of Thermodynamics, Vol. 28, No. 1, 2007.

Autor niniejszego opracowania składa bardzo serdeczne podziękowania Pani dr inż. Małgorzacie Hanuszkiewicz-Drapała za udostępnienie rękopisu monografii *Analiza termodynamiczna systemów ogrzewania z pompą grzejną sprężarkową parową i rurowym gruntowym wymiennikiem ciepła*, a zwłaszcza za zgodę na wykorzystanie zawartego w niej, niezwykle obszernego, przeglądu literaturowego dotyczącego modelowania procesów ciepłno – przepływowych w rejonie gruntowych wymienników ciepła współpracujących z pompami grzejnymi sprężarkowymi parowymi

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



12. METODYKA OCENY WPŁYWU ZWIĘKSZENIA WYKORZYSTANIA OZE NA EFEKTY POLITYCZNE, LEGISLACYJNE I SPOŁECZNE

Opracowanie przygotowane przez:

Dr Joanna Czubała

Etap nr 2:

*Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów
wykorzystania OZE w budownictwie*

12.1. Wstęp

Zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii wynika z faktu wyczerpywania się ograniczonych zasobów paliw kopalnych. Rozwój technologii, przemysłu oraz widmo kryzysu energetycznego i klimatycznego powodują, iż aspekty rozwoju energetyki w kierunku OZE, kojarzone z zaopatrywaniem w energię, nierozzerwalnie wiążą się z aspektami gospodarczymi oraz społecznymi [12.30]. Zatem wykorzystywanie OZE może nieść za sobą szereg wymiernych korzyści, przekładających się przede wszystkim na wzrost bezpieczeństwa energetycznego, redukcji zanieczyszczeń do atmosfery oraz zmniejszenia ilości wytwarzanych odpadów [12.26].

Rozwój energetyki odnawialnej ma istotne znaczenie dla realizacji podstawowych celów polityki energetycznej. Zwiększenie wykorzystania tych źródeł niesie za sobą większy stopień uniezależnienia się od dostaw energii z importu [12.28]. Promowanie wykorzystania OZE pozwala na zwiększenie stopnia dywersyfikacji źródeł dostaw oraz stworzenie warunków do rozwoju energetyki rozproszonej opartej na lokalnie dostępnych surowcach. Energetyka odnawialna to zwykle niewielkie jednostki wytwórcze zlokalizowane blisko odbiorcy, co pozwala na podniesienie lokalnego bezpieczeństwa energetycznego oraz zmniejszenie strat przesyłowych. Wytwarzanie energii ze źródeł odnawialnych cechuje się niewielką lub zerową emisją zanieczyszczeń, co zapewnia pozytywne efekty ekologiczne. Rozwój energetyki odnawialnej przyczynia się również do rozwoju słabiej rozwiniętych regionów, bogatych w zasoby energii odnawialnej.

Na dzień dzisiejszy wzrost zapotrzebowania na energię, który jest nieadekwatny do poziomu rozwoju infrastruktury wytwórczej w Polsce oraz podjęte zobowiązania w zakresie ochrony środowiska, powodują, iż polski sektor energetyczny stoi obecnie przed bardzo poważnymi wyzwaniami, mającymi zapobiegać pogorszeniu się sytuacji paliwowo-energetycznej. Realizując cele polityki Unijnej, Polska czynnie uczestniczy w tworzeniu wspólnotowej polityki energetycznej, a także dokonuje implementacji jej głównych celów w specyficznych warunkach krajowych, biorąc pod uwagę ochronę interesów odbiorców, posiadane zasoby energetyczne oraz uwarunkowania technologiczne wytwarzania i przesyłu energii [12.15].

Wśród nakreślonych w dokumencie: *Polityka energetyczna Polski do 2030 r.* zakresów działań, znajduje się cel rozwoju wykorzystania odnawialnych źródeł energii, w tym biopaliw, który obok celów poprawy efektywności energetycznej, wzrostu bezpieczeństwa dostaw paliw i energii, dywersyfikacji struktury wytwarzania energii elektrycznej poprzez wprowadzenie energetyki jądrowej, rozwoju konkurencyjnych rynków paliw i energii oraz ograniczenia oddziaływania energetyki na środowisko, stanowi jeden z podstawowych kierunków realizacji polityki energetycznej. Przyczynia się on zarówno do zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego oraz do zmniejszenia negatywnego wpływu energetyki na środowisko poprzez redukcję emisji. Realizacja zakresów działań zgodnie z wyznaczonym kierunkiem sprawi, iż dążenie do wzrostu bezpieczeństwa energetycznego kraju będzie realizowane przy zachowaniu zasady zrównoważonego rozwoju.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



12.2. Kierunki polityki Unii Europejskiej

12.2.1. Pakiet energetyczno - klimatyczny

Zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii jest istotną kwestią z punktu widzenia całej Unii Europejskiej. Z rozwojem OZE wiąże się polityka zrównoważonego rozwoju, przyjęte działania w celu obniżenia emisji gazów cieplarnianych, poprawa bezpieczeństwa energetycznego, a także wzrost wydajności energetycznej. W krajach członkowskich Unii Europejskiej pierwsze działania w zakresie promowania energii z odnawialnych źródeł podjęto pod koniec lat dziewięćdziesiątych w dokumencie: Biała Księga Komisji Europejskiej „Energia dla przyszłości – odnawialne źródła energii”, w której założono wzrost udziału zużycia energii produkowanej ze źródeł odnawialnych w zużyciu energii brutto w państwach członkowskich Unii Europejskiej o 12% do 2010 roku.

Kolejną istotną regulację w zakresie OZE stanowiła dyrektywa 2001/77/WE w sprawie wspierania produkcji energii elektrycznej wytwarzanej ze źródeł odnawialnych. Celem dyrektywy było osiągnięcie w 2010 roku 22% udziału energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii. Jednakże zróżnicowana polityka państw członkowskich oraz stosowanych zachęt sprzyjających rozwojowi OZE, stanowiła poważną barierę dla realizacji wytycznych dyrektywy 2001/77/WE. Dla przykładu w Wielkiej Brytanii OZE zaspokajają jedynie 1,5% potrzeb energetycznych, a w Szwecji około 40% [12.26].

Próby rozwiązania problemów wynikających z niespójności działań zmierzających do osiągnięcia nakreślonych celów oraz równoległe prowadzone prace nad założeniami dotyczącymi redukcji emisji gazów cieplarnianych wpłynęły na przedstawienie przez Komisję Europejską w dniu 23 stycznia 2008 roku pakietu dokumentów legislacyjnych, określanych jako pakiet energetyczno-klimatyczny. Założenia pakietu sięgają roku 2020. Podstawowymi założeniami są [12.19]:

- 20% redukcja emisji gazów cieplarnianych (z opcją 30% redukcji, o ile w tym zakresie zostaną zawarte stosowne porozumienia międzynarodowe) w stosunku do poziomu emisji z 1990 r.;
- 20% zwiększenie udziału energii odnawialnej w finalnej konsumpcji energii;
- 20% zwiększenie efektywności energetycznej, w stosunku do prognoz na rok 2020, oraz
- zwiększenie udziału biopaliw w ogólnej konsumpcji paliw transportowych co najmniej do 10%.

Prace nad pakietem energetyczno klimatycznym zostały ukończone w 2009 roku, a jego filarami są:

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

- 1) Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/29/WE, zmieniająca Dyrektywę 2003/87/WE w celu usprawnienia i rozszerzenia wspólnotowego systemu handlu przydziałami emisji gazów cieplarnianych;
- 2) Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/406/WE w sprawie starań podejmowanych przez państwa członkowskie zmierzających do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w celu realizacji do 2020 r. zobowiązań Wspólnoty dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych;
- 3) Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/31/WE w sprawie geologicznego składowania dwutlenku węgla oraz zmieniająca dyrektywy Rady 85/337/WE, 96/61/WE,
- 4) dyrektywy 2000/60/WE, 2001/80/WE, 2004/35/WE, 2006/12/WE i rozporządzenie (WE) nr 1013/2006;
- 5) Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych.

Dyrektywa 2009/28/WE stanowi obecnie podstawowy dokument regulujący rozwój odnawialnych źródeł energii w krajach członkowskich Unii Europejskiej do 2020 r. Dyrektywa zastępuje wcześniejsze dokumenty związanych ze wspieraniem OZE, takie jak:

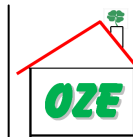
- wyżej wymieniona dyrektywa 2001/77/WE z dnia 27 września 2001 r. w sprawie wspierania produkcji na rynku wewnętrznym energii elektrycznej wytwarzanej ze źródeł odnawialnych – tzw. dyrektywa wspierająca OZE, której zapisy przestaną obowiązywać z dniem 01.01. 2012 r. na rzecz nowej dyrektywy;
- dyrektywa 2003/30/WE z dnia 8 maja 2003 r. w sprawie wspierania użycia w transporcie biopaliw lub innych paliw odnawialnych – tzw. dyrektywa biopaliwowa, której zapisy przestaną obowiązywać z dniem 01. 01. 2012 r. na rzecz nowej dyrektywy;
- dyrektywa 2004/8/WE z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie wspierania kogeneracji w oparciu o zapotrzebowanie na ciepło użytkowe na rynku wewnętrznym energii oraz zmieniająca dyrektywę 92/42/EWG - tzw. dyrektywa CHP.

Wspólnotowy pakiet energetyczno - klimatyczny, w skład którego zalicza się dyrektywa 2009/28/WE o promocji OZE, stworzył uwarunkowania rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce, które jednak trudno rozpatrywać bez uwzględnienia kontekstu europejskiego i szerokich aspektów społecznych. Dlatego też, Komisja Europejska zaproponowała wytyczenie nadrzędnych celów, które wpisują się w realizację trzech powiązanych ze sobą priorytetów [12.10]:

- rozwoju inteligentnego - sprzyjającego rozwojowi gospodarki opartej na wiedzy i innowacji;
- rozwoju zrównoważonego, mającego na celu wspieranie gospodarki efektywniej korzystającej z zasobów, bardziej przyjaznej środowisku i bardziej konkurencyjnej;
- rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu, poprzez wspieranie gospodarki o wysokim poziomie zatrudnienia, zapewniającej spójność społeczną i terytorialną.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Do wytyczonych celów zalicza się:

- wskaźnik zatrudnienia osób wieku 20-64 lat, który powinien wynosić 75%;
- 3% PKB Unii Europejskiej, którego wartość należy przeznaczyć na inwestycje w badania i rozwój;
- osiągnięcie celu 3×20 w zakresie klimatu i energii;
- ograniczenie liczby osób przedwcześnie kończących naukę szkolną do 10%, oraz wyznaczenie poziomu 40 % jako minimum osób z młodego pokolenia, które powinno zdobywać wyższe wykształcenie;
- zmniejszenie liczby osób zagrożonych ubóstwem o 20 mln.

Konkretyzacja wymienionych celów, ma odbyć się na podstawie siedmiu projektów przewodnich, które umożliwią postępy w ramach każdego z siedmiu określonych priorytetów tematycznych. Kwestie rozwoju energetyki odnawialnej wpisują się przede wszystkim w projekty przewodnie [12.30]:

- „Europa efektywnie korzystająca z zasobów”, w ramach którego Komisja zobowiązana jest przedstawić wniosek w sprawie unowocześnienia sieci europejskich, w tym transeuropejskich sieci energetycznych, i ich transformacji w kierunku europejskiej „super sieci”, sieci inteligentnych i połączeń międzysystemowych, szczególnie połączeń między siecią i odnawialnymi źródłami energii (przy wsparciu funduszy strukturalnych i Europejskiego Banku Inwestycyjnego);
- „Polityka przemysłowa w erze globalizacji”, w ramach którego na poziomie wspólnotowym Komisja podejmuje się wsparcia rozwoju sektorów dobrze rokujących na przyszłość, między innymi poprzez szybkie przesunięcia kwalifikacji do nowych, szybko rozwijających się sektorów i rynków, z wykorzystaniem unijnego systemu pomocy państwa lub Europejskiego Funduszu Dostosowania do Globalizacji oraz wspierać takie technologie i metody produkcji, które pozwalają ograniczyć wykorzystanie zasobów naturalnych, oraz zwiększyć inwestycje w istniejące unijne dobra naturalne. Jednocześnie na poziomie krajowym państwa członkowskie będą musiały ściśle współpracować z zainteresowanymi podmiotami z różnych sektorów (środowiskiem biznesu, związkami zawodowymi, środowiskiem akademickim, organizacjami pozarządowymi, stowarzyszeniami konsumenckimi), aby rozpoznać problemy i wspólnie zastanowić się, jak utrzymać silną bazę przemysłową i bazę wiedzy oraz uczynić Unię Europejską światowym liderem zrównoważonego rozwoju.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

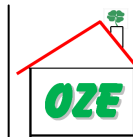


12.2.2. Cele dyrektywy OZE

Wydana w ramach pakietu energetyczno - klimatycznego dyrektywa dotycząca OZE wyznaczyła szereg zadań dla państw członkowskich Unii Europejskiej, a w szczególności:

- 1) wspólne ramy dla promowania energii ze źródeł odnawialnych;
- 2) obowiązkowe krajowe cele ogólne w odniesieniu do całkowitego udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto i w odniesieniu do udziału energii ze źródeł odnawialnych w transporcie;
- 3) zasady dotyczące:
 - a) statystycznych przekazów określonej ilości energii z OZE między państwami członkowskimi,
 - b) wspólnych projektów między państwami członkowskimi i z państwami trzecimi,
 - c) gwarancji pochodzenia,
 - d) procedur administracyjnych,
 - e) informacji i szkoleń,
 - f) dostępu energii ze źródeł odnawialnych do sieci elektroenergetycznej;
- 4) kryteria zrównoważonego rozwoju dla biopaliw i biopłynów.

Ustalony w dyrektywie cel ogólny w zakresie 20 % udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii w 2020 r., będzie realizowany poprzez zróżnicowane krajowe cele, wyznaczone dla poszczególnych państw członkowskich. Wymagany udział OZE w finalnym zużyciu energii brutto w 2020 r. w państwach członkowskich Unii Europejskiej przedstawiono w tablicy 12.1. oraz na rys. 12.1.

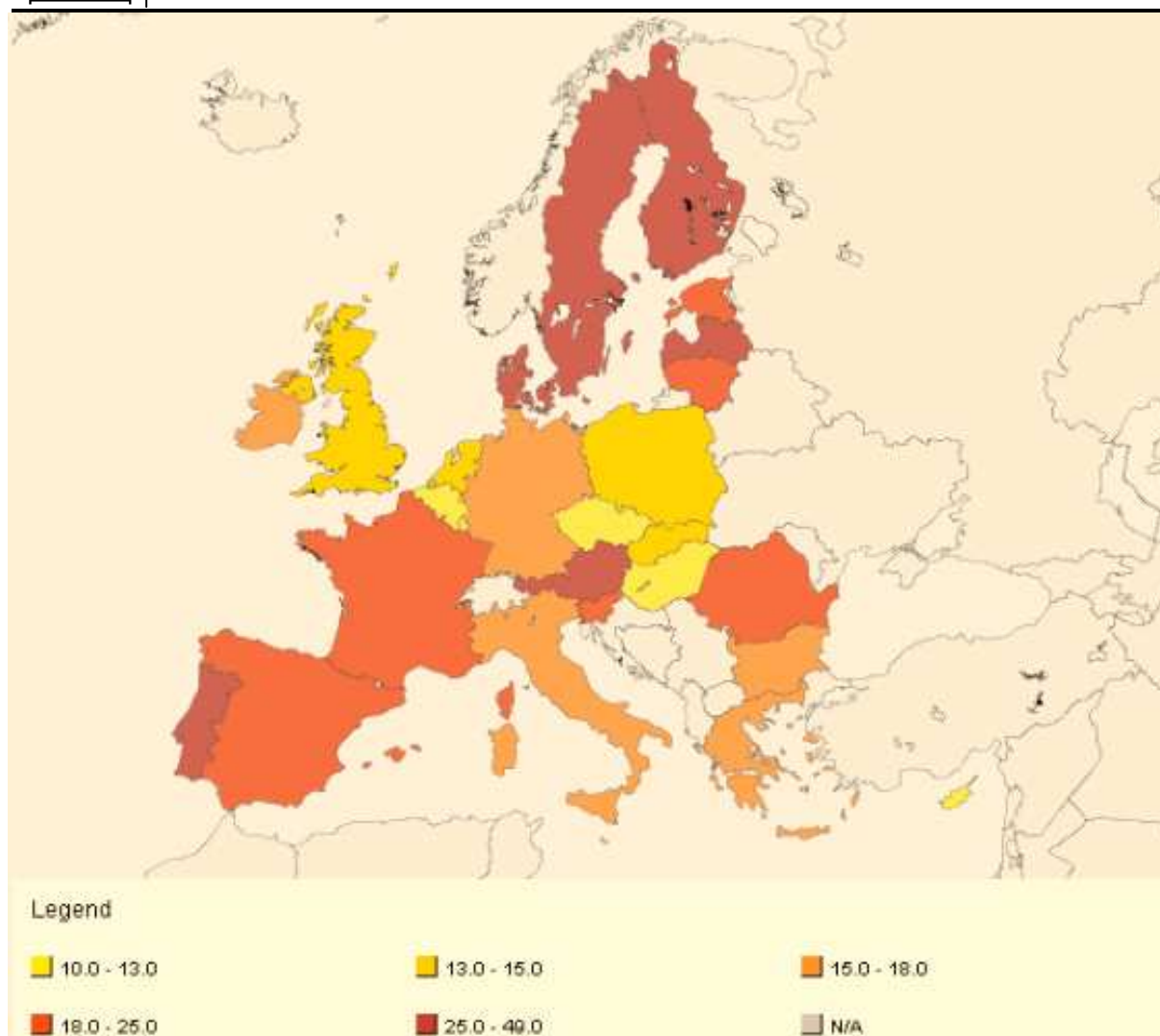


Tablica. 12.1 Wymagany udział OZE w finalnym zużyciu energii brutto w 2020 r. w porównaniu z rokiem 2005 r. [12.2]

Państwo Członkowskie	Udział OZE w bilansie energii [%]	
	2005 rok	2020 rok
Austria	23,3	34
Belgia	2,2	13
Bułgaria	9,4	16
Cypr	2,9	13
Czechy	6,1	13
Dania	17	30
Estonia	18	25
Finlandia	28,5	38
Francja	10,3	23
Grecja	6,9	18
Hiszpania	8,7	20
Holandia	2,4	14
Irlandia	3,1	16
Litwa	15	23
Luksemburg	0,9	11
Łotwa	32,6	40
Malta	0	10
Niemcy	5,8	18
Polska	7,2	15
Portugalia	0,5	31
Rumunia	7,8	24
Słowacja	6,7	14
Słowenia	16	25
Szwecja	9,8	49
Węgry	4,3	13
Wielka Brytania	1,3	15
Włochy	5,2	17
UE-27	8,5	20

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Rys. 12.1 Udział OZE w finalnym zużyciu energii brutto w 2020 r. [12.4]

Cele wyznaczone dla poszczególnych państw członkowskich odnoszą się do udziału energii z OZE w zużyciu finalnym energii elektrycznej, ciepła, chłodu oraz biopaliw zużywanych w transporcie [12.1]. Zasadniczą zmianą w podejściu do wymagań realizacji celów dyrektywy 2009/28/WE w odniesieniu do wcześniejszej dyrektywy 2001/77/WE jest fakt, iż za niewypełnienie założonych celów przewidziano sankcje, również finansowe, gdyż dyrektywa 2009/28/WE jest dokumentem z celami obowiązkowymi, a nie jak dotychczas indykatywnymi.

Celem wyznaczonym dla Polski jest udział energii ze źródeł odnawialnych w finalnym zużyciu energii brutto na poziomie 15%. Oznacza to, że do 2020 roku należy przeszło dwukrotnie zwiększyć udział OZE w końcowym zużyciu (z poziomu 7,2% w 2005 r.).

Etap nr 2:

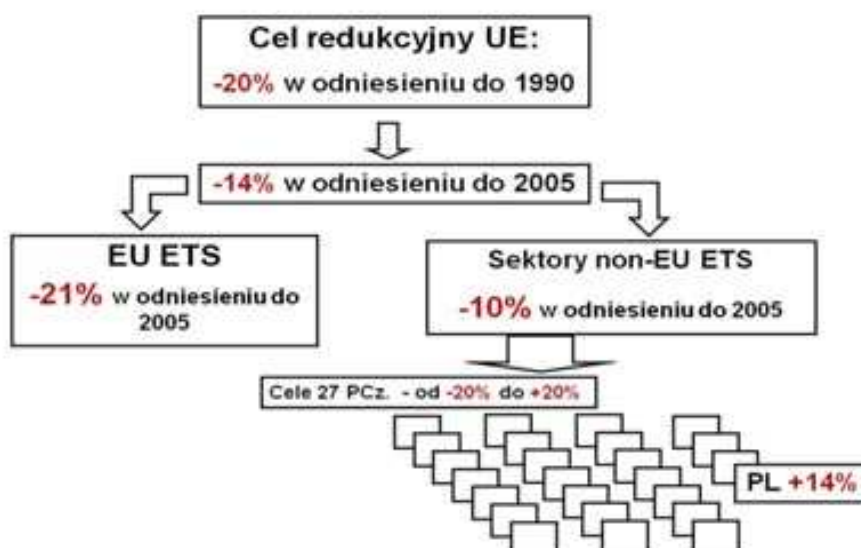
Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

12.2.3. Cele w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych

W ramach pakietu energetyczno-klimatycznego zakres emisji gazów cieplarnianych obejmują dwa kluczowe dokumenty:

- dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/29/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. zmieniająca dyrektywę 2003/87/WE w celu usprawnienia i rozszerzenia wspólnotowego systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych;
- decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/406/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie wysiłków podjętych przez państwa członkowskie, zmierzających do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w celu realizacji do roku 2020 zobowiązań Wspólnoty dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych.

Na rys. 2 zilustrowano zobowiązania redukcyjne w zakresie emisji gazów cieplarnianych w Unii Europejskiej.



Rys 2. Sposób realizacji 20% celu redukcyjnego UE zawartego w pakiecie energetyczno-klimatycznym. [12.9]

Na dzień dzisiejszy wspólnotowy system handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych obejmuje obecnie ponad 12 tysięcy instalacji w sektorze energetycznym oraz innych gałęziach przemysłu. Instalacje objęte systemem odpowiadają za ponad połowę emisji CO₂ oraz 40% emisji wszystkich gazów cieplarnianych. W ramach zapisów dyrektywy 2009/29/WE zakłada się, że w trzeciej fazie wdrażania wspólnotowego systemu handlu uprawnieniami do emisji, w latach 2013-2020 powinno dojść do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych o 21% w porównaniu do poziomów emisji z 2005 r. Fakt ten, niezależnie od metody rozdziału uprawnień, determinuje ograniczenie liczby uprawnień dostępnych dla uczestników tego systemu.



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

Pozostałe 60% emisji gazów cieplarnianych jest objęte przepisami drugiego kluczowego dokumentu, którym jest decyzja 2009/406/WE. Decyzja ta zakłada w skali Unii Europejskiej 10% cel redukcji emisji gazów cieplarnianych w sektorach nie objętych systemem handlu uprawnieniami do emisji (m.in. transport, rolnictwo, budownictwo). W tym zakresie unijny cel redukcyjny został zróżnicowany i część mniej zamożnych państw członkowskich paradoksalnie może nawet zwiększać emisje gazów cieplarnianych w okresie 2013-2020. Zgodnie z zapisami decyzji 2009/406/WE Polska mogłaby zwiększyć emisje gazów cieplarnianych w sektorach nie objętych systemem o 14% [12.9].

Wdrażaniu wyznaczonych celów w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych towarzyszyć również będą nowe uwarunkowania wprowadzone dyrektywą 2009/29/WE. Podstawową metodą rozdziału uprawnień będzie system aukcyjny. Jednak obowiązek ten będzie wprowadzany stopniowo według różnych ścieżek i w oparciu o zróżnicowane kryteria, w zależności od sektora gospodarki. W dyrektywie dokonano podziału sektorów objętych wspólnotowym systemem handlu uprawnieniami do emisji na trzy grupy [12.3] :

- 1) sektory narażone na ucieczkę emisji,
- 2) producentów energii elektrycznej
- 3) pozostałe przemysły, w tym produkcja ciepła.

Problem ucieczki emisji wiąże się z ryzykiem przenoszenia produkcji poza obszar Unii Europejskiej, w związku z nadmiernym obciążeniem produktów kosztami zakupu uprawnień. Tym sektorom przysługiwać będzie 100% nieodpłatnych uprawnień. Dla sektora elektroenergetycznego w nowych państwach członkowskich UE również wprowadzono możliwość zastosowania derogacji, czyli odstępstwa od 100% obowiązku zakupu uprawnień w drodze aukcji. Zatem sektor elektroenergetyczny będzie mógł otrzymywać część uprawnień bezpłatnie, począwszy od 2013 r. – 70%, aż do 2020 r., w którym elektroenergetyka zobowiązana będzie do zakupu 100% uprawnień na aukcji. Sektory przemysłowe nie narażone na wyciek emisji będą mogły natomiast, na podstawie ustalonych wskaźników, od 2013 r. otrzymywać 80% bezpłatnych uprawnień, a ilość ta będzie corocznie zmniejszana tak, aby osiągnąć maksymalnie poziom 30% w roku 2020 i 0% w 2027 r.

Zaostrzone wymagania w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych sprawiają, iż coraz trudniej będzie wypełniać nakreślone cele. Jednakże OZE mogą mieć swój znaczący udział w ograniczaniu emisji gazów cieplarnianych. Zamiana części paliw kopalnych na energię odnawialną, będzie bowiem skutkować dodatnimi efektami w postaci redukcji emisji CO₂ [12.5].

O ile jednak w zamierzeniu rozwiązanie takie jest dobre, z pewnością mogą pojawić się problemy przy jego realizacji. Przystawienie bowiem części energetyki tradycyjnej na odnawialną będzie wiązało się z ogromnymi kosztami dla budżetu wielu krajów [12.29].

Propozycja rozwiązania dla Polski tej kwestii została przedstawiona w [12.20]. Polsce potrzebne jest przyspieszenie rozwoju, który zapewni dojście polskiej gospodarki do średniego poziomu unijnego poprzez realizację celów pakietu energetyczno-klimatycznego, zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego, restrukturyzację rolnictwa, modernizację wsi,

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



pobudzenie rozwoju przemysłu dostaw dóbr inwestycyjnych, zapewnienie równowagi bilansu płatniczego całego kraju - eksport/ import - i poszczególnych gmin.

12.2.4. Funkcjonujące systemy wsparcia OZE w państwach członkowskich Unii Europejskiej

Wśród obecnie funkcjonujących systemów wsparcia w Europie wyróżnić można kilka mechanizmów wspierania odnawialnych źródeł energii – w zależności od sposobu regulacji. Podstawowe mechanizmy to [12.6]:

1. Feed-in tariffs (taryfa gwarantowana) – stosowana w większości państw Unii Europejskiej. Opiera się na wspieraniu mechanizmu cenowego. Polega na określeniu na szczeblu regulacyjnym stałej ceny energii elektrycznej z OZE w zależności od szeregu szczegółowych parametrów m.in. technologii, lokalizacji, daty oddania do eksploatacji. Taryfę określa się z góry na dłuższy okres (np. w przypadku Niemiec - 20 lat). W przypadku tego mechanizmu ostateczny koszt ponoszą końcowi odbiorcy energii.
2. Systemy zielonych certyfikatów (tzw. quota/TGC schemes) – stosowane m.in. w Polsce. Regulują bezpośrednio wolumen wytwarzanej energii odnawialnej. W tych systemach energia elektryczna jest sprzedawana po cenie ustalonej przez rynek dla energii konwencjonalnej. Określone podmioty są zobowiązane zakupić odpowiednią ilość zielonych certyfikatów lub wyprodukować odpowiednią ilość „zielonej” energii. Jednocześnie ustala się określony limit energii odnawialnej - w odniesieniu do ogólnego zużycia lub, odpowiednio, produkcji energii elektrycznej. W przypadku braku wykonania obowiązku stosuje się opłaty zastępcze, stanowiące na ogół dochody budżetowe. W systemie zielonych certyfikatów energia odnawialna podlega zwykłemu obrotowi na rynku energii elektrycznej oraz podlega rynkowym cenom oraz warunkom. Oprócz energii elektrycznej producenci OZE sprzedają również zielone certyfikaty, które stanowią dowód odnawialnego źródła produkcji energii elektrycznej.
3. Inne - instrumenty podatkowe (np. zwolnienie energii odnawialnej z akcyzy stosowane w Polsce), mechanizmy przetargowe (wybiera się ofertę producenta energii odnawialnej, który zaoferuje najkorzystniejsze warunki), czy pomoc inwestycyjna.

Systemy oraz strukturę cenową wsparcia OZE w poszczególnych państwach członkowskich Unii Europejskiej przedstawia tablica 12.2 oraz rys.12.3, rys. 12.4, rys. 12.5 i rys. 12.6.

Tablica 12.2. Systemy wsparcia OZE w państwach członkowskich Unii Europejskiej [12.27]

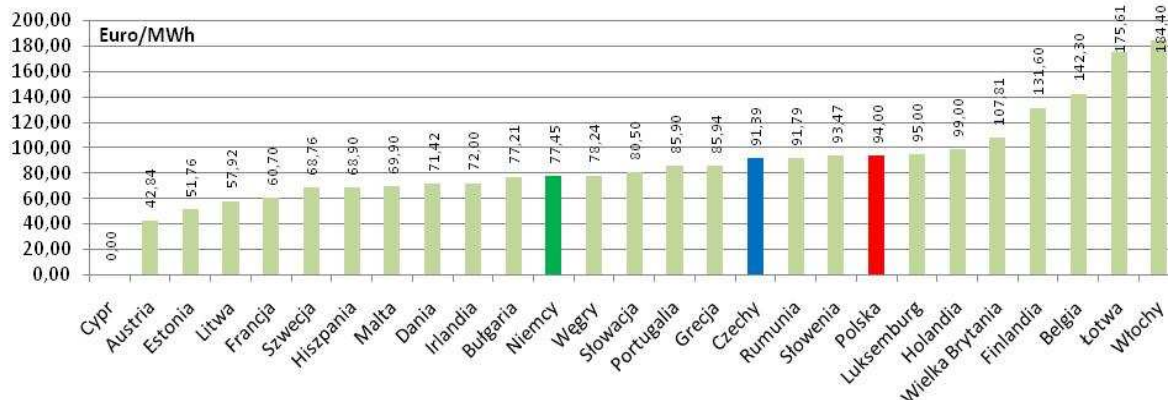
Lp.	Państwo Członkowskie	System wsparcia
1.	Austria	Feed-in tariffs
2.	Belgium	Green Certificates (to be added to electricity price)
3.	Bulgaria	Feed-in tariffs
4.	Cyprus	Feed-in tariffs (+ subsidies)
5.	Czech Republic	Feed-in tariffs or Green Premiums
6.	Denmark	Feed-in tariff, Premium + market price for electricity
7.	Estonia	Feed-in tariff
8.	Finland	Average market price for electricity + Subsidies
9.	France	Feed-in tariffs
10.	Germany	Feed-in tariffs
11.	Greece	Feed-in tariffs
12.	Hungary	Feed-in tariffs
13.	Ireland	Feed-in tariffs
14.	Italy	Quota obligation system (tradable Green Certificates + the electricity market price), Feed-in-tariffs
15.	Latvia	Feed-in Tariffs
16.	Lithuania	Feed-in tariffs
17.	Luxembourg	Feed-in tariffs
18.	Malta	Net metering system
19.	The Netherlands	Feed-in tariffs (variable price strictly connected to the electricity price, see particularities)
20.	Poland	Quota obligation system (tradable Certificates of Origin + the electricity market price)
21.	Portugal	Feed-in tariffs
22.	Romania	Quota obligation system (tradable Certificates of Origin + the electricity market price)
23.	Slovak Republic	Feed-in tariffs
24.	Slovenia	Feed-in tariffs
25.	Spain	Feed-in tariff or Premium (+ electricity market price)
26.	Sweden	Quota obligation system (tradable Green Certificates + the electricity market price)
27.	United Kingdom	Quota obligation system (tradable Green Certificates + the electricity market price)

Etap nr 2:

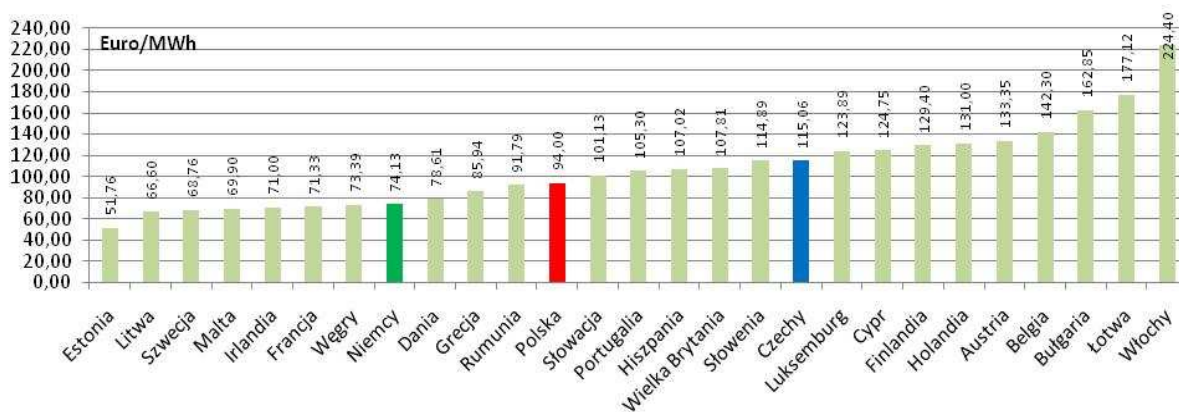
Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

Zadanie badawcze nr 3:

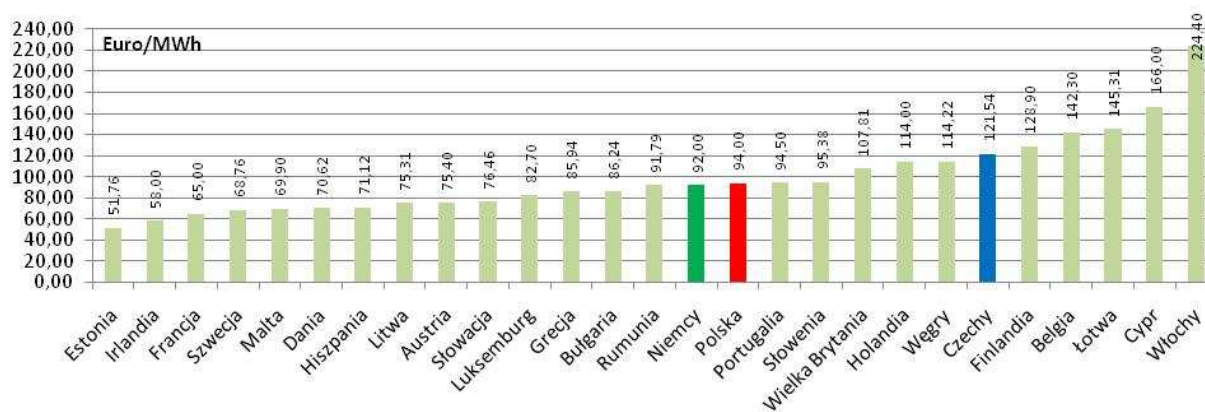
Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.



Rys. 12.3. Struktura cenowa wsparcia OZE w Unii Europejskiej - małe elektrownie wodne [12.27]



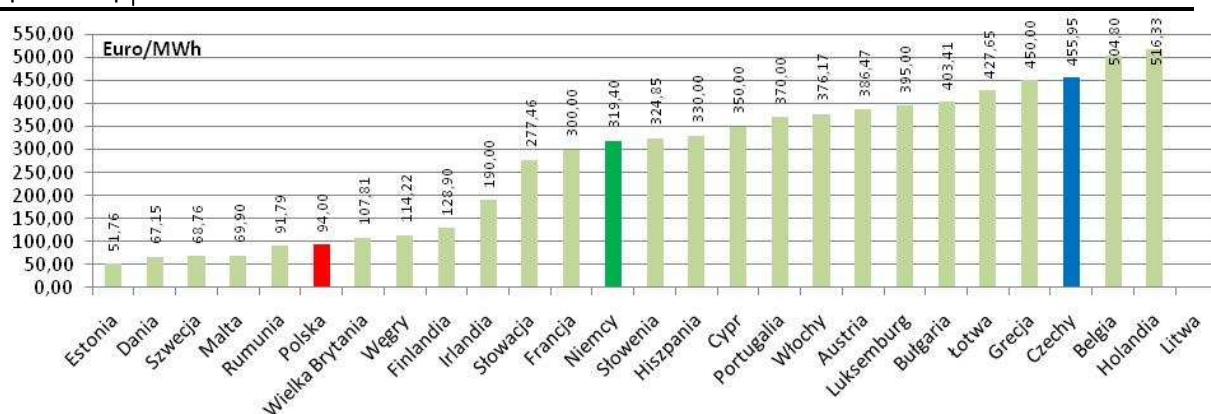
Rys. 12.4. Struktura cenowa wsparcia OZE w Unii Europejskiej - elektrownie na biomasę [12.27]



Rys. 12.5. Struktura cenowa wsparcia OZE w Unii Europejskiej - elektrownie wiatrowe [12.27]

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Rys. 12.6. Struktura cenowa wsparcia OZE w Unii Europejskiej – fotowoltaika [12.27]

12.3. Uwarunkowania prawne wykorzystania OZE w Polsce

12.3.1. Regulacje wspierające rozwój odnawialnych źródeł energii

Polska jako jedno z państw członkowskich ma za zadanie wprowadzić w życie przepisy ustawowe, wykonawcze i administracyjne, które są niezbędne do wykonania nakreślonych w Dyrektywie 2009/29/WE zadań. Uwzględniając politykę Unii Europejskiej w zakresie odnawialnych źródeł energii, polskie władze opracowały polityki sektorowe takie, jak [12.24]:

- Polityka energetyczna Polski do 2030 r.;
- Polityka ekologiczna Państwa w latach 2009-2012 z perspektywą do roku 2016;
- Polityka klimatyczna Polski: Strategie redukcji emisji gazów cieplarnianych w Polsce do roku 2020;
- Narodowe Strategiczne Ramy Odniesienia;
- strategie rozwoju województw;
- plany zagospodarowania przestrzennego województw;
- programy ochrony przyrody;
- lokalne strategie rozwoju.

Przepisy dyrektywy wprowadziły obowiązek przygotowania przez Polskę planów działań w zakresie rozwoju energetyki odnawialnej, będących programami wykonawczymi wraz z harmonogramami poszczególnych przedsięwzięć prowadzących do osiągnięcia wyznaczonych celów. Krajowe plany działań mają za zadanie zapewnić inwestorom warunki stabilnej i długookresowej polityki OZE, co z kolei wymaga wiarygodnego scenariusza rozwoju OZE oraz pewności zaproponowanych systemów wsparcia [12.30].

W dokumencie: „Prognoza będąca realizacją zobowiązania wynikającego z art. 4 ust. 3 dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r.

Etap nr 2:

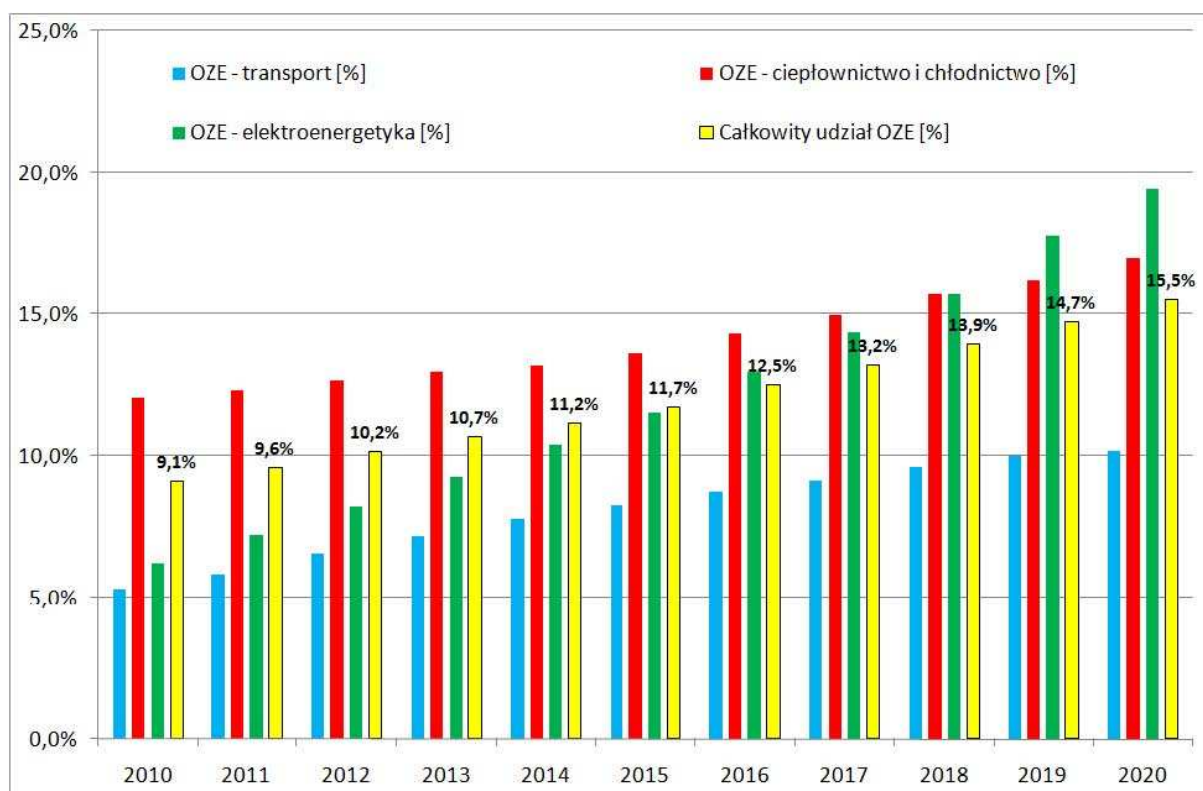
Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniającej i w następstwie uchylającej dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE” z dnia 29 stycznia 2010 roku, zawarto informacje o szacowanej przez Polskę nadwyżce energii ze źródeł, która mogłaby zostać przekazana innym państwom członkowskim oraz szacowanego zapotrzebowania na energię ze źródeł odnawialnych, które do roku 2020 ma być pokrywane inaczej niż z produkcji krajowej. Opracowane w tym zakresie dane przewidują następujące wartości dla:

- Szacowanej nadwyżki produkcji energii ze źródeł odnawialnych w odniesieniu do orientacyjnego kursu, która mogłaby zostać przekazana innym państwom członkowskim;
- Szacowanego zapotrzebowania na energię ze źródeł odnawialnych, które do roku 2020 ma być pokrywane inaczej niż z produkcji krajowej.

Na określony krajowy cel składają się poszczególne przewidywane udziały wykorzystania energii z OZE w ciepłownictwie i chłodnictwie, elektroenergetyce oraz transporcie.



Rys. 12.7 Przewidywany udział dotyczący wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych ciepłownictwie i chłodnictwie, elektroenergetyce oraz transporcie [12.14]

Tablica 12.3. Przewidywany udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii 2010 – 2020 oraz nadwyżka produkcji energii z OZE [12.13]

Poz	Wyszczególnienie	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1.	Końcowe zużycie energii [ktoe]	61 300	61 800	62 400	62 900	63 400	64 000	65 000	66 100	67 100	68 200	69 200
2.	Końcowe zużycie energii z OZE [ktoe]	5 595	5 933	6 332	6 706	7 080	7 501	8 123	8 723	9 362	10 024	10 713
3.	Końcowy udział OZE (%) - poz. 2/1	9,13	9,60	10,15	10,66	11,17	11,72	12,50	13,20	13,95	14,70	15,48
4.	Minimalna wartość wynikająca z dyrektywy (%)		8,76	8,76	9,54	9,54	10,71	10,71	12,27	12,27		15
5.	Minimalna wartość wynikająca z dyrektywy – poz. 4*1 [ktoe]		5 413	5 466	6 000	6 048	6 854	6 961	8 110	8 233		10 380
6.	Nadwyżka poz. 2 – 5 [ktoe]		519	866	705	1 032	647	1 162	613	1 129		333
7.	Nadwyżka (%) – poz. 6/1*100		0,84	1,39	1,12	1,63	1,01	1,79	0,93	1,68		0,48

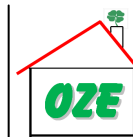
Zgodnie z prognozą przedstawioną w Tablicy 3, Polska uzyska w 2020 roku nadwyżkę energii ze źródeł odnawialnych w odniesieniu do wymaganego poziomu, w wysokości prawie 0,5 %, przy podanej dokładności prognozy 0,5% . Dokument nie przewiduje do 2020 roku konieczności wykorzystania przez Polskę energii odnawialnej spoza kraju w celu wypełnienia obowiązku jej udziału w zużyciu energii finalnej.

Na dzień dzisiejszy regulacjami prawnymi w Polsce w obszarze promowania wykorzystania energii z odnawialnych źródeł są głównie następujące akty prawne: [12.14]

- 1) Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (Dz. U. z 2006 r. Nr 89, poz. 625, z późn. zm.).
- 2) Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach ciekłych (Dz.U. Nr 169, poz. 1199)
- 3) Ustawa z dnia 2 lipca 2004 r. o swobodzie działalności gospodarczej (Dz. U. Nr 173, poz. 1807 z późn. zm.).
- 4) Ustawa z dnia 6 grudnia 2008 r. o podatku akcyzowym (Dz.U. z 2009 r. Nr 3, poz. 11).
- 5) Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia 2008 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



potwierdzania danych dotyczących ilości energii wytworzonych w odnawialnym źródle energii (Dz. U. Nr 156 poz. 969, z późn. zm.).

- 6) Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz. U. Nr 93 poz. 623 z późn. zm.).
- 7) Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 2 lipca 2007 r. w sprawie szczegółowych zasad kształtowania i kalkulacji taryf oraz rozliczeń w obrocie energią elektryczną (Dz. U. Nr 128 poz. 895 z późn. zm.).
- 8) Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 3 lutego 2009 r. w sprawie udzielania pomocy publicznej w zakresie budowy lub rozbudowy jednostek wytwarzających energię elektryczną lub ciepło z odnawialnych źródeł energii (Dz.U. Nr 21 poz. 112).
- 9) Polityka energetyczna Państwa do roku 2030 przyjęta przez Radę Ministrów 10 listopada 2009 r.
- 10) Ustawa z dnia 26 października 2000 r. o giełdach towarowych (Dz. U. z 2005 r. Nr 121, poz. 1019 i Nr183, poz. 1537 i 1538), wraz z ustawą z dnia 29 lipca 2005 r. o ofercie publicznej i warunkach wprowadzania instrumentów finansowych do zorganizowanego systemu obrotu oraz o spółkach publicznych (Dz. U. z 2009 r. nr 185, poz. 1439),
- 11) Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 22 grudnia 2009 r. w sprawie szczególnego trybu i warunków wprowadzania do obrotu giełdowego praw majątkowych (Dz. U. z 2010 r. Nr 6, poz. 30).
- 12) Regulamin Towarowej Giełdy Energii S.A. oraz powiązany z nim dokument Warunki obrotu dla praw majątkowych do świadectw pochodzenia dla energii wyprodukowanej w odnawialnych źródłach energii wydany przez Towarową Giełdę Energii S.A.
- 13) Regulamin Rejestru Świadectw Pochodzenia prowadzonego przez Towarową Giełdę Energii S.A., wydany przez Towarową Giełdę Energii S.A.
- 14) Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Przesyłowej opracowana i opublikowana przez PSE Operator S.A.

Wspieranie zrównoważonego wykorzystania poszczególnych rodzajów energii ze źródeł odnawialnych w Polsce odbywa się w wielu obszarach [12.16]:

- W zakresie wykorzystania biomasy, gdzie szczególny nacisk kładzie się na rozwiązania najbardziej efektywne energetycznie, m.in. z zastosowaniem technik jej zgazowania i przetwarzania na paliwa ciekłe, w szczególności biopaliwa II generacji. Niezwykle istotne będzie wykorzystanie biogazu pochodzącego z wysypisk śmieci, oczyszczalni ścieków i innych odpadów. Docelowo zakłada się wykorzystanie biomasy przez generację rozproszoną.
- W zakresie energetyki wiatrowej, gdzie przewiduje się jej rozwój zarówno na lądzie jak i na morzu.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

- W zakresie energetyki wodnej, zarówno małej skali jak i większych instalacji, które nie oddziałują w znaczący sposób na środowisko.
- W zakresie energii geotermalnej, poprzez użycie pomp ciepła i bezpośrednie wykorzystanie wód termalnych.
- W zakresie energii promieniowania słonecznego za pośrednictwem kolektorów słonecznych oraz innowacyjnych technologii fotowoltaicznych.

Wobec oczekiwanego dynamicznego rozwoju OZE istotnym staje się stosowanie rozwiązań, w szczególności przy wykorzystaniu innowacyjnych technologii, które zapewnią stabilność pracy systemu elektroenergetycznego. Mając na uwadze wytyczne wprowadzone poprzez pakiet energetyczno-klimatyczny, do głównych celów polityki energetycznej w zakresie rozwoju wykorzystania OZE zaliczyć można [12.16]:

- Wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w finalnym zużyciu energii co najmniej do poziomu 15% w 2020 roku oraz dalszy wzrost tego wskaźnika w latach następnych,
- Osiągnięcie w 2020 roku 10% udziału biopaliw w rynku paliw transportowych, oraz zwiększenie wykorzystania biopaliw II generacji,
- Ochronę lasów przed nadmiernym eksploataowaniem, w celu pozyskiwania biomasy oraz zrównoważone wykorzystanie obszarów rolniczych na cele OZE, w tym biopaliw, tak aby nie doprowadzić do konkurencji pomiędzy energetyką odnawialną i rolnictwem oraz zachować różnorodność biologiczną,
- Wykorzystanie do produkcji energii elektrycznej istniejących urządzeń piętrzących stanowiących własność Skarbu Państwa.
- Zwiększenie stopnia dywersyfikacji źródeł dostaw oraz stworzenie optymalnych warunków do rozwoju energetyki rozproszonej opartej na lokalnie dostępnych surowcach

Działania w obszarze rozwoju OZE obejmują [12.16]:

- Wypracowanie ścieżki dochodzenia do osiągnięcia 15% udziału OZE w zużyciu energii finalnej w sposób zrównoważony, w podziale na energię elektryczną, ciepło i chłód oraz energię odnawialną w transporcie,
- Utrzymanie mechanizmów wsparcia dla producentów energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych, np. poprzez system świadectw pochodzenia,
- Utrzymanie obowiązku stopniowego zwiększania udziału biokomponentów w paliwach transportowych, tak aby osiągnąć zamierzone cele,
- Wprowadzenie dodatkowych instrumentów wsparcia zachęcających do szerszego wytwarzania ciepła i chłodu z odnawialnych źródeł energii,
- Wdrożenie kierunków budowy biogazowni rolniczych, przy założeniu powstania do roku 2020 średnio jednej biogazowni w każdej gminie,
- Stworzenie warunków ułatwiających podejmowanie decyzji inwestycyjnych dotyczących budowy farm wiatrowych na morzu,

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



- Utrzymanie zasady zwolnienia z akcyzy energii pochodzącej z OZE,
- Bezpośrednie wsparcie budowy nowych jednostek OZE i sieci elektroenergetycznych, umożliwiających ich przyłączenie z wykorzystaniem funduszy europejskich oraz środków funduszy ochrony środowiska, w tym środków pochodzących z opłaty zastępczej i z kar,
- Stymulowanie rozwoju potencjału polskiego przemysłu, produkującego urządzenia dla energetyki odnawialnej, w tym przy wykorzystaniu funduszy europejskich,
- Wsparcie rozwoju technologii oraz budowy instalacji do pozyskiwania energii odnawialnej z odpadów zawierających materiały ulegające biodegradacji (np. odpadów komunalnych zawierających frakcje ulegające biodegradacji),
- Ocena możliwości energetycznego wykorzystania istniejących urządzeń piętrzących, stanowiących własność Skarbu Państwa, poprzez ich inwentaryzację, ramowe określenie wpływu na środowisko oraz wypracowanie zasad ich udostępniania.

Wraz z wymienionymi działaniami założono kontynuację realizacji promocji biopaliw w [12.15], który wyszczególnia instrumenty wsparcia w tym zakresie poprzez:

- rozwiązania w zakresie podatku akcyzowego;
- rozwiązania w zakresie podatku dochodowego od osób prawnych;
- rozwiązania w zakresie opłaty paliwowej;
- wsparcie dla upraw roślin energetycznych stanowiących surowiec do produkcji biokomponentów;
- wsparcie dla inwestycji w zakresie produkcji biokomponentów w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko;
- wsparcie dla inwestycji w zakresie produkcji biokomponentów w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich;
- wsparcie dla inwestycji w zakresie produkcji biokomponentów i biopaliw w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka;
- strefy dla ekologicznego transportu publicznego;
- zwolnienia z opłat za parkowanie;
- zwolnienia z opłat za korzystanie ze środowiska;
- preferencje w zakupie pojazdów i maszyn wyposażonych w silniki przystosowane do spalania biopaliw ciekłych w ramach zamówień publicznych;
- obowiązki dla administracji rządowej w zakresie stosowania biopaliw ciekłych;
- działalność naukowo-badawczą w zakresie biopaliw ciekłych;
- działalność informacyjno-edukacyjną w zakresie biopaliw ciekłych.

Na szczeblu krajowym do głównych narzędzi realizacji polityki energetycznej w Polsce należy zaliczyć [12.16]:

- Regulacje prawne określające zasady działania sektora paliwowo-energetycznego oraz ustanawiające standardy techniczne,

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

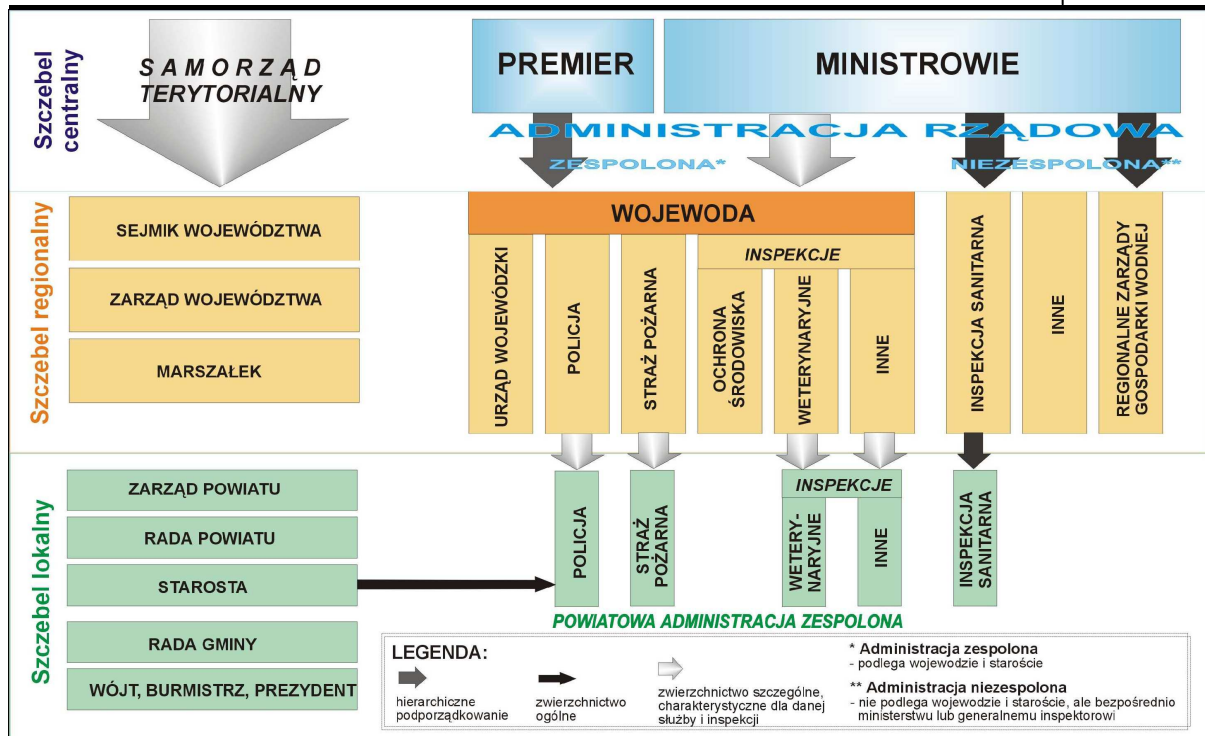
- Efektywne wykorzystanie przez Skarb Państwa, w ramach posiadanych kompetencji, nadzoru właścicielskiego do realizacji celów polityki energetycznej,
- Bieżące działania regulacyjne Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki, polegające na weryfikacji i zatwierdzaniu wysokości taryf oraz zastosowanie analizy typu *benchmarking* w zakresie energetycznych rynków regulowanych,
- Systemowe mechanizmy wsparcia realizacji działań zmierzających do osiągnięcia podstawowych celów polityki energetycznej, które w chwili obecnej nie są komercyjnie opłacalne (np. rynek „certyfikatów”, ulgi i zwolnienia podatkowe),
- Bieżące monitorowanie sytuacji na rynkach paliw i energii przez Prezesa Urzędu Ochrony Konkurencji i Konsumentów i Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki oraz podejmowanie działań interwencyjnych zgodnie z posiadanymi kompetencjami,
- Działania na forum Unii Europejskiej, w szczególności prowadzące do tworzenia polityki energetycznej UE oraz wspólnotowych wymogów w zakresie ochrony środowiska, tak aby uwzględniały one uwarunkowania polskiej energetyki i prowadziły do wzrostu bezpieczeństwa energetycznego Polski,
- Aktywne członkostwo Polski w organizacjach międzynarodowych, takich jak Międzynarodowa Agencja Energetyczna, Ustawowe działania jednostek samorządu terytorialnego, uwzględniające priorytety polityki energetycznej państwa, w tym poprzez zastosowanie partnerstwa publiczno – prywatnego (PPP),
- Zhierarchizowane planowanie przestrzenne, zapewniające realizację priorytetów polityki energetycznej, planów zaopatrzenia w energię elektryczną, ciepło i paliwa gazowe gmin oraz planów rozwoju przedsiębiorstw energetycznych,
- Działania informacyjne, prowadzone przez organy rządowe i współpracujące instytucje badawczo-rozwojowe,
- Wsparcie ze środków publicznych, w tym funduszy europejskich, realizacji istotnych dla kraju projektów w zakresie energetyki (np. projekty inwestycyjne, prace badawczo-rozwojowe).

Obecnie struktura organizacyjna administracji publicznej w państwie funkcjonuje na 4 poziomach: centralnym, wojewódzkim, powiatowym i gminnym. Struktura ta nie ma charakteru hierarchicznego. Składają się na nią odrębne i niezależne od siebie organy rządowe i samorządowe, a dany szczebel administracji realizuje w zasadzie tylko te zadania, których nie można realizować na szczeblu niższym [12.21].

Rys.12.8 przedstawia podstawową strukturę administracji publicznej w Polsce, która realizuje także zadania związane z rozwojem odnawialnych źródeł energii.

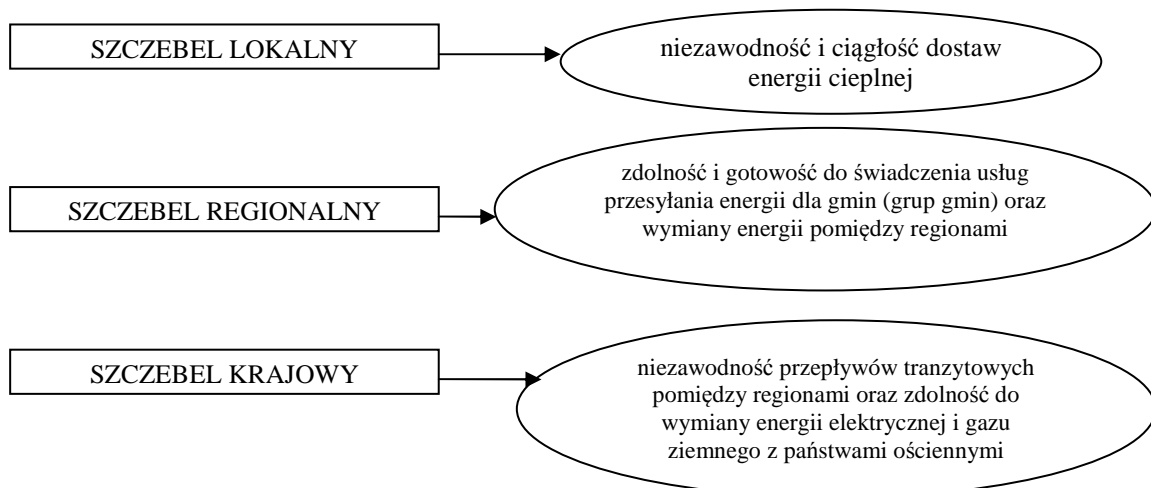
Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.



Rys. 12.8 Struktura organizacyjna administracji publicznej w Polsce [12.21]

Zakładając, że polityka energetyczna będzie realizowana na trzech szczeblach, można łatwo określić granice kompetencji poszczególnych poziomów:



Rys. 12.9 Granice kompetencji administracji publicznej w zakresie bezpieczeństwa energetycznego [12.22]

Odpowiedzialność władz regionalnych i lokalnych za zaspokajanie potrzeb energetycznych gmin, podnoszenie poziomu bezpieczeństwa energetycznego poprzez rozwój rozproszonej energetyki, wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, poszanowanie energii

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

i poprawę efektywności energetycznej oraz promowanie ochrony środowiska wraz z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii nabrała szerokiego znaczenia, z uwagi na fakt dużej kompleksowości zakresu działań [12.11].

12.3.2. Klasyfikacja instrumentów polityki energetycznej państwa

Dążenie do stworzenia warunków zrównoważonego rozwoju, również poprzez promowanie rozwoju OZE, realizowane jest za pomocą różnorodnych narzędzi polityki energetycznej państwa. Narzędzia te określane na szczeblu centralnym mogą mieć charakter nakazowy, poprzez wprowadzane ustawy, normy, przepisy, ceny, czy podatki, albo charakter zachęty poprzez dotacje lub ulgi podatkowe [12.12].

W ślad za [12.12] instrumenty polityki energetycznej państwa można podzielić na cztery podstawowe grupy instrumentów: prawnych (legislacyjnych, regulacyjnych), ekonomicznych, komunikacyjnych i strukturalnych.

Tablica 12.4. Grupy instrumentów polityki energetycznej państwa [12.12]

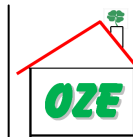
Grupa instrumentów	Opis narzędzi
Instrumenty prawne	Zlecenia, koncesje, nakazy, zakazy, normy techniczne, limity, kwoty, umowy dobrowolne Tworzą normę dla pożądanego zachowania i odpowiadają polityce „rozkazuj i kontroluj”. Istnieją dwa przeciwstawne poglądy na temat znaczenia regulacji ekologiczno-energetycznych dla społeczeństwa. Jeden głosi, iż regulacje są kompromisem pomiędzy społeczeństwem, które oczekuje korzyści dla siebie, a przedsiębiorstwami, które tracą wskutek regulacji na swej innowacyjności i konkurencyjności (opcja wygrany-przegrany). Według drugiego poglądu regulacje są źródłem przynoszącym korzyść społeczeństwu i firmom (opcja wygrany - wygrany).
Instrumenty ekonomiczne	Dwie grupy czynników finansowych: 1) Pozytywnych (charakter bodźca): dotacje, ulgi podatkowe lub akcyzy, stawi amortyzacyjne, preferencyjne kredyty 2) Negatywnych (charakter egzekucji): podatki od energii lub zanieczyszczeń, handel emisjami Narzędzia te oparte są na zasadzie, że przedsiębiorstwo zanieczyszczające środowisko powinno pokryć koszty zewnętrzne, czyli zapłacić za ujemne efekty, jakie powstają poza przedsiębiorstwem na skutek jego działalności. Koszty te w tradycyjnym układzie ponosi społeczeństwo. Przeniesienie kosztów ze społeczeństwa na przedsiębiorstwa powodującego szkody nosi nazwę internalizacji kosztów zewnętrznych. Przedsiębiorstwo otrzymuje możliwość wyboru – albo ogranicza emisje, albo płaci społeczeństwu za wyrządzane szkody

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.



Instrumenty komunikacyjne	Narzędzia przekazujące wiedzę w celu informowania, perswadowania, przekonywania lub nakłaniania. Narzędzia te mogą mieć charakter informacji pisemnej (materiały, certyfikaty i etykiety ekologiczne lub energetyczne dla produktów) lub komunikacji personalnej (demonstracje, kampanie reklamowe, szkolenia, poradnictwo, doradztwo itp.).
Instrumenty strukturalne	To istniejące elementy nowoczesnej infrastruktury energetycznej, które przez swe wysokie osiągi wywierają duży wpływ na zachowanie się odbiorców energii.

Do najważniejszych elementów stosowanych przez Komisję Europejską dla promocji oszczędności energii należy zaliczyć:

- ustalenie dynamicznych wymogów dla parametrów energetycznych dla szerokiego zakresu produktów, budynków i usług, przy czym wymogi te będą nakierowane na różnych uczestników, w tym na producentów silników i opon, kierowców, dostawców ropy i paliw oraz planistów infrastruktury;
- uruchomienie narzędzi finansowych i bodźców ekonomicznych, szczególnie dla inwestycji poprawiających sprawność wykorzystania energii w małych i średnich firmach oraz dla spółek świadczących usługi doradztwa energetycznego;
- poprawa świadomości społecznej i wywołanie zmian behawioralnych w społeczeństwie;
- postęp techniczny, szczególnie w zakresie informatyki i telekomunikacji.

Instrumenty polityki energetycznej zostały również skategoryzowane w [12.23], poprzez ich podział w zależności od ich przeznaczenia oraz skuteczności realizacji nakreślonych celów.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

Tablica 12.5. Ocena skuteczności instrumentów polityki energetycznej według kryterium powodów państwa do interwencji [12.23].

Instrument		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Powody interwencji	Efektywność kosztowa dla społeczeństwa	Średnia	Średnia	Średnia	Nie-pewna	Niska	Średnia	Średnia	Niska	Wysoka	Wysoka
	Istotność										
Brak konkurencji	Wysoka	XXX	XX	-	-	X	-	-	XXX	-	-
Koszty zewnętrzne	Wysoka	X	XX	XX	X	X	-	XXX	-	XXX	-
Nowa gałąź przemysłu	Wysoka/niepewna	XXX	X	XX	-	-	XXX	-	-	-	XXX
Bezpieczeństwo dostaw	Niepewna	XX	XX	X	X	XX	XX	X	-	-	X
Wyczerpanie zasobów	Wątpliwa	X	-	X	X	X	X	X	-	-	X
Rachunek bieżący	Wątpliwa	X	X	X	-	-	X	X	-	-	X

Legenda:

XXX - silny bodziec dla polityki energetycznej, XX - średni bodziec dla polityki energetycznej, X - słaby bodziec dla polityki energetycznej, - brak istotności

1 - Własność publiczna, 2 - koncesje inwestycyjne, 3 - Normy techniczne, 4 - Całkowity zakaz, 5 - Inne narzędzia ilościowe, 6 - subsydia, 7 - Podatki, 8 - Regulacje cenowe, 9 - Handel emisjami, 10 - Handel certyfikatami.

W zakresie realizowanej polityki promującej rozwój odnawialnych źródeł energii w Polsce, stosowane środki można skategoryzować następująco [12.14]:

Tablica 12.6. Wybrane narzędzia i oczekiwane wyniki w zakresie wykorzystania odnawialnych źródeł energii [12.14]

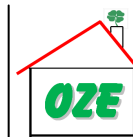
Nazwa środka	Rodzaj środka	Oczekiwany wynik	Docelowa grupa lub działalność	Data rozpoczęcia oraz zakończenia realizacji środka
Obowiązek uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia lub uiszczenia opłaty zastępczej nałożony na sprzedawców energii	Charakter regulacyjny	Wzrost mocy zainstalowanej w źródłach odnawialnych	Wytwórcy energii w Różdłach odnawialnych, inwestorzy w instalacje wytwórcze energii w źródłach odnawialnych, Prezes URE, sprzedawcy energii odbiorcom końcowym	Od 24 lutego 2007 r.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.



odbiorcom końcowym				
Obowiązek zakupu energii produkowanej z odnawialnych źródeł nałożony na sprzedawców z urzędu	Charakter regulacyjny	Wzrost mocy zainstalowanej w źródłach odnawialnych	Wytwórcy energii w źródłach odnawialnych, inwestorzy w instalacje wytwórcze energii w źródłach odnawialnych sprzedawcy z urzędu, Prezes URE	Od 4 marca 2005 r.
Obowiązek operatorów sieci elektroenergetycznych do priorytetowego udostępniania sieci dla energii z OZE	Charakter regulacyjny	Wzrost mocy zainstalowanej w źródłach odnawialnych	Operatorzy sieci elektroenergetycznych, inwestorzy w instalacje wytwórcze energii w źródłach odnawialnych, wytwórcy energii w źródłach odnawialnych	Od 1 lipca 2007 r.
Obniżenie do połowy opłaty za przyłączenie do sieci, ustalonej na podstawie rzeczywistych kosztów poniesionych na realizację przyłączenia dla odnawialnych źródeł energii o mocy zainstalowanej nie wyższej niż 5 MW	Charakter finansowy	Wzrost mocy zainstalowanej w źródłach odnawialnych	Operatorzy sieci elektroenergetycznych wytwórcy energii w źródłach odnawialnych, inwestorzy w instalacje wytwórcze energii w źródłach odnawialnych	Od 4 marca 2005 r. do 31 grudnia 2010 r.
Zwolnienie energii wyprodukowanej w źródłach odnawialnych z podatku akcyzowego przy jej sprzedaży odbiorcom końcowym	Charakter finansowy	Obniżenie kosztów produkcji energii odnawialnej	Wytwórcy energii w źródłach odnawialnych, inwestorzy w instalacje wytwórcze energii w źródłach odnawialnych, Prezes URE, Naczelnicy Urzędów Celnich	Od 26 kwietnia 2004 r.
Specjalne zasady bilansowania handlowego dla farm wiatrowych	Charakter finansowy	Obniżenie kosztów produkcji energii odnawialnej	Operator Systemu Przesyłowego, wytwórcy energii w źródłach odnawialnych	2007 r.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

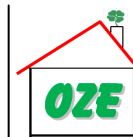
Zwolnienie z wnoszenia opłaty skarbowej za wydanie koncesji (przy mocy elektrycznej <5 MW)	Charakter finansowy	Obniżenie kosztów produkcji energii odnawialnej	Prezes URE, wytwórcy energii w źródłach odnawialnych, inwestorzy w instalacje wytwórcze energii w źródłach odnawialnych	Od 4 marca 2005 r.
Zwolnienie z wnoszenia opłaty skarbowej za wydanie świadectwa pochodzenia, (przy mocy elektrycznej <5 MW)	Charakter finansowy	Obniżenie kosztów produkcji energii odnawialnej	Prezes URE, wytwórcy energii w źródłach odnawialnych	Od 4 marca 2005 r.
Zwolnienie z obowiązku wnoszenia do budżetu państwa corocznej opłaty za uzyskanie koncesji na wytwarzanie energii (przy mocy elektrycznej wytwórcy <5 MW)	Charakter finansowy	Obniżenie kosztów produkcji energii odnawialnej	Prezes URE, wytwórcy energii w źródłach odnawialnych	Od 4 marca 2005 r.
Zwolnienie z wnoszenia opłat za wpis do Rejestru świadectw pochodzenia w TGE (przy mocy elektrycznej wytwórcy <5 MW)	Charakter finansowy	Obniżenie kosztów produkcji energii odnawialnej	Towarowa Giełda Energii, wytwórcy energii w źródłach odnawialnych	Od 4 marca 2005 r.
Zwolnienie z wnoszenia opłat za dokonywanie zmian w Rejestrze świadectw wyniku sprzedaży praw majątkowych (przy mocy elektrycznej wytwórcy <5 MW)	Charakter finansowy	Obniżenie kosztów produkcji energii odnawialnej	Towarowa Giełda Energii, wytwórcy energii w źródłach odnawialnych	Od 4 marca 2005 r.
Program OZE 1 w NFOŚiGW	Charakter finansowy	Wzrost mocy zainstalowanej w źródłach odnawialnych o 300 MW i	Inwestorzy w instalacje wytwórcze energii w źródłach odnawialnych	Lata 2009 - 2012

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie

Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.



		ilości energii o 1000 GWh		
Program OZE 2 w NFOŚiGW	Charakter finansowy	Wzrost mocy zainstalowanej w źródłach odnawialnych o 120 MW i ilości energii o 330 GWh	Inwestorzy w instalacje wytwórcze energii w źródłach odnawialnych	Lata 2009 - 2012
Program OZE dla rodzin	Charakter finansowy	Wzrost mocy zainstalowanej w źródłach odnawialnych (nie określono przyrostu mocy i ilości energii) -Wytwarzania energii	Inwestorzy w instalacje wytwórcze energii w źródłach odnawialnych	Lata 2009 - 2012

12.3.3. Struktura produkcji energii elektrycznej w odnawialnych źródeł energii w Polsce

W okresie 2001-2009 struktura produkcji energii elektrycznej z odnawialnych nośników energii przedstawia się następująco:

Tablica 12.7. Produkcja energii elektrycznej z odnawialnych nośników energii [GWh] w latach 2001 - 2009 [12.7]

Wyszczególnienie	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Ogółem	2 783,0	2 767,0	2 250,0	3 074,4	3 847,3	4 291,2	5 429,3	6 440,4	8 679,0
Woda z tego:	2 325,0	2 279,0	1 671,0	2 081,7	2 201,1	2 042,3	2 352,1	2 152,2	2 375,1
elektrownie o mocy osiągalnej < 1 MW	239,0	262,0	242,0	273,5	358,2	247,9	306,3	290,2	292,2
elektrownie o mocy osiągalnej od 1 do 10 MW	532,0	585,0	431,0	616,9	504,2	566,6	658,1	605,4	627,9
elektrownie o mocy osiągalnej > 10 MW	1 554,0	1 432,0	998,0	1 191,4	1 338,7	1 227,8	1 387,7	1 256,6	1 455,0

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

Wiatr	14,0	61,0	124,0	142,3	135,5	256,1	521,6	836,8	1 077,3
Biomasa stała	402,0	379,0	399,0	768,2	1 399,5	1 832,7	2 360,4	3 199,8	4 907,3
<i>w tym współspalanie</i>	-	-	-	620,5	1 236,3	1 644,6	2 126,2	2 963,3	4 663,8
Biogaz z tego:	42,0	48,0	56,0	82,2	111,3	160,1	195,2	251,6	319,2
biogaz z wysypisk odpadów	42,0	48,0	53,0	63,3	75,3	92,0	113,6	148,4	174,8
biogaz z oczyszczalni ścieków	-	-	2,0	18,1	35,4	66,7	79,5	94,9	122,7
biogaz pozostały	-	-	1,0	0,8	0,6	1,5	2,1	8,3	21,7

Produkcja energii elektrycznej z OZE w Polsce wzrastała systematycznie, począwszy od 2004 roku. Największy wzrost nastąpił w odniesieniu do energii wiatru, biomasy stałej oraz biogazu. Energia elektryczna wytworzona z OZE stanowiła 2,8% w 2006 r., 3,5% w 2007 r., 4,2% w 2008 r. oraz 5,8% w 2009 r. krajowego zużycia energii elektrycznej brutto.

12.4. Wsparcie finansowe rozwoju OZE

12.4.1. Wsparcie OZE ze środków Unii Europejskiej

Ważnym czynnikiem, który zachęca do inwestowania w odnawialne źródła energii są środki funduszy unijnych. Narodowe Strategiczne Ramy Odniesienia przewidują, że z łącznej sumy środków zaangażowanych w latach 2007-2013 (85,6 mld EUR, z czego 67,3 mld z budżetu unijnego, 11,9 mld z krajowych środków publicznych i około 6,4 mld ze środków podmiotów prywatnych) na cele związane z rozwojem odnawialnych źródeł energii zostanie przekazane około 3,1 mld EUR (około 4,6% całości środków Unii Europejskiej) [12.24].

Do puli tej dochodzą również środki z innych obszarów (4,4 mld EUR w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich), które pośrednio dotyczą też OZE. Przy uwzględnieniu publicznych środków krajowych (ok. 1,3 mld EUR) oraz prywatnych (ok. 0,7 mld EUR) jako wkład do środków wspólnotowych, otrzymuje się łącznie kwotę około 9,5 mld EUR potencjalnie do wykorzystania na rozwój OZE. Kwota ta może wpłynąć stymulująco na polską gospodarkę.

Należy jednak zauważyć, że większość środków wydane zostanie na zakup maszyn i urządzeń za granicą z uwagi na brak krajowych producentów i technologii OZE [12.31]. Zestawienie możliwości wsparcia na lata 2007-2013 ze środków Unii Europejskiej przedstawia Tablica 12.8.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Tablica 12.8. Możliwości wsparcia finansowego w ramach programów pomocowych Unii Europejskiej w okresie 2007-2013 [12.24]

Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko	Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka	Regionalne programy operacyjne - przykładowe programy wojewódzkie	Program Rozwoju Obszarów Wiejskich
Działanie 9.1 <i>Wysokosprawne wytwarzanie energii</i> – około 84 mln EUR	Działanie 1.4 <i>Wsparcie projektów celowych</i> - podniesienie innowacyjności przedsiębiorców dzięki wykorzystywaniu rezultatów prac badawczo - rozwojowych zrealizowanych na ich potrzeby około 331 mln EUR z Unii	Mazowieckie działanie 4.3. <i>Ochrona powietrza, energetyka</i> (nie tylko OZE) - około 49,9 mln EUR	Działanie: <i>Moderнизacja gospodarstw rolnych</i> - inwestycje związane z podjęciem lub modernizacją produkcji produktów rolnych: żywnościowych lub nieżywnościowych, w tym produktów przeznaczonych na cele energetyczne - około 1,8 mln EUR
Działanie 9.4 <i>Wytwarzanie energii ze źródeł odnawialnych</i> – około 352 mln EUR	Działanie 4.1 <i>Wsparcie wdrożeń wyników prac B+R</i> – około 331,5 mln EUR	Łódzkie: działanie II.9 <i>Odnawialne źródła energii</i> - około 27,3 mln EUR	Działanie: <i>Zwiększanie wartości dodanej podstawowej produkcji rolnej i leśnej</i> - około 1,1 mln EUR
Działanie 9.5 <i>Wytwarzanie biopaliw ze źródeł odnawialnych</i> – około 70,5 mln EUR	Działanie 4.4 <i>Nowe inwestycje o wysokim potencjale innowacyjnym</i> - około 1,2 mln EUR	Zachodniopomorskie: działanie: 4.1. <i>Energia odnawialna</i> - około 19 mln EUR	Działanie: <i>Podstawowe usługi dla gospodarki i ludności wiejskiej</i> - około 1,5 mld EUR.
Działanie 9.6 <i>Sieci ułatwiające odbiór energii ze źródeł odnawialnych</i> – około 47 mln EUR		Dolnośląskie: działanie 5.1 <i>Odnawialne źródła energii</i> - około 16,7 mln EUR	

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

Działanie 10.3 <i>Rozwój przemysłu dla OZE</i> – około 27,4 mln EUR		Śląskie 5.3. <i>Czyste powietrze i odnawialne źródła energii</i> (nie tylko OZE) - około 44 mln EUR	
580,9 mln EUR	1 869,5 mln EUR	ok. 600 mln EUR	4 400,0 mln EUR

Poza przedstawionymi w Tabelicy 12.8 programami, dofinansowanie projektów związanych z OZE w latach 2007-2013 będzie również możliwe bezpośrednio z budżetu Unii Europejskiej.

12.4.2. Krajowe wsparcie OZE ze środków publicznych

Istotnym wsparciem rozwoju OZE w Polsce jest Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej:

- w ramach *Programu wsparcia inwestycji w odnawialne źródła energii i obiekty wysokosprawnej kogeneracji*, który jest odpowiedzią na rządową rekomendację przedstawioną w antykryzysowym *Planie Stabilności i Rozwoju* (przewidywana na lata 2009-2012 pomoc finansowa ze środków krajowych, w wysokości 1,5 mld zł);
- dotacje oraz wieloletnie, niskooprocentowane pożyczki;
- wsparcie OZE z wojewódzkich, powiatowych i gminnych funduszy ochrony środowiska i gospodarki wodnej.

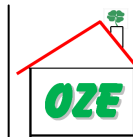
Dodatkowo, poza krajowymi i unijnymi środkami pomocy do wspierania OZE można wykorzystać środki uzupełniające, które wynikają ze współpracy międzynarodowej, w tym środki *Norweskiego Mechanizmu Finansowego i Mechanizmu Finansowego Europejskiego Obszaru Gospodarczego (EOG)* czy fundusze w ramach *Partnerstwa dla Energii Odnawialnej i Efektywności Energetycznej (REEP)*. Ponadto, instytucje finansowe, takie jak na przykład Europejski Bank Inwestycyjny, czy Bank Ochrony Środowiska są zainteresowane finansowaniem i uczestnictwem kapitałowym w projektach OZE [12.18, 12.24, 12.25].

12.5. Społeczne aspekty rozwoju OZE

Zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii oprócz korzyści ekologicznych i ekonomicznych może skutkować również korzyściami w wymiarze społecznym, m.in. poprzez zwiększenie zakresu produkcji energii w skali lokalnej i regionalnej, przyczyniając się tym samym do zapewnienia stabilności cen oraz zwiększenia

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



bezpieczeństwa dostaw energii. Zwiększone wykorzystanie energii odnawialnej będzie również przyczyniać się do pobudzania lokalnej gospodarki poprzez tworzenie nowych miejsc pracy. Zwiększaniu stopnia wykorzystania odnawialnych źródeł energii towarzyszyć będzie rozwój przemysłu bazującego na energetyce odnawialnej.

Według raportu World Watch Institute, dotyczącego Energii ze źródeł odnawialnych w 2005 r., w 2004 r. na całym świecie utworzono ponad 1,7 mln miejsc pracy, które związane były z produkcją energii odnawialnej. Dla przykładu, w Niemczech utworzono 45 000 miejsc pracy w branży energetyki wiatrowej, a w Wielkiej Brytanii 20 000 w morskiej energetyce wiatrowej. Wiele z miejsc pracy stworzono na rynkach lokalnych lub regionalnych na małą skalę.

Dostęp do zasobów energii jest kluczem do rozwoju cywilizacyjnego. Wykorzystanie OZE ma przede wszystkim znaczenie dla zaspokajania potrzeb energetycznych, przy jednoczesnej ochronie środowiska lokalnego. Energia odnawialna może mieć ogromne znaczenie dla stabilizacji cen energii. Koszt energii z odnawialnych źródeł odnosi się głównie do zwrotu zainwestowanego kapitału. Nie jest zatem zależny od wahań i wzrostu kosztów międzynarodowych zasobów, takich jak na przykład ropa naftowa. Ponieważ odnawialne źródła energii charakteryzują się dosyć słabym oddziaływaniem na środowisko i zdrowie człowieka, wiele rządów dąży do zwiększenia udziału energii zakupionej ze źródeł odnawialnych, który traktowany jest nie tylko jako gest odpowiedzialności społecznej, ale również jako zabezpieczenie przed wysokimi cenami energii.

W prowadzonych badaniach w [12.5], wyodrębniono 6 istotnych czynników, które mają znaczenie dla popytu na energię odnawialną.

Tablica 12.9 Czynniki wpływające na popyt na energię odnawialną [12.5]

Czynnik Państwa	Zmiany klimatyczne	Kwestie ochrony środowiska	Bezpieczeństwo energetyczne	Zapotrzebowanie klientów	Wzrost niezawodności	Lokalny rozwój gospodarczy
Unia Europejska	●	●	●	⊖	○	⊖
Japonia	⊖	●	●	⊖	○	○
Stany Zjednoczone	⊖	⊖	●	⊖	⊖	⊖
Kraje rozwijające się	○	○	⊖	●	⊖	●

Legenda - Wpływ czynnika : ● - silny, ○ - średni, ⊖ - niski

W Europie kluczowymi czynnikami mającymi wpływ na rozwój energii odnawialnej są kwestie ochrony środowiska, zmian klimatycznych oraz bezpieczeństwo energetyczne. W Stanach Zjednoczonych i Japonii, bezpieczeństwo energetyczne jest najsilniejszym

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

motywatorem rozwoju OZE. W krajach rozwijających się, możliwość dostępu ludności do źródeł energii oraz rozwój gospodarczy są najważniejszą siłą napędową rozwoju OZE.

Analizując prognozę kosztów rozwoju OZE dla społeczeństwa w [12.24] przedstawiono kryteria dopuszczalnych maksymalnych kosztów akceptowalnych dla Polski. Wykazano, iż korzystniej byłoby jeśli udział OZE byłby na poziomie znacznie niższym niż zakładany cel 15% (najlepiej między 10% a 12,5%, ze wskazaniem na 10%). Do oceny poszczególnych kryteriów wzięto pod uwagę:

- a) dodatkowy koszt energii w systemie – roczny w 2020 r. na mieszkańca
- b) dodatkowe koszty produkcji energii z tytułu OZE - łącznie w okresie 2005-2020 r.
- c) dodatkowe nakłady inwestycyjne na rozwój produkcji energii z OZE – łącznie w okresie 2005-2020 na mieszkańca.

Wyniki wskazały, że im niższy udział OZE w zużyciu finalnym, tym mniejsze (najkorzystniejszy wariant z 10% OZE) dodatkowe koszty dla społeczeństwa. Według przeprowadzonej analizy unijne cele 15% udziału OZE w zużyciu końcowym, przy zachowaniu kryteriów ekonomicznie uzasadnionych, byłyby osiągalne z 5 - letnim opóźnieniem dopiero w roku 2025, gdyż szybsze tempo będzie nierealne lub bardzo kosztowne.

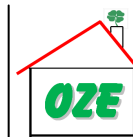
12.6. Bariery rozwoju OZE w Polsce

Wieloletnia tradycja stosowania węgla jako głównego paliwa energetycznego, stosowane w przeszłości dotacje do energetyki i niskie ceny tradycyjnych nośników energii znacznie utrudniały wprowadzenie energii ze źródeł odnawialnych w Polsce. Na dzień dzisiejszy nadal istnieje szereg barier, które ograniczają rozwój odnawialnych źródeł energii. Stanowią one zespół czynników o charakterze psychologicznym, społecznym, instytucjonalnym, prawnym i ekonomicznym [12.17]. Do podstawowych barier należą:

- 1) Bariery prawne [12.17]:
 - niewystarczające unormowanie prawne, w zakresie jednoznacznego programu i polityki w zakresie wykorzystania odnawialnych źródeł energii;
 - niestabilny system wsparcia [12.31];
 - Niejasne regulacje w zakresie procedury przyłączenia do sieci [12.25];
- 2) Bariery ekonomiczne [12.17]:
 - niewystarczające mechanizmy ekonomiczne, w tym w szczególności fiskalne, które umożliwiałyby uzyskiwanie odpowiednich korzyści finansowych w stosunku do wysokości ponoszonych nakładów inwestycyjnych na obiekty, instalacje, urządzenia przeznaczone do wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych;

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



- wysokie koszty inwestycyjne technologii wykorzystujących energię ze źródeł odnawialnych oraz wysokie koszty prac (np. geologicznych) niezbędnych do uzyskania energii ze źródeł odnawialnych;
 - brak realnych inwestorów [12.31];
 - nieprzewidywalna cena energii [12.25];
 - niestabilna waluta [12.25];
- 3) Bariery informacyjne [12.17]:
- brak powszechnego dostępu do informacji o rozmieszczeniu potencjału energetycznego poszczególnych rodzajów odnawialnych źródeł energii, możliwego do technicznego wykorzystania;
 - brak informacji o firmach produkcyjnych i projektowych oraz o firmach konsultacyjnych zajmujących się tą tematyką;
 - brak powszechnie dostępnych informacji o procedurach postępowania przy otwieraniu i realizacji tego typu inwestycji oraz standardowych kosztach cyklu inwestycyjnego oraz o korzyściach ekonomicznych, społecznych i ekologicznych związanych z realizacją inwestycji z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii;
 - brak informacji o producentach, dostawcach i wykonawcach systemów wykorzystujących energię ze źródeł odnawialnych.
- 4) Bariery dostępności do urzędzeń i nowych technologii [12.17]:
- niedostateczna ilość krajowych organizacji gospodarczych zajmujących się na skalę przemysłową produkcją urzędzeń wykorzystujących odnawialne źródła energii;
 - brak krajowego rynku biomasy;
 - brak preferencji podatkowych w zakresie importu i eksportu urzędzeń przeznaczonych do systemów wykorzystujących odnawialne źródła energii.
- 5) Bariery edukacyjne [12.17]:
- niedostateczny zakres programów nauczania, uwzględniających odnawialne źródła energii, w szkolnictwie podstawowym i ponadpodstawowym;
 - brak programów edukacyjno-szkoleniowych dotyczących odnawialnych źródeł energii adresowanych do inżynierów, projektantów, architektów, przedstawicieli sektora energetycznego, bankowości i decydentów.
- 6) Bariery wynikające z potrzeby ochrony krajobrazu [12.17]:
- brak wypracowanych metod uniknięcia konfliktów z ochroną przyrody i krajobrazu.

12.7. Podsumowanie

Opłacalność nowych inwestycji w źródła OZE bezpośrednio zależy od udostępnionych instrumentów wsparcia. Istniejące w Polsce uwarunkowania prawno-

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

ekonomiczne, w tym system wsparcia finansowego na dzień dzisiejszy można uznać za sprzyjające rozwojowi OZE. Niezależnie jednak od działań nakierowanych na zmianę w kierunku polityki unijnej, konieczne jest pilne podjęcie działań, które zagwarantują utrzymanie bezpieczeństwa energetycznego i gospodarczego naszego kraju. W tym celu potrzebne jest wykorzystanie pełnego potencjału opłacalnych ekonomicznie działań w zakresie odnawialnych źródeł energii. Należy jednak czynić to rozważnie z uwzględnieniem rachunku ekonomicznego, a także ograniczeń społecznych, środowiskowych i przestrzennych [12.8, 12.24].

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



BIBLIOGRAFIA ROZDZ. 12

- [12.1] Komisji z 30 czerwca 2009 r. ustanawiająca schemat krajowych planów działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych na mocy dyrektywy 2009/28/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, Dz.Urz. UE L 182 z 15 lipca 2009 r., s. 33.
- [12.2] Dyrektywa 2009/28/WE z 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych, Dz.Urz. UE L 140 z 5 czerwca 2009 r., s. 16
- [12.3] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/29/WE, zmieniającą Dyrektywę 2003/87/WE w celu usprawnienia i rozszerzenia wspólnotowego systemu handlu przydziałami emisji gazów cieplarnianych (tzw. dyrektywa EU ETS),
- [12.4] EUROSTAT, patrz także: www.eurostat.com
- [12.5] Expert Group on Renewable Energy: „Increasing Global Renewable Energy Market Share. Recent Trends and Perspectives” Beijing International Renewable Energy Conference: Renewables 2005, United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2005
- [12.6] Głowacki M: „Feed-in tariff w Polsce? OK - ale dlaczego tak późno?”. Kancelaria Głowacki, 16.07.2010 r.
- [12.7] Główny urząd Statystyczny: „Energia ze źródeł odnawialnych w 2009 r.”. Informacje i opracowania statystyczne, Warszawa 2010 r.
- [12.8] Jankowski B.: Polityka klimatyczna, energetyka post-rynkowa i dylematy energetyczne Polski, Badania Systemowe EnergSys Sp. z o.o., 2010 r.
- [12.9] KASHUE, patrz także: www.kashue.pl
- [12.10] Komisja Europejska: „Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu - Europa 2020”, Bruksela, marzec 2010 r.
- [12.11] Kozioł J., Czubala J.: „Potencjalne możliwości uczestnictwa w handlu uprawnieniami do emisji CO2 w odniesieniu do gmin”. Komunalna polityka ekoenergetyczna, Rybnik 2006, s. 21- 27.
- [12.12] Łucki Z.: „Instrumenty polityki energetycznej”. Polityka energetyczna, tom 13, Zeszyt 1, 2010, PL ISSN 1429-6675, s. 5-17
- [12.13] Minister Gospodarki: „Prognoza będąca realizacją zobowiązania wynikającego z art. 4 ust. 3 Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniającej i w następstwie uchylającej dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE”. Warszawa, styczeń 2010 r.
- [12.14] Minister Gospodarki: „Krajowy plan działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych” Warszawa 2010 r.
- [12.15] Minister Gospodarki: „Wieloletni program promocji biopaliw i innych paliw odnawialnych w transporcie na lata 2008 – 2014”, 24.07.2007 r.
- [12.16] Ministerstwo Gospodarki: „Polityka energetyczna Polski do 2030 roku”, Warszawa 10.11.2009 r., s. 4-20
- [12.17] Ministerstwo Środowiska: „Strategia Rozwoju Energetyki Odnawialnej”. Warszawa, 2000 r.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł (OZE) w budownictwie.

- [12.18] Nosal-Biesiadecka B.: „Pozyskiwanie zewnętrznych środków finansowania na inwestycje w OZE” BNB&PARTNERS Strategie Inwestycyjne, Kraków 2010 r.
- [12.19] Paczosa A., Błachowicz A., Jeszke R., Sikora P., Lizak P., Smol E.: „Zadania wynikające z nowych regulacji dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych w Unii Europejskiej”. Krajowy Administrator Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji, Warszawa 2009 r., s. 5
- [12.20] Popczyk J.: „Energetyka miast w świetle pakietu 3 × 20. Początek wielkiej przebudowy”. IV Międzynarodowa Konferencja Miasto 2010 - efektywność energetyczna w miastach. Katowice, 23.03.2010 r.
- [12.21] Powiat Chełmiński: „Program ochrony środowiska na lata 2004-2013”, kwiecień 2004
- [12.22] Procesy inwestycyjne S.A.: „Energetyka komunalna jako fundament bezpieczeństwa energetycznego w Unii Europejskiej” Warszawa, 29 listopada 2004 r.
- [12.23] Radetzki M.: „How to determine the Reach of a socially optima energy policy?” Minerals and Energy. Vol. 19, No. 3, 2004, s. 15-24.
- [12.24] Sasin R.: „Cele w zakresie OZE – możliwości i wyzwania dla polskiej gospodarki, przemysłu i odbiorców energii”. Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 2009 r.
- [12.25] Schnell Ch.: „Możliwości rozwoju inwestycji w odnawialne źródła energii w świetle barier prawnych” BSJP In Alliance with Taylor Wessling, 2010 r.
- [12.26] Sobolewski M.: „Rozwój odnawialnych źródeł energii”. Wydawnictwo Sejmowe dla Biura Analiz Sejmowych INFOS nr 2 (72) 21.01.2010 r., ISSN 1896-6659, s. 1-4
- [12.27] Sołtysik M.: „System podpory OZE v Polsce”. XIII Podziemni konferenci AEM, Praha 21 - 22.09.2010 r.
- [12.28] Szczęśniak A.: „Polityka energetyczna Unii Europejskiej i Polski. Zderzenie czy współpraca?”. Seminarium: „Bezpieczeństwo Unii Europejskiej w XXI wieku”. XIII Dni Europejskie, Akademia Ekonomiczna w Katowicach, 20.05.2009 r.
- [12.29] Tatarzyński M: Raport „Polityka energetyczna Unii Europejskiej” w: „Bezpieczeństwo Narodowe” I-II - 2007/ 3-4, s. 108-115
- [12.30] Wiśniewski G., Michałowska-Knap K.: „Opinia na temat Projektu Krajowego Planu Działania w zakresie Energii ze Źródeł Odnawialnych. Odpowiedź na zapytanie Ministerstwa Gospodarki Pismo DE-III-073-25/10. L/dz/ 750/10”. Instytut Energetyki Odnawialnej, Warszawa 07.06.2010 r., s. 2-18
- [12.31] Żmijewski K.: „Problemy i bariery rozwoju OZE”. Społeczna Rada Narodowego Programu Redukcji Emisji, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Warszawa 17.11.2010 r.

Etap nr 2:

Ocena istniejącej metodologii wyznaczania technicznych, ekonomicznych i ekologicznych efektów wykorzystania OZE w budownictwie