

## Krajowe rekomendacje wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE) w budynkach

Artykuł oparty jest na wynikach Etapu nr 3 pt. „Ocena istniejących metod rekomendacji wykorzystania OZE w budownictwie, a zwłaszcza programów komputerowych” zadania badawczego w projekcie strategicznym „Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków” zleconym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach umowy nr SP/B/3/76469/10.

*W pracy zaprezentowano wyniki analizy i ewaluacji aktualnych krajowych metod rekomendacji stosowania w budynkach instalacji energetycznych wykorzystujących istniejące zasoby OZE, w celu zbilansowania zużycia energii w różnych formach jej użytkowania w budynku. Analizą objęto aktualny stan regulacji prawnych wprowadzonych przez dyrektywy unijne i krajowe akty prawne. Oceniono obowiązujące w Polsce normy i normatywy implementujące unijne wymagania zwiększenia efektywności energetycznej w aspekcie stosowania OZE w budynkach. Scharakteryzowano funkcjonujące aktualnie krajowe mechanizmy wsparcia finansowego przedsięwzięć inwestycyjnych i modernizacyjnych wdrażających systemy energetyczne oparte na instalacjach zasilanych z OZE. Poddano analizie krajową metodologię bilansowania zapotrzebowania energii w budynkach. Oceniono algorytmy wyznaczania wskaźników energochłonności budynków z instalacjami zasilanymi z OZE. Algorytmy te stosowane są w projektowaniu i przy sporządzaniu audytów termomodernizacyjnych dla obiektów budowlanych. Scharakteryzowano również, dostosowane do warunków krajowych, narzędzia wspomagania analiz techniczno-ekonomicznych wykorzystania OZE w budynkach. W końcowej części pracy przedstawiono charakterystyki energetyczne i oceniono efektywność energetyczną oraz efekt redukcji emisji gazów cieplarnianych do powietrza, dla przykładowych budynków wyposażonych w instalacje zasilane z OZE.*

### 1. WPROWADZENIE

---

Krajowe systemy energetyczne w niedalekiej przyszłości będą funkcjonowały zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju i tym samym nie będą źródłem nadmiernej emisji gazów cieplarnianych. Nowe moce zainstalowane w „zielonej energetyce” oznaczają mniejsze zapotrzebowanie na energię elektryczną i ciepłą wytwarzaną w konwencjonalnych wysokoemisyjnych źródłach. Zważywszy, że w Polsce aż 93,7% energii elektrycznej powstaje ze spalania węgla brunatnego lub kamiennego to inwestycje wdrażające instalacje oparte na zasobach OZE są szczególnie potrzebne. Unia Europejska staje na

straży zrównoważonego rozwoju gospodarczego świata i jest liderem w inicjatywach przeciwdziałających zmianom klimatycznym na Ziemi. Główny priorytet polityki energetycznej krajów Unii Europejskiej to zrównoważony rozwój gospodarki europejskiej i światowej. Zrównoważony rozwój to niezakłócona równowaga w biosferze i gwarancja możliwości zaspokojenia podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności i obywateli zarówno współczesnego pokolenia jak i przyszłych generacji. W polskim prawodawstwie istnieją zapisy o zrównoważonym rozwoju, ma to miejsce zarówno w Konstytucji RP (art. 5) [1], jak również w Prawie ochrony środowiska (art. 3 ustawy) [2]. Zrównoważony rozwój ma miejsce tam, gdzie ludzie przewidują ograniczenia

związane z wyczerpywaniem złóż paliw pierwotnych i czynią starania o poprawę stanu środowiska naturalnego. Jest to strategia osiągania godnego życia w ramach tego, co jest fizycznie i biologicznie możliwe do realizacji. Polega ona na integrowaniu działań politycznych, gospodarczych i społecznych w celu zachowania równowagi przyrodniczej oraz trwałości jej podstawowych procesów.

## **2. REKOMENDACJE WYKORZYSTANIA OZE WSKAZANE W DYREKTYWACH UNIJNYCH I KRAJOWYCH AKTACH PRAWNYCH**

Droga do zwiększenia udziału OZE w bilansie potrzeb energetycznych prowadzi od sformułowania celów, które mają zostać osiągnięte poprzez stworzenie ram administracyjnych i prawnych, wypracowania zasad postępowania, aż do wdrożenia przy użyciu konkretnych systemów wsparcia. Cele i zadania w zakresie racjonalnej gospodarki energetycznej na poziomie Wspólnoty Europejskiej zostały sformułowane w Białych i Zielonych Księgach oraz w wydanych Dyrektywach unijnych. Kraje członkowskie poprzez implementację do krajowych ustaw i rozporządzeń realizują przyjęte cele, wykorzystując środki własne i fundusze unijne. Biorąc pod uwagę fakt, że głównym konsumentem energii w krajach europejskich jest budownictwo, działania w zakresie racjonalizacji zużycia energii są skupione na tym obszarze. Wśród nich należy wymienić wprowadzenie obowiązku sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej w celu rekomendowania budynków o niskim zużyciu energii, czy też wspomaganie termomodernizacji budynków.

Najistotniejszym dokumentem unijnym dla rozwoju wykorzystania OZE jest dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE [3] w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych. Wyznacza ona m. in. obowiązkowe cele krajowe co do udziału energii odnawialnej w końcowym zużyciu energii brutto i w strukturze zużycia energii w transporcie. Każde z państw członkowskich WE ma obowiązek zadbania o to, aby jego udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto w roku 2020 odpowiadał co najmniej jego celowi ogólnemu, określonymu w dyrektywie. W ramach realizacji zobowiązania wynikającego z art. 4 ust. 1 ww. dyrektywy rząd polski opracował prognozę rozwoju oraz plan działań w zakresie promowania energii ze źródeł odnawialnych. Zgodnie z danymi zawartymi w progno-

zie, udział energii z OZE w 2020 roku w Polsce wyniesie 15,48%, przy wymaganym przez dyrektywę krajowym celu 15%. Największe nadwyżki udziału energii z OZE na poziomie 1,63 – 1,79% przewidywane są w latach 2014, 2016 i 2018.

Krajowy Plan Działań (KPD) [4] zawiera program, który opisuje ogólny cel krajowy oraz cele i kursy sektorowe, a także środki służące do osiągnięcia wyznaczonych celów, w tym systemy wsparcia w zakresie promocji wykorzystania OZE w elektroenergetyce, ciepłownictwie, chłodnictwie, transporcie oraz na rynku biomasy. W przyjętym przez Radę Ministrów KPD przedstawiono zagadnienia wsparcia finansowego dla projektów pozyskania energii ze źródeł odnawialnych w Regionalnych Programach Operacyjnych oraz dane i prognozy rozwoju słonecznej energetyki cieplnej, fotowoltaiki, geotermii i pomp ciepła, energetyki wiatrowej, biomasy i biogazu.

Zgodnie z ustawą Prawo energetyczne Minister Gospodarki przedstawił dokument „Polityka energetyczna Polski do 2030 roku” [5], który został przyjęty przez Radę Ministrów w dniu 10 listopada 2009 r. Wśród tematów istotnych dla bezpieczeństwa i rozwoju sektora energetycznego w Polsce, ważny jest również rozwój wykorzystania odnawialnych źródeł energii, w tym biopaliw dla potrzeb transportu. Cele polityki energetycznej w zakresie wykorzystania OZE są spójne z KPD. Do aktów prawnych pośrednio wpływających na zwiększenie wykorzystania OZE w budynkach zaliczają się także: rozporządzenie wprowadzające instytucję świadectw charakterystyki energetycznej w celu rekomendowania i preferowania budynków o niskim zużyciu energii [6], czy też rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego [7] oraz rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego [8].

Dla rekomendowania wykorzystania OZE wydano szereg dalszych krajowych rozporządzeń, do których należy zaliczyć: rozporządzenie w sprawie udzielenia pomocy publicznej w zakresie budowy lub rozbudowy jednostek wytwarzających energię elektryczną lub ciepło z odnawialnych źródeł energii; rozporządzenie w sprawie szczegółowych warunków udzielania pomocy publicznej na przedsięwzięcia związane z poszukiwaniem i rozpoznawaniem złóż wód termalnych; rozporządzenie w sprawie rodzajów programów i projektów przeznaczonych do realizacji w ramach krajowego systemu zielonych inwestycji; rozporządzenie w sprawie zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii.

### **3. CHARAKTERYSTYKA WPROWADZONYCH DO STOSOWANIA W KRAJU NORM IMPLEMENTUJĄCYCH WYMAGANIA UNIJNE ZWIĘKSZENIA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ W ASPEKcie STOSOWANIA OZE W BUDYNKACH**

---

Implementacja unijnych wymagań w zakresie zwiększenia efektywności energetycznej w budynkach wymaga stosowania Polskich Norm dotyczących pozyskania energii ze źródeł odnawialnych i odnoszących się do eksploatacji urządzeń służących do jej wykorzystania. Normy te zawierają wymagania stawiane urządzeniom wykorzystującym różne rodzaje energii pozyskanej z OZE oraz opisują metody badań tych urządzeń. Wskazane normy obejmują urządzenia, spośród których część nie jest związana bezpośrednio z budownictwem, jak turbiny wodne i wiatrowe, chociaż produkowana przez nie energia elektryczna może być zużywana przez budynki. Najwięcej opublikowanych krajowych norm dotyczy urządzeń fotowoltaicznych wraz z urządzeniami towarzyszącymi, następnie pomp ciepła, turbin wiatrowych i wodnych, kolektorów słonecznych oraz wykorzystania biomasy w zakresie paliw stałych. Istnieje szereg norm związanych z projektowaniem instalacji grzewczych w budynkach, które zasilane są energią odnawialną. Z uwagi na specyfikę wykorzystania OZE oraz możliwe do osiągnięcia parametry czynników grzewczych, instalacje te wymagają właściwego projektowania oraz oceny ekonomicznej proponowanych rozwiązań. Zasady stosowania Polskich Norm (PN) reguluje ustawa o normalizacji [9]. Art. 5 ust. 3 ww. ustawy wskazuje, że stosowanie Polskich Norm jest dobrowolne, jednak w art. 5 ust. 4 jest stwierdzenie o możliwości powoływania ich w przepisach prawnych po ich opublikowaniu w języku polskim. Zasady projektowania, utrzymania i rozbiórki obiektów budowlanych normuje ustawa – Prawo budowlane. Na jej podstawie zostało wydane rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (WT2008) [10]. Wykaz Polskich Norm przywołanych w rozporządzeniu WT2008 określa jego załącznik nr 1, w którym podano miejsce przywołania konkretnej normy, jej numer, tytuł oraz zakres przywołania. O ile zatem istnieje dobrowolność stosowania Polskich Norm, to jednak ich powołanie w przepisach prawnych ma swoją podstawę ustawową, a zdefiniowane w ten sposób wymagania dotyczące obiektów budowlanych wynikają bezpośrednio z upoważnień przewidzianych Prawem budowlanym i ustawą o normalizacji.

### **4. KRAJOWE MECHANIZMY WSPARCIA FINANSOWEGO DLA PRZEDSIĘWZIĘĆ INWESTYCYJNO-MODERNIZACYJNYCH WDRAŻAJĄCYCH SYSTEMY ENERGETYCZNE OPARTE NA INSTALACJACH ZASILANYCH Z OZE**

---

Istniejące krajowe mechanizmy wsparcia finansowego dla przedsięwzięć inwestycyjno-modernizacyjnych wdrażających systemy energetyczne oparte na instalacjach zasilanych z OZE mają wspomóc zmienić model energetyki w Polsce. Aktualnie w Polsce funkcjonują systemy wsparcia dla wdrażania i rozwoju instalacji opartych na zasobach OZE, zgodnie z zapisami prawnymi oraz uruchomionymi programami dotacji finansowych z publicznych środków krajowych i unijnych [8]. W analizach strategicznych wskazuje się, aby podjąć działania różnicujące systemy wsparcia, co pozwoliłoby skoncentrować się na wyborze do dalszej preferencji tych OZE, dla których istnieje w Polsce zaplecze badawczo-wytwórcze i tym samym uzyskać efekt rozwojowy tej branży. Aktualnie realizowane inwestycje z systemami wykorzystania OZE opierają się głównie na imporcie urządzeń i technologii, stąd dążenie do wsparcia rozwoju krajowych wytwórców instalacji OZE, co skumuluje się we wzroście całej gospodarki. Niedaleka przyszłość w krajowym budownictwie powinna obfitować w realizację inwestycji proekologicznych. Badania ankietowe [11] przeprowadzone w środowisku deweloperów budowlanych, projektantów i firm wykonawczych wykazały prawie 40% zainteresowanie wznoszeniem obiektów w standardzie tzw. „zielonego budownictwa” (*green building*). Przedsiębiorstwa budowlane zamierzają przeprowadzić ponad 85% tego typu inwestycji w ciągu najbliższych dwóch lat. Krajowe budownictwo coraz bardziej dostrzega światowy trend związany ze zrównoważonym rozwojem gospodarczym. Te tendencje mogą być jeszcze bardziej wzmocnione w budownictwie poprzez wdrożenie korzystnych dla inwestorów mechanizmów wsparcia finansowego oraz ustanowienie właściwych regulacji prawnych promujących budownictwo niskoenergetyczne i oparte na zasobach OZE.

### **5. DZIAŁALNOŚĆ ORGANIZACJI ORAZ STOWARZYSZEŃ W ZAKRESIE PROMOWANIA OZE W BUDYNKACH**

---

Na krajowym rynku usług doradczych działa znaczna ilość organizacji rządowych i pozarządowych, któ-

rych działania promują poprawę efektywności energetycznej (głównie w budynkach), racjonalne wykorzystanie energii oraz stosowanie odnawialnych źródeł energii (OZE). Ma to istotny wpływ na poprawę stanu środowiska naturalnego i wspomaga cele w zakresie zrównoważonego rozwoju gospodarczego kraju. Na skutek ustaleń dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. [3] w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych i wynikającego z tych ustaleń Krajowego Planu Działań w zakresie energii ze źródeł odnawialnych, jak również pozostałych wdrożonych w Polsce regulacji prawnych, rekomendujących OZE w sposób znaczący wzrosła liczba instytucji zajmujących się problemami energetyki odnawialnej.

Działalność tych organizacji, agencji i fundacji dotyczy również racjonalizacji zużycia energii i rekomendacji instalacji wykorzystujących zasoby OZE w obiektach budowlanych. Z dużej ilości istniejących krajowych podmiotów działających na rynku ogólnopolskim, a także regionalnym, należy wyróżnić działalność tych instytucji pod kątem ich zaangażowania w promocję budownictwa energooszczędnego oraz efektywną gospodarkę energetyczną w budynkach. Wiele instytucji propaguje rozwój sektora OZE poprzez projektowanie i prowadzenie inwestycji budownictwa ekologicznego oraz użytkowania obiektów budowlanych zgodnego z zasadami zrównoważonego rozwoju. Podmioty te realizują w różnych formach doradztwo i edukację użytkowników energii końcowej w obszarze zasad racjonalnego jej użytkowania i w zakresie zagadnień technicznych, ekonomicznych i ekologicznych, między innymi poprzez wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w budynkach. W szeroki zakres działań promocyjnych stosowania OZE w budynkach prowadzonych w tych organizacjach wchodzi również zwiększenie i ułatwianie dostępu do źródeł finansowania z funduszy strukturalnych UE i krajowych funduszy celowych dla inwestorów realizujących przedsięwzięcia oparte na OZE. Wiodącą rolę w zakresie tworzenia racjonalnego rozwoju krajowego rynku energii ze źródeł odnawialnych w sektorze budownictwa pełni działająca od kilkunastu lat Narodowa Agencja Poszanowania Energii S.A. [13] oraz Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A. [14]. Ich działalność w sposób szczególny wpisuje się w realizację przygotowania i budowy zasad zrównoważonej polityki energetycznej zgodnej ze standardami europejskimi i regulacjami obowiązującymi w Unii Europejskiej, poprzez współpracę z podmiotami krajowymi i zagranicznymi wdrażającymi odnawialne źródła energii oraz współpracę międzynarodową w zakresie propagowania nowoczesnych, innowacyjnych technik

energetycznych i celów zrównoważonego rozwoju gospodarczego. Można wydzielić grupy organizacji i instytucji działających w poszczególnych branżach energetyki odnawialnej, a mianowicie w energetyce słonecznej, energetyce wiatrowej, energetyce wodnej, w zakresie źródeł ciepła wykorzystujących jako nośnik energii biomasę lub biopaliwa oraz na rzecz energetyki geotermalnej.

## **6. KRAJOWA METODOLOGIA BILANSOWANIA ZAPOTRZEBOWANIA ENERGII W BUDYNKACH I OCENA ALGORYTMÓW WYZNACZANIA WSKAŹNIKÓW ENERGOCHŁONNOŚCI BUDYNKÓW Z INSTALACJAMI ZASILANYMI Z OZE**

Realizacja zaleceń Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 2002 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków [15] (dyrektywa EPBD) wymusiła wprowadzenie w polskim ustawodawstwie szeregu regulacji dostosowujących prawo i przepisy techniczne do wymagań zawartych w tej dyrektywie. Implementację zagadnień wskazanych w dyrektywie EPBD do prawa polskiego wprowadzono poprzez nowelizację poniższych aktów prawnych:

- Prawo budowlane [16],
- rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [10],
- rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego [8],
- wprowadzenie nowego rozporządzenia w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku, lokalu mieszkalnego i części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw, ich charakterystyki energetycznej [6].

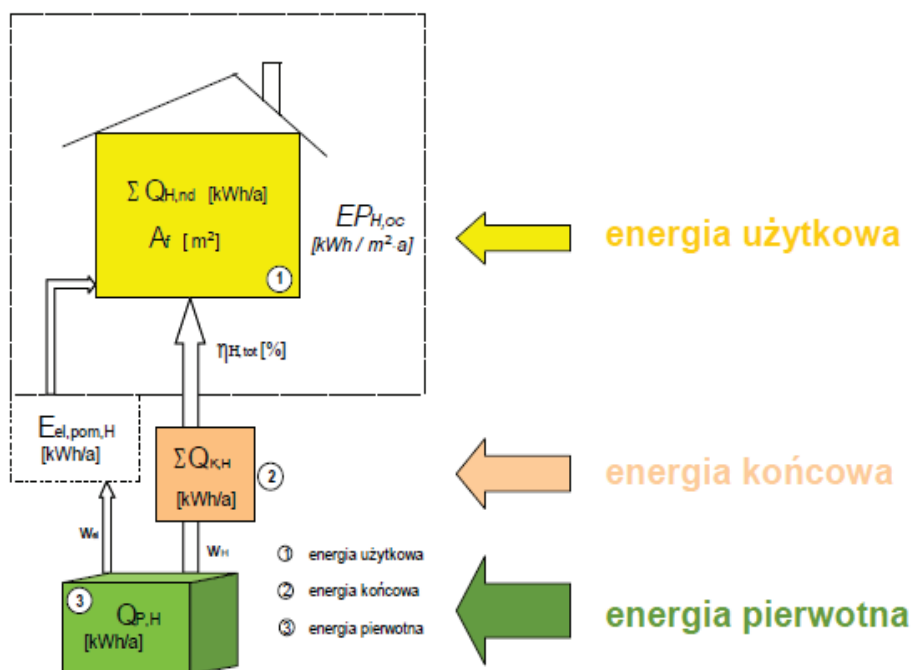
Zasadniczym przesłaniem we wdrożonym w Polsce zestawem aktów wykonawczych implementujących postanowienia dyrektywy EPBD jest promowanie działań poprawiających charakterystyki energetyczne budynków i zwiększenie efektywności energetycznej przez działania termomodernizacyjne w zasobach już eksploatowanych oraz zaostrzenie wymagań dla budownictwa aktualnie realizowanego. Zadaniem nadrzędnym jest ograniczenie zużycia paliw ze źródeł nieodnawialnych i wprowadzenie zasobów odnawialnych OZE do gospodarki energetycznej sektora budowlanego. Wynikiem wprowadzonych przepisów prawnych ma być w zamierzeniu ustawodawcy zwiększenie efektywności energetycznej i zrównoważony rozwój w tym sektorze gospodarki.

Ustawa o zmianie ustawy Prawo budowlane wdrażająca ustalenia dyrektywy EPBD wprowadziła obowiązek ustalenia standardu energetycznego budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej, systemu ocen energetycznych oraz systemu kontroli źródeł ciepła (kotłowni) i instalacji klimatyzacyjnych. Pozostałe rozporządzenia obejmują w swym zakresie wskazania i wytyczne wykonawcze. Rozporządzenie o metodologii przedstawia algorytmy i szczegółowe metody obliczeniowe dla określenia charakterystyki energetycznej budynku na ogrzewanie i wentylację, na ogrzewanie, wentylację i chłodzenie, na przygotowanie ciepłej wody użytkowej oraz dodatkowo na potrzeby oświetlenia wbudowanego w przypadku oceny budynków użyteczności publicznej.

Jakość energetyczna budynku i ocena jego charakterystyki energetycznej wyrażona jest przy pomocy wskaźnika energochłonności EP [kWh/(m<sup>2</sup>·rok)], którego wartość zależy od efektywności wykorzystania energii pierwotnej nieodnawialnej w budynku (rys. 1). Jest to wskaźnik wyrażający jednostkową

wielkość rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną niezbędną do zaspokojenia różnych potrzeb związanych z użytkowaniem, odniesioną do powierzchni użytkowej o regulowanej temperaturze. Wskaźnik ten nie stanowi informacji na temat faktycznego zużycia energii w budynku, jest to wskaźnik odnoszący się do ochrony środowiska i jego przedstawienie w świadectwie charakterystyki energetycznej budynku nie daje obrazu bezpośredniej jakości energetycznej tego budynku. Wartość wskaźnika EP uzależniona jest od współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii lub samej energii do budynku.

Obliczona zgodnie z rozporządzeniem metodologicznym [6] wartość wskaźnika EP dla budynku o niezadawalającej izolacji termicznej może być bardzo korzystna (niska) przy zastosowaniu w budynku instalacji wykorzystujących OZE. Koszty pozyskania energii z zasobów OZE i koszty eksploatacji takich instalacji będą wysokie, a wielkość wskaźnika EP



Rys. 1. Efektywność wykorzystania energii dla potrzeb ogrzewania i wentylacji budynku [17]

Oznaczenia:

$Q_{H,nd}$  – energia użytkowa dla potrzeb ogrzewania i wentylacji,

$Q_{K,H}$  – energia końcowa dla potrzeb ogrzewania i wentylacji,

$Q_{P,nd}$  – energia pierwotna dla potrzeb ogrzewania i wentylacji,

$EP_{H,OC}$  – wskaźnik zapotrzebowania energii pierwotnej dla potrzeb ogrzewania i wentylacji,

$A_f$  – powierzchnia użytkowa budynku,

$\eta_{H,tot}$  – średnia sprawność całkowita systemu grzewczego,

$E_{el,pom,H}$  – energia elektryczna napędów pomocniczych w systemie grzewczym,

$w_{el}, w_H$  – współczynnik (waga) nakładu energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii dla potrzeb ogrzewania i wentylacji.

mylnie informuje o niskiej energochłonności budynku. W przygotowaniu ustawy Prawo budowlane i jej rozporządzeń wykonawczych nie ustrzeżono się wielu błędów, niejasności interpretacyjnych i niejednoznaczności w sformułowaniach. Zgodnie ze wspólnym stanowiskiem i opinią specjalistów oraz ekspertów działających w dziedzinie efektywności energetycznej budynków wprowadzone z dniem 1 stycznia 2009 r. ustawodawstwo w zakresie oceny energetycznej budynków wymaga szybkiej nowelizacji.

## **7. KOMPUTEROWE NARZĘDZIA ANALIZY WYKORZYSTANIA OZE W BUDYNKACH**

Narzędzia analizy racjonalnego wykorzystania energii w budynku stanowią integralną część procesu identyfikacji i implementowania miar oszczędności energii w budynku. Narzędzia te mają wiele zastosowań, poczynając od edukacji do wykonywania szczegółowych analiz projektowych. Zakres funkcji jest bardzo różny, od poszczególnych elementów budynku, po cały obiekt. Odbiorcami mogą być użytkownicy końcowi, pośrednicy tacy jak developerzy, audytorzy energetyczni, a także analitycy racjonalizacji wykorzystania energii w budynkach. Oferowane są także narzędzia do analizy wykorzystania energii w całych budynkach dla odbiorców planujących budowę nowych obiektów lub modernizację już eksploatowanych. Podstawowe elementy składowe programowych narzędzi to jądro systemu, czyli silnik symulacji wraz z algorytmami, interfejs użytkownika oraz baza danych, z danymi klimatycznymi i bazami danych dotyczących parametrów urządzeń instalacyjnych.

W idealnej sytuacji, narzędzia analizy wykorzystania energii powinny pozwalać użytkownikowi na dokładną i efektywną kosztowo analizę zapotrzebowania energii w budynku oraz możliwości jej zaoszczędzenia, jak również uwzględnienie takich kwestii jak ochrona środowiska, komfort, bezpieczeństwo i estetyka. W przyszłości powinny zatem powstać narzędzia obejmujące wirtualny cykl życia budynku, pozwalający na symulację budowy lub bieżącego stanu budynku, w połączeniu z inteligentnymi systemami monitorowania i archiwizacji planów projektowych, jak i danych eksploatacyjnych, w celu wykorzystania tych informacji przez narzędzie symulacji. Takie narzędzia będą mogły być stopniowo rozszerzane, uwzględniając doświadczenia z wielu budynków budowanych wcześniej. Przyszłe narzędzia analizy powinny wykazywać duży obiektywizm oceny, dokładność, transparentność założeń i ich opis, unikanie fragmentacji rozwiązań i nadmiarowości. By-

łyby korzystne połączenie rozwojowych inicjatyw publicznych i prywatnych, aby uzyskać wyższą jakość i lepszą walidację takich narzędzi.

## **8. CHARAKTERYSTYKA DOSTOSOWANYCH DO WARUNKÓW KRAJOWYCH PROGRAMÓW KOMPUTEROWYCH WSPOMAGAJĄCYCH ANALIZY ZASTOSOWANIA INSTALACJI OZE W BUDYNKACH**

Na rynku krajowym istnieje wiele narzędzi wspomagania komputerowego służących określeniu i obliczeniu parametrów jakości energetycznej budynków. Programy te są wykorzystywane przy opracowywaniu świadectw charakterystyki energetycznej, wyznaczaniu projektowej charakterystyki energetycznej, sporządzaniu audytów energetycznych oceny stanu istniejącego budynków oraz audytów termomodernizacyjnych i remontowych spełniających wymagania aktualnie obowiązujące. Firmy opracowujące programy komputerowe weszły na rynek krajowy z narzędziami wspomagania o różnym zakresie funkcjonalności i różnym zakresie obliczeniowym. W okresie ostatnich kilku lat narzędzia te w coraz większym stopniu podlegają uszczegółowieniu i profesjonalizacji. Wszystkie oferowane krajowe programy do wyznaczenia projektowej charakterystyki energetycznej i sporządzenia świadectwa charakterystyki energetycznej są dostosowane do wymagań ujętych w pakiecie rozporządzeń Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. [6], [8], [10]. Programy do opracowania audytów termomodernizacyjnych i remontowych opierają się na wytycznych wyszczególnionych w ustawie o termomodernizacji i remontach [18] oraz na rozporządzeniach wykonawczych do tej ustawy. Zgodnie z tymi regulacjami wspomaganie komputerowe obliczeń parametrów jakości energetycznej budynków musi realizować w ścisły sposób pełny zakres wymagań narzuconych legislacją krajową.

Uwarunkowania te powodują, że zakresy obliczeniowe dla uzyskania wyniku końcowego muszą być porównywalne, istnieją natomiast różnice w sposobie realizacji wymagań. Programy różnią się również funkcjonalnością, interfejsem użytkownika i sposobem prezentacji wyników. Poza określonymi w rozporządzeniach wzorami świadectw charakterystyki energetycznej oraz formami przedstawienia kart audytów energetycznych i remontowych dla uzyskania wsparcia w ramach ustawy o termomodernizacji, każdy z programów ma inne sposoby uszczegółowienia wyników i ich przedstawienia.

Funkcjonalność programu polegająca na kompleksowym opracowaniu pełnego zakresu zadań określającego wszystkie etapy oceny jakości energetycznej (projektowa charakterystyka energetyczna, świadectwo charakterystyki energetycznej, audyt energetyczny i termomodernizacyjny, analiza i ocena ekologiczna oraz ekonomiczna) jest najbardziej zaawansowana w programie ArCADia TERMO firmy INTERsoft [19]. W tym jednym programie istnieje możliwość wykorzystania pełnego i różnorodnego zakresu wsparcia dla zadań obliczeniowych z wzajemnym wykorzystaniem danych. Dodatkową zaletą tego programu jest możliwość pobierania danych do obliczeń z cyfrowych projektów architektonicznych. Pozostałe programy komputerowe dostępne na rynku krajowym przeznaczone są najczęściej do wspomagania obliczeń odrębnych zadań, tj. świadectwa charakterystyki energetycznej (Audytor OZC [20], CERTO [21], BDEC PRO [22], EXPERT Certyfikat Energetyczny+ [23]), audytu energetycznego (BDEA [24]) lub służą do obliczeń projektowych instalacji centralnego ogrzewania (Instal-OZC, Audytor CO). Wadą dostępnych krajowych programów komputerowych jest brak możliwości transferu danych z ocenianego budynku do poszczególnych programów różnych producentów i przeprowadzenie przy ich wsparciu analiz jakości energetycznej budynków.

Na rynku polskim funkcjonuje także program RETScreen<sup>®1</sup> International [25]. Jest to program zbudowany na bazie arkusza kalkulacyjnego Excel dla wsparcia oceny ekonomicznej inwestycji wdrażających instalacje oparte na zasobach OZE w budynkach. Program RETScreen w wersji polskiej udostępniany jest bezpłatnie przez Ministerstwo Zasobów Naturalnych Kanady (*Natural Resources Canada's*). Program RETScreen służy głównie do wstępnej analizy oceny zastosowania technologii czystej energii. Program może być użyty do oceny wykorzystania energii z odnawialnych źródeł, kosztów w cyklu życia budynku oraz redukcji emisji gazów cieplarnianych dla różnych rodzajów technologii zwiększających efektywność energetyczną, w tym również opartych na zasobach OZE.

Programy stosowane aktualnie do sporządzania charakterystyk energetycznych budynków lub opracowania audytów energetycznych dla przedsięwzięć termomodernizacyjnych w budynkach stanowią istotne, ale niewystarczające wsparcie dla takich analiz. Przy ich wykorzystaniu możliwa jest ocena wpływu zastosowania instalacji opartych na zasobach OZE na wskaźnik zużycia energii pierwotnej nieodnawialnej i określenie wielkości

zmniejszenia emisji do środowiska produktów spalania paliw. Scharakteryzowane krajowe oprogramowanie (Tabela 1) powinno być uzupełnione narzędziem umożliwiającym przeprowadzenie wariantowych obliczeń cieplno-ekologicznych dla różnych instalacji OZE w budynkach, co wraz z analizą wskaźników ekonomicznych pozwoliłoby wskazać optymalne rozwiązanie dla takich przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu, badania i analizy dostępnych narzędzi wspomagania komputerowego stwierdzono, że na rynku krajowym nie ma kompleksowego programu obliczeniowego, który pozwalałby na dogłębną analizę możliwości i efektów stosowania systemów opartych na zasobach OZE dla zaspokojenia potrzeb energetycznych budynku. W aktualnie dostępnych krajowych programach brak jest możliwości symulacji zastosowania różnych systemów zasilania budynków z zasobów OZE i analiz ekologicznych skutków zużycia pierwotnej energii nieodnawialnej.

## 9. OCENA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ BUDYNKÓW Z INSTALACJAMI ZASILANYMI Z OZE

Dla zbadania wpływu wykorzystania zasobów OZE na charakterystykę energetyczną budynku można przeprowadzić wariantowe obliczenia zapotrzebowania energii pierwotnej nieodnawialnej dla różnych opcji wyposażenia budynku w instalacje grzewcze wykorzystujące OZE. Wykonano obliczenia charakterystyki energetycznej dla oceny efektywności energetycznej przykładowych budynków oraz określenia wielkości redukcji emisji gazów cieplarnianych dla systemów cieplnych zainstalowanych w budynkach. Obliczenia wykonano dla przykładowego budynku mieszkalnego i dla przykładowego budynku użyteczności publicznej. Analizę przeprowadzono z zastosowaniem wybranego krajowego programu komputerowego ArCADia – TERMO służącego do obliczeń charakterystyki energetycznej i oceny efektu ekologicznego oraz arkusza kalkulacyjnego programu RETScreen.

Analizę przeprowadzono w trzech aspektach: energetycznym, ekologicznym i ekonomicznym. Dla stanu istniejącego każdego z przykładowych budynków przeprowadzono obliczenia zapotrzebowania nieodnawialnej energii pierwotnej dla celów ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz dodatkowo dla budynku użyteczności publicznej dla celów oświetlenia wbudowanego.

<sup>1</sup> RETScreen jest zastrzeżonym znakiem towarowym Natural Resources Canada.

Tabela 1

**Porównanie wybranych programów komputerowych wspomagających sporządzanie charakterystyk energetycznych budynków (opracowanie własne)**

Lp.	Funkcje programu	Nazwa programu						
		ARCADIA-TERMO PRO +efekt ekologiczny	Audytor OZC	CERTO	BDEC PRO	BDEA	Instal OZC4	EXPERT Certyfikat Energetyczny+
1		3	4	5	6	7	8	9
1.	Sporządzanie świadectw charakterystyki energetycznej	✓	✓	✓	✓	○	○	✓
2.	Sporządzanie świadectw charakterystyki energetycznej dla budynku wielofunkcyjnego $EP_m$	✓	✓	✓	✓	○	○	✓
3.	Sporządzanie świadectw charakterystyki energetycznej dla całego budynku lub poszczególnych lokali	✓	✓	✓	✓	○	○	✓
4.	Sporządzenie raportu projektowanej charakterystyki energetycznej	✓	✓	✓	✓	○	○	✓
5.	Wygenerowanie świadectwa i projektowanej charakterystyki energetycznej po wykonaniu obliczeń termomodernizacji budynku	✓	○	✓	✓	○	○	○
6.	Obliczanie parametrów przegród niejednorodnych	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7.	Obliczanie współczynnika przenikania $U$ okien wg PN-EN ISO 100077:2007	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8.	Obliczanie współczynnika $b_m$ i temperatury stref nieogrzewanych wg PN-EN ISO 13789:2008	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9.	Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na chłód wg PN-EN ISO 13790:2009	✓	✓	✓	✓	✓	○	✓
10.	Obliczanie projektowego obciążenia cieplnego dla każdego pomieszczenia	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11.	Dobór wielkości grzejników w pomieszczeniach	✓	✓	○	○	○	○	○
12.	Obliczanie wykropień i raporty wg PN-EN ISO 13788:2003	✓	○	○	○	○	○	○
13.	Współpraca z programami odczytu cyfrowego rysunku budowlanego	✓	○	○	○	○	○	○
14.	Automatyczne obliczanie mostków cieplnych wg projektu budynku	✓	○	○	○	○	○	○
15.	Sporządzenie audytu energetycznego i remontowego	✓	○	○	○	✓	○	○
16.	Uwzględnienie w obliczeniach audytu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła	✓	○	○	○	✓	○	○
17.	Obliczanie emisji zanieczyszczeń do atmosfery	✓	○	○	○	○	○	○
18.	Wpływ zastosowania instalacji OZE na ocenę energetyczną budynku	✓	✓	○	✓	○	○	✓
19.	System diagnostyki błędów i interpretacji wyników	✓	✓	✓	✓	✓	○	✓
20.	Automatyczne sprawdzanie aktualizacji	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Oznaczenia: ✓ – tak, ○ – nie

Zmieniając wariantowo zastosowanie innego systemu zasilania budynku w energię z wykorzystaniem OZE analizowano wpływ tych rozwiązań na:

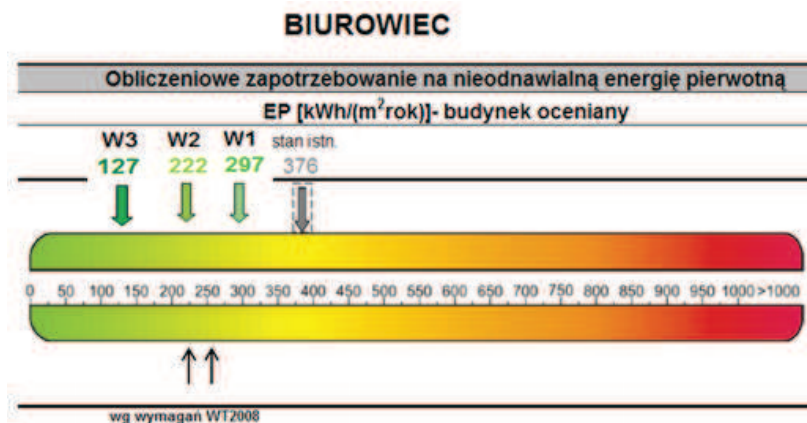
- wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP,
- roczną emisję CO<sub>2</sub> do atmosfery,
- efekty ekonomiczne.

Wyniki są zróżnicowane w zależności od aspektu analizy. Dla przykładowego budynku mieszkalnego najbardziej niekorzystnym rozwiązaniem jest zastosowanie instalacji grzewczej wykorzystującej OZE w wariantcie, w którym zastosowano pompę ciepła w układzie biwalentnym z kotłem gazowym dla pokrycia potrzeb grzewczych. W tym systemie cieplnym obniża się wskaźnik EP (poprawa jakości energetycznej budynku), natomiast wzrasta emisja CO<sub>2</sub> do atmosfery, co jest niekorzystne z uwagi na inten-

syfikację efektu cieplarnianego. Najkorzystniejszym rozwiązaniem dla tego budynku jest wariant, w którym zastosowano dla celów ogrzewania kocioł grzewczy na biomasę. W tym przypadku znacznie obniża się wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP i równocześnie skutecznie zredukowana jest emisja CO<sub>2</sub> do atmosfery.

Stan istniejący instalacji grzewczej w przykładowym budynku użyteczności publicznej (biurowiec) i poszczególne warianty z instalacjami wykorzystującymi OZE scharakteryzowano na rys. 2. Najkorzystniejszym rozwiązaniem jest wariant W3, w którym zastosowano kocioł niskotemperaturowy na biomasę pokrywający całkowite zapotrzebowanie energii na ogrzewanie. W tym przypadku wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP znacznie się zmniejsza, przy równoczesnej silnej





Rys. 2. Poprawa efektywności energetycznej w budynku dla wariantów z instalacjami zasilanymi z OZE (opracowanie własne)

Oznaczenia:

**stan istn.:** stan istniejący - węzeł wymiennikowy przyłączony do ciepłowni węglowej

wariant **W1:** instalacja c.o. źródło hybrydowe: węzeł wymiennikowy + pompa ciepła geotermalna; instalacja c.w.u. – system biwalentny: zasobnikowy podgrzewacz elektryczny + kolektor słoneczny

wariant **W2:** instalacja c.o. – źródło hybrydowe: kocioł na biomasę + pompa ciepła geotermalna; instalacja c.w.u. - system biwalentny: zasobnikowy podgrzewacz elektryczny + kolektor słoneczny

wariant **W3:** instalacja c.o.– system monowalentny: kocioł na biomasę; instalacja c.w.u. – system biwalentny: zasobnikowy podgrzewacz elektryczny + kolektor słoneczny

wymagania WT2008: wskaźniki referencyjne (strzałka lewa – budynek nowy; strzałka prawa – budynek przebudowany) zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną zgodnie z rozporządzeniem o warunkach technicznych dla budynków [10]

redukcji emisji CO<sub>2</sub>. Zastosowanie w tym rozwiązaniu pompy ciepła pokrywającej większą część potrzeb grzewczych powoduje pogorszenie efektu ekologicznego przy równoczesnej poprawie wskaźnika jakości energetycznej budynku.

Dodatkowo przeprowadzono analizę porównawczą przy wykorzystaniu pompy ciepła dla celów ogrzewania budynku w odniesieniu do stanu istniejącego, w którym podstawowym źródłem ciepła jest kocioł węglowy. Z tej analizy wynika jednoznacznie, że zastosowanie pompy ciepła jest korzystne ekologicznie, jeżeli odnosi się do źródła ciepła w stanie istniejącym, zasilanego paliwem wysokoemisyjnym.

Wariantowe obliczenia wykonane za pomocą programu komputerowego RETScreen<sup>®</sup> obejmują obliczenia wskaźników ekonomicznej opłacalności inwestycji modernizacyjnych z wykorzystaniem OZE w zakresie ogrzewania i wentylacji oraz zaopatrzenia w ciepłą wodę użytkową. Dane podawane są dla stanu bazowego oraz stanu po modernizacji.

W wyniku przeprowadzonych przez program RETScreen<sup>®</sup> obliczeń otrzymuje się wielkości rocznego zużycia energii, emisji gazów cieplarnianych oraz efektów i wskaźników ekonomicznych. Dodatkowo tworzony jest wykres skumulowanych przepływów pieniężnych obejmujący okres trwania projektu. Wyniki obliczeń dla budynku biurowego wskazują na

opłacalność przedsięwzięć modernizacyjnych w zakresie wykorzystania OZE dla potrzeb c.o. w wariancie, w którym wykorzystywany jest kocioł opalany biomasą (**OZE wariant – W3**). To rozwiązanie charakteryzuje się największą redukcją CO<sub>2</sub> (rys. 3) i najkorzystniejszymi wynikami ekonomicznymi.

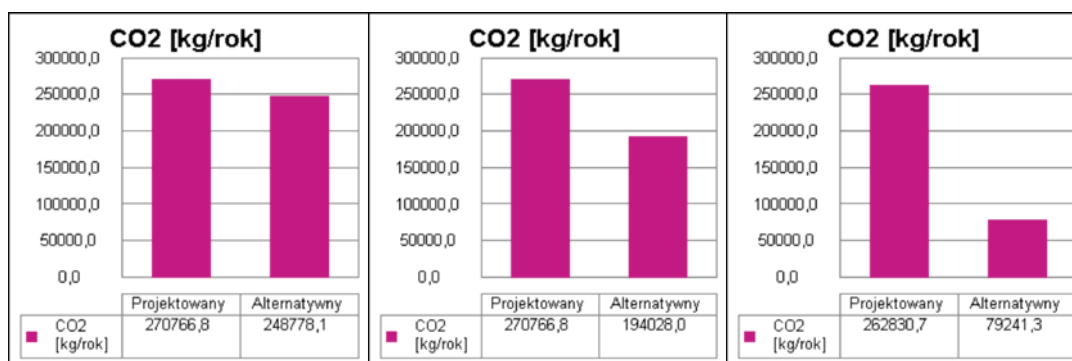
W przypadku budynku mieszkalnego, dla pokrycia potrzeb ogrzewania, również wariant z zastosowaniem kotła opalanego biomasą wykazuje zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub>. Jednak efekty ekonomiczne w tym wariancie wskazują na nieopłacalność inwestycji z uwagi na długi okres zwrotu kosztów. Opłacalność ekonomiczna i efekt ekologiczny przedsięwzięć modernizacyjnych zwiększających udział OZE w pokryciu potrzeb budynków w stosunku do stanu bazowego, zależne są od sprawności i emisyjności źródła ciepła zainstalowanego w modernizowanym budynku. Ponadto w przypadku wsparcia finansowego takich modernizacji ze środków pomocy publicznej, przedsięwzięcia mogą być bardziej opłacalne w zależności od wysokości dotacji.

Poprawa charakterystyki energetycznej budynku w stanie istniejącym jest możliwa nie tylko poprzez poprawę izolacji termicznej przegród budowlanych, ale również z dużym skutkiem przy wykorzystaniu instalacji opartych na zasobach OZE. Taka forma termomodernizacji w obrębie budynku wymaga prze-

OZE – wariant W1

OZE – wariant W2

OZE – wariant W3

Rys. 3. Redukcja emisji CO<sub>2</sub> dla przykładowych wariantów z instalacjami zasilanymi z OZE (opracowanie własne)

przewodzenia każdorazowo analizy techniczno-ekonomicznej dla wybrania wariantu najbardziej opłacalnego do realizacji. Przy zastosowaniu instalacji opartych na zasobach OZE uzyskujemy w większości przypadków, korzystny dla środowiska naturalnego efekt ekologiczny wynikający z ograniczenia emisji zanieczyszczeń do atmosfery, co jest skutkiem zmniejszenia zapotrzebowania energii pierwotnej z zasobów nieodnawialnych dla pokrycia potrzeb energetycznych budynku.

## 10. PODSUMOWANIE

W pracy scharakteryzowano krajowy stan rekomendacji wykorzystania OZE w budynkach w postaci regulacji prawnych i funkcjonujących mechanizmów wsparcia organizacyjno-finansowego. Ten aktualny stan wsparcia dla stosowania instalacji grzewczych opartych na zasobach OZE wraz z wdrożeniem w Polsce wymagań unijnych w istotny sposób wpłynie na wzrost udziału wykorzystania energii z OZE w pokryciu krajowego bilansu potrzeb. Realizacja krajowych zadań w zakresie promowania OZE umożliwi osiągnięcie przez Unię Europejską do 2020 roku celów określonych w pakiecie klimatyczno-energetycznym.

### Literatura

1. Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r. (Dz. U. z 1997 r. Nr 78, poz.483).
2. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. (tekst jednolity Dz. U. z 2008r. Nr 25,poz.150).
3. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE.
4. Krajowy plan działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych; Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, 7 grudnia 2010 r.
5. Polityka energetyczna Polski do 2030 roku; Ministerstwo Gospodarki, 10 listopada 2009 r.

6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej. (Dz. U. z 2008 r. Nr 201, poz. 1240).
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego. (Dz. U. z 2009 r. Nr 43, poz. 346).
8. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego. (Dz. U. z 2008 r. Nr 201, poz. 1239).
9. Ustawa o normalizacji z dnia 12 września 2002 r. (Dz. U. z 2002 r. Nr 169, poz. 1386, z późniejszymi zmianami).
10. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz. U. z 2008 r. Nr 201, poz. 1238).
11. Fundusze europejskie na energetykę odnawialną; Przewodnik cz. 1 i cz. 2; Centrum Prawa Bankowego i Informacji Spółka z o.o. – Polska Izba Gospodarcza Energetyki Odnawialnej; Warszawa 2008 r.
12. Budownictwo zrównoważone; Inwestycje typu Green Building; Instytut MillwardBrown SMG/KRC, Warszawa, czerwiec 2010 r.
13. Narodowa Agencja Poszanowania Energii S.A. (NAPE), [www.nape.pl](http://www.nape.pl), 25.02.2011 r.
14. Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A. (KAPE), [www.kape.pl](http://www.kape.pl), 25.02.2011 r.
15. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2002/91/WE z dnia 16 grudnia 2002 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków.
16. Ustawa z dnia 27 sierpnia 2009 r. o zmianie ustawy - Prawo budowlane oraz ustawy o gospodarce nieruchomościami. (Dz. U. z 2009 r. Nr 161, poz.1279).
17. Chomiak A.: Krajowy system poprawy efektywności energetycznej. Realizacja zadań wynikających z dyrektywy 2006/32/WE (ESD); Energia i Budynek, nr 1-2/2010 r., str. 40-43.
18. Ustawa z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów. (Dz. U. z 2008 r. Nr 223, poz. 1459 z późn. zm.)
19. ArCADia – TERMO Poradnik projektanta krok po kroku; [www.arcadiasoft.pl/pdf/certyfikat\\_audyt\\_energetyczny](http://www.arcadiasoft.pl/pdf/certyfikat_audyt_energetyczny), 25.02.2011 r.
20. Audytor-OZC; [www.sankom.pl/program-audyt-or-zc](http://www.sankom.pl/program-audyt-or-zc), 25.02.2011 r.
21. Certo –opis; [www.cieplej.pl](http://www.cieplej.pl), 25.02.2011 r.
22. Instrukcje do programu BDEC PRO; [www.builddesk.pl](http://www.builddesk.pl), 25.02.2011 r.
23. Podręcznik użytkownika – EXPERT Certyfikat Energetyczny+; [www.robobot.pl](http://www.robobot.pl), 25.02.2011 r.
24. Opis programu BuildDesk Energy Audit (BDEA); [www.builddesk.pl](http://www.builddesk.pl), 25.02.2011 r.
25. Clean Energy Project Analysis, RETScreen Engineering & Cases Textbook; RETScreen International, September 2005.