



INSTYTUT TECHNIK INNOWACYJNYCH EMAG
40-189 Katowice, ul. Leopolda 31

Egz. nr 1

Nr umowy: **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 energii (OZE) w budownictwie**

Nr i tytuł etapu:

**Etap nr 19 – Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego
wykorzystania OZE w budownictwie**

Tytuł dokumentacji: **Opis testowania i weryfikacji procedur obliczeniowych
programu komputerowego *AnalizatorOZE***



Katowice, wrzesień 2013 r.

Zespół autorski:

**Kierownik części zadania
badawczego.:**

dr inż. Włodzimierz Boroń

Pozostali autorzy:

mgr inż. Łukasz Bownik

mgr inż. Andrzej Chomiak

mgr inż. Adam Kawa

dr inż. Artur Kozłowski

inż. Józef Napierała

mgr Anna Wolińska

mgr inż. Adam Piasecki

dr hab. inż. Stanisław Trenczek

mgr inż. Jadwiga Zawora

(tytuł naukowy, imię i nazwisko)

(podpis)

Rozdzielnik:

Egzemplarze nadzorowane „N”:

egz. nr 1 – SP

Egzemplarze nienadzorowane :

egz. nr 2 - dr inż. Włodzimierz Boroń

wersja elektroniczna – witryna internetowa Konsorcjum projektu

Sprawdził:

Zatwierdził:

.....

.....

Katowice, wrzesień 2013 r.



Wykaz zmian w dokumentacji pracy

Nr kolejny lub nr wersji	Data	Opis zmiany	Autor zmiany	Podpis

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

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

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



SPIS TREŚCI:

1. Wprowadzenie – przedmiot i zakres walidacji programu komputerowego	
<i>AnalizatorOZE</i>	7
Bibliografia do rozdz.1	11
2. Opis funkcjonalności programu komputerowego <i>AnalizatorOZE</i>	13
2.1 Zapotrzebowanie energii	14
2.2 Źródła energii	17
2.3 Bilanse energii	20
2.4 Funkcje korzyści i ranking rozwiązań	22
Bibliografia do rozdz.2	24
3. Testowanie i weryfikacja procedur obliczeniowych w zakresie zgodności z algorytmami	25
3.1 Sprawdzenie poprawności procedur obliczeń zapotrzebowania energii dla ogrzewania, przygotowania c.w.u., chłodzenia i instalacji elektrycznych	26
3.2 Sprawdzenie poprawności procedur obliczeń dla źródeł energii	30
3.3 Sprawdzenie poprawności procedur obliczeń w zakresie bilansów ciepła, energii elektrycznej i bilansów energii całkowitej	32
3.4 Sprawdzenie działania procedur w module obliczeniowym w zakresie funkcji korzyści dla analizowanych rozwiązań	35
3.5 Sprawdzenie działania procedur w module obliczeniowym w zakresie rankingu analizowanych rozwiązań	38
Bibliografia do rozdz.3	40
4. Weryfikacja działania programu komputerowego <i>AnalizatorOZE</i>	41
4.1 Tabela zgłoszonych uwag i błędów z użyciem systemu <i>Mantis Bug Tracker</i>	42
4.2 Opis wybranych przykładowo uwag lub błędów i sposób ich weryfikacji w modułach obliczeniowych programu <i>AnalizatorOZE</i>	43
4.3 Sprawdzenie poprawności obliczeń wykonywanych w modułach programu	57
Bibliografia do rozdz.4	122



5. Przykładowe analizy obliczeniowe przy użyciu programu komputerowego	
<i>AnalizatorOZE</i>	123
Bibliografia do rozdz.5	132
6. Podręcznik użytkownika programu komputerowego <i>AnalizatorOZE</i>	133
Bibliografia do rozdz.6	135
7. Załączniki	137
Zał. nr 1 - Lista komunikatów zgłoszonych w systemie <i>Mantis Bug Tracker</i>	
Zał. nr 2 - Przykładowe wyniki analiz przy użyciu programu komputerowego <i>AnalizatorOZE</i> dla 3 typów budynków mieszkalnych	
Zał. nr 3 - Podręcznik użytkownika programu komputerowego <i>AnalizatorOZE</i> (manual)	



1. Wprowadzenie – przedmiot i zakres walidacji programu komputerowego *AnalizatorOZE*

Niniejsza dokumentacja obejmuje Etap nr 19 zatytułowany „Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie”, który jest częścią strategicznego zadania badawczego nr 3 dotyczącego zwiększenia wykorzystania energii z OZE w budownictwie. W ramach tego etapu przeprowadzono testowanie i weryfikację procedur obliczeniowych w zakresie ich zgodności z zapisami zawartymi w algorytmach poszczególnych modułów obliczeniowych, które zostały zastosowane w opracowanym programie komputerowym *AnalizatorOZE* [1.1]. Opracowana aplikacja stanowi narzędzie wsparcia analiz bilansów energii przy zastosowaniu instalacji OZE dla pokrywania zapotrzebowania ciepła i energii elektrycznej w budynkach mieszkalnych. Zwiększenie udziału instalacji opartych na lokalnych zasobach OZE poprawia ich charakterystykę energetyczną, zmniejsza zużycie konwencjonalnych nośników energii i tym samym obniża koszty eksploatacji oraz przyczynia się do redukcji emisji zanieczyszczeń środowiska [1.2]. To wsparcie narzędziowe może być stosowane przy opracowywaniu audytów energetycznych dla przedsięwzięć termomodernizacyjnych w budynkach oraz można je skutecznie wykorzystać do analiz charakterystyk energetycznych tych obiektów. Walidowany program komputerowy *AnalizatorOZE* spełnia następujące główne wymagania:

- zarządzanie danymi obiektu – program przechowuje podstawowe dane obiektu (rodzaj, opis, adres, współrzędne geograficzne);
- przechowywanie danych – program przechowuje dane na nośniku trwałym (plik);
- przechowywanie i udostępnianie danych klimatycznych – program udostępnia uśrednione dane klimatyczne do użycia w obliczeniach dla każdej stacji meteorologicznej (temperatury, nasłonecznienie, prędkości wiatru, temperatury strefy klimatycznej itp.) w kroku godzinowym;
- określanie rocznego zapotrzebowania budynku na energię – program umożliwia określenie zapotrzebowania budynku na energię w kroku godzinowym;
- analizy możliwości pokrycia zapotrzebowania na energię przez poszczególne OZE – program umożliwia zdefiniowanie instalacji odnawialnych źródeł energii oraz oblicza procentowe pokrycie zapotrzebowania energii przez te źródła;
- bilansowanie energii w budynku – program umożliwia bilansowanie produkcji i potrzeb energii w budynku mieszkalnym w kroku godzinowym;

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



- obliczanie funkcji korzyści dla każdego bilansu – program zawiera funkcjonalność definiowania i obliczania funkcji korzyści (dla kryteriów ekonomicznych, technicznych, ekologicznych i innych takich, jak bezpieczeństwo dostaw energii i komfort użytkowania);
- porównywanie i ranking różnych kombinacji OZE dla analizowanego budynku – program udostępnia metodę automatycznego pozycjonowania różnych kombinacji OZE z uwzględnieniem preferencji użytkownika;
- raportowanie – program zawiera funkcjonalność umożliwiającą eksport wyników pracy do programów zewnętrznych w celu dalszej obróbki i drukowania (Word, Excel).

Analizy dokonywane przy użyciu programu *AnalizatorOZE* umożliwiają obliczanie zapotrzebowania budynku na energię w kroku godzinowym i dotyczą odrębnie czterech dziedzin jej użytkowania:

- ogrzewanie i wentylacja – zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania i wentylacji;
- przygotowanie ciepłej wody użytkowej – zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u.;
- chłodzenie i wentylacja – zapotrzebowanie na energię elektryczną do napędu chłodziarki;
- zużycie energii elektrycznej – zapotrzebowanie na energię elektryczną do wszystkich celów oprócz chłodzenia i napędzania źródeł energii.

Dla umożliwienia analizy bilansów pokrycia zapotrzebowania na energię wykorzystywaną w budynku przez poszczególne źródła energii oparte na lokalnych zasobach OZE uwzględniono:

- pompę ciepła;
- kolektory słoneczne;
- kocioł na biomasę;
- kogenerator CHP;
- panele fotowoltaiczne;
- małą turbinę wiatrową;
- małą turbinę wodną;
- kocioł konwencjonalny (umożliwia porównywanie rozwiązań wykorzystujących OZE z instalacjami zasilanymi paliwami konwencjonalnymi).

Bilansowanie energii w budynku odbywa się odrębnie dla energii elektrycznej i dla ciepła w kroku godzinowym dla okresu rocznego. Funkcjonalność programu

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



komputerowego *AnalizatorOZE* obejmuje dziewięć podstawowych kroków prowadzących do uzyskania wyników dla wybranego rozwiązania w analizie wielokryterialnej:

- uruchomienie aplikacji – użytkownik musi uruchomić program i wybrać tworzenie nowego pliku;
- utworzenie lokalizacji – użytkownik musi zdefiniować podstawowe dane budynku;
- ocena zapotrzebowania budynku na energię – użytkownik musi obliczyć godzinowe zapotrzebowania na energię w wybranych dziedzinach (ogrzewanie, chłodzenie, ciepła woda użytkowa, elektryczność);
- wykonanie analiz możliwości pokrycia zapotrzebowania na energię za pomocą OZE – użytkownik musi zdefiniować wybrane źródła energii; program automatycznie wyliczy wektory produkcji energii w kroku godzinowym i przybliżone zaspokojenie potrzeb energetycznych budynku;
- bilansowanie energii – użytkownik musi zdefiniować wariant instalacji składającej się ze zdefiniowanych źródeł energii; program automatycznie zbilansuje energię i wyświetli wyniki;
- obliczanie funkcji korzyści – użytkownik musi zdefiniować istotne dla niego funkcje korzyści; program automatycznie wyliczy ich wartości;
- wybór rozwiązania – użytkownik musi określić istotność kryteriów oceny wariantów (przynajmniej dwóch); program automatycznie uszereguje zdefiniowane warianty pod względem jakości z uwzględnieniem preferencji użytkownika;
- wybór rozwiązania - użytkownik może zaakceptować wskazane najwyżżej ocenione rozwiązanie;
- raportowanie wyników – użytkownik wybiera opcję „Generuj raport”; program generuje raport do pliku akceptowanego przez MS Word (RTF).

W początkowej fazie procesu walidacji programu komputerowego *AnalizatorOZE* sprawdzono poprawność poszczególnych procedur obliczeniowych zaimplementowanych w algorytmach stanowiących bazę dla zapisów w kodach opracowanego programu. Weryfikacja procedur obliczeniowych dotyczyła estymacji godzinowej zapotrzebowania ciepła dla ogrzewania, przygotowania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.), chłodzenia i zapotrzebowania energii elektrycznej w różnych typach budynków mieszkalnych. Taką weryfikację przeprowadzono również dla modułów obliczeniowych obejmujących poszczególne rodzaje źródeł energii tj. źródeł odnawialnych i źródeł konwencjonalnych. W dalszej kolejności w procesie weryfikacji poprawności zapisów w programie *AnalizatorOZE* przeprowadzono kontrolę w zakresie modułów bilansowania ciepła, energii elektrycznej i bilansów energii całkowitej. Zweryfikowano zgodność zapisów dla wyznaczania wartości funkcji korzyści i określania poziomu dominacji w analizie rankingów rozwiązań pokrycia bilansowych potrzeb w rozpatrywanym budynku mieszkalnym. Kolejny element procesu

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



walidacji działania programu komputerowego *AnalizatorOZE* stanowi ocena poprawności uzyskiwanych wyników w modułach obliczeniowych. Dla zdefiniowanych zestawów danych wejściowych w zakresie lokalizacji rozpatrywanych budynków, zużycia ciepła na potrzeby centralnego ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej, zużycia energii elektrycznej oraz charakterystyk instalacji wykonano szereg obliczeń i analiz rozwiązań wykorzystując aplikacje programu *AnalizatorOZE*. Uzyskane wynikowo estymacje godzinowe zapotrzebowania i produkcji energii oraz jej bilansowanie weryfikowano przy różnorodnych konfiguracjach zastosowanych rozwiązań.

W wyniku przeprowadzenia licznych obliczeń sprawdzających napotkane błędy w programie *AnalizatorOZE* poprawiano poprzez korektę zapisów zgodnie z formułami zawartymi w opracowanych algorytmach. Do zgłaszania błędów i ich korekty zastosowano komunikację przy pomocy programu Mantis Bug Tracker. Zatwierdzono ponad 760 rewizji kodów źródłowych programu *AnalizatorOZE*, co szczegółowo opisano w rozdziale 4 niniejszej dokumentacji. W oparciu o przeprowadzone testy i działania weryfikacyjne uzyskano wersję 1.1 programu komputerowego *AnalizatorOZE*, która została umieszczona na utworzonej stronie internetowej <http://www.itc.polsl.pl/ozepro/> zawierającej produkty uzyskane w wyniku realizacji prac w zadaniu badawczym nr 3 [1.3]. Dla wsparcia analiz bilansowania potrzeb energetycznych budynków i zwiększenia wykorzystania lokalnych zasobów OZE, można pobrać plik instalacyjny „*AnalizatorOZE_instalator.exe*” i uruchomić go docelowo na komputerze danego użytkownika programu.



Bibliografia do rozdz. 1:

- [1.1] Opis algorytmów obliczeniowych i systemu komputerowego wspomagającego analizy wykorzystania poszczególnych rodzajów OZE w budownictwie.
Raport z realizacji prac Etapu nr 18 zadania badawczego nr 3/SP/B/3/76/469/10,
Instytut Technik Innowacyjnych EMAG, Katowice 2012 r.
- [1.2] Boroń W., Chomiak A., Kawa A., Zawora J. - Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii i ich wpływ na charakterystykę energetyczną budynku.
Monografia Instytutu Technik Innowacyjnych EMAG, Katowice 2012 r.
- [1.3] <http://www.itc.polsl.pl/ozepro/> - strona internetowa zawierająca produkty uzyskane w wyniku realizacji prac w zadaniu badawczym nr 3 dla Narodowego Centrum Badań i Rozwoju



Zadanie badawcze nr 3:

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

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



2. Opis funkcjonalności programu komputerowego *AnalizatorOZE*

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie

2.1. Zapotrzebowanie energii

Godzinowe zapotrzebowanie energii na ogrzewanie i wentylację określa się w oparciu o obliczenia zgodne z algorytmem opracowanym w ramach realizacji prac Etapu nr 7 i Etapu nr 17 zadania badawczego nr 3 [2.1], [2.2]. Dla potrzeb przygotowania programu komputerowego *AnalizatorOZE* algorytm został skorygowany i uzgodniony z autorami i zespołem programistów. W przyjętej metodyce obliczania godzinowego zapotrzebowania energii na ogrzewanie i wentylację budynku uwzględniono wymagania normy europejskiej i krajowej metodologii w zakresie obliczania zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia. Wektor godzinowy potrzeb grzewczych oblicza się na podstawie rocznego zapotrzebowania na energię użytkową dla ogrzewania i wentylacji na poziomie instalacyjnym $Q_{H,cał}$, określonego dla całego roku wg normy PN-EN ISO 13790 [2.3], przy założonych sprawnościach instalacji) lub w przypadku braku szczegółowych danych o budynku istniejącym dla szacunkowej wielkości $Q_{H,cał}$ przyjętej na podstawie wskaźnika E_{Kco} , określającego zapotrzebowanie energii w zależności od wieku budynku. Obliczenie rocznego zapotrzebowania energii dla ogrzewania i wentylacji $Q_{H,cał}$ (według jednej z powyższych metod) pozwala na estymację godzinową tej wartości w skali roku z wyznaczeniem stopniogodzin dla każdej godziny sezonu grzewczego.

W celu wprowadzenia danych dotyczących zużycia ciepła do ogrzewania budynku należy w module „Zapotrzebowanie na energię” wybrać zakładkę „Ogrzewanie”. Po wyświetleniu okna dialogowego należy wypełniać poszczególne pozycje. Przyjęcie do obliczeń zapotrzebowania ciepła do ogrzewania dla okresu całorocznego powoduje konieczność określenia wielkości temperatury granicznej t.j. temperatury powietrza zewnętrznego, od której ustala się rozpoczęcie ogrzewania). W wypadku wyboru sezonu standardowego pole temperatury granicznej jest nieaktywne. Po akceptacji sposobu obliczania zapotrzebowania ciepła wprowadzamy następujące dane:

- *roczne zapotrzebowanie na energię użytkową [kWh];*
- *sprawność akumulacji* – sprawność akumulacji w systemie ogrzewania;
- *sprawność dystrybucji* – sprawność dystrybucji w systemie ogrzewania;
- *sprawność regulacji* – sprawność regulacji i wykorzystania ciepła w systemie ogrzewania;
- *nominalne obciążenie cieplne [kW].*

W programie *AnalizatorOZE* możemy wyświetlić podpowiedzi wartości poszczególnych sprawności w zależności od rodzaju ogrzewania i systemu zasilania, przyjętych na podstawie Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. [2.4]. Dla określenia udziałów objętościowych kubatur ogrzewanych o jednakowej temperaturze pozwalających



obliczyć średnią temperaturę konieczną do obliczenia stopniogodzin dla każdej godziny sezonu grzewczego wprowadzamy pomieszczenia ogrzewane o różnych wymaganych temperaturach.

Dla budynków istniejących można zastosować obliczanie zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania z zastosowaniem wskaźnika EK_{co} jednostkowego zapotrzebowania energii. W oknie dialogowym należy wprowadzić następujące dane:

- rok budowy;
- kubaturę zewnętrzną;
- powierzchnię zewnętrzną;
- powierzchnię ogrzewaną;
- stan izolacji.

Dalsza procedura z wyborem pomieszczeń o różnych temperaturach jest identyczna jak w metodzie normatywnej. Akceptacja danych w oknie dialogowym „Zapotrzebowanie na ciepło” powoduje przejście do okna prezentacji wartości obliczonych. Na ekranie wyświetlane są wyniki obliczeń i parametry (dane) wejściowe. Możliwe jest zapisanie wyników obliczeń godzinowego zapotrzebowania ciepła na ogrzewanie w pliku o rozszerzeniu „csv” (akceptowany przez MS Excell) oraz wyświetlenie na ekranie wykresu przebiegu zapotrzebowania ciepła na ogrzewanie w ciągu roku z możliwością wyboru kroku czasowego.

Obliczenia godzinowego i rocznego zużycia ciepłej wody użytkowej (c.w.u.) oraz ilości ciepła potrzebnego do jej podgrzania dla budynków jedno- i wielorodzinnych wykonywane są na podstawie danych o budynku. Obliczany jest rozkład godzinowy zużycia c.w.u. w kolejnych dobach roku za pomocą procedury obliczeń krzywej zapotrzebowania godzinowego. Parametry funkcji pozwalającej opisać rozkład godzinowego zapotrzebowania opracowano w oparciu o dane empiryczne. Wynikami obliczeń są: wielkości zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową w budynku dla danej godziny roku, wielkości rocznego zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową w budynku oraz ilości ciepła wymagane do podgrzania c.w.u. w budynku dla danej godziny roku. Możliwe jest zapisanie wyników obliczeń godzinowego zapotrzebowania ciepła na potrzeby przygotowania c.w.u. wymaganej do wytworzenia przez źródło ciepła w ciągu roku, w pliku o rozszerzeniu „csv”. W oknie programu *AnalizatorOZE* możliwe jest wyświetlenie na ekranie wykresu przebiegu zapotrzebowania ciepła na potrzeby przygotowania c.w.u. wymaganej do wytworzenia przez źródło ciepła w ciągu roku z możliwością wyboru kroku czasowego.

Opracowany w ramach realizacji prac Etapu nr 7 zadania badawczego nr 3 [2.1] algorytm obliczania godzinowego zapotrzebowania energii na chłodzenie i wentylację budynku uwzględnia wymagania normy europejskiej [2.3] i krajowej metodologii [2.4] w zakresie obliczania zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia. Dla danej lokalizacji budynku, wielkości chłodzonych pomieszczeń, przyjętych wymaganych temperatur wewnętrznych



oraz rocznego zapotrzebowania na chłód opracowany program *AnalizatorOZE* oblicza wielkości zapotrzebowania godzinowego. Obliczenia przeprowadza się dla sezonu chłodniczego standardowego tj. od 1 czerwca do 1 września lub dla sezonu niestandardowego z określeniem zewnętrznej temperatury granicznej, dla której wymagane jest chłodzenie pomieszczeń. Ponadto oblicza się także rozkład godzinowy zapotrzebowania na energię elektryczną zużywaną na potrzeby chłodziarki sprężarkowej oraz średnią moc chłodniczą w sezonie. Procedura obliczeniowa jest podobna jak w module „Zapotrzebowanie na energię” dla zakładki „Ogrzewanie”. Możliwe jest zapisanie wyników obliczeń godzinowego zapotrzebowania na chłód w pliku o rozszerzeniu „csv”. Program *AnalizatorOZE* oblicza również zapotrzebowanie na energię elektryczną zużywaną do napędu sprężarkowych urządzeń chłodniczych. Istnieje możliwość graficznego wyświetlenia godzinowego zapotrzebowania na chłód i godzinowego zapotrzebowania energii elektrycznej. Na ekranie w formie wykresu słupkowego przedstawione jest zapotrzebowanie na chłód w ciągu roku z możliwością wyboru kroku czasowego.

Godzinowe zapotrzebowanie energii elektrycznej w budynku określa się w oparciu o obliczenia zgodne z algorytmem opracowanym w ramach realizacji prac Etapu nr 7 zadania badawczego nr 3 [2.1]. Wyznaczenie godzinowego zapotrzebowania energii elektrycznej dla danego budynku przy wykorzystaniu programu *AnalizatorOZE*, wymaga wprowadzenia wielkości rocznego zapotrzebowania na energię E_r [kWh/rok] oraz przyporządkowanej dla budynku klasy odbiorcy. Podane wartości pozwalają na wprowadzenie z bazy danych wymaganych parametrów dla danej klasy. Rozrzut wartości obciążenia w poszczególnych godzinach doby dla odbiorców danej klasy określony jest współczynnikiem zmienności pozwalającym określić spodziewaną szczytową wartość obciążenia, jaka może wystąpić w danym układzie. Obciążenie odbiorcy określa się dla losowo wybranych numerów przedziałów czasowych (jednej godziny losowo wybranej z 8760 godzin w ciągu roku). Procedura w algorytmie obliczania godzinowego zapotrzebowania energii elektrycznej w budynku jest powtarzana do momentu, gdy wylosowane zostaną wszystkie przedziały godzinowe w okresie rocznym. Dane należy wprowadzić dla poszczególnych mieszkań usytuowanych w danym budynku. W oknie dialogowym wprowadza się następujące dane:

- *zapotrzebowanie roczne* – roczne zużycie energii elektrycznej przez dane mieszkanie w kWh;
- *klasa* – z rozwijanego menu należy wybrać klasę odbiorcy ze względu na rodzaj taryfy i wielkość zużycia energii elektrycznej;
- *samochód elektryczny* – jeżeli do danego mieszkania lub budynku jest przypisany samochód z napędem elektrycznym należy zaznaczyć tę opcję.

Po zatwierdzeniu danych dla analizowanego budynku, na ekranie wyświetlane są wyniki obliczeń i parametry wejściowe. Możliwe jest zapisanie w pliku o rozszerzeniu „csv” wyników



obliczeń godzinowego zapotrzebowania energii elektrycznej w ciągu roku. Program *AnalizatorOZE* pozwala wyświetlać na ekranie wykres przebiegu zapotrzebowania energii elektrycznej w ciągu roku z możliwością wyboru kroku czasowego.

2.2. Źródła energii

Opracowany program komputerowy *AnalizatorOZE* zawiera moduł obliczeniowy „Źródła energii” z szeregiem zakładek umożliwiających wykonanie obliczeń rocznej produkcji ciepła i energii elektrycznej w kroku godzinowym dla wybranego rodzaju źródła jej wytwarzania.

Dla kalkulacji produkcji ciepła służą cztery zakładki, które w oparciu o wprowadzone dane umożliwiają wyznaczenie rocznych wektorów z godzinowymi ilościami ciepła wytwarzanymi przez trzy rodzaje źródeł odnawialnych oraz źródło zasilane paliwami konwencjonalnymi. Algorytmy obliczeniowe tych kalkulatorów zostały opracowane w ramach realizacji prac Etapu nr 7 [2.1] zadania badawczego nr 3. W module obliczeniowym „Źródła energii” programu *AnalizatorOZE* w pierwszej zakładce możliwe jest obliczenie godzinowej produkcji ciepła w instalacji pompy ciepła, która może pokrywać zapotrzebowanie tylko na ogrzewanie lub sumarycznie na ogrzewanie i przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Pompa ciepła może pracować z dwoma typami gruntowych wymienników ciepła - powierzchniowym lub pionowym. Dla wymaganej mocy nominalnej potrzeb i przy uwzględnieniu współczynnika efektywności energetycznej obiegu pompy ciepła, określane są wielkości wymaganej powierzchni terenu (GWC powierzchniowy) lub ilość i głębokość odwiertów (GWC pionowy). W zależności od wielkości terenu, którym dysponuje użytkownik możliwe jest pokrycie całości lub części potrzeb, co jest sygnalizowane w programie. Następnie obliczane są godzinowe wielkości ciepła wytworzonego przez pompę ciepła oraz godzinowe zużycia energii elektrycznej przez napęd sprężarki w obiegu pompy ciepła. W drugiej zakładce modułu obliczeniowego „Źródła energii” wykonujemy obliczenia godzinowej produkcji ciepła w instalacji kolektora słonecznego. Po wprowadzeniu danych wejściowych program pobiera z bazy danych meteorologicznych (dla podanego położenia geograficznego, nachylenia i usytuowania powierzchni do montażu kolektorów względem stron świata) wartości całkowitego natężenia promieniowania słonecznego na powierzchnię o podanej orientacji i pochyleniu. Te wielkości pozwalają na wyliczenie godzinowej produkcji energii wytwarzanej przez pojedynczy kolektor przy uwzględnieniu sprawności optycznej oraz współczynnika nasłonecznienia. Następnie określa się niezbędną ilość kolektorów potrzebnych do pokrycia wymaganego zapotrzebowania na energię do przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz ich powierzchnię brutto i porównuje powierzchnię dobranych kolektorów słonecznych z powierzchnią przeznaczoną do ich zabudowy. W przypadku, gdy obliczona powierzchnia kolektorów jest większa od powierzchni dostępnej do ich zainstalowania, oblicza się procent pokrycia potrzeb ciepłych na przygotowanie ciepłej wody użytkowej przez kolektory słoneczne. Dla trzeciego typu źródła ciepła z grupy OZE tj. kotła na biomase



w programie *AnalizatorOZE* można przeprowadzić obliczenia produkcji ciepła dla rocznej estymacji godzinowej. Po określeniu rodzaju dostępnej biomasy, według tabeli zawartej w programie ustala się procentowy udział masowy poszczególnych składników spalania dla wybranej biomasy. Te wartości są podstawą do obliczenia wartości opałowej danego paliwa. W następnej kolejności ustala się zakres pokrycia potrzeb energetycznych przez kocioł opalany biomasą. Analizuje się wektory godzinowe zapotrzebowania energii w poszczególnych dziedzinach, które ma pokryć godzinowa produkcja ciepła z zastosowaniem kotła opalanego biomasą. Taka analiza pozwala na przeprowadzenie końcowego zbilansowania energetycznych potrzeb i produkcji ciepła z zastosowaniem kotła opalanego biomasą w każdej godzinie roku. Po określeniu sprawności dobranego źródła oblicza się roczne zapotrzebowanie na biomasę do opalania kotła.

W programie *AnalizatorOZE* dla kalkulacji produkcji energii elektrycznej służą trzy zakładki, które w oparciu o wprowadzone dane umożliwiają wyznaczenie rocznych wektorów z godzinowymi ilościami energii elektrycznej wytworzonymi przez te zdefiniowane źródła odnawialne. Algorytmy obliczeniowe tych kalkulatorów zostały opracowane w ramach realizacji prac Etapu nr 17 [2.2] zadania badawczego nr 3. W module obliczeniowym „*Źródła energii*” programu *AnalizatorOZE* w szóstej zakładce możliwe jest obliczenie godzinowej produkcji energii elektrycznej w instalacji fotowoltaicznej, która może pokrywać jej zapotrzebowanie w budynku. Algorytm obliczania godzinowej produkcji energii elektrycznej w instalacji fotowoltaicznej PV wymaga danych wejściowych obejmujących lokalizację obiektu (długość i szerokość geograficzna) oraz usytuowanie względem stron świata, dla których uzyskujemy z bazy danych meteorologicznych godzinowe wartości całkowitej gęstości strumienia promieniowania słonecznego. Po określeniu wielkości powierzchni dostępnej pod montaż paneli PV oraz danych technicznych preferowanych ogniw wykonywane są obliczenia godzinowej produkcji energii elektrycznej w instalacji fotowoltaicznej, teoretycznej i rzeczywistej mocy układu oraz jego sprawności. Możliwości techniczne instalacji obliczane są jako wartości teoretyczne z uwzględnieniem sprawności akumulacji. Obliczane są następujące wielkości w skali rocznej: energia końcowa teoretyczna, całkowita moc teoretyczna, średnia teoretyczna moc instalacji fotowoltaicznej. Następnie oblicza się wartości parametrów technicznych możliwych do uzyskania w skali rocznej: energia końcowa techniczna, całkowita moc techniczna, średnia techniczna moc instalacji fotowoltaicznej PV. W kolejnej zakładce modułu obliczeniowego „*Źródła energii*” program *AnalizatorOZE* umożliwia obliczenie godzinowej produkcji energii elektrycznej w instalacji pojedynczego mikrowiatraka lub ich farmy. Dla danej lokalizacji analizowanego budynku można wyznaczyć wielkość rocznej produkcji energii elektrycznej przez mikrowiatraki (turbiny wiatrowe) w rozkładzie godzinowym oraz stopień pokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną dla budynku lub grupy budynków. Danymi wejściowymi do przeprowadzenia obliczeń są: położenie geograficzne (długość, szerokość), typ terenu, roczne zapotrzebowanie na energię

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



elektryczną przez budynek oraz liczba mikrowiatraków. Dla danej lokalizacji obiektu wyszukiwana jest z bazy danych najbliższa stacja meteorologiczna, dla której wczytywane są wielkości nominalnych prędkości wiatru dla każdej godziny w roku. Następnie przy zadanej liczbie wiatraków, dla każdego z nich wprowadza się następujące dane: typ mikrowiatraka, wysokość zainstalowania mikrowiatraka ponad poziomem terenu, powierzchnia czynna i moc znamionowa pojedynczego mikrowiatraka. W wyniku obliczeń w programie *AnalizatorOZE* otrzymuje się: wielkość produkcji energii elektrycznej przez pojedynczy mikrowiatrak w danej godzinie roku, łączną roczną produkcję energii elektrycznej przez farmę mikrowiatraków i stopień pokrycia zapotrzebowania budynku na energię elektryczną.

Jeśli w sąsiedztwie budynku mamy możliwość wykorzystania ciekłu wodnego, to z pomocą trzeciego kalkulatora w programie *AnalizatorOZE* możemy wyznaczyć godzinową produkcję energii elektrycznej w instalacji małej elektrowni wodnej. Dla określenia średniego rocznego natężenia przepływu w ciekłu wodnym wybiera się jedną z czterech metod obliczeniowych. Tabela doboru typu turbiny wodnej zaimplementowana w programie, pozwala na porównanie uzyskanych wartości strumienia i spadku użytecznego z zakresem wartości podanym w tabeli i wyborem typu turbiny. Zgodnie z danymi producenta dobiera się urządzenie o właściwej charakterystyce. Dla średniego godzinowego przepływu wody w ciekłu oblicza się godzinową produkcję energii elektrycznej, a następnie wielkość rocznej produkcji energii elektrycznej $E_{el,r}$ w dobranej turbinie wodnej. Algorytm obliczania godzinowej produkcji energii elektrycznej w instalacji małej elektrowni wodnej pozwala na wyliczenie w jakim stopniu turbina wodna pokrywa zapotrzebowanie na energię elektryczną w budynku, co jednocześnie określa w jakim stopniu potrzeby energii pokrywane są produkcją z wykorzystaniem tego typu OZE.

Pozostałe dwie zakładki w module obliczeniowym „Źródła energii” służą do wyznaczenia godzinowych rozkładów skojarzonego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej w instalacji mikrokogeneratora oraz do analizy wytwarzania biogazu w przydomowym mikrogeneratorze. Zaimplementowany w programie *AnalizatorOZE* algorytm oblicza godzinową produkcję w skojarzeniu ciepła i energii elektrycznej w układzie kogeneracyjnym CHP. Wprowadzane są dane dotyczące zapotrzebowania na ciepło i energię elektryczną w budynku, dane opisujące układ technologiczny kogeneratora CHP oraz sposób sterowania układem. Agregat kogeneracyjny CHP może pracować w następujących trybach pracy:

- z mocą dostosowaną do aktualnego zapotrzebowania energii elektrycznej;
- z mocą dostosowaną do aktualnego zapotrzebowania ciepła;
- ze stałą mocą elektryczną.

W wyniku obliczeń otrzymuje się wielkości godzinowe rocznej produkcji ciepła, energii elektrycznej oraz energii chemicznej zużywanego paliwa, z uwzględnieniem minimum technicznego dla którego możliwa jest praca układu kogeneracyjnego CHP.



Dla obliczenia produkcji gazu w mikrobiogazowni do współpracy z układem kogeneracyjnym CHP został wykorzystany kalkulator symulacyjny *BIOGASFACTORY* [2.5] oparty na arkuszu obliczeniowym Excel, pozwalający wyznaczyć ilości biometanu w oparciu o użyte substraty do fermentacji w akceleratorze mikrobiogazowni rolniczej, uwzględniający zależności, warunki konieczne i progowe oraz niezbędne dane wejściowe dla przeprowadzenia obliczeń według użytych ilości i rodzaju substratów. Wytworzony biometan zasilając kogenerator CHP pozwala w systemie skojarzonym wytworzyć ciepło i energię elektryczną. Na bazie opracowanego kalkulatora symulacyjnego zaprogramowano moduł obliczeniowy dla mikrobiogazowni, będący aplikacją w zintegrowanym programie komputerowym wspierającym analizy możliwości wykorzystania OZE. Przy jego pomocy można będzie wyznaczać parametry eksploatacyjne instalacji z mikrobiogazownią zasilającą kogenerator CHP pracujący ze stałą mocą cieplną i elektryczną. W programie *AnalizatorOZE* przy użyciu modułu obliczeniowego „*Źródła energii*” można wyznaczyć produkcję ciepła i energii elektrycznej dla dobranych substratów mikrobiogazowni i warunków progowych pracy kogeneratora.

2.3. Bilanse energii

Algorytm obliczeniowy dla bilansowania w budynku zapotrzebowania i produkcji ciepła w OZE w zakresie ogrzewania i wentylacji budynku oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej opracowano w ramach realizacji prac Etapu nr 7 zadania badawczego nr 3 [2.1]. Program komputerowy *AnalizatorOZE* zawiera moduł obliczeniowy „*Bilanse energii*” z zakładkami umożliwiającymi wykonanie bilansów dla zapotrzebowania energii w budynku w kroku godzinowym dla skonfigurowanych źródeł jej wytwarzania. Struktura obliczeń opiera się na osobnych bilansach ciepła i energii elektrycznej oraz łącznym bilansie energii całkowitej. W przypadku gdy część energii elektrycznej wyprodukowana w instalacjach wykorzystujących OZE magazynowana jest w zasobniku ciepła, bilans ciepła i energii elektrycznej jest łączny. Dotyczy to nadwyżek energii elektrycznej, gdy wytworzona energia zasila grzałkę elektryczną zainstalowaną w zasobniku ciepła, będącym akumulatorem ciepła dla potrzeb ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej.

W przypadku bilansów ciepła zakłada się, że źródłem podstawowym może być kolektor słoneczny. Jako źródło szczytowe produkcji ciepła może być stosowana pompa ciepła, kocioł konwencjonalny opalanego paliwem stałym lub gazowym, kocioł na biomasę lub agregat kogeneracyjny ustawiony w trybie pracy z mocą dostosowaną do zapotrzebowania ciepła. Szczytowe zapotrzebowanie ciepła może być również pokryte przez sieć ciepłowniczą zasilaną ciepłem wytworzonym w ciepłowni węglowej i gazowej lub w elektrociepłowni węglowej. Moduł obliczeniowy bilansowania ciepła uwzględnia przepływ, akumulowanie i rozładowanie ciepła z produkcji całej energii na potrzeby grzewcze w i-tej godzinie, pomniejszonej o ciepło wykorzystane do przygotowania c.w.u. Wynika to z założenia, że priorytetem jest pokrycie potrzeb ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej. W każdej godzinie bilansowej

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



analizowane są przepływy nadwyżek produkowanego ciepła (ponad potrzeby c.w.u.) na jego akumulację i pobór ciepła z zasobnika dla zaspokojenia niedoboru w zakresie ogrzewania. W przypadku występowania niedoborów ciepła przed włączeniem źródła szczytowego algorytm sprawdza w pierwszej kolejności, czy możliwe jest pobranie energii z zasobnika. Wynikiem obliczeń w danym bilansie ciepła jest roczna ilość ciepła wytworzona w źródle podstawowym i szczytowym, stopień wykorzystania źródeł, wektor rocznych godzinowych nadwyżek i niedoborów ciepła, procentowy stan zaspokojenia potrzeb na ogrzewanie i c.w.u., udział OZE w pokryciu tych potrzeb oraz wielkość emisji CO₂ wynikająca ze zużycia nośników paliw pierwotnych w dobranych źródłach ciepła.

Do bilansowania energii elektrycznej w budynku służy zakładka „*Energia elektryczna*” w module obliczeniowym „*Bilans energii*”. Zaimplementowany algorytm obliczeniowy bilansowania w budynku zapotrzebowania i produkcji energii elektrycznej umożliwia przeprowadzenie godzinowego i rocznego bilansu jej zapotrzebowania oraz produkcji przez OZE i dostawy z sieci krajowego systemu elektroenergetycznego. Obliczenia prowadzi się dla budynków mieszkalnych jedno- i wielorodzinnych. Danymi wejściowymi są: wektor zapotrzebowania godzinowego energii elektrycznej, wektor produkcji godzinowej energii elektrycznej przez źródło podstawowe, parametry źródła szczytowego lub moc zamówiona z sieci dystrybucyjnej, parametry akumulatora energii elektrycznej (w przypadku ich deklaracji przez użytkownika) oraz wymagana liczba dni autonomicznej pracy systemu. W każdej godzinie roku wyznaczana jest nadwyżka lub niedobór produkcji energii elektrycznej w stosunku do jej zapotrzebowania. Jeżeli nadwyżka produkcji jest dodatnia następuje proces ładowania akumulatora. W przeciwnym wypadku występujące zapotrzebowanie na energię w pierwszym rzędzie pokrywane jest z akumulatora. Jeżeli użytkownik zadeklarował obecność grzałki elektrycznej w zasobniku ciepła, nadwyżki energii elektrycznej, przekraczające możliwości akumulacji, mogą być wykorzystane do podgrzania wody w zasobniku. Ilość ciepła wytwarzanego przez grzałkę jest uwzględniana w bilansie energii zasobnika ciepła. Wynikiem obliczeń w danym bilansie energii elektrycznej jest roczna ilość energii elektrycznej wytworzona w źródle podstawowym i szczytowym, stopień wykorzystania źródeł, pojemność akumulatora, wektor rocznych godzinowych nadwyżek i niedoborów energii elektrycznej, procentowy stan zaspokojenia potrzeb energii elektrycznej w budynku, udział OZE w pokryciu tych potrzeb oraz wielkość emisji CO₂ wynikająca ze zużycia nośników paliw pierwotnych w dobranych źródłach.

2.4. Funkcje korzyści i ranking rozwiązań

W programie komputerowym *AnalizatorOZE* wykorzystano funkcję korzyści oraz kryteria stosowane do oceny rozwiązań zaopatrzenia budynku w energię, które zostały opracowane w ramach realizacji prac Etapu nr 7 zadania badawczego nr 3 [2.1]. W celu wybrania najkorzystniejszego wariantu realizacji inwestycji z zastosowaniem OZE



konieczne jest przeprowadzenie analizy porównawczej różnych wariantów zaopatrzenia budynku w energię. Analiza wariantowa uwzględnia wiele czynników warunkujących wybór przedsięwzięcia. Należą do nich kryteria charakteryzowane parametrami technicznymi, ekonomicznymi, ekologicznymi i społecznymi. Narzędziem służącym do prognozowania i podjęcia właściwej decyzji dla konkretnego użytkownika jest funkcja korzyści. Pozwala ona dla wybranego do analizy rozwiązania zaopatrzenia budynku w energię oraz towarzyszącemu mu rezultatowi i danym warunkom otoczenia zewnętrznego określić wartość zwaną korzyścią. W programie komputerowym *AnalizatorOZE* wykorzystano cztery grupy kryteriów oceny danego bilansu energii: kryterium techniczne, kryterium ekonomiczne, kryteria środowiskowe i inne kryteria – niemierzalne.

Program komputerowy *AnalizatorOZE* zawiera moduł obliczeniowy „*Funkcja korzyści*” umożliwiający wykonanie analizy wielokryterialnej dla danego wybranego rozwiązania instalacyjnego spełniającego wymagania bilansu ciepła lub energii elektrycznej w budynku. Najbardziej rozpowszechnione przy analizach wyboru rozwiązań inwestycyjnych są kryteria ekonomiczne. Funkcja korzyści określana jest na podstawie rezultatów technicznych i ekonomicznych uzyskanych dla analizowanego rozwiązania zaopatrzenia budynku w energię. Analiza kryteriów ekonomicznych pozwala ocenić koszty inwestycyjne przyjętego rozwiązania oraz koszty eksploatacyjne w określonej skali czasowej, jakie będzie ponosił użytkownik. Miarą analiz ekonomicznych są następujące wielkości: nakłady inwestycyjne, roczne koszty eksploatacyjne, zdyskontowana wartość netto, wskaźnik wartości bieżącej netto, wskaźnik zyskowności lub opłacalności, wartość prostego i zdyskontowanego okresu zwrotu, wewnętrzna stopa zwrotu. Kolejną grupą kryteriów oceny rozwiązań zaopatrzenia budynku w ciepło i energię elektryczną są kryteria środowiskowe (ekologiczne). Mogą one mieć charakter ilościowy i jakościowy. W module obliczeniowym programu *AnalizatorOZE* kryterium ekologiczne stosowane do oceny rozwiązań zaopatrzenia budynku w energię zostało zaimplementowane z dokumentacji realizacji prac Etapu nr 7 zadania badawczego nr 3 [2.1]. Jako miarę oceny danego wariantu rozwiązania bilansowego przyjęto wielkość emisji dwutlenku węgla wprowadzanego do powietrza w wyniku spalania paliw dla wytworzenia energii pokrywającej potrzeby budynku.

Zastosowany w programie *AnalizatorOZE* algorytm obliczeniowy rankingu rozwiązań, które spełniają wymagania bilansu energii w analizowanym budynku, służy do oceny różnych wariantów jego zaopatrzenia w ciepło i energię elektryczną z wykorzystaniem lokalnych zasobów OZE. Algorytm obliczeniowy rankingu rozwiązań opracowano w ramach realizacji prac Etapu nr 7 zadania badawczego nr 3 [2.1]. Danymi wejściowymi do przeprowadzenia obliczeń są: lista bilansów ciepła, energii elektrycznej lub energii całkowitej (warianty rozwiązań dla pokrycia bilansu). Użytkownik programu *AnalizatorOZE* ma możliwość zdefiniowania kryteriów oceny w zakresie funkcji korzyści i wag preferencji przypisanych do

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



wybranych kryteriów. Wynikiem obliczeń jest lista wartości dominacji dla każdego z wariantów rozwiązania zaopatrzenia budynku w energię. Ocena wielokryterialna i ranking rozwiązań bilansowych przebiega w programie *AnalizatorOZE* w następujących krokach:

- wybór przez użytkownika programu *AnalizatorOZE* kryteriów mierzalnych (technicznych, ekonomicznych i ekologicznych) oraz niemierzalnych (komfort użytkowania, bezpieczeństwo dostaw energii) dla oceny rozwiązań;
- dokonanie ocen poszczególnych rozwiązań z wykorzystaniem wybranych kryteriów technicznych, ekonomicznych, ekologicznych i innych w oparciu o rezultaty decyzji;
- określenie wag preferencji poszczególnych kryteriów;
- normalizacja wag preferencji kryteriów do wielkości z przedziału $[0,1]$;
- wyznaczenie wartości funkcji preferencji dla wszystkich rozwiązań bilansowych objętych analizą wg wybranych przez użytkownika kryteriów mierzalnych i niemierzalnych;
- normalizacja wartości funkcji preferencji dla wszystkich par decyzji wg wybranych do analizy kryteriów;
- wyznaczenie wielokryterialnych indeksów preferencji dla wszystkich rozwiązań bilansowych objętych analizą;
- wyznaczenie przepływów dominacji (wyjścia, wejścia i netto) dla każdego z rozwiązań bilansowych objętych analizą;
- ustalenie rankingu rozwiązań na podstawie przepływów dominacji netto.

Przepływ dominacji netto jest różnicą pomiędzy przepływem dominacji wyjścia i przepływem dominacji wejścia. Wartość przepływu dominacji netto informuje o wielkości i charakterze dominacji danego rozwiązania względem pozostałych rozwiązań. Dodatnia wartość przepływu dominacji netto oznacza, że obiekt jest w grupie rozwiązań dominujących (lepszyc). Ujemna wartość dominacji netto wskazuje, że analizowane rozwiązanie jest w grupie rozwiązań zdominowanych (gorszych). Ranking rozwiązań zaopatrzenia budynku w energię otrzymuje się porządkując je od największej wartości przepływu dominacji netto do najmniejszej tj. od rozwiązania najlepszego do najgorszego w świetle przyjętych kryteriów oceny.



Bibliografia do rozdz. 2:

- [2.1] Opracowanie modelu użytkownika energii (budynku lub grupy budynków mieszkalnych), uwzględniającego zróżnicowane parametry techniczne, funkcjonalne i ekonomiczne w aspekcie możliwości substytucji konwencjonalnych źródeł energii na OZE. Raport z realizacji prac Etapu nr 7 zadania badawczego nr 3 /SP/B/3/76/469/10, GIG Katowice 2011 r.
- [2.2] Opracowanie algorytmów programów komputerowych wykorzystania poszczególnych rodzajów OZE w budownictwie. Raport z realizacji prac Etapu nr 17 zadania badawczego nr 3/ SP/B/3/76/469/10, GIG Katowice 2011 r.
- [2.3] PN-EN ISO 13790: Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia. PKN Warszawa 2009 r.
- [2.4] 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)
- [2.5] Opracowanie algorytmu programu komputerowego związanego z mikrokogeneracją oraz mikropoligeneracją z OZE z uwzględnieniem mikrobiogazowni. Raport z realizacji prac Etapu nr 16 zadania badawczego nr 3/ SP/B/3/76/469/10, IE i SU Wydział Elektryczny Politechniki Śląskiej, Gliwice 2012 r.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



3. Testowanie i weryfikacja procedur obliczeniowych w zakresie zgodności z algorytmami

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



3.1. Sprawdzenie poprawności procedur obliczeń zapotrzebowania energii dla ogrzewania, przygotowania c.w.u., chłodzenia i instalacji elektrycznych

Program komputerowy *AnalizatorOZE* przeprowadza obliczenia godzinowego zapotrzebowania energii zgodnie z algorytmami szczegółowo przedstawionymi w etapach zadania badawczego nr 3 [3.1], [3.2], [3.3].

Prawidłowość procedur obliczeniowych i ich wyników weryfikowano w programie komputerowym w czterech dziedzinach zapotrzebowania energii dla celów ogrzewania i wentylacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej, chłodzenia oraz zapotrzebowania energii elektrycznej dla oświetlenia pomieszczeń i zasilania urządzeń domowych.

Poprawność obliczeń według zapisanych procedur kontrolowano poprzez wielokrotne analizy wielu budynków jedno- i wielorodzinnych o różnym zakresie potrzeb energetycznych.

Procedury obliczania zapotrzebowania na energię do ogrzewania i wentylacji sprawdzano w programie *AnalizatorOZE* charakteryzując parametry energetyczne budynku w zakładce „Zapotrzebowanie na energię – ogrzewanie”. Estymację godzinową zapotrzebowania energii dla ogrzewania i wentylacji weryfikowano przy różnorodnych konfiguracjach parametrów i ich wielkości. Program komputerowy pozwala na wielokrotne obliczenia w trakcie prowadzenia analizy budynku, poprzez każdorazową edycję parametrów obliczeniowych i zmianę danych wejściowych.

Poprawność zapisu procedur obliczeniowych algorytmu w kodzie źródłowym programu komputerowego sprawdzano przeprowadzając przeliczenia poszczególnych sekwencji. Każdorazowo do analizy i określenia godzinowego zapotrzebowania energii dla ogrzewania i wentylacji w oknie dialogowym programu podawano charakteryzujące energetycznie budynek następujące dane:

- roczne zapotrzebowanie na energię użytkową;
- nominalne obciążenie cieplne;
- średnie sprawności wewnętrznej instalacji centralnego ogrzewania (akumulacji η_s , dystrybucji η_d , regulacji η_e).

W danych wejściowych deklarowano sposób obliczania rocznego zapotrzebowania na energię użytkową ($Q_{H,nd}$) wg obowiązującej normy PN-EN ISO 13790 [3.7] lub szacunkowo z zastosowaniem wskaźnika (EK_{co}) i określano długość analizowanego okresu (cały rok lub sezon grzewczy).

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



W wypadku wyboru do obliczeń rocznego zapotrzebowania na energię do ogrzewania i wentylacji normy PN-EN ISO 1379 charakteryzowano poszczególne pomieszczenia w budynku o różnych przyjętych temperaturach projektowych podając ich typ, powierzchnię ogrzewaną i jej kubaturę. Te wielkości pozwalają obliczyć uśrednioną temperaturę pomieszczeń ogrzewanych, poprzez określenie udziałów poszczególnych kubatur o danej temperaturze regulowanej w stosunku do kubatury całkowitej.

Obliczenia przeprowadzano dla budynków jednorodzinnych i wielorodzinnych przy różnych lokalizacjach na terenie kraju, sprawdzając jak zmiana zadanych parametrów wejściowych wpływa na efekt końcowy obliczeń. Położenie geograficzne budynku (jego lokalizacja na terenie kraju) oraz dane meteorologiczne z bazy danych zaimplementowanych w programie, pozwalają każdorazowo na obliczenie wartości stopniogodzin dla każdej godziny sezonu grzewczego [3.4]. Te wartości z kolei są podstawą estymacji rocznego zapotrzebowania na energię dla ogrzewania i wentylacji w każdej godzinie roku.

Procedury podziału godzinowego rocznego zapotrzebowania na energię dla ogrzewania i wentylacji są takie same w wypadku szacunkowego obliczenia rocznego zapotrzebowania na energię dla ogrzewania i wentylacji z zastosowaniem wskaźnika EK_{co} . Deklaracja sposobu obliczania zapotrzebowania na energię do ogrzewania z zastosowaniem wskaźnika EK_{co} wymagała w programie podania:

- roku budowy;
- kubatury zewnętrznej;
- powierzchni ogrzewalnej;
- stanu izolacji.

W wyniku przeprowadzenia licznych obliczeń sprawdzających napotkane błędy w programie poprawiano na bieżąco. Do zgłaszania błędów i ich korekty zastosowano program *Mantis Bug Tracker*.

W rozdziale 4 przedstawiono sposób weryfikacji i walidacji zapisów programu, dla wybranych przypadków szczegółowo opisano wykryte nieprawidłowości w programie i ich poprawę.

Poprawność procedur zapisów w programie *AnalizatorOZE* w zakresie obliczeń zapotrzebowania na energię do przygotowania ciepłej wody użytkowej sprawdzano charakteryzując parametry potrzeb budynku w tej dziedzinie w zakładce „Zapotrzebowanie na energię – CWU”. Analiza i określenie godzinowego zapotrzebowania energii dla potrzeb



przygotowania ciepłej wody użytkowej dla budynków jednorodzinnych lub wielorodzinnych wymagała wprowadzenia w oknie dialogowym następujących danych:

- temperatura wody zimnej;
- temperatura wody ciepłej;
- sprawności akumulacji i dystrybucji;
- sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej (z zasobnikiem lub bez);
- ilość mieszkańców.

Dodatkowo informowano o zamontowaniu (lub nie) wodomierzy. Po wprowadzeniu tych parametrów program *AnalizatorOZE* dokonuje obliczeń zgodnie z sekwencjami ujętymi w opracowanym algorytmie. Obliczenia wykonywano dla budynków istniejących i projektowanych. Kontrolowano poprawność obliczeń dokonując wielokrotnych analiz z zastosowaniem różnych układów technologicznych produkcji ciepłej wody użytkowej dla różnej wielkości budynków, ilości mieszkańców, ze zmiennymi zadanymi wartościami sprawności akumulacji i dystrybucji, uzyskując wynikowe wartości:

- rocznego zapotrzebowania na ciepło na potrzeby c.w.u. do wytworzenia w źródle ciepła;
- rocznego zapotrzebowania na ciepło użytkowe na potrzeby cwu;
- moc nominalną na potrzeby cwu;
- dobowe zużycie cwu.

W trakcie analiz obliczeniowych napotkane błędy w programie poprawiano przez kontrolę zapisów w programie w stosunku do zapisów sekwencji w algorytmach. Do komunikacji z zespołem programistów stosowano program *Mantis Bug Tracker*. W rozdziale 4 przedstawiono szczegółowe zapisy weryfikacji znalezionych błędów w zapisie programu komputerowego i opisano wybrane przypadki.

W zapisie programu komputerowego *AnalizatorOZE* sprawdzano prawidłowość implementacji algorytmu obliczeń zapotrzebowania budynku na chłód, przeprowadzając przeliczenia poszczególnych sekwencji. Sprawdzano zapis właściwej kolejności działań zgodnej z algorytmem, a następnie kontrolowano poprawność przeprowadzanych obliczeń.

Do analizy i określenia godzinowego zapotrzebowania energii do chłodzenia w oknie dialogowym „Zapotrzebowanie na energię – chłodzenie” charakteryzowano energetycznie każdy budynek poprzez następujące dane:

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



- roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do chłodzenia;
- średnie sprawności instalacji chłodzenia (akumulacji η_s , dystrybucji η_d , regulacji η_e),
- współczynnik ESEER średniosezonowej sprawności chłodzenia.

Charakteryzowano poszczególne chłodzone pomieszczenia w budynku o różnych przyjętych temperaturach projektowych podając ich powierzchnie i kubatury. Te wielkości pozwalają obliczyć uśrednioną temperaturę pomieszczeń chłodzonych, poprzez określenie udziałów poszczególnych kubatur o danej temperaturze regulowanej w stosunku do kubatury całkowitej.

Położenie geograficzne budynku (jego lokalizacja na terenie kraju) oraz dane meteorologiczne z bazy danych zaimplementowanej w programie *AnalizatorOZE*, pozwalają każdorazowo na obliczenie wartości stopniogodzin dla każdej godziny sezonu chłodniczego (w wypadku deklaracji temperatury granicznej) lub dla sezonu standardowego.

Estymację godzinową zapotrzebowania energii do chłodzenia weryfikowano przy różnorodnych konfiguracjach lokalizacji budynku i wielkości zadanych parametrów.

W rozdziale 4 przedstawiono zapisy weryfikacji znalezionych błędów w programie komputerowym i opisano wybrane przypadki ich rozwiązania.

Dla wyznaczania godzinowego zapotrzebowania energii elektrycznej dla danego budynku wymagane jest podanie danych wejściowych, na które składają się roczne zapotrzebowania na energię E_r [kWh/rok] oraz przyporządkowana dla budynku klasa odbiorcy. Program komputerowy *AnalizatorOZE* określa obciążenie odbiorcy dla losowo wybranych numerów przedziałów czasowych (jednej godziny losowo wybranej z 8760 godzin w ciągu roku). Procedura obliczania godzinowego zapotrzebowania energii elektrycznej w budynku jest powtarzana aż do momentu, gdy wylosowane zostaną wszystkie przedziały godzinowe.

Dla sprawdzenia poprawności zapisu procedur algorytmu w programie *AnalizatorOZE* w zakładce „Zapotrzebowanie na energię – energia elektryczna” charakteryzowano budynek podając dla poszczególnych mieszkań:

- zapotrzebowanie roczne energii;
- klasę odbiorców energii elektrycznej.

Program oblicza roczne, średniogodzinowe oraz maksymalne godzinowe w skali roku zapotrzebowanie na energię elektryczną.



W trakcie przykładowych obliczeń znalezione błędy poprawiano przez kontrolę zapisów w programie w stosunku do zapisów w algorytmach.

3.2. Sprawdzenie poprawności procedur obliczeń dla źródeł energii

Algorytmy obliczeń produkcji ciepła i energii elektrycznej przez poszczególne źródła opracowano w ramach realizacji prac Etapów nr 16 i 17 zadania badawczego nr 3 [3.1], [3.2]. Dla potrzeb przygotowania programu komputerowego algorytmy zostały skorygowane, a następnie uzgodnione z autorami i zespołem programistów. Schematy blokowe i szczegółowe opisy algorytmów dotyczących źródeł ciepła i energii elektrycznej, zastosowanych w programie *AnalizatorOZE*, zamieszczono w dokumentacji, która została opracowana w ramach realizacji prac Etapu nr 18 zadania badawczego nr 3 [3.3].

Program *AnalizatorOZE* umożliwia przeprowadzenie obliczeń dla następujących źródeł ciepła:

- pompa ciepła z gruntowym wymiennikiem ciepła (poziomym lub z sondą głębinową);
- kolektor słoneczny;
- kocioł opalany paliwem konwencjonalnym;
- kocioł opalany biomasą.

oraz dla następujących źródeł energii elektrycznej:

- panel fotowoltaiczny;
- mikrowiatrak (farma mikrowiatraków);
- turbina wodna (mała elektrownia wodna).

Źródłem produkującym ciepło i energię elektryczną w skojarzeniu jest agregat kogeneracyjny opalany biogazem, czy też paliwem konwencjonalnym – ciekłym lub gazowym.

W ramach niniejszej walidacji dokonano sprawdzenia prawidłowości obliczeń poszczególnych procedur programu dotyczących powyższych źródeł ciepła i energii elektrycznej.

W tym celu przygotowano szereg zestawów danych wejściowych w zakresie lokalizacji rozpatrywanych budynków, zużycia ciepła na potrzeby centralnego ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej, zużycia energii elektrycznej oraz charakterystyk instalacji wewnętrznych w budynku z uwzględnieniem ich sprawności.

Wynikami obliczeń są wielkości roczne energii wytworzonej przez źródła z podziałem na kolejne godziny w roku oraz stopień pokrycia zapotrzebowania budynku.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Źródła energii, takie jak kolektor słoneczny i panel fotowoltaiczny wymagają dodatkowo określenia orientacji względem stron świata oraz powierzchni dostępnej pod zabudowę.

Lokalizacja budynku jest punktem wyjścia do określenia danych o nasłonecznieniu i wietrzności. Są one pobierane z bazy danych meteorologicznych zamieszczonej na stronie internetowej Ministerstwa Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej [3.4].

Zgodnie z informacją MTBiGW, zamieszczone na tej stronie pliki zawierające typowe lata meteorologiczne oraz opracowane na ich podstawie statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski zostały przygotowane dla potrzeb obliczeń energetycznych w budownictwie i mogą być wykorzystane w obliczeniach charakterystyk energetycznych budynków / lokali mieszkalnych i sporządzania świadectw ich charakterystyk energetycznych, w audytingu energetycznym oraz w pracach projektowych i symulacjach energetycznych budynków / lokali mieszkalnych wykonywanych zawodowo lub w pracach naukowo-badawczych. Powyższe dane zostały opracowane na podstawie normy EN ISO 15927:4 dla 61 stacji meteorologicznych Polski.

Dla pompy ciepła należy dodatkowo określić wielkość terenu przeznaczoną do zainstalowania poziomego wymiennika ciepła lub sond gruntowych.

Do obliczeń turbin wodnych wymagane jest przygotowanie danych odnośnie cieków wodnych w miejscu zainstalowania urządzeń produkujących energię.

Dla opracowanych testowych zestawów danych wejściowych przeprowadzono obliczenia z wykorzystaniem programu *AnalizatorOZE*. Otrzymane wyniki porównano z wynikami obliczeń przeprowadzonych innymi metodami, zgodnie z założonymi algorytmami. W przypadku prostych algorytmów obliczenia weryfikacyjne przeprowadzono ręcznie, w przypadku bardziej skomplikowanych posłużono się arkuszem kalkulacyjnym (Excel).

Dla niektórych rodzajów źródeł wykorzystano wybrane dostępne programy komputerowe do doboru bądź symulacji pracy urządzeń dla przykładowych budynków i ustalonych rozwiązań. Dotyczy to pomp ciepła, kolektorów słonecznych i paneli fotowoltaicznych.

Szczegółową metodykę i przykładowe wyniki weryfikacji obliczeń przedstawiono w rozdziale 4.3. niniejszego opisu.

Zgłaszanie uwag i charakterystyka błędów w działaniu programu *AnalizatorOZE*, będących wynikami analiz obliczeniowych oraz informacja o wprowadzonych poprawkach w kodach programu, była prowadzona z użyciem programu *Mantis Bug Tracker*.

3.3. Sprawdzenie poprawności procedur obliczeń w zakresie bilansów ciepła, energii elektrycznej i bilansów energii całkowitej

Algorytmy obliczeń bilansowych w zakresie produkcji i zapotrzebowania ciepła oraz energii elektrycznej przez budynki mieszkalne opracowano w ramach realizacji prac Etapu nr 17 zadania badawczego nr 3 [3.1]. Dla potrzeb przygotowania programu komputerowego *AnalizatorOZE* algorytmy zostały skorygowane, a następnie uzgodnione z autorami i zespołem programistów. Schematy blokowe i szczegółowe opisy algorytmów dotyczących bilansów ciepła i energii elektrycznej, zastosowanych w programie *AnalizatorOZE*, zamieszczono w dokumentacji, która została opracowana w ramach realizacji prac Etapu nr 18 zadania badawczego nr 3 [3.3].

Program *Analizator OZE* prowadzi obliczenia dla poniższych źródeł ciepła:

- pompa ciepła z gruntowym wymiennikiem ciepła (GWC poziomy i GWC pionowy);
- kolektor słoneczny;
- kocioł opalany paliwem konwencjonalnym;
- kocioł opalany biomasą.

oraz dla poniższych źródeł wytwarzania energii elektrycznej:

- panel fotowoltaiczny;
- mikrowiatrak (farma mikrowiatraków);
- turbina wodna (mała elektrownia wodna).

Źródłem energii, które produkuje ciepło i energię elektryczną w procesie skojarzonym jest agregat kogeneracyjny opalany biogazem lub konwencjonalnym paliwem ciekłym, bądź gazowym.

Zapotrzebowanie ciepła w budynku obejmuje następujące dziedziny:

- centralne ogrzewanie i wentylacja;
- przygotowanie ciepłej wody użytkowej (c.w.u.).

W ramach zużycia energii elektrycznej pod uwagę brane są następujące potrzeby:

- socjalno- bytowe (sprzęt AGD, oświetlenie itp.);
- zużycie energii przez napędy pomp ciepła (sprężarka);
- zużycie energii przez urządzenia pomocnicze systemów c.o. i c.w.u.;
- opcjonalne zużycie energii przez grzałkę w zasobniku ciepła dla przygotowania c.w.u.;

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



- zużycie energii przez napędy urządzeń klimatyzacyjnych w przypadku chłodzenia pomieszczeń;
- ładowanie samochodu elektrycznego.

W programie komputerowym *AnalizatorOZE* możliwe jest prowadzenie obliczeń bilansowych oddzielnie dla ciepła i energii elektrycznej lub łącznie dla obu postaci energii. Łączne bilansowanie, zwane bilansem energii całkowitej, należy przeprowadzić jeżeli obie dziedziny zużycia są ze sobą powiązane. Sytuacja ta występuje w przypadkach, gdy:

- w układzie występuje agregat kogeneracyjny CHP;
- źródłem ciepła jest pompa ciepła, której napęd zasilany jest energią elektryczną;
- w zasobniku ciepła zainstalowano grzałkę w celu wykorzystania nadwyżek produkcji energii elektrycznej przez OZE do podgrzewania c.w.u.

W obliczeniach uwzględnia się zastosowanie akumulatorów energii elektrycznej i zasobników ciepła współpracujących z instalacją c.o. i c.w.u.

Obliczenia bilansów energii pozwalają na wyznaczenie stopnia pokrycia potrzeb budynku przez jej produkcję w źródłach oraz jej ewentualnych nadwyżek i niedoborów. Umożliwia to ocenę „dopasowania” dobranych urządzeń i instalacji dostarczających ciepło i energię elektryczną do wielkości i zmian zapotrzebowania przez budynek w ciągu roku.

Wartościami obliczanymi w bilansach ciepła i energii elektrycznej są:

- stopień zaspokojenia potrzeb energetycznych;
- suma niewykorzystanych nadwyżek ciepła lub energii elektrycznej;
- suma niedoborów ciepła lub energii elektrycznej;
- wymagana pojemność zasobnika ciepła lub akumulatora energii elektrycznej;
- udział źródeł OZE w pokrywaniu zapotrzebowania energii w budynku;
- emisja CO₂ ze źródeł energii.

Wartościami obliczanymi w zakresie źródła podstawowego są:

- średnioroczny stopień wykorzystania mocy nominalnej źródła;
- roczna produkcja energii;



- stopień zaspokojenia potrzeb energii przez produkcję w źródle;
- ilość godzin pracy źródła w roku.

Wartościami obliczanymi w zakresie źródła szczytowego:

- średnioroczny stopień wykorzystania mocy nominalnej źródła;
- roczna produkcja energii;
- stopień zaspokojenia potrzeb energii przez produkcję w źródle;
- ilość godzin pracy źródła w roku.

W celu sprawdzenia prawidłowości obliczeń poszczególnych procedur programu dotyczących bilansów ciepła i energii elektrycznej przygotowano szereg zestawów danych wejściowych obejmujących lokalizacje rozpatrywanych budynków, zużycia ciepła na potrzeby centralnego ogrzewania, wentylacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej, zużycia energii elektrycznej, a także charakterystyki instalacji wewnętrznych w budynku z uwzględnieniem ich sprawności.

Potrzeby w zakresie centralnego ogrzewania i wentylacji określono na dwa sposoby:

1. poprzez wprowadzenie przez użytkownika programu wielkości zużycia ciepła użytkowego;
2. poprzez podanie roku budowy, na podstawie którego program oblicza wielkość zużycia ciepła użytkowego.

Dla tak zdefiniowanych potrzeb budynków przeanalizowano zastosowanie różnych źródeł ciepła i energii elektrycznej opartych na zasobach OZE lub źródeł konwencjonalnych.

Dla opracowanych testowych zestawów danych wejściowych wykonano obliczenia z wykorzystaniem aplikacji w programie *AnalizatorOZE*. Otrzymane wyniki porównano z wynikami obliczeń przeprowadzonych innymi metodami, zgodnie z założonymi algorytmami. Podobnie jak w przypadku źródeł ciepła lub źródeł energii elektrycznej obliczenia weryfikacyjne przeprowadzono za pomocą arkusza kalkulacyjnego (Excel).

Testowanie procedur obliczeniowych bilansów ciepła i energii elektrycznej przeprowadzono zmieniając parametry źródeł i instalacji wewnętrznych w budynku oraz obserwując odpowiadające im zmiany wyników obliczeń.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Analizowano wpływ zmian produkcji w wybieranych poszczególnych źródłach energii na wyniki bilansu, a w szczególności na stopień pokrycia potrzeb w budynku oraz wielkości nadwyżek lub niedoborów energii.

Obliczenia prowadzono począwszy od prostych bilansów – jeden rodzaj potrzeb, jedno źródło wytwarzające ciepło lub energię elektryczną – do bardziej złożonych, w których występowało kilka rodzajów potrzeb i większa ilość źródeł.

W niektórych przypadkach było możliwe przeprowadzenie podobnych obliczeń bilansowych za pomocą innych dostępnych programy komputerowych, które zostały opracowane do doboru bądź symulacji pracy instalacji OZE, głównie pomp ciepła, kolektorów słonecznych i paneli fotowoltaicznych. Z uwagi na brak możliwości wglądu w algorytmy tych programów porównanie wyników ich obliczeń z obliczeniami prowadzonymi w programie *Analizator OZE* ma charakter orientacyjny.

Dodatkowo w przypadku algorytmów bilansowania możliwe było zaprogramowanie testów jednostkowych (ang. unit tests) weryfikujących poprawność algorytmów. Kody źródłowe testów znajdują się razem z kodami programu w repozytorium SVN.

Szczegółową metodykę i przykładowe wyniki weryfikacji obliczeń i testowania opracowanego programu komputerowego *Analizator OZE* przedstawiono w rozdziale 4.3.

Komunikacja w zakresie zgłaszania uwag i komunikatów o błędach działania programu, wynikających z przeprowadzonych analiz obliczeniowych oraz informacje o wprowadzonych poprawkach w rewizjach programu *Analizator OZE*, była prowadzona z użyciem systemu *Mantis Bug Tracker*.

3.4. Sprawdzenie działania procedur w module obliczeniowym w zakresie funkcji korzyści dla analizowanych rozwiązań

Wybór najkorzystniejszego wariantu realizacji inwestycji z zastosowaniem OZE poprzedza ocena różnych rozwiązań przyjętych do obliczeń zaopatrzenia budynku w energię. Do prognozowania i podjęcia właściwej decyzji dla konkretnego użytkownika służy funkcja korzyści wykorzystywana w analizie wielokryterialnej każdego z wariantów rozwiązań.

Efekt, jaki przynosi odbiorcy konkretna decyzja dla wybranego rozwiązania ocenia się przy pomocy różnych kryteriów. W opracowanym programie komputerowym *Analizator OZE* wspierającym analizy i wybór wariantu rozwiązania, wykorzystano cztery grupy kryteriów mających charakter technicznych, ekonomicznych, ekologicznych i socjologicznych funkcji korzyści.



Kryterium techniczne dla funkcji korzyści oparte jest na uzyskanym stanie energochłonności budynku dla ocenianego rozwiązania jego zaopatrzenia w energię. Ma charakter ilościowy i określane jest zgodnie z wymaganiami przepisów krajowych według Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2006 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku [3.5] oraz wymaganiami normatywnymi [3.7]. Miarą funkcji korzyści w tym zakresie jest udział pokrycia zapotrzebowania energii w budynku przez energię wytworzoną z OZE.

Analiza kryteriów ekonomicznych pozwala ocenić koszty inwestycyjne przyjętego rozwiązania oraz koszty eksploatacyjne w określonej skali czasowej, jakie będzie ponosił użytkownik. Wielkość nakładów inwestycyjnych na instalację zaopatrzenia w energię budynku stanowi koszt instalacji grzewczej, elektrycznej i (lub) chłodniczej w zależności od zakresu wyposażenia budynku. W nakłady inwestycyjne wchodzi koszty instalacji źródła podstawowego i szczytowego, koszty podłączenia do sieci ciepłowniczej oraz do sieci energetycznej, koszty instalacji zasobnika lub akumulatora oraz pozostałe koszty określane każdorazowo przez użytkownika. Również wielkość rocznych kosztów eksploatacyjnych podawana jest przez użytkownika, koszty te obejmują nakłady na paliwo zużywane do pokrycia zapotrzebowania na energię, opłaty za dostawę nośników energii oraz roczne nakłady na obsługę, przeglądy i konserwację instalacji.

Miarą analiz ekonomicznych są następujące wielkości:

- wartość zaktualizowana netto NPV [zł];
- wskaźnik wartości bieżącej netto NPVR [-];
- wskaźnik zyskowności lub opłacalności PI [-];
- wartość prostego okresu zwrotu PP [lata];
- wartość zdyskontowanego okresu zwrotu DPP [lata];
- wewnętrzna stopa zwrotu IRR [%].

Jako kryterium oceny środowiskowej danego wariantu rozwiązania w zintegrowanym programie komputerowym przyjęto wielkość emisji dwutlenku węgla wprowadzanego do powietrza w wyniku spalania paliw dla zaopatrzenia budynku w energię. Natomiast do kryteriów niemierzalnych zaliczono komfort użytkowania oraz bezpieczeństwo zaopatrzenia w energię.

Charakterystykę funkcji korzyści oraz kryteria stosowane do oceny rozwiązań zaopatrzenia budynku w energię opracowano na podstawie dokumentacji z realizacji prac Etapu nr 7 zadania badawczego nr 3 [3.6]. Program komputerowy *AnalizatorOZE* przeprowadza obliczenia

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



na podstawie sekwencji procedur ujętych w algorytmach przedstawionych w dokumentacji, które zostały skorygowane, uzgodnione z autorami i zespołem programistów komputerowych.

W zakresie walidacji sprawdzano zgodność procedur obliczeniowych programu komputerowego *AnalizatorOZE* zapisanych w języku Java z opracowanymi algorytmami.

Poprawność obliczeń według zapisanych procedur kontrolowano poprzez wielokrotne analizy wielu budynków jedno- i wielomieszkaniowych o różnym zakresie potrzeb energetycznych i różnym sposobie ich pokrycia. Do analizy przyjmowano bilanse ciepła, energii elektrycznej lub energii całkowitej (zakładka „*Bilanse energii*”), porównywano i sprawdzano jak zmiana zadanych parametrów wejściowych wpływa na wyniki końcowe obliczeń.

Procedury obliczeniowe sprawdzano w programie *AnalizatorOZE* w zakładce „*Funkcja korzyści*”, charakteryzując parametry funkcji korzyści dla poszczególnych analizowanych bilansów energetycznych budynku. Każdorazowo do analizy w oknie dialogowym „*Edycja funkcji korzyści*” programu wybierano parametry mające wpływ na wybór najkorzystniejszego wariantu realizacji inwestycji:

- wskaźniki ekonomiczne;
- bezpieczeństwo dostaw energii;
- koszt inwestycji;
- koszt eksploatacji;
- komfort użytkownika.

Program komputerowy na podstawie deklarowanych danych w zakładkach: „*Dane budynku*”, „*Zapotrzebowanie na energię*”, „*Źródła energii*”, „*Bilanse energii*” określa każdorazowo emisję CO₂ oraz udział OZE w pokryciu zapotrzebowania na energię. Bezpieczeństwo dostaw energii oraz komfort użytkownika zależą od oceny subiektywnej użytkownika i są przez niego określane procentowo za pomocą suwaków wartości wagi oceny.

Odwzorowanie i zapis właściwej kolejności procedur obliczeniowych algorytmu w zapisie programu komputerowego sprawdzano przeprowadzając przeliczenia poszczególnych sekwencji.

W trakcie analiz obliczeniowych napotkane błędy w programie *AnalizatorOZE* na bieżąco. Komunikacja w zakresie zgłaszania uwag i komunikatów o błędach działania programu, będących wynikami analiz obliczeniowych oraz informacji o wprowadzonych poprawkach, była prowadzona z użyciem systemu *Mantis Bug Tracker*. W rozdziale 4 zestawiono jako wynik przeprowadzonej weryfikacji wykryte błędy w zapisie programu komputerowego oraz opisano szczegółowo wybrane przypadki.

3.5. Sprawdzenie działania procedur w module obliczeniowym w zakresie rankingu analizowanych rozwiązań

Podjęcie właściwej decyzji i wybór najkorzystniejszego z analizowanych rozwiązań przeprowadza się w programie komputerowym *AnalizatorOZE* w zakładce „*Ranking rozwiązań*”. Algorytm według którego zapisano procedury w programie został opracowany w ramach realizacji prac Etapu nr 7 zadania badawczego nr 3 [3.6]. Dla potrzeb przygotowania programu komputerowego schemat algorytmu został skorygowany i uzgodniony z autorami i zespołem programistów. Ranking analizowanych rozwiązań służy do oceny różnych wariantów pokrycia zapotrzebowania budynku w ciepło i energię elektryczną z wykorzystaniem OZE. Danymi wejściowymi do wyznaczenia rankingu rozwiązań są:

- lista bilansów (wariantów rozwiązań) ze zdefiniowanymi przez użytkownika programu kryteriami oceny;
- lista wag przypisanych poszczególnym kryteriom (określana przez użytkownika).

Poprawność obliczeń według zapisanych procedur skontrolowano poprzez wielokrotne analizy wielu budynków jedno i wielorodzinnych o różnym zakresie potrzeb energetycznych i różnym sposobie ich pokrycia. Do analizy przyjmowano bilanse ciepła, bilanse energii elektrycznej lub bilanse energii całkowitej (zakładka „*Bilanse energii*”- ciepło, „*Bilanse energii*”- energia elektryczna, „*Bilanse energii*”- energia całkowita,), które zostały wybrane dla różnych konfiguracji rozwiązań ze źródłami OZE i źródłami konwencjonalnymi. Określano każdorazowo listę bilansów (wariantów rozwiązań) ze zdefiniowanymi przez użytkownika programu kryteriami oceny. Dla wyznaczenia przepływów dominacji poszczególnym kryteriom oceny przyporządkowywano wagi oznaczające ich ważność w analizie. Wagi przypisane kryteriom przyjmują wartości z przedziału 0 – 100 %. Efektem tych działań jest wyznaczenie wartości przepływów dominacji (dominacja wyjścia, dominacja wejścia i dominacja netto) dla każdego z rozwiązań oraz ustalenie rankingu rozwiązań na podstawie przepływów dominacji netto. Wartości dominacji netto informuje o wielkości i charakterze dominacji danego rozwiązania *j-tego* względem pozostałych *n-1* rozwiązań. Dodatnia wartość przepływu dominacji oznacza, że rozwiązanie *j-te* jest w grupie rozwiązań dominujących. Ujemna jego wartość wskazuje, że rozwiązanie *j-te* jest w grupie rozwiązań zdominowanych. Ranking rozwiązań (wariantów bilansów) otrzymuje się porządkując je od największej wartości przepływu dominacji netto do wartości najmniejszej.

W zakresie walidacji programu komputerowego *AnalizatorOZE* sprawdzano prawidłowość odwzorowania i zapisu w programie właściwej kolejności procedur obliczeniowych wobec algorytmów zaimplementowanych w module „*Ranking rozwiązań*”. Wykonano przeliczenia poszczególnych sekwencji dla różnorodnych bilansów energetycznych w budynkach



z zastosowaniem źródeł odnawialnych dla pokrycia zapotrzebowania energii. W tym celu przygotowano szereg zestawów danych wejściowych w zakresie lokalizacji rozpatrywanych budynków, zapotrzebowania ciepła na potrzeby centralnego ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej, zużycia energii elektrycznej oraz uwzględniono rodzaj instalacji wewnętrznych w budynku i ich efektywność energetyczną.

Program *AnalizatorOZE* dokonuje oceny różnych wariantów rozwiązań zaopatrzenia budynku w energię oraz wyświetla wyniki w postaci listy dominacji dla każdego z wariantów (dla wybranych bilansów w rankingu). W trakcie analiz obliczeniowych napotkane błędy w programie poprawiano przez kontrolę ich zapisów w kodach programu w stosunku do zapisów sekwencji w algorytmach. Komunikacja w zakresie zgłaszania uwag i komunikatów o błędach działania programu, będących wynikami analiz obliczeniowych oraz informacji o wprowadzonych poprawkach, była prowadzona z użyciem systemu *Mantis Bug Tracker*. W rozdziale 4.1 przedstawiono wykaz znalezionych błędów w zapisie programu komputerowego, które dla wybranych komunikatów scharakteryzowano w rozdziale 4.2. Szczegółową metodykę i przykładowe wyniki weryfikacji poprawności obliczeń przedstawiono w rozdziale 4.3.

Bibliografia do rozdz. 3:

- [3.1] Opracowanie algorytmów programów komputerowych wykorzystania poszczególnych rodzajów OZE w budownictwie. Raport z realizacji prac Etapu nr 17 zadania badawczego nr 3/ SP/B/3/76/469/10, GIG, Katowice 2011 r.
- [3.2] Opracowanie algorytmu programu komputerowego związanego z mikrokogeneracją oraz mikropoligeneracją z OZE z uwzględnieniem mikrobiogazowni. Raport z realizacji prac Etapu nr 16 zadania badawczego nr 3/ SP/B/3/76/469/10, IEiSU Wydział Elektryczny Politechniki Śląskiej, Gliwice 2012 r.
- [3.3] Opis algorytmów obliczeniowych i systemu komputerowego wspomagającego analizy wykorzystania poszczególnych rodzajów OZE w budownictwie. Raport z realizacji prac Etapu nr 18 zadania badawczego nr 3/ SP/B/3/76/469/10, Instytut Technik Innowacyjnych EMAG, Katowice 2012 r.
- [3.4] Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków, https://www.transport.gov.pl/2-48203f1e24e2f-1787735-p_1.htm, 29.04.2013r.
- [3.5] 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)
- [3.6] Opracowanie modelu użytkownika energii (budynku lub grupy budynków mieszkalnych), uwzględniającego zróżnicowane parametry techniczne, funkcjonalne i ekonomiczne w aspekcie możliwości substytucji konwencjonalnych źródeł energii na OZE. Raport z realizacji prac Etapu nr 7 zadania badawczego nr 3 /SP/B/3/76/469/10, GIG Katowice 2011 r.
- [3.7] PN-EN ISO 13790: Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia. PKN Warszawa 2009 r.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



4. Weryfikacja działania programu komputerowego *AnalizatorOZE*

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie

4.1. Tabela zgłoszonych uwag i błędów z użyciem systemu Mantis Bug Tracker

Program komputerowy *AnalizatorOZE* będący efektem współpracy technologów i informatyków wymagał w trakcie opracowywania, systematycznej komunikacji oraz sygnalizacji zauważonych błędów i nieścisłości w jego działaniu lub edycji.

Sygnalizacja usterek, wyjaśnienia oraz komunikacja między autorami była prowadzona z użyciem systemu *Mantis Bug Tracker*. W trakcie analizy poprawności obliczeń zgłaszane i przekazywane uwagi dotyczyły wykrytych błędów i braków oraz nieścisłości w kodowaniu algorytmów obliczeniowych do programu. System *Mantis Bug Tracker* pozwala na dwustronną komunikację oraz przekazuje informacje o usuwanych błędach, proponowanych i wprowadzonych poprawkach oraz zmianach edycyjnych.

Po zalogowaniu użytkownika, każdorazowo zgłaszane uwagi uzyskują kolejny numer identyfikacyjny ze statusem *nowy* i w zależności od sposobu i stanu realizacji zgłoszenia mogą mieć status: *zwrócony*, *uznany*, *potwierdzony*, *przypisany*, *rozwiązany* i *zamknięty*. Moduł *Mój widok* w oknie systemu *Mantis Bug Tracker* pozwala na dokładne śledzenie stopnia realizacji zgłoszenia i wprowadzanie ewentualnych komentarzy lub wyjaśnień. Po usunięciu usterki i wprowadzeniu poprawki w kodach wewnętrznych programu można zgłoszenie zamknąć i w takim przypadku zgłoszenie przechodzi w status *zamknięty*.

W trakcie walidacji programu *AnalizatorOZE* sprawdzano procedury poprawności przełożenia algorytmów i kontrolowano wyniki obliczeniowe w modułach „*Dane budynku*”, „*Zapotrzebowanie na energię*”, „*Źródła energii*”, „*Bilanse energii*”, „*Funkcja korzyści*”, „*Ranking rozwiązań*”. Poprzez system *Mantis Bug Tracker* zgłoszono 484 uwagi. Poprawki miały różnorodny charakter i wagę problemu. Dotyczyły błędów obliczeniowych, błędów w zakresie zgodności z zapisami w algorytmach, usterek edycyjnych lub błędów ortograficznych. Odnosiły się również do interfejsu w zakresie grafiki i zawartości programu.

Struktura i procentowa ilość zgłaszanych uwag w poszczególnych modułach obliczeniowych programu *AnalizatorOZE* przedstawia się następująco:

- moduł obliczeniowy „*Dane budynku*”- 1,8% ,
- moduł obliczeniowy „*Zapotrzebowanie na energię*”-16,3%,
- moduł obliczeniowy „*Źródła energii*” -36,2%,
- moduł obliczeniowy „*Bilanse energii*”- 13%,
- moduł obliczeniowy „*Funkcja korzyści*”- 8,6%
- moduł obliczeniowy „*Ranking rozwiązań*”- 3,3%.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Pozostałe błędy i uwagi dotyczyły spraw ogólnych w architekturze programu, formacie edycji oraz raportowaniu danych wejściowych i wyników obliczeń.

Zgłoszone i przekazane uwagi po ich analizie, wyjaśnieniach i ewentualnych uzgodnieniach były wprowadzane w kodach źródłowych programu *AnalizatorOZE* w kolejnych wersjach jego opracowania. W załączniku nr 1 przedstawiono listę komunikatów zgłoszonych w systemie *Mantis Bug Tracker*. W tabeli podano m.in. numer kolejny zgłoszenia, jego kod (numer identyfikacyjny), datę zgłoszenia i datę aktualizacji programu, wersję programu, której dotyczy zgłoszona uwaga oraz temat.

W dalszej części dokumentacji opisano wybrane przypadki zgłoszonych błędów, opisy ich weryfikacji i sposobów naprawy oraz modyfikacji zapisów w programie dla utworzenia kolejnej jego wersji po przeprowadzonej rewizji.

4.2. Opis wybranych przykładowo uwag lub błędów i sposób ich weryfikacji w modułach obliczeniowych programu *AnalizatorOZE*

W załączniku nr 1 przedstawiono pełną listę komunikatów zgłoszonych w systemie *Mantis Bug Tracker* w trakcie walidacji opracowywanego systemu. Z całego zestawu wybrano przykładowo wskazane do weryfikacji błędy i przedstawiono w formie skopiowanych stron systemu *Mantis Bug Tracker*. Przykładowe komunikaty pogrupowano tematycznie zgodnie z tytułami modułów obliczeniowych w programie komputerowym *AnalizatorOZE*.

Na rysunku nr 4.2.1. przedstawiono przykładową informację o błędzie przekazaną do zespołu programistów dotyczącą modułu *Dane budynku*. Uwagi dotyczyły lokalizacji geograficznej analizowanego budynku. Pierwotnie w programie nie było możliwości dokładnego określenia położenia geograficznego miejscowości w której znajdował się rozpatrywany budynek, nie podano wymiarów długości i szerokości geograficznej oraz dokładności jednostek. Po przekazaniu problemu jak na rysunku 4.2.1. te uwagi uwzględniono w kolejnej rewizji programu.



The screenshot shows the Mantis Bug Tracker interface. At the top, there is a navigation bar with links: Główna | Mój widok | Zobacz | Dodaj | Lista zmian | Plan pracy | Moje konto | Wyloguj. The user is logged in as 'jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający)' on '2013-07-04 10:41 CEST'. The main content area displays a bug report for ID '0002808'. The report details include: Projekt: OZE, Kategoria: oprogramowanie, Widoczność: publiczny, Data zgłoszenia: 2012-07-20 13:14, Data modyfikacji: 2012-08-29 19:44. The reporter is 'jzaworowa' and the assignee is 'lbownik'. The priority is 'normalny', the severity is 'drobny', and the status is 'zamknięty'. The solution is 'poprawiony'. The platform is 'System operacyjny' and the version is 'Wersja systemu'. The description of the bug is: '1. W zakładce Dane budynku (edycyjne) brak możliwości dokładniejszego określenia szerokości i długości geograficznej (w minutach); w jakiej formie je zapisać? 2. W zakładce Dane budynku (wyświetlane dane) brak wymiarów - stopnie i minuty.' The bug is marked as 'Brak powiązanych tagów'. At the bottom, there are buttons for 'Zmień status na: zwrócony', 'Obsługuj', and 'Otwórz ponownie'.

Rys. 4.2.1. Komunikat o błędzie w module *Dane budynku*

Rysunek 4.2.2. jest przykładowym obrazem informacji dla programistów dotyczącej problemów przy określaniu zapotrzebowania na ciepło w zakresie ogrzewania i wentylacji w module *Zapotrzebowanie na energię*. Zdecydowano o wprowadzeniu zmiany określenia współczynnika nagrzewania zgodnie z normą PN-EN ISO 13790 we wszystkich miejscach jego występowania. W edycji pomieszczeń, przy określaniu parametrów pomieszczeń umieszczono podpowiedź wartości współczynników nagrzewania zgodnie z normą. W edycji pomieszczeń zaproponowano ich przedstawienie w formie tabelarycznej. Wielkość całkowitego obciążenia cieplnego analizowanego budynku jest wprowadzana przez użytkownika. W edycji wyników, w jednym z przeprowadzonych obliczeń, nie było zgodności wartości obliczonego maksymalnego godzinowego zapotrzebowania na energię z wartością maksymalną godzinowego zapotrzebowania na energię przedstawioną w danych wektora rocznego. Powyższe uwagi uwzględniono i poprawiono w kolejnej rewizji programu.

Przy określaniu parametrów wejściowych do obliczania zapotrzebowania energii dla potrzeb przygotowania ciepłej wody użytkowej nie było możliwości automatycznego wprowadzania danych sprawności akumulacji i dystrybucji instalacji c.w.u. (przez rozwinięcie tabeli z podpowiedziami ich wartości). Komunikat z takim problemem przedstawia rys. 4.2.3. Po przesłaniu komentarza w systemie *Mantis Bug Tracker* problem został rozwiązany i poprawiony w kolejnej rewizji programu *AnalizatorOZE*.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



mantis
BUG TRACKER

Zalogowano jako: jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający) 2013-07-04 11:20 CEST

[Główna](#) | [Mój widok](#) | [Zobacz](#) | [Dodaj](#) | [Lista zmian](#) | [Plan pracy](#) | [Moje konto](#) | [Wyloguj](#) Numer zgłoszeń

Niedawno odwiedzone: [0002954](#), [0002951](#), [0002954](#), [0002953](#), [0002951](#)

Wyświetl szczegóły problemu [[Przejdź do komentarzy](#)] [<<] [>>] [[Historia zgłoszenia](#)] [[Drukuj](#)]

Identyfikator	Projekt	Kategoria	Widoczność	Data zgłoszenia	Data modyfikacji
0002955	OZE	oprogramowanie	publiczny	2012-08-28 09:18	2012-08-29 21:07
Zgłaszający	jzaworowa				
Przypisany do	lbownik				
Priorytet	normalny	Ważność	poprawka	Powtarzalność	nie próbowano
Status	zamknięty	Rozwiązanie	poprawiony		
Platforma		System operacyjny		Wersja systemu	OZE 187
Temat	0002955: Zapotrzebowanie energii do ogrzewania				
Opis	1. Przy wywołaniu pomieszczenia ogrzewanego należy poprawić nazwę: współczynnik grzania na współczynnik nagrzewania; gdzie umieszczono tabelę z podpowiedzią wartości tego współczynnika? 2. W oknie Pomieszczenie proponujemy dla przejrzystości, numerację kolejnych pomieszczeń oraz wyświetlanie danych w formie tabeli. 3. Wyświetlana wartość maksymalnego godzinowego zapotrzebowania na energię jest nieprawidłowa wobec danych z wektora rocznego (w analizowanym przykładzie wyświetla się 2208 kWh; w wektorze rocznym maksymalna wartość to 8,12 kWh. 4. We wszystkich miejscach występowania należy poprawić nazwę: współczynnik grzania na współczynnik nagrzewania. 5. Gdzie pokazano obliczenie całkowitej mocy budynku kW				
Znaczniki	Brak powiązanych tagów.				
Powiąz tagi	(Rozdziel używając „,”) <input type="text"/> <input type="button" value="Istniejące tagi"/> <input type="button" value="Powiąż"/>				

Rys. 4.2.2. Komunikat o błędzie w module *Zapotrzebowanie na energię* w zakładce *Ogrzewanie*

mantis
BUG TRACKER

Zalogowano jako: jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający) 2013-07-04 11:23 CEST

[Główna](#) | [Mój widok](#) | [Zobacz](#) | [Dodaj](#) | [Lista zmian](#) | [Plan pracy](#) | [Moje konto](#) | [Wyloguj](#) Numer zgłoszeń

Niedawno odwiedzone: [0002955](#), [0002954](#), [0002951](#), [0002954](#), [0002954](#)

Wyświetl szczegóły problemu [[Przejdź do komentarzy](#)] [<<] [>>] [[Historia zgłoszenia](#)] [[Drukuj](#)]

Identyfikator	Projekt	Kategoria	Widoczność	Data zgłoszenia	Data modyfikacji
0002951	OZE	oprogramowanie	publiczny	2012-08-28 09:03	2012-09-13 09:07
Zgłaszający	achomiak				
Przypisany do	lbownik				
Priorytet	normalny	Ważność	poprawka	Powtarzalność	nie próbowano
Status	zamknięty	Rozwiązanie	poprawiony		
Platforma		System operacyjny		Wersja systemu	OZE wersja187
Temat	0002951: w dziedzinie CWU				
Opis	nieaktywny wybór sprawności instalacji cwu * sprawność akumulacji * sprawność dystrybucji				
Znaczniki	Brak powiązanych tagów.				
Powiąz tagi	(Rozdziel używając „,”) <input type="text"/> <input type="button" value="Istniejące tagi"/> <input type="button" value="Powiąż"/>				
Dołączone pliki					
<input type="button" value="Zmień status na:"/>	zwrócony <input type="button" value="Obsługuj"/>				

Rys. 4.2.3. Komunikat o błędzie w module *Zapotrzebowanie na energię* w zakładce *C.W.U.*

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Na rysunku 4.2.4. przedstawiono przesłany komunikat o korekcie opisów w tabelce edycyjnej wartości obliczonych dla modułu *Zapotrzebowanie na energię* w zakładce *Energia elektryczna*. Po uzgodnieniu z programistami w nowej rewizji programu dokonano proponowanej zamiany. Poprzednie opisy w programie *AnalizatorOZE* zostały zastąpione wskazanymi zmianami, które stosowane są również w opisowej części dokumentacji z realizacji prac Etapu nr 19 (tekst sprawozdania, Manual i określenia parametrów w algorytmach obliczeniowych).

Zalogowano jako: jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający) 2013-07-04 11:36 CEST

[Główna](#) | [Mój widok](#) | [Zobacz](#) | [Dodaj](#) | [Lista zmian](#) | [Plan pracy](#) | [Moje konto](#) | [Wyloguj](#) Numer zgłoszeń: Skocz do:

Niedawno odwiedzone: [0002050](#), [0002046](#), [0002030](#), [0002041](#), [0002708](#)

Wyświetl szczegóły problemu [[Przejdź do komentarzy](#)] [<<] [>>] [[Historia zgłoszenia](#)] [[Drukuj](#)]

Identyfikator	Projekt	Kategoria	Widoczność	Data zgłoszenia	Data modyfikacji
0002954	OZE	oprogramowanie	publiczny	2012-08-28 09:18	2012-09-13 09:12
Zgłaszający	achomiak				
Przypisany do	lbownik				
Priorytet	normalny	Ważność	poprawka	Powtarzalność	nie próbowano
Status	zamknięty	Rozwiązanie	poprawiony		
Platforma		System operacyjny		Wersja systemu	OZE wersja187
Temat	0002954: w dziedzinie "elektryczność"				
Opis	1. W oknie edycji wyników jest zły opis "zapotrzebowanie na energię elektryczną", powinno być "zapotrzebowanie roczne na energię elektryczną" 2. w opisie "parametry energii" lepiej zapisać: "zapotrzebowanie na energię elektryczną średniogodzinowe w skali roku" oraz "zapotrzebowanie na energię elektryczną maksymalne godzinowe w skali roku" Dla obu parametrów wymiar jest [kWh].				
Znaczniki	Brak powiązanych tagów.				

Rys. 4.2.4. Komunikat o błędzie w module *Zapotrzebowanie na energię* w zakładce *Energia elektryczna*

Poniższy rysunek 4.2.5. informuje o propozycji zmiany w działaniu programu *AnalizatorOZE* w module *Zapotrzebowanie na energię* w zakładce *Chłodzenie*. Pierwotnie w tabeli edycyjnej parametrów wejściowych dodatkowe pomieszczenie wprowadzano przez podwójne kliknięcie znaku "+". Najpierw wyświetlał się pasek z danymi zerowymi, a następnie okno deklaracyjne charakteryzujące pomieszczenie. Obecnie (na skutek wprowadzenia zmiany) przez kliknięcie znaku "+" wyświetla się bezpośrednio okno do wprowadzenia danych pomieszczeń w analizowanym budynku.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Zalogowano jako: jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający) 2013-07-18 08:57 CEST

Niedawno odwiedzono: 0003418, 0003403, 0003201, 0003200, 0003286

Wyświetl szczegóły problemu [[Przejdź do komentarzy](#)] [<<] [>>] [[Historia zgłoszenia](#)] [[Drukuj](#)]

Identyfikator	Projekt	Kategoria	Widoczność	Data zgłoszenia	Data modyfikacji
0002969	OZE	oprogramowanie	publiczny	2012-08-29 19:46	2012-11-08 11:34

Zgłaszający jzaworowa

Przypisany do użytkownik45

Priorytet normalny **Ważność** ważny **Powtarzalność** zawsze

Status zamknięty **Rozwiązanie** poprawiony

Platforma **System operacyjny** **Wersja systemu**

Temat 0002969: Zapotrzebowanie energii do chłodzenia + dodawanie pomieszczenia

Opis Przy naciśnięciu "+" wyświetla się pasek z danymi zerowymi, a dopiero potem przez podwójne kliknięcie otwiera się okno deklaracyjne. Proponujemy uproszczenie: przez dodanie znaku + otwiera się okno deklaracyjne.

Znaczniki Brak powiązanych tagów.

Powiąz tagi (Rozdziel używając „,”) **Istniejące tagi** **Powiąz**

Dołączone pliki

Zmień status na:

Rys. 4.2.5. Komunikat o błędzie w module *Zapotrzebowanie na energię* w zakładce *Chłodzenie*

Poniżej na kolejnych rysunkach przedstawiono komunikaty przekazywane do programistów dotyczące błędów i usterek w poszczególnych zakładkach w module *Źródła energii*.

Rysunek 4.2.6. przedstawia informację dla programistów dotyczącą pompy ciepła. Dobrana pompa ciepła z poziomym lub pionowym gruntowym wymiennikiem ciepła w zależności od wielkości działki gruntu produkuje ciepło dla pokrycia potrzeb budynku. Zgodnie z algorytmem obliczeniowym jej produkcja powinna pokrywać zapotrzebowanie energii dla ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Po uwzględnieniu zgłoszonej poprawki aktualnie procentowe pokrycie tych potrzeb przez analizowaną pompę ciepła uwzględnione jest w edycji wartości obliczonych w zakładce *Pompa ciepła*.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

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

Zalogowano jako: jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający) 2013-07-09 10:11 CEST

Główna | Mój widok | Zobacz | Dodaj | Lista zmian | Plan pracy | Moje konto | Wyloguj

Niedawno odwiedzone: 0002707, 0003505, 0003504, 0003387, 0003004

Wyświetl szczegóły problemu [Przejdź do komentarzy] [<<] [>>] [Historia zgłoszenia] [Drukuj]

Identyfikator	Projekt	Kategoria	Widoczność	Data zgłoszenia	Data modyfikacji
0003708	OZE	oprogramowanie	publiczny	2013-02-26 10:50	2013-02-28 11:25

Zgłaszający: akawa
Przypisany do: lbownik
Priorytet: normalny
Ważność: propozycja
Powtarzalność: nie próbowano
Status: zamknięty
Rozwiązanie: poprawiony
Platforma: oze
System operacyjny:
Wersja systemu:
Temat: 0003708: pompa ciepła - wyniki - suma produkowanego ciepła
Opis: Źródła energii - pompa ciepła - w wynikach obliczeń dodać wielkość produkcji ciepła jako sumę produkcji na cele co i cwu
Znaczniki: Brak powiązanych tagów.
Powiąż tagi: (Rozdziel używając „,”) Istniejące tagi
Dołączone pliki:
Zmień status na:

Rys. 4.2.6. Komunikat o błędzie w module Źródła energii w zakładce Pompa ciepła

Rysunek 4.2.7. przedstawia informację dla programistów dotyczącą pompy ciepła. Dla pomp ciepła z wymiennikami poziomymi i pionowymi nie można było wyeksportować wektora godzinowego zapotrzebowania energii elektrycznej sprężarki w obiegu pompy ciepła. Uwagę uwzględniono i w następnej rewizji programu dokonano poprawki, wprowadzając odpowiedni przycisk do edycji wielkości obliczonych tego parametru.

Zalogowano jako: jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający) 2013-07-09 10:27 CEST

Główna | Mój widok | Zobacz | Dodaj | Lista zmian | Plan pracy | Moje konto | Wyloguj

Niedawno odwiedzone: 0003389, 0003388, 0003387, 0003386, 0003147

Wyświetl szczegóły problemu [Przejdź do komentarzy] [<<] [>>] [Historia zgłoszenia] [Drukuj]

Identyfikator	Projekt	Kategoria	Widoczność	Data zgłoszenia	Data modyfikacji
0003386	OZE	oprogramowanie	publiczny	2012-11-07 11:36	2012-11-21 13:48

Zgłaszający: achomiak
Przypisany do: lbownik
Priorytet: normalny
Ważność: poprawka
Powtarzalność: nie próbowano
Status: zamknięty
Rozwiązanie: poprawiony
Platforma:
System operacyjny:
Wersja systemu:
Temat: 0003386: Źródła energii/pompa ciepła PC
Opis: brak klawisza eksportu wektora zapotrzebowania energii elektrycznej do napędu PC (dla obu typów GWK)
Znaczniki: Brak powiązanych tagów.
Powiąż tagi: (Rozdziel używając „,”) Istniejące tagi
Dołączone pliki:
Zmień status na:

Rys. 4.2.7. Komunikat o błędzie w module Źródła energii w zakładce Pompa ciepła

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Przykładem komunikatu o błędnych obliczeniach w walidowanym programie *AnalizatorOZE* jest komunikat przedstawiony na rysunku 4.2.8. W jednym z przykładowych obliczeń sprawdzaniu działania programu stwierdzono błąd w obliczeniach w wielkości procentowego pokrycia zapotrzebowania na c.w.u. Bez względu na wielkość powierzchni kolektora słonecznego procent pokrycia potrzeb na c.w.u. wynosił zawsze 100%. Uwzględniono zgłoszenie i błąd poprawiono w kolejnej rewizji programu.

Zalogowano jako: jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający) 2013-07-09 10:56 CEST

Główna | Mój widok | Zobacz | Dodaj | Lista zmian | Plan pracy | Moje konto | Wyloguj

Numer zgłoszeń Skocz do

Niedawno odwiedzone: 0003757, 0003678, 0003508, 0003464, 0003166

Wyświetl szczegóły problemu [Przejdź do komentarzy] [<<] [>>] [Historia zgłoszenia] [Drukuj]

Identyfikator	Projekt	Kategoria	Widoczność	Data zgłoszenia	Data modyfikacji
0003473	OZE	oprogramowanie	publiczny	2012-11-26 13:02	2012-12-13 10:48

Zgłaszający: akawa
Przypisany do: lbownik
Priorytet: normalny
Ważność: ważny
Powtarzalność: zawsze
Status: zamknięty
Rozwiązanie: nie do powtórzenia
Platforma: oze
System operacyjny
Wersja systemu

Temat: 0003473: kolektor słoneczny - wielkość pokrycia potrzeb
Opis: źródła energii - kolektor słoneczny
procent pokrycia zapotrzebowania na cwu jest stale równy 100% niezależnie jak małą powierzchnię się zadeklaruje np. 0,003 m2
Znaczniki: Brak powiązanych tagów.
Powiąż tagi: (Rozdziel używając „,“)

Dołączone pliki

Zmień status na: zwrócony Obserwuj

Rys. 4.2.8. Komunikat o błędzie w module *Źródła energii* w zakładce *Kolektor słoneczny*

Przy walidacji programu *AnalizatorOZE* w zakresie obliczeń energii wytwarzanej w kotle na biomasę znaleziono następujące błędy: bez względu na rodzaj zastosowanej biomasy nie zmieniały się obliczone wartości rocznej i godzinowej produkcji ciepła, niewłaściwe określano procentową wartość zaspokojenia potrzeb. Po przekazaniu komunikatu jak na rysunku 4.2.9. błędy poprawiono w kolejnej rewizji programu.



Zadanie badawcze nr 3:

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

Zalogowano jako: jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający) 2013-07-09 11:08 CEST

Główna | Mój widok | Zobacz | Dodaj | Lista zmian | Plan pracy | Moje konto | Wyloguj

Numer zgłoszeń [Skocz do]

Niedawno odwiedzone: 0003144, 0003145, 0003143, 0003142, 0003141

Wyświetl szczegóły problemu [Przejdź do komentarzy] [<<] [>>] [Historia zgłoszenia] [Drukuj]

Identyfikator	Projekt	Kategoria	Widoczność	Data zgłoszenia	Data modyfikacji
0003157	OZE	oprogramowanie	publiczny	2012-09-24 09:52	2012-11-08 10:29

Zgłaszający jzaworowa
Przypisany do lbownik
Priorytet normalny **Ważność** ważny **Powtarzalność** zawsze
Status zamknięty **Rozwiązanie** poprawiony
Platforma - **System operacyjny** - **Wersja systemu** oze269

Temat 0003157: Źródła energii
Opis Kocioł na biomasę; bez względu na rodzaj zastosowanego paliwa w kotle nie zmieniają się wynikiowe wartości rocznej i godzinowej produkcji energii cieplnej. Błędna jest procentowa wartość zaspokojenia potrzeb. Poprawić literówkę "zaspokojenia"
Znaczniki Brak powiązanych tagów.
Powiąz tagi (Rozdziel używając „,”) [Istniejące tagi] [Powiąż]

Dołączone pliki

Zmień status na: [zwrócony] [Obserwuj] [Otwórz ponownie]

Rys. 4.2.9. Komunikat o błędzie w module *Źródła energii* w zakładce *Kocioł na biomasę*

Na poniższym rysunku nr 4.2.10. pokazano przekazany komunikat o poprawieniu listy rodzaju paliwa do kotła konwencjonalnego. Zalecono usunięcie węgla brunatnego jako paliwa z uwagi na sporadyczne przypadki jego wykorzystania w kotłowniach wbudowanych i wprowadzenie jako paliwa gazu ziemnego GZ-50 o przyjętej średniej jego wartości opałowej. Uwagę uwzględniono w następnej rewizji programu.

Zalogowano jako: jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający) 2013-07-12 10:46 CEST

Główna | Mój widok | Zobacz | Dodaj | Lista zmian | Plan pracy | Moje konto | Wyloguj

Numer zgłoszeń [Skocz do]

Niedawno odwiedzone: 0003396, 0003395, 0003394, 0003393

Wyświetl szczegóły problemu [Przejdź do komentarzy] [<<] [>>] [Historia zgłoszenia] [Drukuj]

Identyfikator	Projekt	Kategoria	Widoczność	Data zgłoszenia	Data modyfikacji
0003394	OZE	oprogramowanie	publiczny	2012-11-07 11:56	2012-11-21 14:00

Zgłaszający achomiak
Przypisany do lbownik
Priorytet normalny **Ważność** ważny **Powtarzalność** nie próbowano
Status zamknięty **Rozwiązanie** poprawiony
Platforma - **System operacyjny** - **Wersja systemu** -

Temat 0003394: Źródła energii/Kocioł konwencjonalny
Opis w typie paliwa dodać "gaz ziemny GZ-50" za "węgiel brunatny" > do obliczeń ilości gazu wartość opałowa Wd = 34,43 MJ/m³ = 9,564 kWh/m³
Znaczniki Brak powiązanych tagów.
Powiąz tagi (Rozdziel używając „,”) [Istniejące tagi] [Powiąż]

Dołączone pliki

Zmień status na: [zwrócony] [Obserwuj]

Rys. 4.2.10. Komunikat o błędzie w module *Źródła energii* w zakładce *Kocioł konwencjonalny*

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Rysunek 4.2.11. obrazuje przykładowe uwagi do zakładki *Agregat kogeneracyjny* w module *Źródła energii*. Poprzednie opisy w edycji wartości obliczonych dla produkcji i zapotrzebowania energii cieplnej poprawiono zgodnie ze stosowaną terminologią. Opisy zostały wprowadzone w kolejnej rewizji i aktualnie wyświetlane są w formie proponowanej jako średnia godzinowa produkcja ciepła i zaspokojenie zapotrzebowania na ciepło.

Zalogowano jako: jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający) 2013-07-12 11:05 CEST

Główna | Mój widok | Zobacz | Dodaj | Lista zmian | Plan pracy | Moje konto | Wyloguj

Niedawno odwiedzone: 0003399, 0003398, 0003776, 0003775, 0003649

Wyświetl szczegóły problemu [[Przejdź do komentarzy](#)] [<<] [>>] [[Historia zgłoszenia](#)] [[Drukuj](#)]

Identyfikator	Projekt	Kategoria	Widoczność	Data zgłoszenia	Data modyfikacji
0003400	OZE	oprogramowanie	publiczny	2012-11-07 12:27	2012-11-21 14:08

Zgłaszający: achomiak
 Przypisany do: lbownik

Priorytet: normalny Ważność: poprawka Powtarzalność: nie próbowano
 Status: zamknięty Rozwiązanie: poprawiony

Platforma: System operacyjny: Wersja systemu:

Temat: 0003400: Źródła energii/ Agregat kogeneracyjny CHP
 Opis: Zmienić opisy w wyświetlanych wynikach>>
 "średnia godzinowa produkcja ciepła"
 "zaspokojenie zapotrzebowania na ciepło"

Znaczniki: Brak powiązanych tagów.
 Powiąż tagi: (Rozdziel używając „,”) Istniejące tagi

Dołączone pliki

Zmień status na:

Rys. 4.2.11. Komunikat o błędzie w module *Źródła energii* w zakładce *Agregat kogeneracyjny*

Przedstawiony na rysunku 4.2.11. komunikat z zaleceniami do opisów w oknie deklaracji danych wejściowych został wprowadzony w kolejnej rewizji programu. Komunikat ten dotyczy uszczegółowienia i zmiany treści opisu w danych do obliczeń produkcji energii elektrycznej panelu fotowoltaicznego.



Zadanie badawcze nr 3:

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

Zalogowano jako: jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający) 2013-07-18 10:47 CEST

Główna | Mój widok | Zobacz | Dodaj | Lista zmian | Plan pracy | Moje konto | Wyloguj

Niedawno odwiedzone: 0003082, 0003083, 0003081, 0003080, 0003052

Wyświetl szczegóły problemu [[Przejdź do komentarzy](#)] [<<] [>>] [[Historia zgłoszenia](#)] [[Drukuj](#)]

Identyfikator	Projekt	Kategoria	Widoczność	Data zgłoszenia	Data modyfikacji
0003081	OZE	oprogramowanie	publiczny	2012-09-19 14:57	2012-11-07 09:55

Zgłaszający: achomiak
Przypisany do: lbownik
Priorytet: normalny
Ważność: poprawka
Powtarzalność: nie próbowano
Status: zamknięty
Rozwiązanie: poprawiony
Platforma: System operacyjny
Wersja systemu:

Temat: 0003081: Źródła energii/Panel fotowoltaiczny

Opis: 1. Parametr "kąt" lepiej zapisać > "kąt ustawienia panela"
2. Parametr "metry dachu dostępne pod kolektory" lepiej zapisać > "powierzchnia dachu dostępna pod panele [m2]"

Znaczniki: Brak powiązanych tagów.

Powiąz tagi: (Rozdziel używając „,”) Istniejące tagi

Dołączone pliki

Zmień status na:

Rys. 4.2.12. Komunikat o błędzie w module Źródła energii w zakładce Panel fotowoltaiczny

Rysunek 4.2.13. przedstawia informację dla programistów odnoszącą się do mikrowiatraka w module Źródła energii. W oknie wartości obliczonych zaproponowano umieszczenie i wyświetlenie dodatkowo czasu pracy mikrowiatraka oraz średnią prędkość wiatru dla danej lokalizacji mikrowiatraka. Proponowane wyniki obliczeń zostały ujęte w aktualnej wersji programu *AnalizatorOZE* i są wyświetlane w edycji wartości obliczonych.

Zalogowano jako: jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający) 2013-07-12 11:33 CEST

Główna | Mój widok | Zobacz | Dodaj | Lista zmian | Plan pracy | Moje konto | Wyloguj

Niedawno odwiedzone: 0003123, 0003122, 0003121, 0003124, 0003113

Wyświetl szczegóły problemu [[Przejdź do komentarzy](#)] [<<] [>>] [[Historia zgłoszenia](#)] [[Drukuj](#)]

Identyfikator	Projekt	Kategoria	Widoczność	Data zgłoszenia	Data modyfikacji
0003605	OZE	oprogramowanie	publiczny	2013-01-14 10:44	2013-02-19 11:29

Zgłaszający: jzaworowa
Przypisany do: lbownik
Priorytet: normalny
Ważność: propozycja
Powtarzalność: zawsze
Status: zamknięty
Rozwiązanie: poprawiony
Platforma: System operacyjny
Wersja systemu: 520

Temat: 0003605: Źródła energii - wiatrak

Opis: Wyświetlić w edycji danych obliczeniowych:
- % czasu działania wiatraka,
- średnią prędkość wiatru dla terenu lokalizacji danego, analizowanego wiatraka

Znaczniki: Brak powiązanych tagów.

Powiąz tagi: (Rozdziel używając „,”) Istniejące tagi

Dołączone pliki

Zmień status na:

Rys. 4.2.13. Komunikat o błędzie w module Źródła energii w zakładce Mikrowiatrak

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Kolejny przykładowy komunikat dotyczy błędów obliczeniowych w module *Źródła energii* w zakładce *Turbina wodna*. Na rysunku 4.2.14. zalecono uzupełnienie danych dla określenia rocznej produkcji energii elektrycznej wg metody Poncelet'a. Uzupełnienie polega na wprowadzeniu dodatkowo informacji o powierzchni zlewni (dorzecza), długości zlewni i szerokości przelewu. Dopiero tak sformułowane dane wejściowe pozwalają na pełne obliczenia produkcji energii elektrycznej w małej turbinie wodnej. Przedstawione braki uzupełniono w następnej rewizji programu *AnalizatorOZE*.

Zalogowano jako: jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający) 2013-07-12 11:45 CEST

Niedawno odwiedzone: 0003119, 0003154, 0003118, 0003117, 0003116

Wyświetl szczegóły problemu [[Przejdź do komentarzy](#)] [<<] [>>] [[Historia zgłoszenia](#)] [[Drukuj](#)]

Identyfikator	Projekt	Kategoria	Widoczność	Data zgłoszenia	Data modyfikacji
0003174	OZE	oprogramowanie	publiczny	2012-09-25 10:01	2012-11-08 12:56
Zgłaszający	jzaworowa				
Przypisany do	lbownik				
Priorytet	normalny	Ważność	poprawka	Powtarzalność	zawsze
Status	zamknięty	Rozwiązanie	poprawiony		
Platforma	-	System operacyjny	-	Wersja systemu	oze269
Temat	0003174: Źródła energii - turbina wodna				
Opis	metoda przelewu Ponceleta, uzupełnić dane o średnią szerokość koryta, opisać szczegółowo roczne wysokości h i p				
Znaczniki	Brak powiązanych tagów.				
Powiąz tagi	(Rozdziel używając „,”) <input type="text"/> [Istniejące tagi] [Powiąż]				
Dołączone pliki					

Zmień status na: [zwrócony] [Obserwuj] [Otwórz ponownie]

Rys. 4.2.14. Komunikat o błędzie w module *Źródła energii* w zakładce *Turbina wodna*

Przy walidacji programu *AnalizatorOZE* w module *Źródła energii* w zakładce *Mikrobiogazownia* znaleziono błędy, które zilustrowano na rys. 4.2.15.



Zalogowano jako: jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający) 2013-07-12 11:48 CEST

[Główna](#) | [Mój widok](#) | [Zobacz](#) | [Dodaj](#) | [Lista zmian](#) | [Plan pracy](#) | [Moje konto](#) | [Wyluguj](#) Numer zgłoszeń Skocz do

Niedawno odwiedzone: [0003126](#), [0003174](#), [0003110](#), [0003151](#), [0003118](#)

Wyświetl szczegóły problemu [[Przejdź do komentarzy](#)] [<<] [>>] [[Historia zgłoszenia](#)] [[Drukuj](#)]

Identyfikator	Projekt	Kategoria	Widoczność	Data zgłoszenia	Data modyfikacji
0003130	OZE	oprogramowanie	publiczny	2012-09-21 16:24	2012-11-26 08:43
Zgłaszający	akawa				
Przypisany do	lbownik				
Priorytet	normalny	Ważność	ważny	Powtarzalność	zawsze
Status	zamknięty	Rozwiązanie	poprawiony		
Platforma	oze 269	System operacyjny		Wersja systemu	
Temat	0003130: źródła energii - mikrobiogazownia (CHP)				
Opis	źródła energii budynek istniejący, jednorodzinny mikrobiogazownia - błędne wartości wynikowe parametrów generatora: minimum techniczne jest 0,1% (ma być 10%) sprawność cieplna 7,5 (nie może być większa od 1)				
Znaczki	Brak powiązanych tagów.				
Powiąz tagi	(Rozdziel używając „,“)				
Dołączone pliki					

Rys. 4.2.15. Komunikat o błędzie w module *Źródła energii* w zakładce *Mikrobiogazownia*

W wyniku dalszych testów sprawdzających jakość obliczeń i edycję danych oraz parametrów obliczanych w programie *AnalizatorOZE* do kolejnego modułu *Bilanse energii* przekazano komunikaty o wykrytych błędach i wskazanych uzupełnieniach.

Kolejny przedstawiony komunikat dotyczy błędu w obliczeniach w module *Funkcja korzyści* w zakładce *Koszty inwestycji*. Na rysunku 4.2.16. pokazano informację przekazaną do programistów dotyczącą kosztów inwestycyjnych. W oknie edycyjnym *Funkcji korzyści* w kosztach inwestycyjnych nie uwzględniono instalacji chłodniczej w budynku w przypadku chłodzenia pomieszczeń. W przekazanej informacji wskazano na konieczność uzupełnienia kosztów inwestycyjnych o koszty instalacji chłodniczych. W kolejnej rewizji programu *AnalizatorOZE* poprawiono zauważony błąd.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Zalogowano jako: jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający) 2013-07-19 11:45 CEST

Niedawno odwiedzone: 0003793, 0003760, 0003750, 0003486, 0003500

Wyświetl szczegóły problemu [[Przejdź do komentarzy](#)] [[Historia zgłoszenia](#)] [[Drukuj](#)]

Identyfikator	Projekt	Kategoria	Widoczność	Data zgłoszenia	Data modyfikacji
0003794	OZE	oprogramowanie	publiczny	2013-03-25 14:20	2013-03-26 13:51

Zgłaszający: achomiak
 Przypisany do: lbownik
 Priorytet: normalny Ważność: propozycja Powtarzalność: nie próbowano
 Status: zamknięty Rozwiązanie: poprawiony
 Platforma: System operacyjny: Wersja systemu: rev.706

Temat: 0003794: Funkcja korzyści/Koszty inwestycyjne
 Opis: Dodać pole "Instalacja chłodnicza" do wprowadzania danych o kosztach instalacji chłodzenia pomieszczeń.
 Znaczniki: Brak powiązanych tagów.
 Powiąz tagi: (Rozdziel używając „,”) [] [Istniejące tagi] [Powiąz]

Dołączone pliki

Zmień status na: [zwrócony] [Obserwuj]

Rys. 4.2.16. Komunikat o błędzie w module *Funkcja korzyści* w zakładce *Koszty inwestycji*

Na rysunku 4.2.17. przedstawiono przykładowe uwagi do modułu *Ranking rozwiązań*. W edycji wyboru rozwiązania dla poszczególnych wskazanych do oceny bilansów energii określa się wagi poszczególnych kryteriów funkcji korzyści przyjętych do obliczeń. Użytkownik programu *AnalizatorOZE* może ustawić odpowiednie wartości (od nieistotnych - strona lewa do istotnych- strona prawa) na suwakach oceniających procent w jakim te funkcje wpływają na wybór najkorzystniejszego wariantu realizacji inwestycji. W analizowanej fazie programu *AnalizatorOZE* wartości końcowe i początkowe na suwaku emisji CO₂ były przestawione (na lewej stronie istotne, na prawej nieistotne). Zalecono wprowadzenie do każdego elementu wagi funkcji korzyści suwaków ze skalą 0-100 dla precyzyjnego określenia ich wielkości. Ponadto dla ujednoczenia oceny wagi wszystkich funkcji korzyści zalecono zmianę opisu na suwaku emisji CO₂ (od nieistotnych - strona lewa do istotnych- strona prawa). Wszystkie te uwagi zostały uwzględnione w kolejnej rewizji programu *AnalizatorOZE*.

Komunikat przedstawiony na rysunku 4.2.18. dotyczył również modułu *Ranking rozwiązań* i okna dialogowego *Edycja wyboru rozwiązania*. Pierwotnie wybór kryterium „Emisja CO₂” w module *Funkcja korzyści* deklarowany w oknie edycyjnym, w końcowym module obliczeniowym *Ranking rozwiązań* uaktywniał w oknie dialogowym *Edycja wyboru rozwiązania* dwa suwaki wag dla wybranej funkcji korzyści tj. suwak „emisja CO₂” i suwak „Wskaźniki ekonomiczne (NPV,...)”. Wskazany błąd w naszym zgłoszeniu został uwzględniony w kolejnej rewizji programu *AnalizatorOZE* i aktualnie aktywne pozostają jedynie suwaki wagi dla wybranych wcześniej kryteriów w edycji funkcji korzyści.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

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

mantis
BUG TRACKER

Zalogowano jako: jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający) 2013-07-19 11:34 CEST

[Główna](#) | [Mój widok](#) | [Zobacz](#) | [Dodaj](#) | [Lista zmian](#) | [Plan pracy](#) | [Moje konto](#) | [Wyloguj](#) Numer zgłoszeń: Skocz do:

Niedawno odwiedzone: [0003509](#), [0003489](#), [0003486](#), [0003838](#), [0003794](#)

Wyświetl szczegóły problemu [[Przejdź do komentarzy](#)] [[Historia zgłoszenia](#)] [[Drukuj](#)]

Identyfikator	Projekt	Kategoria	Widoczność	Data zgłoszenia	Data modyfikacji
0003545	OZE	oprogramowanie	publiczny	2012-12-14 12:10	2013-01-10 14:20
Zgłaszający	achomiak				
Przypisany do	lbownik				
Priorytet	normalny	Ważność	poprawka	Powtarzalność	nie próbowano
Status	zamknięty	Rozwiązanie	poprawiony		
Platforma		System operacyjny		Wersja systemu	504
Temat	0003545: Ranking rozwiązań				
Opis	Czy moglibyśmy wprowadzić w oknie dla "wagi funkcji korzyści": 1. przy suwakach skalę 0-100% (nieistotne-istotne) dla bardziej precyzyjnego ustawiania wartości tej wagi 2. dla suwaka "Emisja CO2" wprowadzić odwrotny opis suwaka (z lewej "nieistotny", z prawej: "istotny" tak jak dla pozostałych suwaków				
Znaczniki	Brak powiązanych tagów.				
Powiąz tagi	(Rozdziel używając „,”) <input type="text"/> Istniejące tagi <input type="button" value="Powiąz"/>				
Dołączone pliki					
Zmień status na:	<input type="button" value="zwrócony"/> <input type="button" value="Obserwuj"/>				

Rys. 4.2.17. Komunikat o błędzie w module *Ranking rozwiązań*

mantis
BUG TRACKER

Zalogowano jako: jzaworowa (Jadwiga Zaworowa - zgłaszający) 2013-07-19 11:49 CEST

[Główna](#) | [Mój widok](#) | [Zobacz](#) | [Dodaj](#) | [Lista zmian](#) | [Plan pracy](#) | [Moje konto](#) | [Wyloguj](#) Numer zgłoszeń: Skocz do:

Niedawno odwiedzone: [0003764](#), [0003545](#), [0003794](#), [0003793](#), [0003760](#)

Wyświetl szczegóły problemu [[Przejdź do komentarzy](#)] [[Historia zgłoszenia](#)] [[Drukuj](#)]

Identyfikator	Projekt	Kategoria	Widoczność	Data zgłoszenia	Data modyfikacji
0003712	OZE	oprogramowanie	publiczny	2013-02-27 13:42	2013-03-05 10:55
Zgłaszający	achomiak				
Przypisany do	lbownik				
Priorytet	normalny	Ważność	ważny	Powtarzalność	nie próbowano
Status	zamknięty	Rozwiązanie	poprawiony		
Platforma		System operacyjny		Wersja systemu	rev. 623
Temat	0003712: Ranking rozwiązań				
Opis	W oknie "Edycja wyboru rozwiązania" przy wcześniej wybranej funkcji korzyści "Emisja CO2" wyświetla się niepotrzebnie aktywny suwak wagi "Wskaźniki ekonomiczne (NPV, ...)" >> ma być tylko aktywny suwak "Emisja CO2"				
Znaczniki	Brak powiązanych tagów.				
Powiąz tagi	(Rozdziel używając „,”) <input type="text"/> Istniejące tagi <input type="button" value="Powiąz"/>				
Dołączone pliki					
Zmień status na:	<input type="button" value="zwrócony"/> <input type="button" value="Obserwuj"/>				

Rys. 4.2.18. Komunikat o błędzie w module *Ranking rozwiązań* w oknie *Edycja wyboru rozwiązania*

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



4.3. Sprawdzenie poprawności obliczeń wykonywanych w modułach programu

- Sprawdzenie poprawności obliczeń zapotrzebowania ciepła dla celów centralnego ogrzewania i wentylacji

Sprawdzenie poprawności obliczeń zużycia ciepła w rozkładzie godzinowym polegało na przeprowadzeniu obliczeń z pomocą programu *AnalizatorOZE* oraz porównaniu ich wyników z wynikami otrzymanymi przy użyciu arkusza kalkulacyjnego. Dla wybranej przez użytkownika opcji obliczenia przeprowadzono zgodnie z normą techniczną PN-EN ISO 13790. W tym celu utworzono plik danych dla budynku zlokalizowanego w pobliżu stacji meteorologicznej w Katowicach. Wyniki zbiorcze obliczeń uzyskane z obliczeń w programie *AnalizatorOZE* dla przykładowego budynku przedstawiono na rys. 4.3.1.

Wartości obliczone					
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło					31280,55 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym					4,91 kWh
Nominalne obciążenie cieplne					15 kW
Parametry wejściowe					
Tylko sezon grzewczy					Tak
Nominalne obciążenie cieplne					15 kW
Zapotrzebowanie roczne wg					normy PN-EN ISO 13790
Parametry budynku	Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową				25600.0 kWh
	Sprawność akumulacji instalacji grzewczej				1
	Sprawność dystrybucji instalacji grzewczej				0,93
	Sprawność regulacji instalacji grzewczej				0,88
Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	45 m ³	15 m ²	20 °C	Kuchnia	7 W/m ²
2	20 m ³	7 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	7 W/m ²
3	856 m ³	186,5 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	7 W/m ²

Rys. 4.3.1. Przykładowe wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE*

Następnie dokonano eksportu wyników obliczeń godzinowego zapotrzebowania na ciepło do pliku *.csv. Plik ten poddano dalszej obróbce w arkuszu kalkulacyjnym. Roczna suma godzinowych wartości zapotrzebowania na ciepło wyniosła 31280,55 kW, co jest wartością zgodną z obliczeniami programowymi.

Do arkusza zaimportowano wartości temperatur zewnętrznych dla stacji meteorologicznej Katowice z pliku *wmo125600iso.txt*, który pobrano ze strony internetowej Ministerstwa Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej [4.1]. Następnie obliczono w skali roku wielkości stopniogodzin, jako różnicę średniej temperatury wewnętrznej w budynku i temperatury zewnętrznej, w obliczeniowym okresie grzewczym tj. od 1 września do 31 maja. Kolejnym krokiem było obliczenie godzinowego zapotrzebowania ciepła na cele c.o. i wentylacji budynku oraz sumy rocznej tych potrzeb ciepłych.

Przeprowadzone obliczenia wykazały pełną zgodność z wynikami programu do 6 miejsc znaczących po przecinku dla godzinowych wielkości zapotrzebowania ciepła. Roczna suma godzinowych wartości zapotrzebowania na ciepło wyniosła 31280,55 kW, co daje ten sam wynik, jak otrzymany przy użyciu programu *Analizator OZE* (rys.4.3.1.).

W tabeli 4.3.1. przedstawiono częściowo wyniki obliczeń sprawdzających przeprowadzone w arkuszu kalkulacyjnym.

Tabela 4.3.1. Obliczenia sprawdzające godzinowe wielkości zapotrzebowania ciepła dla celów centralnego ogrzewania i wentylacji dla przykładowego budynku

wg obliczeń programu <i>Analizator OZE</i>	wg obliczeń sprawdzających $\Theta_i = 20[^\circ\text{C}]$						31280,55 $\Sigma Q = [\text{kWh/rok}]$
$Q_i [\text{kWh}]$	N	M	D	H	DBT	S_{gi}	$Q_i [\text{kWh}]$
9,878272	1	1	1	0	-11,1	31,1	9,878272
9,592405	2	1	1	1	-10,2	30,2	9,592405
9,338302	3	1	1	2	-9,4	29,4	9,338302
9,052435	4	1	1	3	-8,5	28,5	9,052435
9,21125	5	1	1	4	-9	29	9,21125

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



9,338302	6	1	1	5	-9,4	29,4	9,338302
9,497116	7	1	1	6	-9,9	29,9	9,497116
9,43359	8	1	1	7	-9,7	29,7	9,433591
9,370065	9	1	1	8	-9,5	29,5	9,370065
9,306539	10	1	1	9	-9,3	29,3	9,306539
8,639517	11	1	1	10	-7,2	27,2	8,639517
7,972496	12	1	1	11	-5,1	25,1	7,972496
7,305474	13	1	1	12	-3	23	7,305474
7,400763	14	1	1	13	-3,3	23,3	7,400763
7,464289	15	1	1	14	-3,5	23,5	7,464289
7,559578	16	1	1	15	-3,8	23,8	7,559578
7,750155	17	1	1	16	-4,4	24,4	7,750155
7,90897	18	1	1	17	-4,9	24,9	7,90897
8,099547	19	1	1	18	-5,5	25,5	8,099547
8,194836	20	1	1	19	-5,8	25,8	8,194836
8,290125	21	1	1	20	-6,1	26,1	8,290125
8,385414	22	1	1	21	-6,4	26,4	8,385414

. . .
. . .
. . .

7,273711	8742	12	31	5	-2,9	22,9	7,273711
7,337237	8743	12	31	6	-3,1	23,1	7,337237
7,337237	8744	12	31	7	-3,1	23,1	7,337237
7,369	8745	12	31	8	-3,2	23,2	7,369

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



7,369	8746	12	31	9	-3,2	23,2	7,369
7,114897	8747	12	31	10	-2,4	22,4	7,114897
6,892556	8748	12	31	11	-1,7	21,7	6,892556
6,638453	8749	12	31	12	-0,9	20,9	6,638453
6,60669	8750	12	31	13	-0,8	20,8	6,60669
6,60669	8751	12	31	14	-0,8	20,8	6,60669
6,574927	8752	12	31	15	-0,7	20,7	6,574927
6,797267	8753	12	31	16	-1,4	21,4	6,797267
7,019608	8754	12	31	17	-2,1	22,1	7,019608
7,241948	8755	12	31	18	-2,8	22,8	7,241948
7,273711	8756	12	31	19	-2,9	22,9	7,273711
7,305474	8757	12	31	20	-3	23	7,305474
7,337237	8758	12	31	21	-3,1	23,1	7,337237
7,400763	8759	12	31	22	-3,3	23,3	7,400763
7,432526	8760	12	31	23	-3,4	23,4	7,432526
31280,55						98481,3	31280,55
[kWh/rok]	[h/rok]					[hK/rok]	[kWh/rok]

Użytkownik programu *AnalizatorOZE* może wybrać opcję obliczania rocznego zapotrzebowania ciepła za pomocą wskaźnika EK_{CO} [kWh/m² rok] [4.2]. Dla tego przypadku sprawdzenia poprawności obliczeń dokonano poprzez przeprowadzenie tych obliczeń w programie *AnalizatorOZE* oraz porównaniu ich wyników z wynikami otrzymanymi przy użyciu arkusza kalkulacyjnego. W tym celu utworzono szereg plików danych dla budynków o różnej wielkości i różnych latach budowy. Jako lokalizację budynku i stacji meteorologicznej przyjęto miasto Elbląg (II strefa temperatur zewnętrznych). Wyniki obliczeń w programie *AnalizatorOZE* dla rozpatrywanych budynków zbudowanych przed rokiem 2008 przedstawiono na rysunkach 4.3.2. – 4.3.13., a wyniki obliczeń sprawdzających w tabelach 4.3.2. – 4.3.4.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Dla budynku o powierzchni ogrzewanej $A_f < 500 \text{ m}^2$ wyniki zestawiono na rys. 4.3.2.-4.3.5.

Wartości obliczone	
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło	48339,37 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym	7,52 kWh
Nominalne obciążenie cieplne	15 kW

Parametry wejściowe		
Tylko sezon grzewczy	Tak	
Nominalne obciążenie cieplne	15 kW	
Zapotrzebowanie roczne wg	wskaźnika EKco	
Parametry budynku	Rok budowy	2007
	Kubatura zewnętrzna	800 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna	536 m ²
	Powierzchnia ogrzewana	208,5 m ²
	Stan izolacji	słaby

Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	600 m ³	208,5 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m ²

Rys. 4.3.2. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o powierzchni ogrzewanej mniejszej od 500 m² i słabej izolacji cieplnej

Wartości obliczone					
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło					37587,73 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym					5,85 kWh
Nominalne obciążenie cieplne					15 kW
Parametry wejściowe					
Tylko sezon grzewczy					Tak
Nominalne obciążenie cieplne					15 kW
Zapotrzebowanie roczne wg					wskaźnika EKco
Parametry budynku	Rok budowy				2007
	Kubatura zewnętrzna				800 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna				536 m ²
	Powierzchnia ogrzewana				208,5 m ²
	Stan izolacji				średni
Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	600 m ³	208,5 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m ²

Rys. 4.3.3. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o powierzchni ogrzewanej mniejszej od 500 m² i średniej izolacji cieplnej

Wartości obliczone					
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło					26836,09 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym					4,18 kWh
Nominalne obciążenie cieplne					15 kW
Parametry wejściowe					
Tylko sezon grzewczy					Tak
Nominalne obciążenie cieplne					15 kW
Zapotrzebowanie roczne wg					wskaźnika EKco
Parametry budynku	Rok budowy				2007
	Kubatura zewnętrzna				800 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna				536 m ²
	Powierzchnia ogrzewana				208,5 m ²
	Stan izolacji				dobry
Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	600 m ³	208,5 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m ²

Rys. 4.3.4. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o powierzchni ogrzewanej mniejszej od 500 m² i dobrej izolacji cieplnej

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Wartości obliczone	
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło	16041,45 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym	2,5 kWh
Nominalne obciążenie cieplne	15 kW

Parametry wejściowe		
Tylko sezon grzewczy	Tak	
Nominalne obciążenie cieplne	15 kW	
Zapotrzebowanie roczne wg	wskaźnika EKco	
Parametry budynku	Rok budowy	2007
	Kubatura zewnętrzna	800 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna	536 m ²
	Powierzchnia ogrzewana	208,5 m ²
Stan izolacji	termoizolowany	

Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	600 m ³	208,5 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m ²

Rys. 4.3.5. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o powierzchni ogrzewanej mniejszej od 500 m² po termomodernizacji

Tabela 4.3.2. Obliczenia sprawdzające wyniki rocznych wielkości zapotrzebowania ciepła dla budynku o powierzchni ogrzewanej mniejszej od 500 m²

a =	2007					
A _r =	208,5 m ²					
A =	536 m ²					
V _e =	800 m ³					
A/V _e =	0,67					
A _r < 500						
stan izolacji	D	C	EKco	St n	St III	Qh
dobry	7350	3,6	124,8	3917	3798	26 836,09
średni	7400	3,6	174,8	3917	3798	37 587,73
słaby	7450	3,6	224,8	3917	3798	48 339,37
termomodernizowany	4490	2,2	74,6	3917	3798	16 041,45

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Dla budynku o powierzchni ogrzewanej $A_f < 1000 \text{ m}^2$ wyniki zestawiono na rys. 4.3.6.-4.3.9.

Wartości obliczone	
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło	154477,07 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym	24,05 kWh
Nominalne obciążenie cieplne	20 kW

Parametry wejściowe		
Tylko sezon grzewczy	Tak	
Nominalne obciążenie cieplne	20 kW	
Zapotrzebowanie roczne wg	wskaznika EKco	
Parametry budynku	Rok budowy	2007
	Kubatura zewnętrzna	2032 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna	1542 m ²
	Powierzchnia ogrzewana	600 m ²
Stan izolacji	słaby	

Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	2220 m ³	600 m ²	20 °C	Klatka schodowa	11 W/m ²

Rys. 4.3.6. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o powierzchni ogrzewanej mniejszej od 1000 m² i słabej izolacji cieplnej



Wartości obliczone	
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło	129725,1 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym	20,19 kWh
Nominalne obciążenie cieplne	20 kW

Parametry wejściowe		
Tylko sezon grzewczy	Tak	
Nominalne obciążenie cieplne	20 kW	
Zapotrzebowanie roczne wg	wskaznika EKco	
Parametry budynku	Rok budowy	2007
	Kubatura zewnętrzna	2032 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna	1542 m ²
	Powierzchnia ogrzewana	600 m ²
Stan izolacji	średni	

Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	2220 m ³	600 m ²	20 °C	Klatka schodowa	11 W/m ²

Rys. 4.3.7. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o powierzchni ogrzewanej mniejszej od 1000 m² i średniej izolacji cieplnej

Wartości obliczone	
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło	104973,12 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym	16,34 kWh
Nominalne obciążenie cieplne	20 kW

Parametry wejściowe		
Tylko sezon grzewczy	Tak	
Nominalne obciążenie cieplne	20 kW	
Zapotrzebowanie roczne wg	wskaznika EKco	
Parametry budynku	Rok budowy	2007
	Kubatura zewnętrzna	2032 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna	1542 m ²
	Powierzchnia ogrzewana	600 m ²
Stan izolacji	dobry	

Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	2220 m ³	600 m ²	20 °C	Klatka schodowa	11 W/m ²

Rys. 4.3.8. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o powierzchni ogrzewanej mniejszej od 1000 m² i dobrej izolacji cieplnej

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Wartości obliczone	
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło	79541,71 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym	12,38 kWh
Nominalne obciążenie cieplne	20 kW

Parametry wejściowe		
Tylko sezon grzewczy	Tak	
Nominalne obciążenie cieplne	20 kW	
Zapotrzebowanie roczne wg	wskaznika EKco	
Parametry budynku	Rok budowy	2007
	Kubatura zewnętrzna	2032 m³
	Powierzchnia zewnętrzna	1542 m²
	Powierzchnia ogrzewana	600 m²
	Stan izolacji	termoizolowany

Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	2220 m³	600 m²	20 °C	Klatka schodowa	11 W/m²

Rys. 4.3.9. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o powierzchni ogrzewanej mniejszej od 1000 m² po termomodernizacji

Tabela 4.3.3 Obliczenia sprawdzające wyniki rocznych wielkości zapotrzebowania ciepła dla budynku o powierzchni ogrzewanej mniejszej od 1000 m²

a =	2007					
A _f =	600 m ²					
A =	1542 m ²					
V _e =	2302 m ³					
A/V _e =	0,67					
A _f < 1000						
stan izolacji	D	C	EKco	St n	St III	Qh
dobry	3140	1,48	169,64	3917	3798	104 973,12
średni	3180	1,48	209,64	3917	3798	129 725,10
słaby	3220	1,48	249,64	3917	3798	154 477,07
termomodernizowany	1120	0,494	128,542	3917	3798	79 541,71

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Dla budynku o powierzchni ogrzewanej $A_f < 5000 \text{ m}^2$ wyniki zestawiono na rys. 4.3.10-4.3.13.

Wartości obliczone					
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło					222186,1 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym					34,59 kWh
Nominalne obciążenie cieplne					40 kW
Parametry wejściowe					
Tylko sezon grzewczy					Tak
Nominalne obciążenie cieplne					40 kW
Zapotrzebowanie roczne wg					wskaźnika EKco
Parametry budynku	Rok budowy				2007
	Kubatura zewnętrzna				4604 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna				3085 m ²
	Powierzchnia ogrzewana				1200 m ²
	Stan izolacji				słaby
Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	4500 m ³	1200 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m ²

Rys. 4.3.10. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o powierzchni ogrzewanej mniejszej od 5000 m² i słabej izolacji cieplnej

Wartości obliczone					
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło					185058,14 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym					28,81 kWh
Nominalne obciążenie cieplne					40 kW
Parametry wejściowe					
Tylko sezon grzewczy					Tak
Nominalne obciążenie cieplne					40 kW
Zapotrzebowanie roczne wg					wskaźnika EKco
Parametry budynku	Rok budowy				2007
	Kubatura zewnętrzna				4604 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna				3085 m ²
	Powierzchnia ogrzewana				1200 m ²
	Stan izolacji				średni
Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	4500 m ³	1200 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m ²

Rys. 4.3.11. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o powierzchni ogrzewanej mniejszej od 5000 m² i średniej izolacji cieplnej

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie

Wartości obliczone	
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło	147930,18 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym	23,03 kWh
Nominalne obciążenie cieplne	40 kW

Parametry wejściowe		
Tylko sezon grzewczy	Tak	
Nominalne obciążenie cieplne	40 kW	
Zapotrzebowanie roczne wg	wskaznika EKco	
Parametry budynku	Rok budowy	2007
	Kubatura zewnętrzna	4604 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna	3085 m ²
	Powierzchnia ogrzewana	1200 m ²
	Stan izolacji	dobry

Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	4500 m ³	1200 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m ²

Rys. 4.3.12. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o powierzchni ogrzewanej mniejszej od 5000 m² i dobrej izolacji cieplnej

Wartości obliczone	
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło	103178,61 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym	16,06 kWh
Nominalne obciążenie cieplne	40 kW

Parametry wejściowe		
Tylko sezon grzewczy	Tak	
Nominalne obciążenie cieplne	40 kW	
Zapotrzebowanie roczne wg	wskaznika EKco	
Parametry budynku	Rok budowy	2007
	Kubatura zewnętrzna	4604 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna	3085 m ²
	Powierzchnia ogrzewana	1200 m ²
	Stan izolacji	termoizolowany

Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	4500 m ³	1200 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m ²

Rys. 4.3.13. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o powierzchni ogrzewanej mniejszej od 5000 m² po termomodernizacji

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Tabela 4.3.4. Obliczenia sprawdzające wyniki rocznych wielkości zapotrzebowania ciepła dla budynku o powierzchni ogrzewanej mniejszej od 5000 m²

a =	2007					
A _f =	1200	m ²				
A =	3085	m ²				
V _e =	4604	m ³				
A/V _e =	0,67					
A _f < 5000						
stan izolacji	D	C	EKco	St n	St III	Qh
dobry	4555	2,21	119,53	3917	3798	147 930,18
średni	4585	2,21	149,53	3917	3798	185 058,14
słaby	4615	2,21	179,53	3917	3798	222 186,10
termomodernizowany	2271	1,09	83,37	3917	3798	103 178,61

Wyniki obliczeń programu dla rozpatrywanych budynków zbudowanych po roku 2008 przedstawiono na rysunkach 4.3.14. – 4.3.25. , a wyniki obliczeń sprawdzających w tabelach 4.3.5. – 4.3.7.

Obliczenia przeprowadzono dla budynków o różnych współczynnikach kształtu A/V_e (iloraz zewnętrznej powierzchni części ogrzewanej budynku i jej kubatury zewnętrznej).

Dla wartości współczynnika kształtu A/V_e > 1,05 wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* przedstawiono na rys. 4.3.14. – 4.3.17.

Wartości obliczone					
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło					32147,4 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym					5 kWh
Nominalne obciążenie cieplne					14 kW
Parametry wejściowe					
Tylko sezon grzewczy					Tak
Nominalne obciążenie cieplne					14 kW
Zapotrzebowanie roczne wg					wskaźnika EKco
Parametry budynku	Rok budowy				2009
	Kubatura zewnętrzna				450 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna				540 m ²
	Powierzchnia ogrzewana				208,5 m ²
	Stan izolacji				słaby
Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	400 m ³	208,5 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m ²

Rys. 4.3.14. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o $A/V_e > 1,05$ i słabej izolacji cieplnej

Wartości obliczone					
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło					25803,93 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym					4,02 kWh
Nominalne obciążenie cieplne					13,5 kW
Parametry wejściowe					
Tylko sezon grzewczy					Tak
Nominalne obciążenie cieplne					13,5 kW
Zapotrzebowanie roczne wg					wskaźnika EKco
Parametry budynku	Rok budowy				2009
	Kubatura zewnętrzna				450 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna				540 m ²
	Powierzchnia ogrzewana				208,5 m ²
	Stan izolacji				średni
Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	400 m ³	208,5 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m ²

Rys. 4.3.15. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o $A/V_e > 1,05$ i średniej izolacji cieplnej

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Wartości obliczone	
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło	12901,97 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym	2,01 kWh
Nominalne obciążenie cieplne	13 kW

Parametry wejściowe		
Tylko sezon grzewczy	Tak	
Nominalne obciążenie cieplne	13 kW	
Zapotrzebowanie roczne wg	wskaźnika EKco	
Parametry budynku	Rok budowy	2009
	Kubatura zewnętrzna	450 m³
	Powierzchnia zewnętrzna	540 m²
	Powierzchnia ogrzewana	208,5 m²
Stan izolacji	dobry	

Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	400 m³	208,5 m²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m²

Rys. 4.3.16. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o $A/V_e > 1,05$ i dobrej izolacji cieplnej

Wartości obliczone	
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło	3225,49 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym	0,5 kWh
Nominalne obciążenie cieplne	9 kW

Parametry wejściowe		
Tylko sezon grzewczy	Tak	
Nominalne obciążenie cieplne	9 kW	
Zapotrzebowanie roczne wg	wskaźnika EKco	
Parametry budynku	Rok budowy	2009
	Kubatura zewnętrzna	450 m³
	Powierzchnia zewnętrzna	540 m²
	Powierzchnia ogrzewana	208,5 m²
Stan izolacji	pasywny	

Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	400 m³	208,5 m²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m²

Rys. 4.3.17. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego pasywnego o $A/V_e > 1,05$

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie

Tabela 4.3.5. Obliczenia sprawdzające wyniki rocznych wielkości zapotrzebowania ciepła dla budynku o $A/V_e > 1,05$

$A_f =$	208,5	m^2				
$A =$	540	m^2				
$V_e =$	450	m^3				
$A/V_e =$	1,2					
$1,05 < A/V_e$						
	D	C	EKco	St n	St III	Qh
słaby			149,5	3917	3798	32 147,40
średni			120	3917	3798	25 803,93
dobry			60	3917	3798	12 901,97
pasywny			15	3917	3798	3 225,49

Dla wartości współczynnika kształtu $0,2 < A/V_e < 1,05$ wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* przedstawiono na rys. 4.3.18. – 4.3.21.



Wartości obliczone					
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło					21490,38 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym					3,35 kWh
Nominalne obciążenie cieplne					15 kW
Parametry wejściowe					
Tylko sezon grzewczy					Tak
Nominalne obciążenie cieplne					15 kW
Zapotrzebowanie roczne wg					wskaznika EKco
Parametry budynku	Rok budowy				2009
	Kubatura zewnętrzna				800 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna				536 m ²
	Powierzchnia ogrzewana				208,5 m ²
Stan izolacji					słaby
Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	750 m ³	208,5 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m ²

Rys. 4.3.18. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o $0,2 < A/V_e < 1,05$ i słabej izolacji cieplnej

Wartości obliczone					
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło					18264,88 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym					2,84 kWh
Nominalne obciążenie cieplne					14 kW
Parametry wejściowe					
Tylko sezon grzewczy					Tak
Nominalne obciążenie cieplne					14 kW
Zapotrzebowanie roczne wg					wskaznika EKco
Parametry budynku	Rok budowy				2009
	Kubatura zewnętrzna				800 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna				536 m ²
	Powierzchnia ogrzewana				208,5 m ²
Stan izolacji					średni
Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	750 m ³	208,5 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m ²

Rys. 4.3.19. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o $0,2 < A/V_e < 1,05$ i średniej izolacji cieplnej

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie

Wartości obliczone	
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło	13964,23 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym	2,17 kWh
Nominalne obciążenie cieplne	12 kW

Parametry wejściowe		
Tylko sezon grzewczy	Tak	
Nominalne obciążenie cieplne	12 kW	
Zapotrzebowanie roczne wg	wskaznika EKco	
Parametry budynku	Rok budowy	2009
	Kubatura zewnętrzna	800 m³
	Powierzchnia zewnętrzna	536 m²
	Powierzchnia ogrzewana	208,5 m²
	Stan izolacji	dobry

Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	750 m³	208,5 m²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m²

Rys. 4.3.20. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o $0,2 < A/V_e < 1,05$ i dobrej izolacji cieplnej

Wartości obliczone	
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło	3225,49 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym	0,5 kWh
Nominalne obciążenie cieplne	10 kW

Parametry wejściowe		
Tylko sezon grzewczy	Tak	
Nominalne obciążenie cieplne	10 kW	
Zapotrzebowanie roczne wg	wskaznika EKco	
Parametry budynku	Rok budowy	2009
	Kubatura zewnętrzna	800 m³
	Powierzchnia zewnętrzna	536 m²
	Powierzchnia ogrzewana	208,5 m²
	Stan izolacji	pasywny

Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	750 m³	208,5 m²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m²

Rys. 4.3.21. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego pasywnego o $0,2 < A/V_e < 1,05$

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Tabela 4.3.6. Obliczenia sprawdzające wyniki rocznych wielkości zapotrzebowania ciepła dla budynku o $0,2 < A/V_e < 1,05$

$A_f =$	208,5	m^2				
$A =$	536	m^2				
$V_e =$	800	m^3				
$A/V_e =$	0,67					
$0,2 < A/V_e < 1,05$						
	D	C	EKco	St n	St III	Qh
słaby	45	82	99,94	3917	3798	21 490,38
średni	30	82	84,94	3917	3798	18 264,88
dobry	10	82	64,94	3917	3798	13 964,23
pasywny			15	3917	3798	3 225,49

Dla wartości współczynnika kształtu $A/V_e \leq 0,2$ wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* przedstawiono na rys. 4.3.22. – 4.3.25.

Wartości obliczone					
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło					14278,18 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym					2,22 kWh
Nominalne obciążenie cieplne					30 kW
Parametry wejściowe					
Tylko sezon grzewczy					Tak
Nominalne obciążenie cieplne					30 kW
Zapotrzebowanie roczne wg					wskaźnika EKco
Parametry budynku	Rok budowy				2009
	Kubatura zewnętrzna				3600 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna				540 m ²
	Powierzchnia ogrzewana				208,5 m ²
Stan izolacji					słaby
Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	3000 m ³	208,5 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m ²

Rys. 4.3.22. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o $A/V_e \leq 0,2$ i słabej izolacji cieplnej

Wartości obliczone					
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło					9676,48 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym					1,51 kWh
Nominalne obciążenie cieplne					25 kW
Parametry wejściowe					
Tylko sezon grzewczy					Tak
Nominalne obciążenie cieplne					25 kW
Zapotrzebowanie roczne wg					wskaźnika EKco
Parametry budynku	Rok budowy				2009
	Kubatura zewnętrzna				3600 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna				540 m ²
	Powierzchnia ogrzewana				208,5 m ²
Stan izolacji					średni
Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	3000 m ³	208,5 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m ²

Rys. 4.3.23. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o $A/V_e \leq 0,2$ i średniej izolacji cieplnej

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Wartości obliczone					
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło					6450,98 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym					1 kWh
Nominalne obciążenie cieplne					20 kW
Parametry wejściowe					
Tylko sezon grzewczy					Tak
Nominalne obciążenie cieplne					20 kW
Zapotrzebowanie roczne wg					wskaźnika EKco
Parametry budynku	Rok budowy				2009
	Kubatura zewnętrzna				3600 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna				540 m ²
	Powierzchnia ogrzewana				208,5 m ²
Stan izolacji					dobry
Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	3000 m ³	208,5 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m ²

Rys. 4.3.24. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego o $A/V_e \leq 0,2$ i dobrej izolacji cieplnej

Wartości obliczone					
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło					3225,49 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym					0,5 kWh
Nominalne obciążenie cieplne					15 kW
Parametry wejściowe					
Tylko sezon grzewczy					Tak
Nominalne obciążenie cieplne					15 kW
Zapotrzebowanie roczne wg					wskaźnika EKco
Parametry budynku	Rok budowy				2009
	Kubatura zewnętrzna				3600 m ³
	Powierzchnia zewnętrzna				540 m ²
	Powierzchnia ogrzewana				208,5 m ²
Stan izolacji					pasywny
Parametry pomieszczeń					
Pomieszczenie	Kubatura	Powierzchnia	Wymagana temp.	Typ pomieszczenia	Współczynnik nagrzewania
1	3000 m ³	208,5 m ²	20 °C	Salon/sypialnia	11 W/m ²

Rys. 4.3.25. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego pasywnego o $A/V_e \leq 0,2$

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie

Tabela 4.3.7. Obliczenia sprawdzające wyniki rocznych wielkości zapotrzebowania ciepła dla budynku o $A/V_e \leq 0,2$

Af =	208,5	m ²				
A =	540	m ²				
Ve =	3600	m ³				
A/Ve =	0,15					
A/V _e =< 0,2						
	D	C	EKco	St n	St III	Qh
słaby			66,4	3917	3798	14 278,18
średni			45	3917	3798	9 676,48
dobry			30	3917	3798	6 450,98
pasywny			15	3917	3798	3 225,49

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdza się pełną zgodność wyników otrzymanych w programie *AnalizatorOZE* z algorytmem, z dokładnością do 2 miejsc znaczących po przecinku dla rocznych wielkości zapotrzebowania ciepła w zakresie ogrzewania i wentylacji budynku.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



- Sprawdzenie poprawności obliczeń zapotrzebowania ciepła w zakresie przygotowania ciepłej wody użytkowej

Sprawdzenie poprawności obliczeń dobowego zużycia ciepła dla celów przygotowania ciepłej wody użytkowej polegało na przeprowadzeniu obliczeń z pomocą programu *AnalizatorOZE* oraz porównaniu otrzymanych wyników z wynikami uzyskanymi przy użyciu arkusza kalkulacyjnego.

Algorytm obliczeń dobowego zużycia ciepła dla celów przygotowania ciepłej wody użytkowej opracowano w ramach realizacji prac Etapu nr 17 zadania badawczego nr 3 [4.2], a jego schemat przedstawiono w [4.3].

Wyniki obliczeń z użyciem programu *AnalizatorOZE* dla trzech budynków przedstawiono na rysunkach 4.3.26. – 4.3.28., a wyniki obliczeń sprawdzających w tabelach 4.3.8. – 4.3.10.

Wartości obliczone	
Roczne zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby CWU do wytworzenia przez źródło	3159,06 kWh
Roczne zapotrzebowanie na ciepło użytkowe na potrzeby CWU	3159,06 kWh
Moc nominalna na potrzeby CWU	12,01 kW
Dobowe zużycie wody	212 dm³

Parametry wejściowe	
Temperatura zimnej wody	8 °C
Temperatura ciepłej wody	45 °C
Sprawność akumulacji	1
Sprawność dystrybucji	1

Parametry mieszkań	
Mieszkanie	Liczba pomieszczeń
1	7

Rys. 4.3.26. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dobowego zużycia c.w.u. dla przykładowego budynku jednorodzinny nr 1

Tabela 4.3.8. Obliczenia sprawdzające dobowe zużycie c.w.u. dla przykładowego budynku jednorodzinnego nr 1

DANE:	
Liczba izb	7
Temperatura obliczeniowa CWU, °C	45
Temperatura wody zimnej, °C	8
Zapotrzebowanie dobowe na mieszkańca, dm ³ /24h	35
WIELKOŚCI OBLICZONE:	
Liczba mieszkańców	5,6
Zapotrzebowanie dobowe, dm ³ /24h	212

Wartości obliczone	
Roczne zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby CWU do wytworzenia przez źródło	6606,45 kWh
Roczne zapotrzebowanie na ciepło użytkowe na potrzeby CWU	6606,45 kWh
Moc nominalna na potrzeby CWU	16,79 kW
Dobowe zużycie wody	371,82 dm³
Parametry wejściowe	
Temperatura zimnej wody	10 °C
Temperatura ciepłej wody	55 °C
Sprawność akumulacji	1
Sprawność dystrybucji	1
System przygotowania wody	Zasobnikowy
Parametry mieszkań	
Mieszkanie	Liczba pomieszczeń
1	4
2	4

Rys. 4.3.27. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dobowego zużycia c.w.u. dla przykładowego budynku jednorodzinnego nr 2

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Tabela 4.3.9. Obliczenia sprawdzające dobowe zużycie c.w.u. dla przykładowego budynku jednorodzinnego nr 2

DANE:	
Liczba izb	8
Temperatura obliczeniowa CWU, °C	45
Temperatura wody zimnej, °C	8
Zapotrzebowanie dobowe na mieszkańca, dm ³ /24h	48
WIELKOŚCI OBLICZONE:	
Liczba mieszkańców	7
Zapotrzebowanie dobowe, dm ³ /24h	372

Wartości obliczone	
Roczne zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby CWU do wytworzenia przez źródło	2012,62 kWh
Roczne zapotrzebowanie na ciepło użytkowe na potrzeby CWU	2012,62 kWh
Moc nominalna na potrzeby CWU	12,01 kW
Dobowe zużycie wody	139,89 dm³
Parametry wejściowe	
Temperatura zimnej wody	8 °C
Temperatura ciepłej wody	45 °C
Sprawność akumulacji	1
Sprawność dystrybucji	1
Parametry mieszkań	
Mieszkanie	Liczba pomieszczeń
1	4

Rys. 4.3.28. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* dobowego zużycia c.w.u. dla przykładowego budynku jednorodzinnego nr 3

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie

Tabela 4.3.10. Obliczenia sprawdzające dobowe zużycie c.w.u. dla przykładowego budynku jednorodzinne nr 3

DANE:	
Liczba izb	4
Temperatura obliczeniowa CWU, °C	45
Temperatura wody zimnej, °C	8
Zapotrzebowanie dobowe na mieszkańca, dm ³ /24h	35
WIELKOŚCI OBLICZONE:	
Liczba mieszkańców	3,5
Zapotrzebowanie dobowe, dm ³ /24h	139

Środowisko programistyczne języka Java, wykorzystane do tworzenia programu *AnalizatorOZE*, umożliwia określenie zmiennych, których wartości można śledzić podczas wykonywania poszczególnych procedur programowych. Wykorzystując tę możliwość przeprowadzono kontrolę obliczania wartości funkcji zużycia godzinowego ciepłej wody użytkowej dla odbiorcy o różnym zapotrzebowaniu dobowym $V_{cw,md}$ ($V_{cw,md} = 170$ lub 330 lub 500 dm³/24h).

Funkcja zużycia godzinowego ciepłej wody użytkowej jest wykorzystywana do wyznaczenia wielkości zużycia ciepłej wody użytkowej $V_{cw,hmi}$ dla każdej i-tej godziny roku w zależności od dobowego zużycia $V_{cw,md}$.

Zarówno obliczenia wartości funkcji zużycia godzinowego, jak i zużycia c.w.u. dla określonych godzin roku przez program *Analizator OZE* dały wyniki zgodne z założonymi tj. obliczonymi za pomocą arkusza kalkulacyjnego.

Kontrola obliczeń ilości ciepła potrzebnego do podgrzania c.w.u. wykazała zgodność obliczeń programowych z przyjętym algorytmem.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



➤ Sprawdzenie poprawności obliczeń zapotrzebowania energii elektrycznej w budynku

Sprawdzenie poprawności obliczeń zużycia energii w rozkładzie godzinowym polegało na przeprowadzeniu obliczeń z pomocą programu *AnalizatorOZE* oraz porównaniu ich wyników z wynikami otrzymanymi przy użyciu arkusza kalkulacyjnego.

W arkuszu kalkulacyjnym dokonano rocznej symulacji przebiegu obciążenia dla budynku jednorodzinnego, którego roczne zużycie energii elektrycznej wynosi 2800 kWh. Budynek znajduje się w klasie odbiorców o zużyciu rocznym z przedziału 1000 – 3000 kWh, zaopatrywanych w energię wg taryfy G11.

Wyniki zbiorcze obliczeń programu *AnalizatorOZE* dla rozpatrywanego budynku przedstawiono na rys. 4.3.29.

Wartości obliczone		
Zapotrzebowanie roczne na energię elektryczną	2800 kWh	
Zapotrzebowanie na energię elektryczną średniogodzinowe w skali roku	0,32 kWh	
Zapotrzebowanie na energię elektryczną maksymalne godzinowe w skali roku	2,32 kWh	
Parametry mieszkań		
Mieszkanie 1	Zapotrzebowanie	2800 kWh
	Klasa	G11 - Mieszkania - zużycie od 1000 do 3000kWh/rok

Rys. 4.3.29. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* zużycia energii elektrycznej dla przykładowego budynku jednorodzinnego

W programie *AnalizatorOZE* dokonano eksportu wyników obliczeń godzinowego zapotrzebowania na energię elektryczną do pliku *.csv. Wartości te skopiowano następnie do arkusza obliczeń symulacyjnych.

W tabeli 4.3.11. przedstawiono częściowe wyniki obliczeń.

Tabela 4.3.11. Obliczenia sprawdzające godzinowych wielkości zużycia energii elektrycznej dla przykładowego budynku jednorodzinnego

Godzina w roku	Obliczenia symulacyjne	Obliczenia z programu <i>AnalizatorOZE</i>
	E_i [kWh]	E_i [kWh]
1	0,160689	0,169862
2	0,095527	0,19411
3	0,182636	0,173588
4	0,084286	0,048639
5	0,081723	0,253005
6	0,486299	0,746092
7	0,476585	0,164546
8	0,102427	0,350687
9	0,170805	0,383408
10	0,234774	0,780027
11	0,442957	0,252074
12	0,334384	0,354213
13	0,433013	0,132453
14	0,642712	0,15267
15	0,402657	0,392871
16	0,168761	0,258559
17	0,290574	0,102759
18	0,403313	0,226565
19	0,396789	0,16768

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



20	0,627449	0,258721
21	0,563708	0,183003
22	0,878174	0,149583
23	0,750914	0,366284
24	0,920932	0,411516
25	0,316127	0,646446

·
·
·

8738	0,247613	0,715626
8739	0,088691	0,108702
8740	0,326832	0,198452
8741	0,167076	0,229219
8742	0,146206	0,230105
8743	0,260246	0,156412
8744	0,745119	0,299915
8745	0,283904	0,101925
8746	0,525698	0,525928
8747	0,243005	0,507996
8748	0,275948	0,242147
8749	0,145906	0,105198
8750	0,305911	0,358682
8751	0,609841	0,21299
8752	0,468704	0,446267
8753	0,129587	0,55702

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

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

8754	0,166495	0,166675
8755	0,20065	0,301624
8756	1,47498	0,138425
8757	0,41357	0,365461
8758	0,350193	0,27049
8759	0,16814	0,205161
8760	0,285301	0,429051
	2799,998	2800
	Średnie roczne wartości godzinowe [kWh]	
	0,3196	0,3196

Suma godzinowych wartości zapotrzebowania na energię elektryczną wyniosła 2799,998 kWh \approx 2800 kWh, co daje ten sam wynik, jaki otrzymano przy użyciu programu *AnalizatorOZE*. Godzinowe wielkości zapotrzebowania na energię elektryczną wykazują różnice, co spowodowane jest zastosowanym algorytmem wykorzystującym procesy losowe. Z tego powodu niemożliwe jest uzyskanie tych samych rocznych przebiegów zużycia energii elektrycznej w obliczeniach sprawdzających z użyciem arkusza kalkulacyjnego.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



➤ Sprawdzenie poprawności obliczeń wytwarzania ciepła i energii elektrycznej w źródłach

Sprawdzenie poprawności obliczeń w programie *AnalizatorOZE* w zakresie wytwarzania ciepła i energii elektrycznej w poszczególnych rodzajach źródeł dokonano w oparciu o wykonane obliczenia symulacyjne i porównanie uzyskanych wyników z wielkościami wygenerowanymi w module obliczeniowym *Źródła energii*.

Kocioł konwencjonalny, kocioł opalany biomasa

Zgodnie z algorytmem programu źródło ciepła w postaci kotła opalanego paliwem konwencjonalnym (węgiel kamienny, gaz ziemny, gaz płynny) lub biomasa dostosowuje wielkość wytwarzanego ciepła do aktualnego zapotrzebowania na cele c.o. i przygotowania c.w.u.

W ramach sprawdzenia poprawności wyników programu przeprowadzono obliczenia wielkości produkcji ciepła dla różnego rodzaju kotłów oraz różnych stopni pokrycia potrzeb cieplnych. Obliczenia wykazały poprawne działanie programu zarówno w zakresie rocznych wielkości produkcji ciepła, jak i wielkości godzinowych.

W przypadku gdy moc kotła przewyższa moc szczytową potrzeb cieplnych wytworzone ciepło w kotle pokrywa w 100% roczne jego zapotrzebowanie w budynku.

Pompa ciepła

Podobnie jak w przypadku kotła konwencjonalnego lub kotła na biomasę, pompa ciepła z wymiennikiem gruntowym (poziowym lub pionowym) dostosowuje wielkość produkcji ciepła do aktualnego zapotrzebowania na cele c.o. i przygotowania c.w.u. Jeżeli moc pompy ciepła przewyższa moc szczytową potrzeb cieplnych, roczne zapotrzebowanie pokryte jest w 100%.

W ramach obliczeń kontrolnych sprawdzono wielkości dobieranej mocy pompy ciepła w zależności od rodzaju gruntu i typu wymiennika (poziomy lub pionowy). Sprawdzono także wielkości zapotrzebowania na energię elektryczną do napędu pompy ciepła oraz pozostałe wyniki, takie jak stopień pokrycia potrzeb i ilość godzin pracy.

Kolektor słoneczny

W celu kontroli prawidłowości obliczeń produkcji ciepła przez kolektory słoneczne wykonano obliczenia w programie *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego zlokalizowanego w Katowicach. Dostępna powierzchnia dachu o nachyleniu 45° w kierunku południowym

ma 4 m², powierzchnia absorbera jednego kolektora wynosi 1,86 m², a jego sprawność optyczna jest na poziomie 75%.

Wyniki obliczeń przy użyciu programu *AnalizatorOZE* dla przykładowego budynku wyposażonego w kolektory słoneczne przedstawiono na rys. 4.3.30.

Wartości obliczone	
Roczna produkcja ciepła na potrzeby CWU	1367,42 kWh
Średnia godzinowa produkcja ciepła na potrzeby CWU	0,16 kWh
Zaspokojenie zapotrzebowania na ciepło do celów podgrzewania CWU	43,29 %
Zaspokojenie całkowitego zapotrzebowania na ciepło	43,29 %
Ilość godzin pracy (w roku)	4394 h (50,16 %)
Ilość kolektorów	2

Parametry wejściowe	
Kierunek	Południe
Kąt	45 °
Długość	2 m
Szerokość	1 m
Powierzchnia czynna	2 m²
Powierzchnia dachu lub ścian dostępna pod kolektory	4 m²
Sprawność	75 %

Rys. 4.3.30. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* produkcji ciepła przez kolektory słoneczne dla przykładowego budynku

Następnie dokonano eksportu wyników obliczeń godzinowej produkcji ciepła przez kolektory słoneczne do pliku *.csv. Plik ten poddano dalszej obróbce w arkuszu kalkulacyjnym. Suma godzinowych wartości produkcji ciepła wyniosła 3064,43 kWh. Jest to wartość całkowitej produkcji ciepła przez kolektory słoneczne, z czego 1367,14 kWh można wykorzystać do podgrzewania c.w.u. bez zastosowania zasobnika w systemie ciepłym.

Do arkusza zaimportowano wartości promieniowania słonecznego G_{β} w kierunku S₄₅ dla stacji meteorologicznej Katowice z pliku *wmo125600iso.txt*, który pobrano ze strony internetowej Ministerstwa Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej [4.1]. Następnie



obliczono w skali roku godzinowe wielkości produkcji ciepła przez kolektory słoneczne oraz sumę rocznej produkcji ciepła.

Przeprowadzone obliczenia wykazały zgodność z wynikami programu dla godzinowych wielkości produkcji ciepła. Suma godzinowych wartości produkcji ciepła w skali roku wyniosła 3064,43 kWh, co daje ten sam wynik, jak otrzymany z obliczeń przy użyciu programu *AnalizatorOZE*.

W tabeli 4.3.12 przedstawiono częściowe wyniki obliczeń godzinowych dla kolektorów słonecznych zainstalowanych w przykładowym budynku jednorodzinnym.

Tabela 4.3.12. Obliczenia sprawdzające godzinowe wielkości produkcji ciepła przez kolektory słoneczne w przykładowym budynku

Godzina w roku	Obliczenia z programu <i>AnalizatorOZE</i>	Współczynnik nasłonecznienia $G_{\text{beta S}_{45}}$ (wg [4.1])	Sprawność optyczna kolektora η_g	Powierzchnia absorbera kolektorów A_k	Produkcja ciepła $Q_{\text{KS},i}$
	[kWh]	[W/m ²]	[-]	[m ²]	[kWh]
1	0	0	0,75	3,72	0
2	0	0			0
3	0	0			0
4	0	0			0
5	0	0			0
6	0	0			0
7	0	0			0
8	0,035712	12,8			0,035712
9	0,266166	95,4			0,266166
10	0,402318	144,2			0,402318
11	0,825003	295,7			0,825003
12	0,855693	306,7			0,855693

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

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

13	0,699732	250,8			0,699732
14	0,314712	112,8			0,314712
15	0,100719	36,1			0,100719
16	0	0			0
17	0	0			0
18	0	0			0
19	0	0			0
20	0	0			0
21	0	0			0
22	0	0			0
23	0	0			0
24					
25					

•
•
•

8741	0	0			0
8742	0	0			0
8743	0	0			0
8744	0,009765	3,5			0,009765
8745	0,081189	29,1			0,081189
8746	0,1395	50			0,1395
8747	1,142505	409,5			1,142505
8748	1,6388461	587,4			1,638846
8749	2,370942	849,8			2,370942

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



8750	0,606825	217,5			0,606825
8751	0,240219	86,1			0,240219
8752	0	0			0
8753	0	0			0
8754	0	0			0
8755	0	0			0
8756	0	0			0
8757	0	0			0
8758	0	0			0
8759	0	0			0
8760	0	0			0
Suma [kWh/rok]	3064,4344				3064,434

Panel fotowoltaiczny

W celu sprawdzenia prawidłowości obliczeń produkcji energii elektrycznej przez ogniwa fotowoltaiczne wykonano obliczenia w programie *AnalizatorOZE* dla przykładowego budynku jednorodzinnego zlokalizowanego w Katowicach. Dostępna do zamontowania paneli fotowoltaicznych powierzchnia dachu o nachyleniu 45° w kierunku południowym to 10 m^2 , powierzchnia jednego panela wynosi $1,28 \text{ m}^2$, a jego sprawność optyczna $13,75\%$.

Na rys. 4.3.31 przedstawiono wyniki obliczeń przy użyciu programu *AnalizatorOZE* dla przykładowego budynku wyposażonego w ogniwa fotowoltaiczne.

Wartości obliczone	
Roczna produkcja energii elektrycznej	1349,34 kWh
Średnia godzinowa produkcja energii elektrycznej	0,15 kWh
Zaspokojenie zapotrzebowania na energię elektryczną	48,19 %
Ilość godzin pracy (w roku)	4394 h (50,16 %)
Ilość paneli	7
Sprawność panelu	13,75 %

Parametry wejściowe	
Kierunek	Południe
Kąt	45 °
Długość	1,58 m
Szerokość	0,81 m
Powierzchnia czynna	1,28 m²
Powierzchnia dachu lub ścian dostępna pod panele	10 m²
Moc	195 W

Rys. 4.3.31. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* produkcji energii elektrycznej przez panele fotowoltaiczne

Następnie dokonano eksportu wyników obliczeń godzinowej produkcji energii elektrycznej przez panele fotowoltaiczne do pliku *.csv. Plik ten poddano dalszej obróbce w arkuszu kalkulacyjnym. W obliczeniach sprawdzających uzyskano sumę godzinowych wartości produkcji energii elektrycznej wynosząca 1349,34 kWh, co jest wielkością zgodną z wynikami obliczeń uzyskanymi przy użyciu programu *AnalizatorOZE*.

Do arkusza kontrolnego zaimportowano wartości promieniowania słonecznego G_{β} w kierunku S_45 dla stacji meteorologicznej Katowice z pliku *wmo125600iso.txt*, który pobrano ze strony internetowej Ministerstwa Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej [4.1]. Następnie obliczono w skali roku godzinowe wielkości produkcji energii elektrycznej przez ogniwa oraz sumę tej produkcji w skali roku.

Przeprowadzone obliczenia sprawdzające wykazały zgodność wyników z wynikami uzyskanymi w programie *AnalizatorOZE* w zakresie godzinowych wielkości produkcji energii elektrycznej.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Suma roczna godzinowych wartości produkcji energii elektrycznej wyniosła 1349,34 kWh, co daje ten sam wynik, jak otrzymany przy użyciu programu *AnalizatorOZE*.

W tabeli 4.3.13 przedstawiono częściowe wyniki obliczeń dla paneli fotowoltaicznych zainstalowanych w przykładowym budynku.

Tabela 4.3.13. Obliczenia sprawdzające godzinowe wielkości produkcji energii elektrycznej przez panele fotowoltaiczne w przykładowym budynku

Godzina w roku	Obliczenia z programu <i>AnalizatorOZE</i>	Współczynnik nasłonecznienia $G_{\text{beta}} S_{45}$	Moc nom. panela P_{nomPV}	Powierzchnia czynna A_{PV}	Spraw. η_{PV}	Suma A_{PV}	Produkcja energii el. $Q_{\text{KS},i}$
	[kWh]	[W/m ²]	[W]	[m ²]	[-]	[m ²]	[kWh]
1	0	0	195	1,27664	0,13747	8,93648	0
2	0	0					0
3	0	0					0
4	0	0					0
5	0	0					0
6	0	0					0
7	0	0					0
8	0,015725	12,8					0,015725
9	0,117199	95,4					0,117199
10	0,17715	144,2					0,17715
11	0,363267	295,7					0,363267
12	0,376781	306,7					0,376781
13	0,308108	250,8					0,308108
14	0,138575	112,8					0,138575
15	0,044349	36,1					0,044349
16	0	0					0

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

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

17	0	0					0
18	0	0					0
19	0	0					0
20	0	0					0
21	0	0					0
22	0	0					0
23	0	0					0
24							
25							

•
•
•

8736	0	0					0
8737	0	0					0
8738	0	0					0
8739	0	0					0
8740	0	0					0
8741	0	0					0
8742	0	0					0
8743	0	0					0
8744	0,0043	3,5					0,0043
8745	0,035749	29,1					0,035749
8746	0,061425	50					0,061425
8747	0,503071	409,5					0,503071
8748	0,721621	587,4					0,721621

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



8749	1,043979	849,8					1,043979
8750	0,267199	217,5					0,267199
8751	0,105774	86,1					0,105774
8752	0	0					0
8753	0	0					0
8754	0	0					0
8755	0	0					0
8756	0	0					0
8757	0	0					0
8758	0	0					0
8759	0	0					0
8760	0	0					0
Suma [kWh/rok]	1349,34						1349,34

Dla dodatkowej oceny jakości obliczeń przy użyciu programu *AnalizatorOZE* w zakresie wyznaczania wielkości produkcji energii elektrycznej przez ogniwa fotowoltaiczne wykorzystano kalkulator JRC (PVGIS) udostępniony przez Komisję Europejską na stronie internetowej [4.4]. Wprowadzono dane jak w pliku danych w programie *AnalizatorOZE*, a następnie wykonano obliczenia kalkulatorem, przy czym wykorzystano możliwość zapisu wyników do pliku *.pdf.

Wyniki obliczeń sprawdzających wykonane kalkulatorem JRC (PVGIS) udostępnionym przez Komisję Europejską przedstawiono na rys. 4.3.32.



Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 50°15'48" North, 19°0'22" East, Elevation: 263 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 1.4 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.0% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.9%

Other losses (cables, inverter etc.): 10.0%

Combined PV system losses: 18.7%

Fixed system: inclination=45 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	1.55	48.2	1.27	39.4
Feb	2.44	68.2	2.05	57.4
Mar	4.09	127	3.52	109
Apr	5.34	160	4.79	144
May	5.38	167	4.98	154
Jun	5.26	158	4.94	148
Jul	5.11	158	4.84	150
Aug	5.20	161	4.89	152
Sep	4.28	129	3.88	117
Oct	2.94	91.3	2.60	80.4
Nov	1.82	54.6	1.53	46.0
Dec	1.32	40.8	1.09	33.7
Year	3.73	114	3.37	103
Total for year		1360		1230

Rys. 4.3.32. Wyniki obliczeń produkcji energii elektrycznej przez ogniwa fotowoltaiczne przy użyciu kalkulatora JRC (PVGIS)

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Objaśnienie oznaczeń i warunków:

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged - *PVGIS (c) European Communities, 2001-2012.*

Obliczona kalkulatorem JRC (PVGIS) roczna produkcja energii elektrycznej w zdefiniowanym ogniwie fotowoltaicznym wynosi 1360 kWh, a więc jest bardzo zbliżona do wyniku uzyskanego przy użyciu programu *AnalizatorOZE*.



Agregat kogeneracyjny

Agregat kogeneracyjny może pracować w następujących trybach pracy:

- stała moc w ciągu całego roku,
- stała moc i praca tylko w sezonie grzewczym,
- nadążanie za zapotrzebowaniem ciepła.

W celu kontroli prawidłowości obliczeń produkcji energii elektrycznej przez agregat kogeneracyjny wykonano obliczenia w programie *AnalizatorOZE* dla budynku jednorodzinnego zlokalizowanego w Katowicach.

Na rys. 4.3.33. przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania ciepła na potrzeby c.o. i c.w.u. oraz energii elektrycznej w programie *AnalizatorOZE* dla przykładowego budynku.

Wartości obliczone	
Roczna ilość ciepła wymagana do wytworzenia przez źródło	31280,55 kWh
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na energię za źródłem w sezonie grzewczym	4,91 kWh

Parametry wejściowe		
Tylko sezon grzewczy	Tak	
Nominalne obciążenie cieplne	15 kW	
Zapotrzebowanie roczne wg	normy PN-EN ISO 13790	
Parametry budynku	Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową	25600.0 kWh
	Sprawność akumulacji instalacji grzewczej	1
	Sprawność dystrybucji instalacji grzewczej	0,93
	Sprawność regulacji instalacji grzewczej	0,88

Roczne zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby CWU do wytworzenia przez źródło	4482,44 kWh
Roczne zapotrzebowanie na ciepło użytkowe na potrzeby CWU	2689,46 kWh
Moc nominalna na potrzeby CWU	25,87 kW
Dobowe zużycie wody	156 dm³

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Zapotrzebowanie roczne na energię elektryczną	3200 kWh
Zapotrzebowanie na energię elektryczną średniogodzinowe w skali roku	0,37 kWh
Zapotrzebowanie na energię elektryczną maksymalne godzinowe w skali roku	4,54 kWh

Parametry mieszkań

Mieszkanie 1	Zapotrzebowanie	3200 kWh
	Klasa	G11 - Domy

Rys. 4.3.33. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* zapotrzebowania ciepła na potrzeby c.o. i c.w.u. oraz energii elektrycznej dla przykładowego budynku jednorodzinnego

Na rys. 4.3.34. przedstawiono wyniki obliczeń programu *AnalizatorOZE* w zakresie wytwarzania ciepła i energii elektrycznej dla rozpatrywanego budynku wyposażonego w agregat kogeneracyjny, pracujący w trybie nadążania za zapotrzebowaniem ciepła.

Wartości obliczone

Roczna produkcja energii elektrycznej	3675,31 kWh
Średnia godzinowa produkcja energii elektrycznej	0,42 kWh
Zaspokojenie zapotrzebowania na energię elektryczną	114,85 %
Roczna produkcja ciepła	7350,61 kWh
Średnia godzinowa produkcja ciepła	0,84 kWh
Zaspokojenie zapotrzebowania na ciepło	20,55 %
Ilość godzin pracy (w roku)	809 h (9,24 %)
Roczne zapotrzebowanie na paliwo	1097,97 m³

Parametry generatora

Sposób sterowania	Nadążanie za ciepłem
Rodzaj paliwa	Gaz ziemny GZ-50
Moc elektryczna	8 kW
Moc cieplna	16 kW
Minimum techniczne	50 %
Sprawność elektryczna	35 %

Rys. 4.3.34. Wyniki obliczeń wg programu *AnalizatorOZE* produkcji ciepła i energii elektrycznej przez agregat kogeneracyjny

W dalszej kolejności dokonano eksportu wyników obliczeń zapotrzebowań oraz godzinowej produkcji ciepła i energii elektrycznej przez agregat kogeneracyjny do pliku *.csv.

Następnie w arkuszu kalkulacyjnym obliczono łączne zapotrzebowanie budynku na ciepło oraz godzinowe wielkości produkcji ciepła i energii elektrycznej dla agregatu. Suma godzinowych wartości produkcji ciepła wyniosła 7350,61 kWh, a energii elektrycznej 3675,31Wh, które to wartości są zgodne z wynikami obliczeń programu. W tabeli 4.3.14. przedstawiono częściowe wyniki obliczeń dla agregatu kogeneracyjnego zainstalowanego w przykładowym budynku.

Tabela 4.3.14. Obliczenia godzinowych wielkości produkcji ciepła i energii elektrycznej przez agregat kogeneracyjny

Godzina w roku	Obliczenia zapotrzebowania energii wg programu <i>AnalizatorOZE</i>				Obliczenia sprawdzające produkcję ciepła i energii elektrycznej	
	Q _{Hi} [kWh]	Q _{wi} [kWh]	Q _i [kWh]	E _i [kWh]	Q _{CHPi} [kWh]	E _{CHPi} [kWh]
1	9,87827168	0,00867253	9,8869442	0,2441124	9,886944202	4,9434721
2	9,59240512	0,00867253	9,6010776	0,2019285	9,601077641	4,80053882
3	9,33830161	0,00867253	9,3469741	0,2262136	9,346974132	4,67348707
4	9,05243535	0,00867253	9,0611079	0,2382341	9,061107874	4,53055394
5	9,21125	0,00867253	9,2199225	0,0331495	9,219922529	4,60996126
6	9,33830161	0,00867253	9,3469741	0,9740568	9,346974132	4,67348707
7	9,49711626	0,71412745	10,211244	0,1074272	10,21124371	5,10562186
8	9,43359046	1,9128929	11,346483	0,1679434	11,34648336	5,67324168
9	9,37006466	0,81809464	10,188159	0,1413729	10,1881593	5,09407965
10	9,30653886	0,59764856	9,9041874	0,5700867	9,904187417	4,95209371
11	8,63951718	0,52217852	9,1616957	0,3542189	9,1616957	4,58084785
12	7,97249566	0,49496712	8,4674628	0,3191782	8,467462779	4,23373139
13	7,30547414	0,49062887	7,796103	0,3111826	0	0

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



14	7,40076292	0,49984344	7,9006064	0,6003166	0	0
15	7,4642888	0,51830055	7,9825893	0,4930924	0	0
16	7,55957757	0,54332778	8,1029054	0,6340438	8,102905351	4,05145268
17	7,75015521	0,57232216	8,3224774	0,3326852	8,322477365	4,16123868
18	7,90896986	0,60152491	8,5104948	0,4005868	8,510494772	4,25524739
19	8,09954742	0,62469023	8,7242376	0,5329452	8,724237646	4,36211882
20	8,19483627	0,63182096	8,8266572	0,4180922	8,826657227	4,41332861
21	8,29012497	0,60922098	8,899346	0,5659581	8,899345952	4,44967298
22	8,38541383	0,54346832	8,9288821	0,4234293	8,928882144	4,46444107
23	8,35365093	0,43070263	8,7843536	0,2660282	8,784353556	4,39217678
24	8,29012497	0,28509473	8,5752197	0,1630316	8,575219703	4,28760985
25	8,25836207	0,01892187	8,2772839	0,302851	8,277283946	4,13864197
26	8,19483627	0,01892187	8,2137581	0,37789	8,213758144	4,10687907
27	8,16307322	0,01892187	8,1819951	0,2595677	8,181995092	4,09099755
28	8,09954742	0,01892187	8,1184693	0,2400617	8,11846929	4,05923465

•
•
•

8737	6,89255605	0,01971028	6,9122663	0,2353356	0	0
8738	6,98784483	0,01971028	7,0075551	0,2116088	0	0
8739	7,05137071	0,01971028	7,071081	0,3747169	0	0
8740	7,14665949	0,01971028	7,1663698	0,2439521	0	0
8741	7,21018536	0,01971028	7,2298956	0,5469129	0	0
8742	7,27371124	0,01971028	7,2934215	0,3415428	0	0
8743	7,33723704	1,09710259	8,4343396	0,2309576	8,434339633	4,21716982

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

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

8744	7,33723704	1,17274886	8,5099859	0,5632029	8,509985903	4,25499295
8745	7,36900002	1,05315165	8,4221517	0,0993857	8,422151669	4,21107583
8746	7,36900002	0,90665887	8,2756589	0,2404464	8,275658886	4,13782944
8747	7,11489659	0,78398552	7,8988821	0,3018555	0	0
8748	6,89255605	0,68907205	7,5816281	1,1373094	0	0
8749	6,63845258	0,61640815	7,2548607	0,8294344	0	0
8750	6,60668966	0,56055415	7,1672438	0,1480466	0	0
8751	6,60668966	0,51792121	7,1246109	0,2281251	0	0
8752	6,57492672	0,48734454	7,0622713	0,1298324	0	0
8753	6,79726724	0,47217497	7,2694422	0,8757776	0	0
8754	7,01960773	0,4908114	7,5104191	0,4016125	0	0
8755	7,24194826	0,64628905	7,8882373	0,1416974	0	0
8756	7,27371124	1,62325519	8,8969664	0,1954833	8,896966434	4,44848322
8757	7,30547414	1,23395592	8,5394301	0,0580232	8,539430064	4,26971503
8758	7,33723704	0,65225722	7,9894943	0,1809016	0	0
8759	7,40076292	0,49583974	7,8966027	0,2081594	0	0
8760	7,4325259	0,43013909	7,862665	0,7494417	0	0
Suma						
[kWh]	31280,5474	4482,43842	35762,986	3200	7350,610176	3675,30509
stopień pokrycia zapotrzebowania ciepła i energii elektrycznej dla budynku					20,55%	114,85%

Przeprowadzono także obliczenia sprawdzające dla pozostałych trybów pracy, które potwierdziły prawidłowość obliczeń wykonywanych przez program *AnalizatorOZE*.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Mikrowiatrak

Sprawdzenie poprawności obliczeń produkcji energii elektrycznej przez mikrowiatrak w rozkładzie godzinowym polegało na przeprowadzeniu obliczeń przy wsparciu programu *AnalizatorOZE* oraz porównaniu uzyskanych wyników z wynikami otrzymanymi przy użyciu arkusza kalkulacyjnego. W tym celu utworzono plik danych dla budynku zlokalizowanego w pobliżu stacji meteorologicznej w Katowicach. Zapotrzebowanie roczne energii elektrycznej dla przykładowego budynku wynosi 3200 kWh. Wyniki obliczeń mikrowiatraka pracującego na potrzeby przykładowego budynku przedstawiono na rys. 4.3.35.

Wartości obliczone	
Roczna produkcja energii elektrycznej	305,01 kWh
Średnia godzinowa produkcja energii elektrycznej	0,03 kWh
Zaspokojenie zapotrzebowania na energię elektryczną	9,53 %
Ilość godzin pracy (w roku)	4024 h (45,94 %)
Średnia prędkość wiatru	2,59 m/s

Parametry wejściowe		
Typ terenu	Teren otwarty bez przeszkód	
Wiatrak 1: Trzyplątowy	Wysokość wiatraka	10 m
	Minimalna prędkość wiatru	3 m/s
	Nominalna prędkość wiatru	13 m/s
	Maksymalna prędkość wiatru	32 m/s
	Powierzchnia	7,06 m²
	Moc	1 kW

Rys. 4.3.35. Wyniki obliczeń z programu *AnalizatorOZE* produkcji energii elektrycznej przez mikrowiatrak

Do pliku utworzonego w arkuszu kalkulacyjnym wprowadzono wektor prędkości wiatru dla stacji meteorologicznej Katowice z pliku *wmo125600iso.txt*, pobranego ze strony internetowej Ministerstwa Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej [4.1].

Następnie obliczono w skali roku godzinowe wielkości produkcji energii elektrycznej przez mikrowiatrak oraz sumę rocznej produkcji i stopień pokrycia zapotrzebowania dla przykładowego budynku. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 4.3.15.

Tabela 4.3.15. Obliczenia godzinowych wielkości produkcji energii elektrycznej przez mikrowiatrak

Godzina w roku	Dane meteorologiczne wg [4.1]	Zapotrzebowanie energii elektrycznej wg programu <i>AnalizatorOZE</i>	Obliczenia sprawdzające produkcję energii elektrycznej			
	WS _i [m/s]	E _i [kWh]	WSH _i [m/s]	WPJ _i [kW]	Wη _n [-]	WE _i [kWh]
1	0	0,2441124	0	0	0,105259	0
2	0	0,2019285	0	0	0,105259	0
3	0	0,2262136	0	0	0,105259	0
4	0	0,2382341	0	0	0,105259	0
5	0	0,0331495	0	0	0,105259	0
6	0	0,9740568	0	0	0,105259	0
7	0	0,1074272	0	0	0,105259	0
8	0	0,1679434	0	0	0,105259	0
9	0	0,1413729	0	0	0,105259	0
10	1	0,5700867	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
11	0	0,3542189	0	0	0,105259	0
12	0	0,3191782	0	0	0,105259	0
13	0	0,3111826	0	0	0,105259	0
14	0	0,6003166	0	0	0,105259	0
15	0	0,4930924	0	0	0,105259	0
16	0	0,6340438	0	0	0,105259	0
17	0	0,3326852	0	0	0,105259	0

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



18	1	0,4005868	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
19	2	0,5329452	2,348636795	0,007935123	0,105259	0
20	1	0,4180922	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
21	1	0,5659581	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
22	1	0,4234293	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
23	0	0,2660282	0	0	0,105259	0
24	0	0,1630316	0	0	0,105259	0
25	0	0,302851	0	0	0,105259	0
26	0	0,37789	0	0	0,105259	0
27	0	0,2595677	0	0	0,105259	0
28	1	0,2400617	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
29	1	0,522243	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
30	1	0,1555568	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
31	1	0,2207867	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
32	1	0,2365045	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
33	1	0,2378609	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
34	1	0,5357058	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
35	1	0,2529067	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
36	2	0,212925	2,348636795	0,007935123	0,105259	0
37	3	0,3371881	3,522955192	0,026781041	0,105259	0,019901752
38	2	0,3820431	2,348636795	0,007935123	0,105259	0
39	2	0,1187713	2,348636795	0,007935123	0,105259	0
40	2	0,1542439	2,348636795	0,007935123	0,105259	0
41	2	0,2911877	2,348636795	0,007935123	0,105259	0

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Zadanie badawcze nr 3:

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

42	2	0,150569	2,348636795	0,007935123	0,105259	0
43	3	0,322925	3,522955192	0,026781041	0,105259	0,019901752
44	3	0,1385884	3,522955192	0,026781041	0,105259	0,019901752
45	3	0,159743	3,522955192	0,026781041	0,105259	0,019901752
46	3	0,5778399	3,522955192	0,026781041	0,105259	0,019901752
47	3	0,1643805	3,522955192	0,026781041	0,105259	0,019901752
48	3	0,4898958	3,522955192	0,026781041	0,105259	0,019901752
49	4	0,2793995	4,69727359	0,063480986	0,105259	0,047174522
50	4	0,1987315	4,69727359	0,063480986	0,105259	0,047174522
51	4	0,1647541	4,69727359	0,063480986	0,105259	0,047174522

•
•
•

8737	2	0,2353356	2,348636795	0,007935123	0,105259	0
8738	2	0,2116088	2,348636795	0,007935123	0,105259	0
8739	2	0,3747169	2,348636795	0,007935123	0,105259	0
8740	2	0,2439521	2,348636795	0,007935123	0,105259	0
8741	2	0,5469129	2,348636795	0,007935123	0,105259	0
8742	2	0,3415428	2,348636795	0,007935123	0,105259	0
8743	2	0,2309576	2,348636795	0,007935123	0,105259	0
8744	1	0,5632029	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
8745	1	0,0993857	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
8746	1	0,2404464	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
8747	1	0,3018555	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
8748	1	1,1373094	1,174318397	0,00099189	0,105259	0

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



8749	2	0,8294344	2,348636795	0,007935123	0,105259	0
8750	1	0,1480466	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
8751	1	0,2281251	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
8752	1	0,1298324	1,174318397	0,00099189	0,105259	0
8753	0	0,8757776	0	0	0,105259	0
8754	0	0,4016125	0	0	0,105259	0
8755	0	0,1416974	0	0	0,105259	0
8756	0	0,1954833	0	0	0,105259	0
8757	0	0,0580232	0	0	0,105259	0
8758	0	0,1809016	0	0	0,105259	0
8759	0	0,2081594	0	0	0,105259	0
8760	0	0,7494417	0	0	0,105259	0
Średnia roczna prędkość wiatru [m/s] 2,59	Zapotrzebowanie energii elektrycznej w budynku [kWh] 3200	Średnia roczna prędkość wiatru na łopatkach turbiny [m/s] 3,04	Roczna produkcja energii elektrycznej przez mikrowiatrak [kWh] 305,3	stopień pokrycia zapotrzebowania energii elektrycznej 9,54 %		

Obliczenia powtórzono następnie dla innych typów wiatraków i innych lokalizacji budynku. Wykonane obliczenia sprawdzające wykazują zgodność z obliczeniami przeprowadzonymi w programie *AnalizatorOZE*.

Turbina wodna

Kontrola poprawności obliczeń wykonywanych w programie *AnalizatorOZE* dotyczących wytwarzania energii elektrycznej w małej turbinie wodnej polegała na:

- sprawdzeniu obliczeń dobowego przepływu wody obliczanego 4 metodami (bezpośrednią, Ponceleta'a, Thomsona i naczynia podstawionego),
- obliczeniu godzinowej i rocznej produkcji energii elektrycznej wg wybranej metody przepływu wody (metoda Thomsona),
- porównaniu wyników obliczeń produkcji energii elektrycznej programu *AnalizatorOZE* z wartościami otrzymanymi z kontrolnymi wyliczeniami.

Wyniki obliczeń produkcji energii elektrycznej przy użyciu programu *AnalizatorOZE* przedstawiono na rys. 4.3.36.

Wartości obliczone	
Roczna produkcja energii elektrycznej	229,87 kWh
Średnia godzinowa produkcja energii elektrycznej	0,03 kWh
Zaspokojenie zapotrzebowania na energię elektryczną	7,18 %
Ilość godzin pracy (w roku)	8760 h (100 %)
Średni przepływ dzienny	0,321 m³/s

Parametry wejściowe		
Spad		10 m
Parametry turbiny	Typ	Turbina Archimedes'a - moc 1-500 kW
	Sprawność wewnętrzna	92 %
	Sprawność elektromechaniczna	92 %
Przepływy	Metoda	Metoda Thomson'a
	Kąt przelewu	90 °

Rys. 4.3.36. Wyniki obliczeń wg programu *AnalizatorOZE* produkcji energii elektrycznej przez turbinę wodną

Obliczenia sprawdzające dobowego przepływu wody dały te same rezultaty co wyniki uzyskane w programie komputerowym *AnalizatorOZE*. Podobnie obliczenia godzinowych



wielkości produkcji energii elektrycznej przez turbinę wodną oraz sumy rocznej potwierdziły zgodność procedur programowych z założonym algorytmem w obliczeniach sprawdzających.

➤ Sprawdzenie poprawności obliczeń w zakresie bilansów energii

W bilansach ciepła i energii elektrycznej wykorzystywane są dane dotyczące zapotrzebowania budynku na nośniki energii oraz wielkość produkcji w zdefiniowanych źródłach. Ponadto w bilansach mogą uczestniczyć zasobniki ciepła i akumulatory energii elektrycznej, pozwalające wykorzystać chwilowe nadwyżki produkcji w stosunku do potrzeb. W celu kontroli prawidłowości działania oraz dostarczanych wyników procedur bilansowych, przeprowadzono szereg obliczeń, najpierw dla oddzielnych bilansów ciepła i energii elektrycznej, a następnie dla bilansów wspólnych (bilans energii całkowitej). Obliczenia bilansowe przeprowadzono od najprostszych konfiguracji tj. jeden rodzaj potrzeb i jedno źródło wytwórcze do bardziej złożonych, obejmujących wspólne bilanse i kilka źródeł wytwarzania ciepła lub energii elektrycznej. Przeanalizowano również wpływ zasobnika ciepła i akumulatora energii elektrycznej na rezultaty obliczeń bilansowych.

Wykorzystano możliwości środowiska programistycznego języka Java, użytego do tworzenia programu komputerowego *AnalizatorOZE*, w celu śledzenia wartości określonych zmiennych podczas wykonywania poszczególnych procedur bilansowych. W szczególności miało to zastosowanie w przypadku ładowania i rozładowania zasobnika ciepła oraz akumulatora energii elektrycznej, a także przy określaniu nadwyżek i niedoborów ciepła lub energii elektrycznej. Przeprowadzona kontrola obliczeń wykazała, że wyniki pośrednie są zgodne z algorytmem, a wyniki końcowe bilansów zgodne są z oczekiwanymi rezultatami.

➤ Sprawdzenie poprawności obliczeń w zakresie wyznaczania wartości funkcji korzyści

Wartości funkcji korzyści częściowo mają charakter danych wprowadzanych przez użytkownika np. bezpieczeństwo dostaw energii, komfort użytkowania czy nakłady inwestycyjne, a częściowo są wyliczane przez program komputerowy *AnalizatorOZE*.

Wartościami obliczanymi przez program są następujące wskaźniki ekonomiczne:

- roczne koszty eksploatacyjne K_e [zł/rok]
- wartość zaktualizowana netto NPV [zł]
- wskaźnik wartości bieżącej netto NPVR [-]
- wskaźnik zyskowności lub opłacalności PI [-]
- wartość prostego okresu zwrotu PP [lata]
- wartość zdyskontowanego okresu zwrotu DPP [lata]
- wewnętrzna stopa zwrotu IRR [%]

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



oraz wskaźnik ekologiczny w postaci wielkość emisji dwutlenku węgla wprowadzanego do atmosfery w wyniku spalania paliw do celów zaopatrzenia budynku w energię. Wskaźniki emisji dwutlenku węgla przyjęto na podstawie danych zawartych w dokumentacji z realizacji prac Etapu nr 17 zadania badawczego nr 3 [4.2].

W ramach testowania i kontroli wyników programu *AnalizatorOZE* przeprowadzono obliczenia wskaźników ekonomicznych charakterystycznych dla poszczególnych rozwiązań (bilansów). Na rys. 4.3.37 przedstawiono wyniki obliczeń wskaźników ekonomicznych w programie *AnalizatorOZE* dla rozpatrywanego przykładowego bilansu.

Wskaźniki ekonomiczne		
NPV (Wartość bieżąca netto)	Okres eksploatacji w latach	15
	Koszt inwestycji	1200 PLN
	Koszt użytkowania przed inwestycją	540 PLN
	Koszt użytkowania po inwestycji	300 PLN
	Dotacja stała	0 PLN
	Dotacja zmienna	0 %
	Stopa dyskontowa	6 %
	Wartość wskaźnika	1130,94 PLN
NPVR (Wskaźnik wartości bieżącej netto)	Okres eksploatacji w latach	15
	Koszt inwestycji	1200 PLN
	Koszt użytkowania przed inwestycją	540 PLN
	Koszt użytkowania po inwestycji	300 PLN
	Dotacja stała	0 PLN
	Dotacja zmienna	0 %
	Stopa dyskontowa	6 %
	Wartość wskaźnika	94,24 %

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



PI (Wskaźnik zyskowności)	Okres eksploatacji w latach	15
	Koszt inwestycji	1200 PLN
	Koszt użytkowania przed inwestycją	540 PLN
	Koszt użytkowania po inwestycji	300 PLN
	Dotacja stała	0 PLN
	Dotacja zmienna	0 %
	Stopa dyskontowa	6 %
	Wartość wskaźnika	194,24 %
PP (Prosty okres zwrotu)	Okres eksploatacji w latach	15
	Koszt inwestycji	1200 PLN
	Koszt użytkowania przed inwestycją	540 PLN
	Koszt użytkowania po inwestycji	300 PLN
	Dotacja stała	0 PLN
	Dotacja zmienna	0 %
	Stopa dyskontowa	6 %
	Wartość wskaźnika	5 lat
DPP (Zdyskontowany okres zwrotu)	Okres eksploatacji w latach	15
	Koszt inwestycji	1200 PLN
	Koszt użytkowania przed inwestycją	540 PLN
	Koszt użytkowania po inwestycji	300 PLN
	Dotacja stała	0 PLN
	Dotacja zmienna	0 %
	Stopa dyskontowa	6 %
	Wartość wskaźnika	6 lat
IRR (Wartość wewnętrzna stopy zwrotu)	Okres eksploatacji w latach	15
	Koszt inwestycji	1200 PLN
	Koszt użytkowania przed inwestycją	540 PLN
	Koszt użytkowania po inwestycji	300 PLN
	Dotacja stała	0 PLN
	Dotacja zmienna	0 %
	Wartość wskaźnika	18,5 %

Rys. 4.3.37. Wyniki obliczeń w programie *AnalizatorOZE* wskaźników ekonomicznych

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Następnie przeprowadzono obliczenia kontrolne w arkuszu kalkulacyjnym, a wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 4.3.16.

Tabela 4.3.16. Obliczenia kontrolne wskaźników ekonomicznych

Stopa dyskonta		r	6,0%																
PRZYCHODY I WYDATKI			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1.	Przychody	P_t	0	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	
	Zmniejszenie kosztów eksploatacji	-DK	0	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	
2.	Wydatki	W_t	1 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Nakłady inwestycyjne	J_t	1 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3.	Przepływ pieniężny	CF_t	-1 200	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	
	Zdyskontowany przepływ pieniężny	$a_t CF_t$	-1 200	226	214	202	190	179	169	160	151	142	134	126	119	113	106	100	
	Skumulowany zdyskontowany przepływ pieniężny	NPV_t	-1 200	-974	-760	-558	-368	-189	-20	140	291	433	567	693	812	925	1 031	1 131	
	Współczynnik dyskontujący	a_t	1	0,943	0,890	0,840	0,792	0,747	0,705	0,665	0,627	0,592	0,558	0,527	0,497	0,469	0,442	0,417	
	Prosty okres zwrotu nakładów	SPB	5,0																
	Zdyskontowany okres zwrotu nakładów	DPB	6,1																
	Wartość bieżąca netto	NPV	1 131 zł																
	Wskaźnik wartości bieżącej netto	NPVR	0,94																
	Wewnętrzna stopa zwrotu	IRR	18,4%																

Obliczono także wielkości emisji dwutlenku węgla dla różnych nośników energii i porównano je z wynikami uzyskanymi przy użyciu programu. Na podstawie tego porównania stwierdza się, że program komputerowy *AnalizatorOZE* wykonuje obliczenia emisji dwutlenku węgla prawidłowo, zgodnie z ustalonym algorytmem.

➤ Sprawdzenie poprawności obliczeń w zakresie wyznaczania rankingu rozwiązań

Sprawdzenie poprawności obliczeń rankingu rozwiązań polegało na przeprowadzeniu obliczeń z pomocą programu *AnalizatorOZE* oraz porównaniu ich wyników z wynikami otrzymanymi przy użyciu arkusza kalkulacyjnego. W tym celu utworzono plik danych dla budynku mieszkalnego zlokalizowanego w pobliżu stacji meteorologicznej w Katowicach. Dla pokrycia zapotrzebowania budynku na ciepło w zakresie ogrzewania i przygotowania c.w.u. dobrano źródła ciepła i utworzono 5 wariantów rozwiązań (bilansów ciepła). Wyniki zbiorcze przykładowych bilansów ciepła dla budynku mieszkalnego przestawiono w tabeli 4.3.17.

Tabela 4.3.17. Wyniki przykładowych obliczeń bilansów ciepła w programie *AnalizatorOZE*Bilans ciepła 1

Wartości obliczone

Stopień zaspokojenia potrzeb energetycznych	100 %
Suma niewykorzystanych nadwyżek ciepła	0 kWh
Suma niedoborów ciepła	0 kWh
Wymagana pojemność zasobnika	800 dm ³
Udział OZE	0 %
Emisja CO ₂	20352,71 kg

Źródło podstawowe

Średnioroczny stopień wykorzystania mocy	0 %
Roczna produkcja	0 kWh
Stopień zaspokojenia potrzeb	0 %
Ilość godzin pracy (w roku)	0 h (0%)

Źródło szczytowe

Średnioroczny stopień wykorzystania mocy	27,42 %
Roczna produkcja	35762,99 kWh
Stopień zaspokojenia potrzeb	100 %
Ilość godzin pracy (w roku)	8760 h (100%)

Dane wejściowe

Pokryj zapotrzebowanie na potrzeby CO	Tak
Pokryj zapotrzebowanie na potrzeby CWU	Tak

Etap nr 19:



Zadanie badawcze nr 3:

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

Źródło podstawowe	Brak
Źródło szczytowe	Kocioł konwencjonalny 1

Zasobnik ciepła

Pojemność	800 dm ³
Różnica temperatur	45 °C
Średnica rury dolotowej	26 mm
Maksymalna temperatura zasobnika	95 °C

Bilans ciepła 2

Wartości obliczone

Stopień zaspokojenia potrzeb energetycznych	100 %
Suma niewykorzystanych nadwyżek ciepła	0 kWh
Suma niedoborów ciepła	0 kWh
Wymagana pojemność zasobnika	800 dm ³
Udział OZE	100 %
Emisja CO ₂	12230,94 kg

Źródło podstawowe

Średnioroczny stopień wykorzystania mocy	0 %
Roczna produkcja	0 kWh
Stopień zaspokojenia potrzeb	0 %
Ilość godzin pracy (w roku)	0 h (0%)

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Źródło szczytowe

Średnioroczny stopień wykorzystania mocy	10,36 %
Roczna produkcja	35762,99 kWh
Stopień zaspokojenia potrzeb	100 %
Ilość godzin pracy (w roku)	8760 h (100%)

Dane wejściowe

Pokryj zapotrzebowanie na potrzeby CO	Tak
Pokryj zapotrzebowanie na potrzeby CWU	Tak
Źródło podstawowe	Brak
Źródło szczytowe	Pompa z pionowym wymiennikiem 3

Zasobnik ciepła

Pojemność	800 dm ³
Różnica temperatur	45 °C
Średnica rury dolotowej	26 mm
Maksymalna temperatura zasobnika	95 °C

Bilans ciepła 3

Wartości obliczone

Stopień zaspokojenia potrzeb energetycznych	100 %
Suma niewykorzystanych nadwyżek ciepła	0 kWh
Suma niedoborów ciepła	0 kWh

Etap nr 19:



Wymagana pojemność zasobnika	800 dm ³
Udział OZE	100 %
Emisja CO ₂	12230,94 kg

Źródło podstawowe

Średnioroczny stopień wykorzystania mocy	0 %
Roczna produkcja	0 kWh
Stopień zaspokojenia potrzeb	0 %
Ilość godzin pracy (w roku)	0 h (0%)

Źródło szczytowe

Średnioroczny stopień wykorzystania mocy	10,36 %
Roczna produkcja	35762,99 kWh
Stopień zaspokojenia potrzeb	100 %
Ilość godzin pracy (w roku)	8760 h (100%)

Dane wejściowe

Pokryj zapotrzebowanie na potrzeby CO	Tak
Pokryj zapotrzebowanie na potrzeby CWU	Tak
Źródło podstawowe	Brak
Źródło szczytowe	Pompa z pionowym wymiennikiem 4

Zasobnik ciepła

Pojemność	800 dm ³
-----------	---------------------

Etap nr 19:



Różnica temperatur	45 °C
Średnica rury dolotowej	26 mm
Maksymalna temperatura zasobnika	95 °C

Bilans ciepła 4

Wartości obliczone

Stopień zaspokojenia potrzeb energetycznych	100 %
Suma niewykorzystanych nadwyżek ciepła	1353,87 kWh
Suma niedoborów ciepła	0 kWh
Wymagana pojemność zasobnika	750 dm ³
Udział OZE	7,65 %
Emisja CO ₂	18798,07 kg

Źródło podstawowe

Średnioroczny stopień wykorzystania mocy	4,26 %
Roczna produkcja	4090,31 kWh
Stopień zaspokojenia potrzeb	7,65 %
Ilość godzin pracy (w roku)	4393 h (50,16%)

Źródło szczytowe

Średnioroczny stopień wykorzystania mocy	25,32 %
Roczna produkcja	33031,22 kWh
Stopień zaspokojenia potrzeb	92,36 %
Ilość godzin pracy (w roku)	7243 h (82,68%)

Etap nr 19:



Dane wejściowe

Pokryj zapotrzebowanie na potrzeby CO	Tak
Pokryj zapotrzebowanie na potrzeby CWU	Tak
Źródło podstawowe	Kolektor słoneczny 1
Źródło szczytowe	Kocioł konwencjonalny 1

Zasobnik ciepła

Pojemność	750 dm ³
Różnica temperatur	45 °C
Średnica rury dolotowej	26 mm
Maksymalna temperatura zasobnika	95 °C

Bilans ciepła 5

Wartości obliczone

Stopień zaspokojenia potrzeb energetycznych	38,77 %
Suma niewykorzystanych nadwyżek ciepła	1353,87 kWh
Suma niedoborów ciepła	21898,34 kWh
Wymagana pojemność zasobnika	750 dm ³
Udział OZE	38,78 %
Emisja CO ₂	3807,44 kg

Źródło podstawowe

Średnioroczny stopień wykorzystania mocy	4,26 %
--	--------

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Roczna produkcja	4090,31 kWh
Stopień zaspokojenia potrzeb	7,65 %
Ilość godzin pracy (w roku)	4393 h (50,16%)

Źródło szczytowe

Średnioroczny stopień wykorzystania mocy	70,53 %
Roczna produkcja	11132,88 kWh
Stopień zaspokojenia potrzeb	31,13 %
Ilość godzin pracy (w roku)	7243 h (82,68%)

Dane wejściowe

Pokryj zapotrzebowanie na potrzeby CO	Tak
Pokryj zapotrzebowanie na potrzeby CWU	Tak
Źródło podstawowe	Kolektor słoneczny 1
Źródło szczytowe	Pompa z poziomym wymiennikiem 1

Zasobnik ciepła

Pojemność	750 dm ³
Różnica temperatur	45 °C
Średnica rury dolotowej	26 mm
Maksymalna temperatura zasobnika	95 °C

Następnie zdefiniowano funkcje korzyści i ich wagi preferencji oraz przeprowadzono ranking rozpatrywanych rozwiązań. Wyniki rankingu rozwiązań przedstawiono w tabeli 4.3.18.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie

Tabela 4.3.18. Wyniki obliczeń rankingu rozwiązań w programie *AnalizatorOZE*

Wartości obliczone

Bilans	Dominacja wyjścia	Dominacja wejścia	Dominacja netto
Bilans ciepła 1	0,517	0,212	0,305
Bilans ciepła 5	0,384	0,286	0,098
Bilans ciepła 2	0,273	0,286	-0,013
Bilans ciepła 4	0,263	0,421	-0,158
Bilans ciepła 3	0,213	0,446	-0,233

Parametry wejściowe

Kryterium (funkcja korzyści)	Waga preferencji dla kryterium
Koszt inwestycji	70 %
Udział OZE	20 %
Bezpieczeństwo dostaw	60 %
Koszt eksploatacji	90 %
Wskaźniki ekonomiczne	95 %
Emisja CO ₂	30 %

Dla przedstawionych bilansów ciepła tj. wariantowych rozwiązań zaopatrzenia budynku w ciepło przeprowadzono obliczenia dla wyznaczenia rankingu rozwiązań. Zestawienie bilansów ciepła jako zbioru decyzji i ich rezultatów (wartości funkcji korzyści) zawiera tabela 4.3.19.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Tabela 4.3.19. Zestawienie obliczeń wartości funkcji korzyści dla analizowanych bilansów ciepła

Kryterium:

Funkcja korzyści K_n	K inw	K ekspl	PP	Emisja CO ₂	Udział OZE	Bezp. dostaw
Wymiar	PLN	PLN	lata	kg	%	%

Decyzje:

Wariant rozwiązania (decyzja):	D_{ij}	K inw	K ekspl	PP	Emisja CO ₂	Udział OZE	Bezp. dostaw
Bilans ciepła 1 (KK)	D1	5000,0	3360,0	5,00	20352,71	0,00	90,0
Bilans ciepła 2 (PC3)	D2	8000,0	2400,0	13,33	12230,94	100,00	40,0
Bilans ciepła 3 (PC4)	D3	10500,0	2400,0	17,50	12230,94	100,00	40,0
Bilans ciepła 4 (KS + KK)	D4	9000,0	4766,0	7,29	18798,07	7,65	80,0
Bilans ciepła 5 (KS + PC1)	D5	14000,0	2400,0	4,52	3807,44	38,78	50,0
Wagi kryteriów:		K inw	K ekspl	PP	Emisja CO₂	Udział OZE	Bezp. dostaw
Waga kryterium (znormalizowana)	w_n	0,19	0,25	0,26	0,08	0,05	0,16
kierunek		min	min	min	min	max	max

Zgodnie z algorytmem zawartym w [4.2] wykonano kontrolne obliczenia wartości funkcji preferencji, odchyżeń standardowych, indywidualnych i wielokryterialnych indeksów preferencji oraz dominacji netto. Uzyskane wyniki wskazują taką samą kolejność poszczególnych bilansów ciepła tj. wariantów rozwiązań od najbardziej do najmniej korzystnego, co potwierdza prawidłowość wyników rankingu uzyskanych w programie *AnalizatorOZE*.



Bibliografia do rozdz. 4:

- [4.1] Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków,
https://www.transport.gov.pl/2-48203f1e24e2f-1787735-p_1.htm, 29.04.2013r.
- [4.2] Opracowanie algorytmów programów komputerowych wykorzystania poszczególnych rodzajów OZE w budownictwie. Raport z realizacji prac Etapu nr 17 zadania badawczego nr 3/ SP/B/3/76/469/10, GIG, Katowice 2011 r.
- [4.3] Opis algorytmów obliczeniowych i systemu komputerowego wspomagającego analizy wykorzystania poszczególnych rodzajów OZE w budownictwie. Raport z realizacji prac Etapu nr 18 zadania badawczego nr 3/ SP/B/3/76/469/10, Instytut Technik Innowacyjnych EMAG, Katowice 2012 r.
- [4.4] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>, Photovoltaic Geographical Information System, 28.08.2013 r.

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



5. Przykładowe analizy obliczeniowe przy użyciu programu komputerowego *AnalizatorOZE*

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Poprawa charakterystyki energetycznej istniejących budynków w pełni jest możliwa poprzez wdrażanie instalacji wykorzystujących lokalne zasoby OZE [5.1],[5.2]. Takie przedsięwzięcia wypełniają obowiązkowe wymagania wskazane przez ustawę o efektywności energetycznej [5.3] w odniesieniu do sektora budynków mieszkalnych i obiektów użyteczności publicznej. Aktualnie procedowana nowa ustawa zasadnicza o odnawialnych źródłach energii [5.4] promuje wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej poprzez technologie wykorzystujące OZE, co tym samym poprawia efektywność energetyczną w obszarze budownictwa, jak również zwiększa opłacalność takich inwestycji w gospodarce. Aktualnie przedsięwzięcia modernizacyjne w zakresie instalacji energetycznych w budynkach, oparte na technologiach wykorzystujących OZE są kwalifikowanymi środkami poprawy efektywności energetycznej w tym sektorze gospodarki.

Dla przykładowych trzech typów budynków mieszkalnych o różnej kubaturze i jakości energetycznej wykonano przy wsparciu programu *AnalizatorOZE* analizy wariantowych rozwiązań z zastosowaniem instalacji OZE pokrywających potrzeby energetyczne budynku. Aby wyeliminować wpływ lokalizacji budynku na wielkość rocznego zapotrzebowania ciepła i energii elektrycznej przyjęto dla przykładowych budynków jednakowe usytuowanie geograficzne tj. obliczenia analityczne przeprowadzono dla miasta Katowice, którego lokalizacja przypisana jest do III strefy klimatycznej w Polsce. Analizy przeprowadzone w poszczególnych modułach programu *AnalizatorOZE* dotyczą okresów rocznych przy przyjętym kroku godzinowym w procedurach obliczeniowych.

Dane z charakterystyki energetycznej przykładowych budynków wg [5.1] użyte dla przeprowadzenia analiz wariantów rozwiązań zastosowania instalacji wykorzystujących lokalne zasoby OZE przy wsparciu programu *AnalizatorOZE* przedstawiono w poniższym zestawieniu.

MJ-2- Budynek mieszkalny jednorodzinny

Oznaczenie: MJ-2

Charakterystyka techniczno-użytkowa budynku:

Rodzaj budynku	dom jednorodzinny
Przeznaczenie	mieszkalny
Rok budowy	2003
Liczba kondygnacji	3
Powierzchnia użytkowa	
o regulowanej temperaturze, A_f	187,15 m ²
Kubatura	730 m ³

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Liczba mieszkańców	3
Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do celów ogrzewania i wentylacji, $Q_{H,nd}$	19611 kWh/rok
Nominalne obciążenie cieplne do celów ogrzewania i wentylacji	11,042 kW
Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do celów przygotowania c.w.u., $Q_{W,nd}$	2023 kWh/rok
Średnia roczna sprawność całkowita systemu grzewczego w budynku, $\eta_{H,tot}$	0,88
Średnia roczna sprawność całkowita systemu ciepłej wody w budynku, $\eta_{W,tot}$	0,41
Roczne zapotrzebowanie energii elektrycznej końcowej do napędu urządzeń pomocniczych systemu ogrzewania i wentylacji, $E_{el,pom,H}$	524,02 kWh/rok
Roczne zapotrzebowanie energii elektrycznej końcowej do napędu urządzeń pomocniczych systemu ciepłej wody użytkowej, $E_{el,pom,W}$	199,69 kWh/rok
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania nieodnawialnej energii końcowej dla budynku, EK	144,7 kWh/m ² rok
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania nieodnawialnej energii pierwotnej dla budynku, EP	170,7 kWh/m ² rok

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Wskaźnik rocznego zapotrzebowania
nieodnawialnej energii pierwotnej
dla budynku w warunkach
referencyjnych, EP_{Ref} 137,6 kWh/m²rok

Instalacja c.o. – instalacja wewnętrzna centralnego ogrzewania o parametrach nominalnych 70/55°C z rur miedzianych, z pełną izolacją cieplną, zasilana z kotła kondensacyjnego typu „Vaillant” (paliwo: gaz ziemny); grzejniki konwektorowe.

Instalacja wentylacyjna – grawitacyjna.

Instalacja c.w.u. – instalacja ciepłej wody użytkowej z cyrkulacją, zasobnik ciepłej wody zasilany z kotła gazowego.

Parametr	Instalacja c.o.	Instalacja c.w.u.
Sprawność wytwarzania ciepła	0,94	0,88
Sprawność regulacji	0,97	1
Sprawność przesyłu	0,97	0,7
Sprawność akumulacji	1 (brak zasobnika)	0,67

Instalacja chłodzenia - bez chłodzenia.

Roczne zużycie energii elektrycznej, $E_r = 5500$ kWh/rok

Klasa odbiorcy energii elektrycznej ze względu na rodzaj taryfy i wielkość rocznego zużycia energii elektrycznej: taryfa G11 - Domy.

MW-1- Budynek mieszkalny wielorodzinny

Oznaczenie: MW-1

Charakterystyka techniczno-użytkowa budynku:

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Rodzaj budynku	dom wielorodzinny
Przeznaczenie	mieszkalny
Rok budowy	1930
Liczba kondygnacji	4
Powierzchnia użytkowa o regulowanej temperaturze, A_f	295,43 m ²
Kubatura	1292,8 m ³
Liczba mieszkańców	8
Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do celów ogrzewania i wentylacji, $Q_{H,nd}$	88341,46 kWh/rok
Nominalne obciążenie cieplne do celów ogrzewania i wentylacji	45,181 kW
Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do celów przygotowania c.w.u., $Q_{W,nd}$	5506,66 kWh/rok
Średnia roczna sprawność całkowita systemu grzewczego w budynku, $\eta_{H,tot}$	0,76 (40%), 0,53 (60%)
Średnia roczna sprawność całkowita systemu ciepłej wody w budynku, $\eta_{W,tot}$	0,36
Roczne zapotrzebowanie energii elektrycznej końcowej do napędu urządzeń pomocniczych systemu ogrzewania i wentylacji, $E_{el,pom,H}$	166,02 kWh/rok
Roczne zapotrzebowanie energii elektrycznej końcowej do napędu urządzeń pomocniczych systemu ciepłej wody użytkowej, $E_{el,pom,W}$	0 kWh/rok

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Wskaźnik rocznego zapotrzebowania
nieodnawialnej energii końcowej
dla budynku, EK 546,4 kWh/m²rok

Wskaźnik rocznego zapotrzebowania
nieodnawialnej energii pierwotnej
dla budynku, EP 602,8 kWh/m²rok

Wskaźnik rocznego zapotrzebowania
nieodnawialnej energii pierwotnej
dla budynku w warunkach
referencyjnych, EP_{Ref} 124,55 kWh/m²rok

Instalacja c.o. (udział 40% w systemie grzewczym budynku) - instalacja wewnętrzna centralnego ogrzewania o parametrach nominalnych 90/70°C wykonana z rur miedzianych z pełną izolacją cieplną, zasilana z kotła wielopaliwowego typu „Innovex” o sprawności 86 % (paliwo: węgiel kamienny, węgiel brunatny, drewno); grzejniki stalowe płytowe. Piece akumulacyjne (kaflowe) opalane węglem kamiennym o sprawności wytwarzania 65% (udział 60% w systemie grzewczym budynku), bez regulacji automatycznej w pomieszczeniach.

Instalacja wentylacyjna – grawitacyjna.

Instalacja c.w.u. – instalacja ciepłej wody użytkowej bez cyrkulacji, podgrzewacz o pojemności 80 dm³ zasilany z kotła wodnego wielopaliwowego, wyposażony dodatkowo w grzałkę elektryczną.

Parametr	Instalacja c.o.	Instalacja c.w.u.
Sprawność wytwarzania ciepła	0,86	0,45
Sprawność regulacji	0,88	1
Sprawność przesyłu	1	0,8
Sprawność akumulacji	1 (brak zasobnika)	1 (brak zasobnika)

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Instalacja chłodzenia – bez chłodzenia.

Roczne zużycie energii elektrycznej, $E_r = 14600$ kWh/rok

Klasa odbiorcy energii elektrycznej ze względu na rodzaj taryfy i wielkość rocznego zużycia energii elektrycznej: taryfa G11 - Domy.

MW-2 – Budynek mieszkalny wielorodzinny

Oznaczenie: MW-2

Charakterystyka techniczno-użytkowa budynku:

Rodzaj budynku	dom wielorodzinny
Przeznaczenie	mieszkalny
Rok budowy	1990
Liczba kondygnacji	2
Powierzchnia użytkowa	
o regulowanej temperaturze, A_f	292,47 m ²
Kubatura	818,92 m ³
Liczba mieszkańców	8

Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do celów ogrzewania i wentylacji, $Q_{H,nd}$	19064,36 kWh/rok
---	------------------

Nominalne obciążenie cieplne do celów ogrzewania i wentylacji	21,308 kW
---	-----------

Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do celów przygotowania c.w.u., $Q_{W,nd}$	5285,43 kWh/rok
--	-----------------

Średnia roczna sprawność całkowita systemu grzewczego w budynku, $\eta_{H,tot}$	0,80
---	------

Średnia roczna sprawność całkowita systemu ciepłej wody w budynku, $\eta_{W,tot}$	0,54
---	------

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Roczne zapotrzebowanie energii elektrycznej końcowej do napędu urządzeń pomocniczych systemu ogrzewania i wentylacji, $E_{el,pom,H}$ 402,44 kWh/rok

Roczne zapotrzebowanie energii elektrycznej końcowej do napędu urządzeń pomocniczych systemu ciepłej wody użytkowej, $E_{el,pom,W}$ 510,65 kWh/rok

Wskaźnik rocznego zapotrzebowania nieodnawialnej energii końcowej dla budynku, EK 114,8 kWh/m²rok

Wskaźnik rocznego zapotrzebowania nieodnawialnej energii pierwotnej dla budynku, EP 158,6 kWh/m²rok

Wskaźnik rocznego zapotrzebowania nieodnawialnej energii pierwotnej dla budynku w warunkach referencyjnych, EP_{Ref} 124,8 kWh/m²rok

Instalacja c.o. - instalacja wewnętrzna centralnego ogrzewania o parametrach nominalnych 90/70°C zasilana z ciepłowni opalanej węglem kamiennym poprzez kompaktowy węzeł cieplny; grzejniki stalowe płytowe.

Instalacja wentylacyjna – grawitacyjna

Instalacja c.w.u. – instalacja ciepłej wody użytkowej z cyrkulacją, zasobnik zasilany z ciepłowni opalanej węglem kamiennym poprzez kompaktowy węzeł cieplny,

Parametr	Instalacja c.o.	Instalacja c.w.u.
Sprawność wytwarzania ciepła	0,91	0,90
Sprawność regulacji	0,93	1

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



Sprawność przesyłu	0,95	0,7
Sprawność akumulacji	1 (brak zasobnika)	0,85

Instalacja chłodzenia – bez chłodzenia

Roczne zużycie energii elektrycznej, $E_r = 15300$ kWh/rok

Klasa odbiorcy energii elektrycznej ze względu na rodzaj taryfy i wielkość rocznego zużycia energii elektrycznej: taryfa G11 - Domy.

Wyniki przeprowadzonych analiz dla 3 przykładowych budynków wygenerowano w programie *AnalizatorOZE* w postaci raportów w formacie RTF, które zostały zamieszczone w załączniku nr 2 do niniejszej dokumentacji.



Bibliografia do rozdz. 5:

- [5.1] Określenie wpływu wykorzystania OZE na ocenę charakterystyki energetycznej budynku i przedsięwzięć termomodernizacyjnych dla poprawy efektywności końcowego wykorzystania energii Raport z realizacji prac Etapu nr 21 zadania badawczego nr 3/SP/B/3/76/469/10, ITI EMAG Katowice 2012 r.

- [5.2] Boroń W., Chomiak A., Kawa A., Zawora J. - Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii i ich wpływ na charakterystykę energetyczną budynku. Monografia Instytutu Technik Innowacyjnych EMAG, Katowice 2012 r.

- [5.3] Ustawa z dnia 15 kwietnia 2011 r. o efektywności energetycznej (Dz. U. z 2011 r., Nr 94, poz. 551)

- [5.4] Ustawa o odnawialnych źródłach energii, projekt ustawy z dnia 26.07.2012r. Ministerstwo Gospodarki

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



6. Podręcznik użytkownika programu komputerowego *AnalizatorOZE*

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie

Dla ułatwienia i właściwej obsługi programu komputerowego *AnalizatorOZE* opracowano podręcznik jego użytkowania [6.1]. Plik tej instrukcji można pobrać poprzez stronę internetową www.itc.polsl.pl/ozepro [6.2], gdzie w rozwinięciu informacji o programie *AnalizatorOZE* udostępniany jest ten dokument. Również po uruchomieniu programu istnieje możliwość otwarcia pliku z instrukcją jego użytkowania poprzez ikonę *Pomoc*. W niniejszej dokumentacji zamieszczono w załączniku nr 3 pełny tekst podręcznika użytkownika programu *AnalizatorOZE* dla wersji 1.1. Pliki z dokumentacją prac zrealizowanych w Etapie nr 19 oraz kolejne pliki instalacyjne programu *AnalizatorOZE* zostały zarchiwizowane z wykorzystaniem repozytorium EMAG-SVN poprzez ścieżkę dostępu <https://svn.luna.emag.local/oze/trunk>.

Podręcznik użytkownika programu *AnalizatorOZE* jest szczegółową instrukcją w zakresie instalacji programu oraz pracy z programem przy wykonywaniu analiz wyboru rozwiązań z instalacjami OZE dla pokrycia potrzeb energetycznych budynku. Opracowany podręcznik zawiera w szczególności:

- ogólny opis programu,
- czynności związane z instalacją programu (poprzez kreatora instalacji),
- opis sposobu pracy z programem,
- sposób wprowadzania danych w oknach dialogowych i opis wyświetlanych wyników w poszczególnych modułach obliczeniowych i zakładkach funkcjonalnych,
- czynności związane z generowaniem pliku raportu z danymi i wynikami obliczeń, z przeprowadzonych analiz bilansowania ciepła i energii elektrycznej w budynku.

Dla przybliżenia obsługi programu *AnalizatorOZE* i ułatwienia jego wykorzystania do analiz bilansowych opracowano krótkie prezentacje w postaci filmów instruktażowych (screencast), które zostały umieszczone w serwisie You Tube i są również dostępne poprzez stronę internetową z produktami zadania badawczego nr 3. Prezentacje te dotyczą następujących zagadnień:

- analiza bilansu ciepła z wykorzystaniem instalacji OZE cz.1 – zapotrzebowanie na ciepło w budynku,
- analiza bilansu ciepła z wykorzystaniem instalacji OZE cz.2 – źródła ciepła
- analiza bilansu ciepła z wykorzystaniem instalacji OZE cz.3 – bilans ciepła i ranking rozwiązań
- analiza bilansu energii elektrycznej z wykorzystaniem instalacji OZE cz.1 – zapotrzebowanie na energię elektryczną w budynku
- analiza bilansu energii elektrycznej z wykorzystaniem instalacji OZE cz.2 – źródła i bilans energii elektrycznej

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



- analiza bilansu energii całkowitej (ciepła i energii elektrycznej) wytwarzanej w kogeneratorze CHP (skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej).

Bibliografia do rozdz.6 :

- [6.1] Podręcznik użytkownika programu *AnalizatorOZE* (wersja 1.1), Instytut Technik Innowacyjnych EMAG 2013 r.
- [6.2] <http://www.itc.polsl.pl/ozepro/> - strona internetowa zawierająca produkty uzyskane w wyniku realizacji prac w zadaniu badawczym nr 3 dla Narodowego Centrum Badań i Rozwoju



Zadanie badawcze nr 3:

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

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie



7. Załączniki

Etap nr 19:

Walidacja aplikacji systemu komputerowego dotyczącego wykorzystania OZE w budownictwie