

Aneta SAPIŃSKA-ŚLIWA\*, Jacek HENDEL\*\*, Paweł DURDZIŃSKI\*\*\*,  
Łukasz URUSKI\*\*\*\*, Tomasz ŚLIWA\*\*\*\*\*, Andrzej GONET\*\*\*\*\*

## Porównanie metod oceny oddziaływania budynków na środowisko – wkład Laboratorium Geoenergetyki Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w rozwój metodologii porównawczej

**STRESZCZENIE.** Zagadnienie zrównoważonego budownictwa, z powodu nieustającego wzrostu cen surowców mineralnych oraz energii, stało się poważnym wyzwaniem naukowym, zajmując coraz więcej miejsca w pracach badawczych jednostek naukowych na całym świecie. Istnieje duża liczba metod określania oddziaływania budynku na środowisko oraz wzajemnego porównywania obiektów budowlanych. W pracy przedstawiono kilka najbardziej znanych metod (programów) oceny oddziaływania budynku na środowisko. Opisano również zbiór norm, które powstały w celu normalizacji metod kompleksowej oceny oddziaływania budynku na środowisko. Porównano dwa najpopularniejsze programy: *British Establishment Environmental Assessments Method* (BREEAM) i *Leadership in Energy and Environmental Design*

---

\* Dr inż. – adiunkt, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii, Kraków; e-mail: ans@agh.edu.pl.

\*\* Mgr inż. – asystent, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Katedra Inżynierii Gazowniczej; e-mail: hendel@agh.edu.pl.

\*\*\* Mgr inż. – asystent, EPFL École Polytechnique Fédérale de Lausanne, School of Engineering, Institute of Materials, Construction Materials Laboratory, Lausanne, SZWAJCARIA, e-mail: pawel.durdzinski@epfl.ch.

\*\*\*\* Mgr inż. – asystent, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Chemii Węgla i Nauk o Środowisku, Kraków; e-mail: uruski@agh.edu.pl.

\*\*\*\*\* Dr hab. inż. – adiunkt, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii, Kraków; e-mail: sliwa@agh.edu.pl.

\*\*\*\*\* Prof. dr hab. inż. – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii, Kraków; e-mail: gonet@agh.edu.pl.

(LEED). W artykule zaprezentowany został model oceny środowiskowej budynków, który został opracowany w Laboratorium Geoenergetyki Wydziału Wiertnictwa Nafty i Gazu AGH, na podstawie aktualnie istniejących metodyk, przede wszystkim programów E-Audyt i BREEAM. Model ten poszerzono o zagadnienia, które nie występowały w aktualnie stosowanych programach, a które dotyczą propozycji wynikających ze specyfiki pracy podziemnych magazynów ciepła. Podsumowano również realizację projektu badawczego, który miał za zadanie określić efektywność magazynowania ciepła w górotworze z zastosowaniem otworowych wymienników ciepła różnej konstrukcji. Zaproponowano nowe rozwiązania z branży geologiczno-energetycznej, które zdaniem autorów, powinny zostać ujęte w metodach kompleksowej oceny budynku, szczególnie w polskich warunkach klimatycznych.

SŁOWA KLUCZOWE: zrównoważone budownictwo, BREEAM, LEED, magazynowanie ciepła w górotworze, racjonalizacja zużycia energii

## Wprowadzenie

Zrównoważony rozwój, zgodnie z Ustawą o ochronie i kształtowaniu środowiska (z dnia 31.01.1980 r.; art. 3; ust. 3a), to „taki rozwój społeczno-gospodarczy, w którym w celu równoważenia szans dostępu do środowiska poszczególnych społeczeństw lub ich obywateli – zarówno współczesnych, jak i przyszłych pokoleń – następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych”.

Zrównoważony rozwój od pewnego czasu stanowi ważny temat dyskusji i zainteresowania także przemysłu budowlanego (Dołęga 2012; Mirowski 2012; Szczerbowski i Chomicz 2012), nie ograniczając się wyłącznie do krajów pionierskich w tym zakresie, lecz już na skalę światową. Uwzględniając problem emisji gazów cieplarnianych, produkcji odpadów oraz kurczących się zasobów surowców naturalnych, jak i źródeł energii konwencjonalnej, oczywistym jest, że budownictwo, jako bardzo materiało- i energochłonna gałąź przemysłu powinno skupić się na wprowadzaniu założeń zrównoważonego rozwoju w celu maksymalnego ograniczenia zużycia energii, materiałów oraz emisji zanieczyszczeń.

Potrzeba oceny budynku pod względem zużycia materiałów i energii w ciągu pełnego cyklu życia obiektu oraz jego oddziaływanie na środowisko, stała się przyczyną opracowania programów oceniających budynek pod kątem spełnienia licznych kryteriów ogólnie pojmowanych jako zgodne z zasadą zrównoważonego rozwoju. Programy pomagające określić, oszacować w sposób ilościowy oraz wzajemnie porównywać oddziaływanie obiektów z otoczeniem są dziełem firm komercyjnych oraz ośrodków badawczych i akademickich.

Z powodu mnogości i różnorodności kryteriów, jakimi kierują się stworzone programy (metody, metodyki), trwają prace nad ich znormalizowaniem i ujednoczeniem, tworząc uniwersalny system oceny oddziaływania na środowisko, uwzględniający jednocześnie warunki lokalne (Piasecki 2008, 2009; Panek 2005; ITB 2011).

# 1. Przegląd programów kompleksowej oceny oddziaływania budynku na środowisko

Programy oceny budynków uwzględniające oddziaływanie na środowisko rozpowyszechniły się w wielu krajach w latach dziewięćdziesiątych XX wieku. Istnieje obecnie kilka oryginalnych modeli, np. BREEAM, LEED czy CASBEE. Inne modele swoją metodyką bazują na tych najważniejszych. Najczęstszym zastosowaniem cieszą się metodyki BREEAM i LEED. W dalszej części pracy, na podstawie dostępnej literatury (Kwiatkowski i in. 2010; Piasecki 2008, 2009; Panek 2005) przedstawiono najczęściej stosowane programy oceny oddziaływania budynku na środowisko.

## 1.1. Program BREEAM (*British Establishment Environmental Assessments Method*)

BREEAM jest jednym z dwóch najbardziej znanych metodyk oceny środowiskowej budynków. Stworzony został w Wielkiej Brytanii w 1990 r. Przyznawany jest przez The British Research Establishment. Budynki oceniane są w takich kategoriach, jak m.in. zrównoważone zarządzanie, jakość powietrza w budynku, zużycie energii i wody, niski poziom wytwarzanych odpadów, zastosowanie ekologicznych materiałów, zapewnienie dobrych warunków pracy.

Ocena polega na wypełnieniu formularza, w którym dla każdej dziedziny zawartej w jednym z 10 działów przypisana jest pewna liczba punktów. W najnowszej wersji (BREEAM 2011) znajdują się następujące działy: 1. Zarządzanie, 2. Zdrowie i dobre samopoczucie, 3. Energia, 4. Transport, 5. Woda, 6. Materiały, 7. Odpady, 8. Zagospodarowanie terenu i ekologia, 9. Zanieczyszczenia oraz dodatkowy dział 10. Innowacje (Panek 2005). Wagi poszczególnych działów przedstawiono w tabeli 1.

Aby otrzymać certyfikat BREEAM, trzeba osiągnąć co najmniej 30% maksymalnej liczby punktów. Przykładowe zestawienie zdobytych punktów w poszczególnych kategoriach wraz z ostateczną oceną podano w tabeli 2. Kolejne progi i im przyporządkowane oceny przedstawiają się następująco (BREEAM 2011):

- a) znakomity (*outstanding*) 85%,
- b) świetny (*excellent*) 70%,
- c) bardzo dobry (*very good*) 55%,
- d) dobry (*good*) 45%,
- e) akceptowalny (*pass*) 30%,
- f) nieklasyfikowany (*unclassified*) < 30%.

TABELA 1. Działy oraz ich wagi w systemie BREEAM (BREEAM 2011)

TABLE 1. Sections and weights in BREEAM system (BREEAM 2011)

Sekcja	Waga [%]
Zarządzanie ( <i>Management</i> )	12
Zdrowie i samopoczucie ( <i>Health and Wellbeing</i> )	15
Energia ( <i>Energy</i> )	19
Transport ( <i>Transport</i> )	8
Woda ( <i>Water</i> )	6
Materiały ( <i>Materials</i> )	12,5
Odpady ( <i>Waste</i> )	7,5
Użytkowanie terenu i ekologia ( <i>Land Use and Ecology</i> )	10
Zanieczyszczenie ( <i>Pollution</i> )	10
RAZEM	100
Innowacje dodatkowe ( <i>Innovation additional</i> )	

TABELA 2. Podsumowanie wraz z ostateczną oceną – przykładowy arkusz oceny (BREEAM 2011)

TABLE 2. Summary with final mark – evaluation example (BREEAM 2011)

Sekcja BREEAM	Zdobyte punkty	Dostępne punkty	% zdobytych punktów	Waga sekcji	Wynik sekcji
Zarządzanie	10	22	45,45%	0,12	5,45%
Zdrowie i samopoczucie	8	10	80,00%	0,15	12,00%
Energia	16	30	53,33%	0,19	10,13%
Transport	5	9	55,56%	0,08	4,44%
Woda	5	9	55,56%	0,06	3,33%
Materiały	6	12	50,00%	0,125	6,25%
Odpady	3	7	42,86%	0,075	3,21%
Użytkowanie terenu i ekologia	5	10	50,00%	0,10	5,00%
Zanieczyszczenie	5	13	38,50%	0,10	3,85%
Innowacje	2	10	20,00%	0,10	2,00%
Ostateczna wynik BREEAM				55,66%	
Ranking BREEAM				bardzo dobry	

## 1.2. Program LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*)

Amerykańska metodyka *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) opracowana pod patronatem U.S. Green Building Council jest obok BREEAM najczęściej stosowanym na świecie programem oceny budynków (Rivera 2009; Panek 2005). Budynki oceniane są w pięciu działach: 1 – warunki wstępne, 2 – gospodarka wodna, 3 – energia i atmosfera, 4 – materiały, 5 – warunki wewnętrzne. Dodatkową kategorią jest dział 6 – innowacyjność i proces projektowania. Dodatkowe punkty uzyskać można za wykazanie, że projektant zna i realizuje procedury LEED. Ocena końcowa zależy od zdobytych punktów i rozkłada się następująco (Roderick i in. 2009; USGBC 2011) :

1. LEED Standard (Certificated)	26–32 pkt.
2. LEED Silver	33–38 pkt.
3. LEED Gold	39–51 pkt.
4. LEED Platinum	52–69 pkt.

## 1.3. Program CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*)

Program CASBEE jest modelowym japońskim programem powstałym pod patronatem Ministerstwa Infrastruktury i Transportu. Program ten jest opracowywany od roku 2001. Metoda szacuje efektywność środowiskową budynku, bazując na założeniu, że jest ona ilorazem jakości budynku (*Quality*) wraz z charakterystyką środowiskową i oddziaływania budynku na środowisko (*Loading*). Można to przedstawić za pomocą rysunku 1 i schematu z rysunku 2 (CASBEE 2011; Panek 2005).

$$BEE = \frac{Q \text{ (Quality) Jakość}}{L \text{ (Loading) Obciążenie}}$$

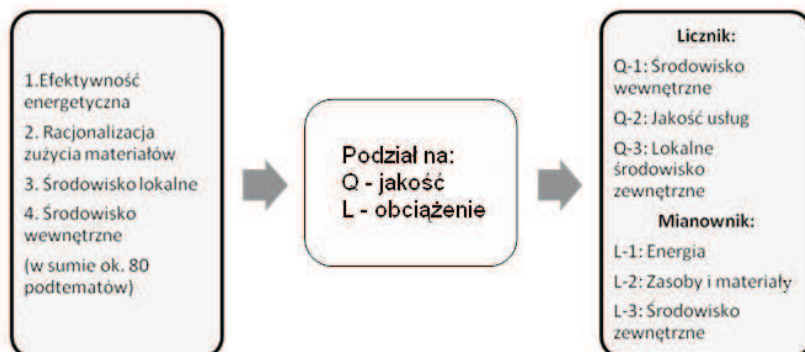
Rys. 1. Ocena BEE jako iloraz jakości i obciążenia środowiskowego (CASBEE 2011)

Fig. 1. BEE rating as the ratio of the quality to environmental load (CASBEE 2011)

Wagi dla poszczególnych kategorii jakościowych (Q) jak i obciążeniowych (L) ustalono następująco (CASBEE, 2011):

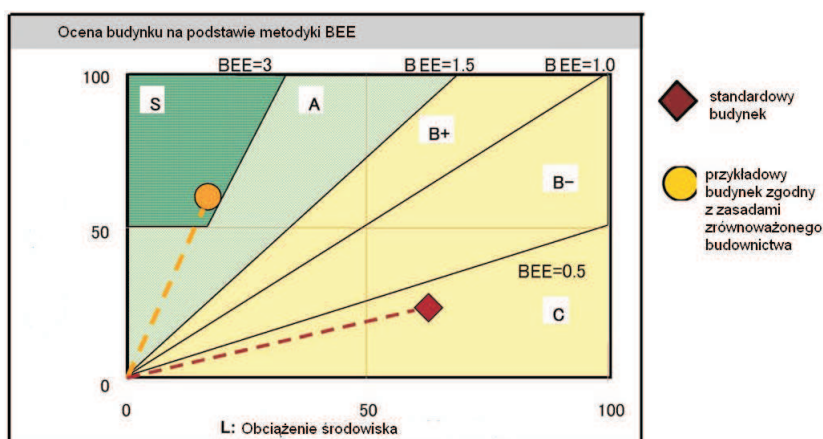
Q1. Środowisko wewnętrzne	0,50
Q2. Jakość usług	0,35
Q3. Środowisko lokalne	0,15
L1. Energia	0,50
L2. Zasoby i wyroby	0,30
L3. Środowisko globalne	0,20

Po przeliczeniu oddziaływania należy na wykresie sprawdzić w jakiej jest on klasie (rys. 3). Klasa S – najlepsza, klasa C – najgorsza, mająca największy niekorzystny wpływ na środowisko.



Rys. 2. Schemat metody CASBEE (CASBEE 2011)

Fig. 2. Scheme of CASBEE method (CASBEE 2011)



Rys. 3. Określenie klasy budynku (CASBEE 2011)

Fig. 3. Determination of the building class (CASBEE 2011)

#### 1.4. Program GBC (*Green Building Challenge*)

Jeden z ramowych modeli oceny budynków, będący pierwowzorem wielu narodowych programów jest program GBC. Jest to projekt międzynarodowy, mający na celu stworzenie uniwersalnej metody oceny obiektu. Program GBC został stworzony przez National Research Council z Kanady w 1996 roku. Aktualnie obowiązuje czwarta wersja programu. Autorzy, eksperci w poszczególnych dziedzinach budownictwa i inżynierii środowiska z dwudziestu różnych krajów, spotykali się systematycznie na spotkaniach i konferencjach w ramach grupy (Panek 2005).

## 1.5. Program Athena

Program Athena powstał w Athena Sustainable Materials Institute w Kanadzie. Metoda ocenia oddziaływanie na środowisko elementów budynku w pełnym cyklu życia, od momentu wydobycia surowca, poprzez transport na budowę i wykorzystanie go jako budulca ocenianego obiektu. Podstawą funkcjonowania metody jest olbrzymia baza danych skupiająca wszystkie materiały, z których wykonany może być budynek. Ocena polega na podaniu lokalizacji budynku, określeniu jego charakteru (mieszkalny, biurowy, szpital itp.) zdefiniowaniu wszystkich elementów budynku wybierając z bazy danych materiały, z jakich dany element jest zbudowany, oraz podaniu parametrów elementu, w celu obliczenia ilości zużytych materiałów. Wpływ na środowisko zostaje obliczony i podsumowany w sześciu działach: zużycie energii, odpady, zanieczyszczenie, globalne ocieplenie, zanieczyszczenie wody, wykorzystanie odpadów (Panek 2005; Athena Sustainable Materials Institute 2011).

## 1.6. Program Eco-profile

Kraje skandynawskie, które od wielu lat propagują programy umożliwiające zachowanie czystego środowiska, stworzyły kilka narzędzi umożliwiających kompleksową ocenę oddziaływania budynku na środowisko. Wymienić tu należy program Eco-profile czy Eco-effect. Programy te nie bazują jednak na oryginalnych systemach BREEAM czy LEED.

Eco-profile jest norweskim przedsięwzięciem, pozwalającym w uproszonym sposobie ocenić budynek pod względem wykorzystanych zasobów oraz profilu środowiskowego. System wspomaga pracę nadzorców budynków oraz jest pomocny podczas dokonywania decyzji związanych z najmem czy kupnem obiektu. Program składa się z 4 działów. Dział 1. Środowisko zewnętrzne zawiera 6 poddziałów, które łącznie obejmują 14 parametrów. Dział 2. Zasoby zawiera 4 poddziały, które obejmują 45 ocenianych parametrów, a Dział 3. Środowisko wewnętrzne zawiera 4 poddziały z 17 parametrami. Dla każdego elementu składowego przypisane są wagi. Ocena jest średnią ważoną wszystkich elementów (Panek 2005). W tabeli 3 przedstawiono zbiorcze kategorie programu Eco-profile dla budynków biurowych.

TABELA 3. Kategorie programu Eco-profile (Panek 2005)

TABLE 3. Categories of Eco-profile program (Panek 2005)

ECO-PROFIL DLA BUDYNKÓW BIUROWYCH		
Środowisko zewnętrzne	Zasoby	Środowisko wewnętrzne
Zanieczyszczenie atmosfery	Energia	Komfort cieplny
Zanieczyszczenie gleby	Woda	Jasność powietrza
Zanieczyszczenie wód	Materiały	Akustyka
Zagospodarowanie odpadów	Teren	Światło dzienne
Otoczenie budynku		
Transport		

## 1.7. Program Eco-effect

Szwedzki program oceny długoterminowych skutków środowiskowych powstał w Królewskim Instytucie Technicznym. Metoda podsumowuje wpływ obiektu na środowisko w pięciu działach: energia, materiały, środowisko wewnętrzne, środowisko zewnętrzne oraz koszt cyklu życia. W poszczególnych działach metodyka uwzględnia wpływ inwestycji na takie aspekty jak: środowisko w skali lokalnej i globalnej, dostępność zasobów w przyszłości, warunki zdrowotne w budynku i otoczeniu, ochronę różnorodności gatunków, koszty energii, składowania odpadów, oczyszczania ścieków i uzdatniania wody w pełnym cyklu istnienia obiektu (Panek 2005; Eco-effect 2011).

## 1.8. Program Escalé

Escalé jest jednym z kilku programów francuskich (Escalé, HQE, AHQE, EQUER, EVEN, MEPO i inne). Podział programu na poszczególne działy bazuje na metodzie GBC (*Green Building Challenge*), wersji 98. Oceniany obiekt porównuje się z budynkiem referencyjnym. Poszczególne działy oraz zawarte w nich kategorie przedstawiają się następująco: 1. Źródła energii, 2. Inne zasoby (zasoby wodne, surowce materiałowe), 3. Odpady (budowlane, użytkowe, z rozbiórki), 4. Oddziaływanie globalne (efekt cieplarniany, kwaśne deszcze, niszczenie warstwy ozonowej, odpady radioaktywne), 5. Oddziaływanie lokalne (zanieczyszczenie powietrza, wód, gleby), 6. Lokalizacja (wkomponowanie w krajobraz, uwzględnienie sąsiedztwa, otoczenie budynku, a komfort mieszkańców, uzbrojenie terenu), 7. Komfort mieszkania (komfort cieplny, komfort wizualny, akustyka, światło dzienne), 8. Warunki zdrowotne (jakość wody pitnej, jakość powietrza w obiekcie), 9. Inne aspekty środowiskowe, 10. Naprawy i remonty, 11. Adaptacje (Panek 2005).

## 1.9. Program HQE (*Haute Qualité Environnementale*)

HQE jako pierwszy system pełnej oceny środowiskowej budynku, został centralnie wprowadzony przez państwo. Obowiązuje we Francji od 2002 r. Składa się z 4 działów w których zgrupowane jest 14 kategorii. Poszczególne działy i kategorie przedstawiają się następująco: 1. Budownictwo (budynek, a środowisko lokalne, proces wyboru wyrobów i materiałów, uciążliwość procesu budowy), 2. Zarządzenie (energia, wodą, budynkiem, remontami), 3. Zapewnienie komfortu użytkownikom (komfort cieplno-wilgotnościowy, akustyczny, wizualny, zapachowy), 4. Zapewnienie warunków zdrowotnych (jakość sanitarna pomieszczeń, jakość wody, jakość powietrza wewnętrznego) (Panek 2005; Association HQE 2011).



## 2. Porównanie metodyk BREEAM oraz LEED

Spośród wyżej wymienionych systemowych rozwiązań oceny efektywności budynków o pozycję lidera walczą obecnie przede wszystkim dwa z nich: BREEAM oraz LEED. Rozwijane i stosowane są one jak dotąd głównie w krajach macierzystych, niemniej każde pretenduje do standardu światowego. Jak nietrudno zgadnąć, zróżnicowania klimatyczne, kulturowe oraz prawne pomiędzy różnymi miejscami na świecie sprawiają, że choć narzędzie porównawcze z zasady powinno być uniwersalne, to jednak pewne czynniki odgrywają istotną rolę przy jego wyborze raz faworyzując LEED, a innym razem BREEAM.

Posiadanie certyfikatu BREEAM lub LEED znacząco podnosi wartość budynku. Od niedawna na polskim rynku nieruchomości zaczęły pojawiać się obiekty posiadające certyfikaty jednej z wymienionych wyżej metod. Rozwój certyfikacji, profity wynikające z jej dokonania oraz pionierskie firmy deweloperskie wdrażające metody na rodzimym rynku zostały szeroko przedstawione w prasie budowlano-ekonomicznej (Robaczewski 2011; Zielińska 2011).

### 2.1. Podobieństwa metod

Do podobieństw łączących oba systemy należy ogólna idea oraz zarys certyfikacji, jako niezależna strona certyfikująca (Julien 2009; Rivera 2009), oparta na uznawanych normach, standardach oraz aktach prawnych, przyznająca odznaczenia według spełnionych progowych wymagań za osiągnięcia w zakresie efektywności środowiskowej, personalnej i ekonomicznej. Każdy z nich posiada także odpowiednie schematy oceny dostosowane do typu budynku (Rivera 2009).

### 2.2. Różnice

Mimo, że sposób rozwoju obu systemów zbliża je do siebie, istnieją jednak pomiędzy nimi fundamentalne różnice.

#### **Przebieg certyfikacji**

LEED wymaga zarówno dokumentacji fazy projektowej jak i powykonawczej, co znacznie wydłuża oczekiwanie na certyfikat. Z drugiej jednak strony zapewnia, że to, co zaprojektowano jest również ostatecznie wykonane. Po zakończeniu fazy projektowej jej dokumentacja poddawana jest analizie i przyznawane są punkty w dwóch kategoriach: oczekiwane i niedostępne. Po zakończeniu inwestycji następuje weryfikacja, czy zobowiązania zostały wypełnione (Rivera 2009). BREEAM zakłada certyfikację każdego z etapów inwestycji niezależnie. Odpowiedzialność za wykonanie zaplanowanych w fazie projektowej działań leży po stronie inwestora i wykonawcy (Rivera 2009). Spodziewać się należy, że przyszłe wersje BREEAM będą dwustopniowe jak LEED.

### **Standaryzacja**

LEED opiera się na normach ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) i jednostkach amerykańskich niezależnie od lokalizacji inwestycji. Jest to sytuacja korzystna dla lokacji europejskich, gdzie lokalne wymogi są zwykle ostrzejsze, z kolei niekorzystna dla Azji, Afryki i Ameryki Południowej. Problemem może być także niezajomość norm amerykańskich przez inwestora/projektanta/wykonawcę, co pociąga za sobą dodatkowe koszty rzeczoznawcy (Rivera 2009). BREEAM bazuje na ogólnych wytycznych dla regionów: Europa, Azja, Bliski Wschód. Dla pozostałych kwestia ta pozostaje do rozstrzygnięcia, jednak BREEAM zakłada możliwość dostosowania kryteriów do lokalnych warunków klimatycznych i prawnych (Rivera 2009).

Wymagania ustalane przez BREEAM często odwołują się do określonych technik i rozwiązań, podczas gdy LEED bardziej zwraca uwagę na samą ideę podejścia do problemu, a samo rozwiązanie pozostawia w gestii projektanta/inwestora/wykonawcy (Starrs i Burrows 2010).

### **Wymaganie wstępne**

LEED wymaga spełnienia każdego z wymagań wstępnych, aby w ogóle można było uzyskać certyfikat, co może sprawiać problemy w regionach o mniej restrykcyjnych przepisach niż Stany Zjednoczone, gdzie wymagania te były ustalane. BREEAM takich wymagań nie posiada. Z drugiej strony, wymagania wstępne gwarantują minimalny poziom efektywności oraz powodują, że żaden z ważniejszych aspektów nie jest ignorowany (Rivera 2009). Jeśli inwestycja dobrze wypadła w rankingu LEED można się spodziewać podobnych rezultatów w BREEAM. Nie działa to jednak w przeciwnym kierunku (Starrs i Burrows 2010).

### **Punktacja**

W obu metodach poszczególne wymagania są punktowane. W ramach LEED – jak przedstawiono powyżej – do zdobycia jest 69 punktów, wyłączając wymagania wstępne. W BREEAM do zdobycia są 102 punkty, w zależności od punktów dostępnych, zdobytych oraz wagi kategorii, do której należą, przy czym w każdej kategorii istnieje minimum punktów wymaganych do zdobycia (Roderick i in. 2009).

### **Ocena efektywności energetycznej**

W przypadku LEED ocena efektywności energetycznej odbywa się poprzez porównanie z normą ASHRAE *Advanced Energy Design Guide for Small Buildings*, bądź poprzez symulację komputerową, którą później porównuje się ze znormalizowanym budynkiem pod kątem oszczędności i efektywności (Roderick i in. 2009).

Z kolei BREEAM zakłada stworzenie dwu modeli budynków – ocenianego i normowego, a efektywność porównywana jest za pomocą wskaźnika emisji CO<sub>2</sub> i przeliczana na punkty (Roderick i in. 2009).

### **Oprogramowanie**

LEED uznaje oprogramowanie zdolne do symulacji dynamicznej jak i statycznej, porównywania proponowanych budynków z budynkami odniesienia oraz modelowania komponentów budynku. Musi być ono zatwierdzone przez organizację (Roderick i in. 2009).

W BREEAM są dwie grupy uznawanego oprogramowania: oparte na uproszczonym modelu energetycznym budynku (SBEM) oraz oparte na narzędziach do dynamicznej symulacji modelowej (DSM) (Roderick i in. 2009).

#### **Zaangażowanie audytora**

Brak wymagań wstępnych w przypadku BREEAM znajduje swoje odbicie w większym zaangażowaniu audytora, który sprawdza całą dokumentację i sporządza raport, przekazywany następnie do BRE celem weryfikacji. Szkolenie własnego audytora staje się opłacalne dla inwestora planującego poddać certyfikacji kilka inwestycji. W pozostałych przypadkach konieczne jest zakontraktowanie audytora. Większość audytorów BREEAM znajduje się w Wielkiej Brytanii, co często wiąże się z wysokimi kosztami oraz brakiem bezpośredniego kontaktu. W przypadku LEED cała dokumentacja przesyłana jest za pośrednictwem internetu do LEED-*Online*, a bezpośrednie zaangażowanie audytora nie jest konieczne (Rivera 2009).

#### **Interakcja z organizacją**

W przypadku BRE czas oczekiwania na odpowiedź w razie pytań oraz weryfikację audytu jest dość długi. Pod tym względem LEED działa szybciej oraz dysponuje pomocą *online* (Rivera 2009).

#### **Inne czynniki**

W zależności od specyfiki inwestycji jak i jej lokalizacji, zespół projektowy musi zdecydować, według którego systemu uzyskana ocena będzie wyższa i najczęściej ta opcja jest wybierana. Również uznanie przez docelowych zainteresowanych (potencjalni najemcy/użytkownicy) jest ważnym czynnikiem. Wreszcie, jeśli certyfikat realizowany jest przez międzynarodowego inwestora, najczęściej wybiera on jeden z systemów i konsekwentnie stosuje go do oceny swoich inwestycji, co daje najlepszą możliwość porównania realizowanych budynków (Rivera 2009).

### 3. Normalizacja metod kompleksowej oceny oddziaływania na środowisko

Metody kompleksowej oceny oddziaływania na środowisko opierają się na normach ISO oraz normach tworzonych przez Europejski Komitet Normalizacyjny.

#### 3.1. Metodyka zgodna z ISO

Prace grupy ekspertów miały na celu przygotowanie normy *Budynki spełniające wymagania rozwoju zrównoważonego – ramowa ocena oddziaływania budynku na środowisko*

(*Sustainability in building construction – framework of assessment of environmental impacts of buildings*). Prace nad normą rozpoczęły się w 1997 r. W 2002 r. powołano 4 grupy robocze wchodzące w skład podkomitetu 17 o nazwie Sustainability in buildings. Grupa 4 podjęła się zadania stworzenia specyfikacji technicznej pod nazwą: Ramowy zakres oceny charakterystyki środowiskowej robót budowlanych – część 1 – budynki. Celem zespołu było zebranie i uporządkowanie licznych narodowych metod oceny oddziaływania budynku na środowisko i ich unifikacja. Owoce pracy Komitetu działającego pod nazwą TC 59/SC 17 są cztery normy (Panek 2005; ISO 2012):

- ✧ **ISO 15392:2008 Sustainability in building construction** – General principles,
- ✧ **ISO 21930:2007 Sustainability in building construction** – Environmental declaration of building products,
- ✧ **ISO 21931-1:2010 Sustainability in building construction** – Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction Works – Part 1: Buildings,
- ✧ **ISO 21929-1:2011 Sustainability in building construction** – Sustainability indicators – Part 1: Framework for the development of indicators and a core set for buildings.

### 3.2. Normalizacja prowadzona przez Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN)

Europejski Komitet Normalizacyjny (*Comité Européen de Normalisation, CEN*) podjął się rozszerzenia i uszczegółowienia norm ISO w zakresie zrównoważonego budownictwa. Normy europejskie, w przeciwieństwie do norm ISO, nie są zapisami ramowymi, tylko podają wartości graniczne dla każdego rozpatrywanego kryterium oraz stawiają konkretne wymagania zarówno obiektom, jako całości, jak i poszczególnym materiałom, uwzględniając pełen cykl życia (LCA), wraz z rozbiórką obiektu czy utylizacją materiału. Dotychczas komitet TC 350 zajmujący się zagadnieniem opublikował następujące dokumenty (CEN 2012):

- ✧ **CEN/TR 15941:2010 Sustainability of construction Works** – Environmental product declarations – Methodology for selection and use of generic data,
- ✧ **EN – 15643-1:2010 Sustainability of construction Works** – Sustainability assessment of buildings – Part 1: General Framework,
- ✧ **EN – 15643-2:2011 Sustainability of construction Works** – Assessment of buildings – Part 2: Framework for the assessment of environmental performance,
- ✧ **BS EN 15643-3:2012 Sustainability of construction Works** – Assessment of buildings – Part 3: Framework for the assessment of social performance,
- ✧ **BS EN 15643-4:2012 Sustainability of construction Works** – Assessment of buildings – Part 4: Framework for the assessment of economic performance,
- ✧ **EN 15978:2011 Sustainability of construction Works** – Environmental performance of buildings – Calculation method,
- ✧ **EN 15942:2011 Sustainability of construction Works** – Environmental product declaration – Communication format business-to-business,

- ❖ **EN 16309 Sustainability of construction Works** – Assessment of social performance of buildings – Methods.  
Obowiązujące w Polsce normy figurują pod następującymi nazwami (PKN 2012):
- ❖ **PN-EN 15643-1:2011** Zrównoważone obiekty budowlane – Ocena zrównoważoności budynków – Część 1: Postanowienia ogólne
- ❖ **PN-EN 15643-2:2011** Zrównoważone obiekty budowlane – Ocena budynków – Część 2: Postanowienia dotyczące oceny środowiskowych właściwości użytkowych.

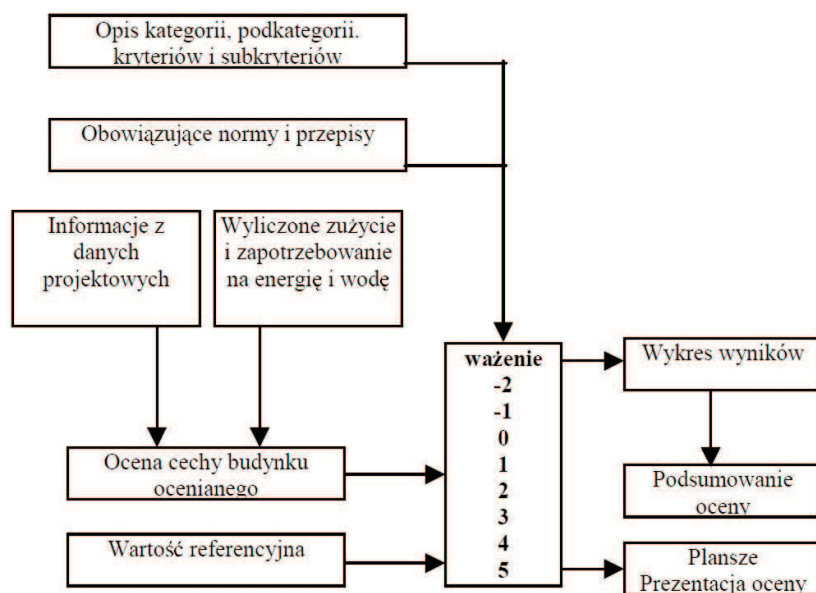
#### 4. Przegląd polskich programów kompleksowej oceny oddziaływania budynku na środowisko

Na polskim rynku dostępny jest program E-Audyt autorstwa A. Panka, będący próbą stworzenia prototypu uniwersalnej, oficjalnej metody oceny oddziaływania budynku na środowisko. Program bazuje na metodzie *Green Building Challenge*, przy tworzeniu której autor uczestniczył oraz metodach zgodnych z ISO. Ponadto wprowadzany jest system ITB-BEE powstały w 2008 r. (Panek 2005; Piasecki 2009; Kwiatkowski i in. 2010; ITB 2011).

W programie E-Audyt każdy parametr konfrontuje się z wartościami referencyjnymi. Ocena bazuje na czterech stopniach: subkryterium, kryterium, podkategorii i kategorii, które tworzą działy. E-Audyt składa się z trzech głównych działów:

- 1) zużycie zasobów,
  - 2) obciążenie środowiska,
  - 3) jakość środowiska wewnętrznego,
- oraz działów uzupełniających:
- 1) jakość systemów,
  - 2) efektywność ekonomiczna,
  - 3) zarządzanie procesami budowy i eksploatacji obiektu,
  - 4) transport.

Skala ocen mieści się w przedziale minus 2 do plus 5 pkt. Oceniana cecha zgodna z aktualnie obowiązującymi normami otrzymuje 0 pkt. Jeżeli kryterium normy nie jest spełnione, zostaje oceniona na minus 2 pkt., natomiast jeżeli oceniany aspekt został wykonany zgodnie z najlepszymi możliwymi rozwiązaniami, dostaje 5 pkt. Schemat oceny budynku według E-Audyty przedstawia rysunek 4 (Panek 2005).



Rys. 4. Schemat oceny budynku według E-Audyty (Panek 2005)

Fig. 4. Scheme of building evaluation, according to E-Audit (Panek 2005)

## 5. Model oceny środowiskowej budynków w Laboratorium Geoenergetyki Wydziału Wiertnictwa Nafty i Gazu AGH w Krakowie

Jednym z zadań realizowanych w Laboratorium Geoenergetyki Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH są badania nad racjonalizacją zużycia energii, a tym samym nad oszczędnym wykorzystaniem energii pierwotnej. Podstawową częścią instalacji laboratorium są otwory wiertnicze funkcjonujące jako otworowe wymienniki ciepła (Śliwa i Gonet 2005, 2011). Tworzą one podziemny magazyn energii cieplnej w górotworze. W sezonie grzewczym pobierane ze skał ciepło ogrzewa salę audytoryjną (Śliwa i in. 2007; Śliwa 2000), a także jest wykorzystywane do odśnieżania i odładzania parkingu. Latem instalacja (wychłodzony górotwór) służy klimatyzowaniu sali audytoryjnej WVNIG (Śliwa 1998). Proces klimatyzacji polegający na wykorzystaniu chłodu skał jest równocześnie procesem ich ogrzewania. Ciepło odbierane z klimatyzowanych pomieszczeń jest wprowadzane do górotworu. Tym samym w ciągu lata wzrasta temperatura skał. Ogrzany górotwór jest przygotowany do pełnienia roli magazynu ciepła na czas następnego sezonu grzewczego (Śliwa 1998). Cykl taki powtarza się rokrocznie.

Magazyn w skałach gromadzi ciepło odpadowe z klimatyzacji. Może być dodatkowo „ładowany” ciepłem z kolektorów słonecznych. Dzięki regeneracji zasobów ciepła w górotworze (Śliwa 2005) niższe są koszty klimatyzacji i ogrzewania z zastosowaniem pomp ciepła. Dwie pompy ciepła służą zarówno do ogrzewania i klimatyzowania sali audytorcyjnej (Śliwa i Gonet 2004) za pośrednictwem zmian temperatury powietrza w centrali wentylacyjnej. Układ wyposażony jest ponadto w nagrzewnicę wentylatorową glikol-powietrze. Dzięki niej możliwy jest odbiór ciepła z powietrza atmosferycznego, w każdym czasie gdy powietrze jest cieplejsze od glikolu – nośnika ciepła w systemie.

Systemy grzewcze i grzewczo-chłodnicze z pompami ciepła powinny być traktowane specjalnie przy ocenie budynków. Możliwa jest dzięki nim racjonalizacja gospodarki energetycznej lub pozyskiwanie niskotemperaturowego ciepła rozproszonego w środowisku (Śliwa 2007).

W laboratorium przeprowadzono prace nad zagadnieniami zrównoważonego rozwoju w aspekcie wykorzystania energii geotermicznej i słonecznej oraz magazynowania ciepła w górotworze. Na Wydziale Wiertnictwa, Nafty i Gazu, w ramach projektu badawczego „Opracowanie zintegrowanego systemu otworowych wymienników ciepła i kolektorów słonecznych w aspekcie poprawy efektywności gospodarowania ciepłem w górotworze” dokonano analizy metod certyfikacji obiektów budowlanych. Porównano najważniejsze istniejące programy oddziaływania budynku na środowisko, ze szczególnym uwzględnieniem certyfikacji energetycznych. Ponadto stworzono model oceny budynku pod względem spełniania kryteriów zrównoważonego rozwoju (*Buildings' Integrated Evaluation System* – BIES), którego przykładowy formularz przedstawiono na rysunku 5. Opracowana

DZIAŁ III: Gospodarka odpadami PROCENTOWA WAGA DZIAŁU III: 7,5 %		PUNKTY DOSTĘPNE	CZY ZAPIS JEST OSIĄGALNY	CZY ZAPIS ZOSTAŁ ZREALIZOWANY
SEKCJE	ZAPISY			
Odpady 1. Gospodarka odpadami budowlanymi	WST.1. Minimalizacja ilości odpadów nie-niebezpiecznych #1 (kat. B)	1 pkt.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	WST.2. Minimalizacja ilości odpadów nie-niebezpiecznych #2 (kat. C)	1 pkt.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	WST.3. Minimalizacja ilości odpadów nie-niebezpiecznych #3 (kat. C)	1 pkt.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	WST.4. Recykling odpadów nie-niebezpiecznych #1 (kat. C)	1 pkt.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	WST.5. Ponowne użycie i recykling #2 (kat. C)	1 pkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Odpady 2. Kruszywo z recyklingu	WST.6. Wykorzystanie kruszyw z recyklingu (kat. C)	1 pkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Odpady 3. Składowanie odpadów do recyklingu	WST.7. Składowanie przed recyklingiem #1 (kat. C)	1 pkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	WST.8. Składowanie przed recyklingiem #2 (kat. C)	1 pkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>PODSUMOWANIE</b>		PUNKTY DOSTĘPNE	PUNKTY OSIĄGALNE	PUNKTY ZDOBYTE
		8	4	0

Rys. 5. Program według wykonanego modelu, działający w środowisku Excel

Fig. 5. Program based on made model, working in Excel

metodyka jest w części oparta na kilku istniejących metodykach. Korzystano głównie z rozwiązań programów E-Audyty oraz BREEAM, wprowadzając niektóre rozwiązania wykorzystywane w innych systemach. Model działa w środowisku MS Excel.

Budynki według modelu oceniano podobnie jak w programie BREEAM w dziesięciu działach, każdemu przypisując odpowiednią wagę wykorzystywaną przy wystawianiu oceny ostatecznej:

- 1) zarządzanie procesem: planowania, realizacji, jak również eksploatacji inwestycji – w skrócie *Zarządzanie* – waga 12,0%,
- 2) wpływ na zdrowie i samopoczucie użytkowników – w skrócie *Zdrowie* – waga 15,0%,
- 3) gospodarka odpadami – w skrócie *Odpady* – waga 7,5%,
- 4) racjonalne zarządzanie energią – w skrócie *Energia* – waga 19,0%,
- 5) transport i logistyka – w skrócie *Transport* – waga 8,0%,
- 6) gospodarka wodą użytkową oraz ściekami – w skrócie *Woda* – waga 6,0%,
- 7) użyte materiały budowlane – w skrócie *Materiały* – waga 12,5%,
- 8) ekologia i wpływ na środowisko – w skrócie *Ekologia* – waga 10,0%,
- 9) emisja zanieczyszczeń – w skrócie *Zanieczyszczenia* – waga 10,0%,
- 10) zastosowanie nowoczesnych rozwiązań – w skrócie *Innowacje* – waga 10,0%.

W każdym dziale znajduje się kilka sekcji, które zawierają zapisy określające jakie czynności powinien wykonać projektant/wykonawca/właściciel/zarządca chcąc otrzymać punkt będący podstawą oceny. Każdemu pojedynczemu zapisowi autorzy przyporządkowali 1 punkt dostępny. Audytor oceniający budynek winien stwierdzić czy dany zapis *jest możliwy do zrealizowania* przez daną inwestycję ze względu np. na lokalizację. Jeżeli osądzi pozytywnie punkt dostępny staje się punktem *osiągalnym*. Następnie audytor sprawdza zgodnie z wytycznymi zawartymi w instrukcji, czy zostały spełnione wszystkie kryteria, by można było przyznać punkt za zrealizowanie danego zapisu.

Działy 1–9 zawierają zapisy, których spełnienie w minimalnym stopniu uwarunkowane jest zgodnością z aktualnym prawodawstwem obowiązującym na terenie Polski oraz normami branżowymi.

Jednakże inwestycja może znacznie przekraczać standardy obowiązujące na dzień oceny w działaniu na rzecz zmniejszenia szkodliwego oddziaływania na środowisko. Z racji tego zdecydowano się na stworzenie dziesiątego działu *Innowacje*. Zawiera on zapisy odnoszące się do poszczególnych wcześniejszych działów, lecz zrealizowane w najwyższym standardzie technicznym. Połowa zapisów ujętych w dziale *Innowacje* została wyszczególniona przez twórców programu, lecz pozostawiono również miejsce na propozycje audytora. Z racji tego suma wag wynosi 110%.

Ocenia się każdy dział osobno. Oceną działu jest stosunek wszystkich punktów zdobytych do wszystkich punktów osiągalnych w danym dziale. Następnie przypisuje się ocenę według schematu:

- a) 30–60% – dostateczna,
- b) 61–70% – dobra,
- c) 71–80% – bardzo dobra,
- d) 81–90% – celująca,
- e) 91–110% – wybitna.



W modelu wprowadzono autorskie propozycje wynikające ze specyfiki pracy podziemnych magazynów ciepła (Śliwa 1998, 2007). Obejmują one zagadnienia nie ujęte w dotychczas istniejących programach.

Prace nad analizą efektywności energetycznej i ekonomicznej systemów grzewczo-chłodniczych opartych na otworowych wymiennikach ciepła były źródłem pomysłu, by dodatkowe punkty przyznawać nie tylko za wykorzystywanie w systemie ogrzewczym pomp ciepła pozyskujących energię niskotemperaturową ze środowiska. Dodatkowe punkty przyznano za ilości ciepła nie zmarnowanego, lecz pozyskanego, zmagazynowanego i wykorzystanego w innym czasie. Racjonalizacja użytkowania energii ma swoje bezpośrednie przełożenie na ilość zaoszczędzonego paliwa pierwotnego.

Bywają sytuacje, że obiekt budowlany posiada znaczne różnice w zapotrzebowaniu na chłód i ciepło. Jeśli występuje nadmiar pobieranego ciepła (Śliwa 2012) w bilansie rocznym (permanenne wychłodzenie skał) należy jego zasoby regenerować w postaci dodatkowych rozwiązań poboru ciepła ze środowiska. Jeśli występuje nadwyżka wprowadzanego ciepła do górotworu, czyli zapotrzebowanie w obiekcie na chłód jest większe niż na ciepło (permanenne wygrzanie skał) należy nadwyżkę ciepła wykorzystać do innych celów lub jeśli nie ma możliwości zagospodarowania, ciepło zrzucić do atmosfery (wychładzać zimą górotwór).

## Wnioski

1. Podczas realizacji projektu badawczego mającego na celu określenie efektywności magazynowania ciepła w górotworze ustalono, że potrzebne jest uwzględnianie możliwości magazynowania ciepła i chłodu w projektach budowlanych, jak też w ocenach oddziaływania budynku na środowisko.

2. Przydatne są badania i wprowadzanie zasad zrównoważonego rozwoju, zwłaszcza w budownictwie, na dwóch równoległych płaszczyznach: lokalnej (realizowanej przez poszczególne ośrodki akademickie czy badawczo-rozwojowe, uwzględniające specyfikę regionu i profil badawczy ośrodka) oraz globalnej (koordynowane przez ekspertów, na płaszczyźnie międzynarodowej). Programy międzynarodowe powinny unifikować systemy certyfikacji, ale mieć na uwadze i korzystać z badań i obserwacji grup lokalnych.

3. Coraz większy popyt na obiekty budowlane powstałe w zgodzie z zasadą zrównoważonego rozwoju, przekładający się na ich cenę, stymuluje rozwój dalszych prac nad udoskonalaniem opisywanych w artykule metod.

4. Laboratorium Geoenergetyki WWNiG AGH posiada zestaw stanowisk dla celów badań nad racjonalizacją zużycia energii w obiektach budowlanych za pomocą pomp ciepła i wymienników otworowych. Jednym z nich jest stanowisko z programem do oceny oddziaływania na środowisko obiektów budowlanych uwzględniające magazynowanie ciepła i chłodu.

5. Metodyka wykorzystywana w Laboratorium Geoenergetyki WwNiG AGH zakłada możliwość magazynowania ciepła i chłodu w górotworze. Dzięki temu możliwe jest bardziej racjonalne użytkowanie energii.

Praca zrealizowana w ramach Badań Statutowych na Wydziale Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, nr umowy AGH 11.11.190.555

## Literatura

- ASSOCIATION HQE – Association Haute Qualite Environnementale, [www.assohqe.org](http://www.assohqe.org) (29.12.2011).
- ATHENA SUSTAINABLE MATERIALS INSTITUTE – [www.athenasmi.org](http://www.athenasmi.org) (27.12.2011).
- BREEAM – British Establishment Environmental Assessments Method [www.breeam.org](http://www.breeam.org) (15.12.2011).
- CASBEE – Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency, [www.ibec.or.jp](http://www.ibec.or.jp) (13.12.2011).
- CEN – European Committee for Standardization, [www.cen.eu](http://www.cen.eu) (30.08.2012).
- DOŁĘGA, W. 2012. Prawno-ekonomiczne aspekty wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w budownictwie. *Polityka Energetyczna* t. 15, z.1, s. 77–86.
- ECOEFFECT – [www.ecoeffect.se](http://www.ecoeffect.se) (13.12.2011).
- ISO – International Organization for Standardization, [www.iso.org](http://www.iso.org) (20.08.2012).
- ITB – Instytut Techniki Budowlanej, [www.zb.itb.pl](http://www.zb.itb.pl), [www.itb.pl](http://www.itb.pl) (29.08.2011).
- JULIEN, A. 2009. Assessing the assessor. BREEAM VS LEED, SUSTAIN' vol. 09 issue 06 p. 31–33.
- KWIATKOWSKI i in. 2010 – KWIATKOWSKI, J., PIASECKI, M. i PANEK, A. 2010. Simplified methods of building environmental assessment in Poland. *CESB 10 – Central Europe towards Sustainable Building*, Prague, Czech Republic, 30 June–2 July 2010 r.
- MIROWSKI, T. 2012. Metody poprawy efektywności energetycznej w gospodarstwach domowych w Polsce. *Polityka Energetyczna* t. 15, z. 2, s. 41–56.
- PANEK, A. 2005. *Holistyczna metoda oddziaływania obiektów budowlanych na środowisko naturalne uwzględniająca zasady rozwoju zrównoważonego*. Raport końcowy. Nr projektu 8T07G 004 21, Warszawa.
- PIASECKI, M. 2008. *Wybrane kryteria oceny zgodności budynku z zasadami zrównoważonego rozwoju*. Praca doktorska, Warszawa.
- PIASECKI, M. 2009. *Kryteria oceny wyrobów i obiektów budowlanych pod kątem zgodności z wymaganiami zrównoważonego rozwoju*. Seminarium szkoleniowe: Wroby budowlane na rynku europejskim – wymagania i kierunki zmian, Warszawa, 08 grudnia 2009 r.
- PKN – Polski Komitet Normalizacyjny, [www.pkn.pl](http://www.pkn.pl) (20.08.2012).
- RIVERA, A. 2009. *International Applications of Building Certification Methods: A Comparison of BREEAM and LEED*, PLEA2009 – 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Quebec City, Canada, 22–24 June 2009.
- ROBACZEWSKI, M. 2011. Biurowiec z ekocertyfikatem. *Forbes* (edycja polska) 03/2011. s. 156–158.
- RODERICK i in. 2009 – RODERICK, Y., MCEWAN, D., WHEATLEY, C. i ALONSO, C. 2009. *A comparative study of building energy performance assessment between LEED, BREEAM and Green Star schemes*. [W:] Eleventh International IBPSA Conference Glasgow, Scotland July 27–30, 2009.

- STARRS, M. i BURROWS, V.K. 2010. *BREEAM versus LEED*, Inbuilt 2010.
- SZCZERBOWSKI, R. i CHOMICZ, W. 2012. Generacja rozproszona oraz sieci Smar Grid w budownictwie przemysłowym niskoenergetycznym. *Polityka Energetyczna* t. 15, z. 4, s. 97–110.
- ŚLIWA, T. 1998. Wybrane systemy geotermalne w aspekcie warunków geologicznych. *Wiertnictwo, Nafta, Gaz* t. 15.
- ŚLIWA, T. 2000. *Sposoby pozyskiwania energii geotermicznej*. Konferencja naukowa „Rola odnawialnych źródeł energii w strategii zrównoważonego rozwoju kraju”, red. nauk. Julian Sokółowski i in., Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Katedra Geologii, Geosynoptyki i Zrównoważonego Rozwoju, Polska Geotermalna Asocjacja, Łódź.
- ŚLIWA, T. 2005. Otworowe wymienniki ciepła, prace geoinżynierskie w pozyskiwaniu i magazynowaniu ciepła. *Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie* nr 3.
- ŚLIWA, T. 2007. Pasywne chłodzenie i ogrzewanie w geoenergetyce. *GLOBEnergia* nr 4.
- ŚLIWA, T. 2012. *Badania podziemnego magazynowania ciepła za pomocą kolektorów słonecznych i wymienników otworowych*. Wydawnictwo AGH, Kraków.
- ŚLIWA, T. i GONET, A. 2004. *Techniczne możliwości pozyskiwania niskotemperaturowego i odpadowego ciepła za pośrednictwem pomp ciepła*. Problemy ekologiczne euroregionu karpackiego, red. zesz.: Kazimierz Twardowski i in., Prace Naukowo-Dydaktyczne Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Krośnie, z. 10, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Krośnie, Krosno, PWSZ.
- ŚLIWA, T. i GONET, A. 2005. Theoretical model of borehole heat exchanger. *Journal of Energy Resources Technology* vol. 127, no. 2.
- ŚLIWA, T. i GONET, A. 2011. Otworowe wymienniki ciepła jako źródło ciepła lub chłodu na przykładzie Laboratorium Geoenergetyki WwNiG AGH. *Wiertnictwo, Nafta, Gaz* t. 28, z. 1–2.
- ŚLIWA i in. 2007 – ŚLIWA, T., GONET, A. i ZŁOTKOWSKI, A. 2007. Górotwór jako rezerwar ciepła. *Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie* nr 6.
- USGBC – U.S. Green Building Council, [www.usgbc.org](http://www.usgbc.org) (20.12.2011).
- ZIELIŃSKA, A. 2011. Ekologią trapią się korporacje. *Puls Biznesu* – wydanie on-line, dział nieruchomości [www.nieruchomosci.pb.pl](http://www.nieruchomosci.pb.pl) (10.11.2011).

Aneta SAPIŃSKA-ŚLIWA, Jacek HENDEL, Paweł DURDZIŃSKI, Łukasz URUSKI,  
Tomasz ŚLIWA, Andrzej GONET

## Systems of building influence on the environment comparison – Geoenergetics Laboratory of Drilling, Oil and Gas Faculty AGH-UST contribution to evaluation methodology

### Abstract

Due to rising prices of mineral resources and energy, sustainable development in construction industry became an important scientific problem. Recently, sustainable building engineering problem is the base of research for many scientific and development centers. There is a lot of methods of labeling buildings' influence on the environment and comparing building objects. Several of them were presented in this article and the best-known *Building Establishment Environmental Assessments Method* (BREEAM) and *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) were compared. The set of standards that were elaborate in order to standardize the methods of a comprehensive assessment of the environmental impact of the building were also submitted. In addition, the article presented model of environmental assessment of building, that was developed in Laboratory of Geoenergetics at Faculty of Drilling, Oil and Gas AGH-UST, based on currently existing systems, in particular E-audit and BREEAM programs. This model was expanded to cover issues that are not used in currently applied programs, and which concern the proposals arising from the operation of underground heat storages. The research project, that was designed to determine the advisability of heat storage in the ground was summarize. New solutions connected with geological and energetic fields of science were proposed. According to the authors, these ideas should be applied for complex evaluation of the building, especially in polish climate conditions.

KEY WORDS: sustainable building engineering, BREEAM, LEED, underground thermal energy storage, improvement of energy use