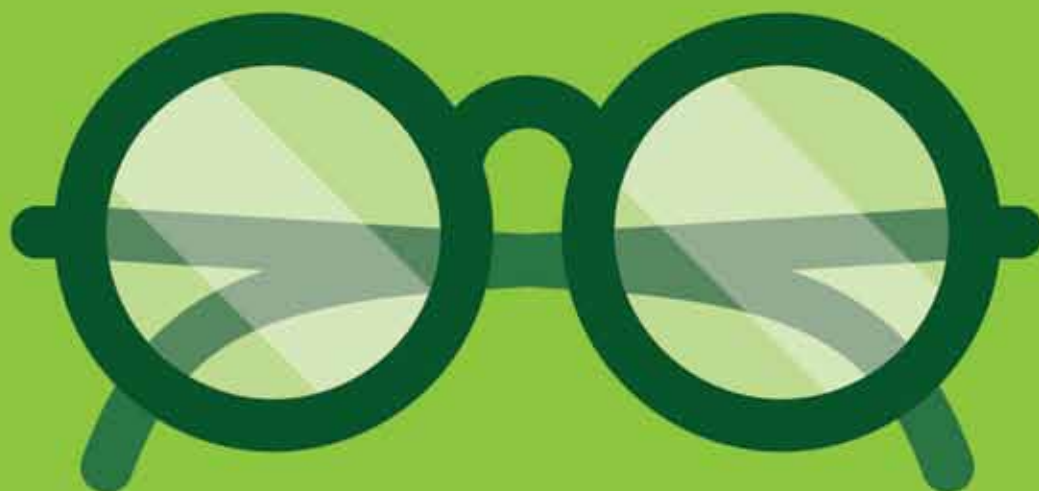




PRZEGLĄD
Komunalny[®]
POLECA

EKOINNOWACJE W BUDOWNICTWIE

JESTEŚ KREATOREM? ZOSTAŃ EKOINNOWATOREM!



**EKOINNOWACJA TO COŚ WIĘCEJ, NIŻ INNOWACJA!
EKOINNOWATOR TO KTOŚ WIĘCEJ, NIŻ INNOWATOR!**

Nie wystarczy wdrożona w życie nowość, czy udoskonalenie.
Ważne jest też zmniejszenie negatywnego wpływu na środowisko.

WIESZ JAK TO ZROBIĆ?

Masz pomysł na ekoinnowacyjny produkt, funkcjonalność,
czy rozwiązanie technologiczne lub organizacyjne?

Jeśli tak, to weź udział w kampanii

**„JESTEŚ KREATOREM? ZOSTAŃ EKOINNOWATOREM!”,
KTÓRA POMOŻE CI GO WYPROMOWAĆ!**

Więcej informacji

www.ekoinnowator.ue.poznan.pl

Dofinansowano ze środków
Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej



Od redaktora

Tematyka domu jest bliska każdemu z nas, bowiem to, w jakim otoczeniu funkcjonujemy na co dzień, wpływa na nasze samopoczucie, zdrowie, a nawet relacje z innymi ludźmi. Dom spełnia rozmaite funkcje – od użytkowej, przez osłonową, higieniczną i estetyczną, po konstrukcyjną. Jest także gwarantem poczucia bezpieczeństwa i przynależności. W niniejszym biuletynie zapraszam Państwa do spojrzenia z szerszej perspektywy na domy i budownictwo.

Prognozuje się, że do 2050 r. liczba ludności świata wzrośnie do ok. 9 miliardów. Oznacza to, że – by zapewnić obecnym i przyszłym pokoleniom godne i dostatnie życie – należy racjonalnie gospodarować zasobami. Dużą rolę w tym względzie odgrywa budownictwo, odpowiedzialne za wytwarzanie ok. 10% wspólnotowego PKB. Ponad połowa wszystkich surowców stanowi źródło materiałów budowlanych, służy do wyrobu produktów wykorzystywanych w budownictwie lub jest zużywana podczas prac budowlanych. W związku z tym poszukuje się nowych, innowacyjnych materiałów, mających na celu minimalizowanie wpływu budownictwa na środowisko. Oprócz wspomnianych wcześniej materiałów należą do nich również osady ściekowe, odpady przemysłowe czy też stłuczka szklana.

Budownictwo zrównoważone, zwane często ekologicznym bądź zielonym, to jednak nie tylko przyjazne środowisku materiały. To także innowacyjne myślenie o całym cyklu życia budynku – w odniesieniu zarówno do jego projektowania i eksploatacji, jak i likwidacji. Na każdym z tych etapów należy uwzględniać kwestie środowiskowe, bo tylko wówczas będziemy mogli realizować koncepcję zrównoważonego rozwoju, sformułowaną w raporcie Światowej Komisji ds. Środowiska i Rozwoju.

Najwięcej domów budowanych w zgodzie z tą koncepcją powstaje w krajach o wysoko rozwiniętej kulturze ekologicznej – w USA, Australii, Kanadzie, Niemczech czy też Szwecji. Jednak także w Polsce świadomość ekologiczna w ostatnich latach wzrosła, stąd również w naszym kraju pojawił się trend „zielonego” budownictwa.

W kolejnym już biuletynie z zakresu ekoinnowacji nie tylko prezentujemy przyjazne środowisku materiały budowlane (w tym beton komórkowy, drewno i trzcinę) oraz technologie (budownictwo pasywne), ale również pokazujemy, jakie czynniki warunkują przynależność budynku do grupy tzw. zielonego budownictwa i jakie może on otrzymać certyfikaty.

Z życzeniami przyjemnej lektury.


Joanna Witczak

koordynator projektu „Jesteś kreatorem? Zostań ekoinnowatorem!”



EKO

Wiedza. Otwartość.

„Jesteś kreatorem?

Zostań ekoinnowatorem!”

jest dodatkiem promocyjnym
do październikowego wydania (10/2014)
PRZEGŁĄDU KOMUNALNEGO
ISSN 1232-9126

Wydawca:



Wydawnictwa Komunalne:

Tomasz Szymkowiak
dyrektor – redaktor naczelny wydawnictw
60-124 Poznań, ul. Daleka 33
www.abrys.pl, biuro@abrys.pl
NIP 781-00-23-628

Dodatek przygotowany przez:

Tomasz Szymkowiak,
dyrektor – redaktor naczelny wydawnictw
Joanna Witczak, koordynator projektu
Łukasz Bandoś, redaktor
Barbara Kostrzewska, adiustacja językowa
Dagmara Bołtrukiewicz, korekta

Projekt i fotoskład: Studio Poligrafii

Okładka: Depositphotos/SergeyNivens

Druk: Zakład Poligraficzny Antoni
Frąckowiak

Oddano do druku: 8.10.2014
Nakład: 3500 egz.

„Jesteś kreatorem?

Zostań ekoinnowatorem!”

to ogólnopolska kampania informacyjno-
edukacyjna na temat ekoinnowacji



Niniejszy materiał został opublikowany dzięki
dofinansowaniu Narodowego Funduszu Ochrony
Środowiska i Gospodarki Wodnej.
Za jego treść odpowiada wyłącznie Uniwersytet
Ekonomiczny w Poznaniu

Budownictwo (w) przyszłości

Projektowanie, budowanie i użytkowanie budynków uwzględniające ochronę środowiska naturalnego już wkrótce stanie się standardem. Budownictwo zrównoważone rozkwita nie tylko ze względu na wymogi prawne, ale także z powodu coraz większego zainteresowania społeczeństwa.

■ Budownictwo zrównoważone (określane także jako ekologiczne, zielone, energooszczędne) opiera się na idei zrównoważonego rozwoju, sformułowanej w raporcie Światowej Komisji ds. Środowiska i Rozwoju¹. Spełnia ono zasadę sprawiedliwości międzygeneracyjnej i zaspokaja potrzeby osób obecnie żyjących bez narażania potrzeb przyszłych pokoleń.

Stosowanie zasad budownictwa zrównoważonego ma silne uzasadnienie legislacyjne. W Polsce od stycznia 2009 r., na mocy Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady z 16 grudnia 2002 r. 2002/91/WE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków, wszystkie nowo oddane do użytkowania lub wprowadzone do obrotu nieruchomości muszą posiadać świadectwo energetyczne. Z kolei do lipca 2012 r. państwa członkowskie UE, zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków, powinny zmienić krajowe regulacje dotyczące charakterystyki energetycznej budynków, aby spełnić założenie obniżenia o 20% zużycia energii w sektorze budowlanym. Co więcej, od lipca 2013 r. każdy wybudowany budynek musi spełniać określone normy dotyczące minimalnej charakterystyki energetycznej². W dłuższej perspektywie czasowej, zgodnie z dyrektywą 2010/31/UE, od stycznia 2021 r. wszystkie nowe budynki (budynki użyteczności publicznej już od 2018 r.) będą musiały wykazywać się niemal zerowym zużyciem energii. W tym celu projektowanie budynków powinno zostać ukierunkowane na odnawialne źródła energii (np. z wiatru, promieniowania słonecznego czy biomasy).

Potwierdzenie jakości

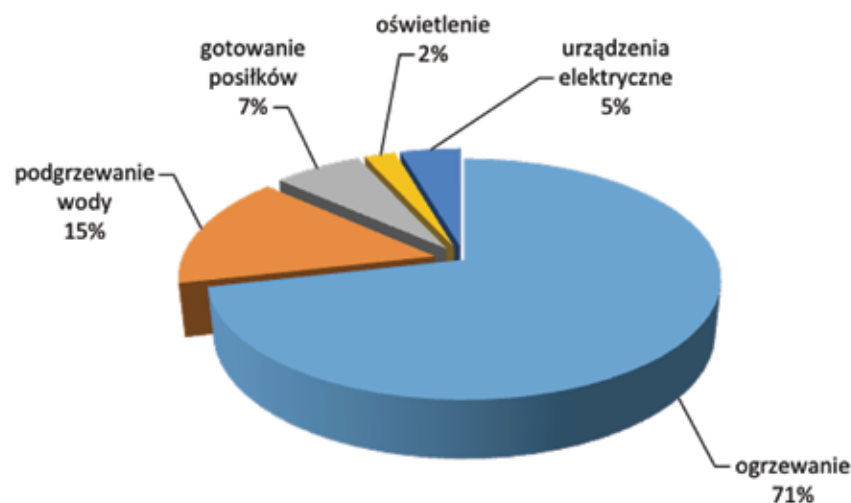
W celu promowania i potwierdzania działań zgodnych z zasadami budownictwa zrównoważonego powstały systemy certyfikacji takich budynków. Celem tych programów jest komunikowanie sprawdzalnej, dokładnej, niemylącej informacji o aspektach środowiskowych budynków, które z mniejszą presją oddziałują na środowisko. Organizacje certyfikujące ustalają kryteria, po spełnieniu których następuje wydanie certyfikatu stanowiącego oficjalne udokumentowanie ekologiczności budynku². Kryteria oceny mogą uwzględniać tylko

wybrane aspekty dotyczące jednego etapu cyklu życia, np. zużycia energii podczas użytkowania (system UE Green Building), ale mogą także stosować kryteria wieloaspektowe, których struktura uzależniona jest od typu budynku, jego wieku, przeznaczenia i sposobu użytkowania. Do często stosowanych wieloaspektowych systemów certyfikacji można zaliczyć systemy BRE oraz LEED, choć funkcjonuje także wiele innych. Pierwszy z wymienionych systemów narodził się w Wielkiej Brytanii w 1972 r. w efekcie fuzji FPRL (ang. Forest Products Research Laboratory) oraz BRS (ang. Building Research Station). Od 2006 r. system przyjął nazwę BRE Global i funkcjonuje jako niezależna organizacja oferująca usługi w dziedzinie certyfikacji wyrobów, rozwiązań konstrukcyjnych i systemów zarządzania dla rynku międzynarodowego². BRE Global jest odpowiedzialny za multikryterialną rodzinę systemów oceny oddziaływania na środowisko – BREEAM. Drugi z wymienionych systemów – LEED – narodził się natomiast w Stanach Zjednoczonych i został opracowany przez ekspertów USGBC (US Green Building Council)³. Dla rozwoju systemu LEED w 2008 r. powołano instytut GBCI (ang. Green Building Certification Institute), którego zadaniem jest zapewnienie niezależnego nadzoru nad orzecz-

nictwem i sprawowanie kontroli profesjonalizmu świadczących i programów certyfikacji. Jak wspomniano, oba systemy bazują na kryteriach wieloaspektowych, obejmujących różne kwestie środowiskowe i etapy cyklu życia budynków.

Budownictwo pasywne

Szczególnym przykładem budownictwa zrównoważonego jest budownictwo pasywne. Na jego rozwój miało wpływ wiele czynników, takich jak: dążenie do minimalizowania strat ciepła i zapotrzebowania na energię, racjonalne wykorzystanie energii, kurczące się zasoby surowców nieodnawialnych, zwracanie uwagi na problemy związane z ochroną środowiska, a także coraz bardziej popularna promocja ży-



■ Struktura zużycia energii w gospodarstwach domowych wg kierunków użytkowania
Źródło: www.ibp.com.pl





Depositphotos/tiplyashin

cia „proekologicznego”. Biorąc pod uwagę te i wiele innych czynników, zapoczątkowano projektowanie i budowę domów pasywnych. Twórcą idei jest Wolfgang Feist, założyciel Instytutu Budownictwa Pasywnego (Passivhaus Institut Darmstadt) w Darmstadt w Niemczech. Instytut ten zajmuje się m.in. utrzymaniem standardów domu pasywnego oraz zapobieganiem dewaluacji jego pojęcia w budownictwie jednorodzinnych⁴. W literaturze można znaleźć kilka definicji budynku pasywnego, jednak ich wspólnym mianownikiem jest minimalizacja strat ciepła oraz zużycia energii do ogrzania budynku. Głównym założeniem koncepcji domu pasywnego jest maksymalna oszczędność energii cieplnej.

Większość energii zużywanej w typowym gospodarstwie domowym jest wykorzystywa-

na do ogrzania budynku (ok. 71%), natomiast pozostała część energii zużywana jest na ogrzanie wody (15%), gotowanie (7%), a także pracę urządzeń elektrycznych (5%) i oświetlenie (2%) – rysunek.

Ciepło, ciepłej...

Ponieważ najwięcej energii marnowanej jest w źle ocieplonych domach i mieszkaniach, budynek powinien być tak zaprojektowany i wykonany, by miał bardzo małe zapotrzebowanie na energię grzewczą. Należy również tak zminimalizować straty ciepła, by nie był potrzebny osobny „tradycyjny” system ogrzewania zimą, np. piece czy kaloryfery, ani klimatyzacja w okresie letnim. Może się zdarzyć, że w budynku pasywnym pojawi się znikome

zapotrzebowanie na ciepło, jednak jest ono wówczas zaspokajane wyłącznie poprzez dogrzanie powietrza wentylującego budynek – nawiewanego w systemie wentylacyjnym budynku. W związku z tym niezbędnym elementem każdego domu tego typu jest wentylacja, która powinna być tak skonstruowana, by zminimalizować straty ciepła. Trzeba pamiętać, że instalacja wentylacyjna w domu pasywnym jest układem doprowadzającym świeże powietrze do pomieszczeń, a nie instalacją klimatyzacyjną z wykorzystaniem powietrza recyrkulacyjnego.

Biorąc pod uwagę ideę maksymalizacji oszczędności energii cieplnej, budynek pasywny jest rozwinięciem i uzupełnieniem idei budynku energooszczędnego. O budownictwie pasywnym mówi się, że jest to budownictwo superenergooszczędne o skrajnie niskim zapotrzebowaniu na ciepło do ogrzewania budynku, a budynek pasywny to taki, w którym dogrzanie powietrza w systemie wentylacyjnym wystarcza jako jedyne źródło ciepła⁴.

Z budynku pasywnego ciepło ucieka powoli, jednak musi mieć ono swoje źródła, z których jest uzupełniane. Większą część zapotrzebowania na ciepło w takim budynku pokrywają więc pasywne źródła energii, dzięki którym jest ono utrzymywane na komfortowym poziomie. Do pasywnych źródeł ciepła, które wydzielają pewną ilość energii, zalicza się m.in. ludzi (mieszkańców/użytkowników), urządzenia gospodarstwa domowego (np. kuchnię, przemysłowe urządzenia elektryczne), ciepło odzyskiwane z powietrza oraz energię cieplną z promieniowania słonecznego, przenikającą przez okna.

Nazwa „budynek pasywny” odnosi się do faktu, że do ogrzewania budynku wykorzystywana jest energia cieplna powstająca w sposób „pasywny”, pochodząca z ww. źródeł. Jednak każdy z tych czynników może wpłynąć również negatywnie na pobór energii, w związku z czym nie bez znaczenia jest aktywność mieszkańców czy liczba dni słonecznych w ciągu roku. Jak wspomniano, dodatkowe potrzeby cieplne realizowane są przez odzysk ciepła z powietrza zużytego i podgrzewanie powietrza wentylującego budynek.

W oparciu o przedstawione definicje można wysunąć wniosek, że budynek pasywny powinien spełniać dwa podstawowe kryteria: roczne zapotrzebowanie na energię cieplną do ogrzewania budynku nie może przekroczyć 15 kWh/m²/rok, a całkowite roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną na wszystkie potrzeby związane z utrzymaniem budynku (ogrzewanie, przygotowanie ciepłej wody użytkowej, prąd elektryczny) nie może przekroczyć 120 kWh/m²/rok.

Pasywny, czyli jaki?

Ani definicje budynku pasywnego, ani powyższe kryteria nie określają, jak taki budynek powinien wyglądać oraz nie wskazują materiałów, które należy zastosować do jego budowy. Pomimo tego, projektanci budynków pasywnych – poza wszystkimi innymi „standardowymi” wymaganiami (funkcjonalnymi,

Budynek pasywny to budynek zbudowany w taki sposób, że można w nim zredukować (w stosunku do domu zbudowanego tradycyjnie), nawet o 90%, zużycie energii do ogrzewania wnętrza i wody użytkowej; energię pozyskuje się w nim z kolektorów słonecznych, pomp ciepła, ogniw fotoelektrycznych i turbin wiatrowych; stosuje się bardzo dobrą izolację, trójszybowe okna oraz odzyskiwanie ciepła z powietrza wentylowanego i z ciepłej wody użytkowej”⁵.

Według Wolfganga Feista, „budynek pasywny to taki, którego wskaźnik całkowitego zużycia energii pierwotnej przy normalnym użytkowaniu nie przekracza 120 kWh/m² rocznie. Wskaźnik ten oznacza, że budynek pasywny zapewnia wszystkie typowe świadczenia energetyczne (ogrzewanie, ciepła woda, oświetlenie, gotowanie, telewizja itd.) przy mniejszym zużyciu energii niż tylko sam prąd zużywany dziś w gospodarstwach domowych do urządzeń domowych i oświetlenia”⁴.

Cechy budynku pasywnego

- Południowa orientacja fasady budynku
- Duże powierzchnie przeszkleń, grupowane na elewacjach południowych
- Prosta budowa przegród zewnętrznych
- Współczynnik przenikania ciepła U dla przegród zewnętrznych mniejszy niż $0,15 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$
- Zwarta i prosta bryła budynku
- Zgrupowanie instalacji
- Ograniczenie zacięnienia
- Unikanie bądź ograniczanie mostków cieplnych
- Opcjonalnie – pozyskiwanie i magazynowanie ciepła z promieniowania słonecznego (kolektory słoneczne)
- Wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła (rekuperator)
- Wydajność rekuperatora, stosowanego do odzysku ciepła z wentylacji, powyżej 75%
- Wysoka izolacyjność termiczna elementów konstrukcyjnych
- Zapewnienie szczelności powietrznej (dobór odpowiednich styków)
- Stosowanie specjalnych okien (trójwarstwowych)
- Stosowanie izolacji ram okiennych
- Okna o współczynniku przenikania ciepła U poniżej $0,8 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ dla ramy i przeszklenia
- Okna o całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego dla przeszklenia $\geq 50\%$
- Stosowanie powłok niskoemisyjnych w oknach
- Efektywne wykorzystanie energii elektrycznej
- Kanały powietrza zimnego poza obrębem izolowanych termicznie przegród zewnętrznych
- Kanały powietrza ciepłego w obrębie izolowanych termicznie przegród zewnętrznych
- Wykorzystanie nośników energii o niskim nakładzie nieodnawialnej energii pierwotnej
- Ograniczenie strat ciepła w procesie przygotowania i zaopatrzenia w ciepłą wodę użytkową
- Brak konwencjonalnego, oddzielnego systemu ogrzewania, ogrzewanie realizowane przez nadmuch ciepłego powietrza, połączony z wentylacją mechaniczną
- Sprawność odzysku ciepła na poziomie 75%
- Zastosowanie energooszczędnych urządzeń

technicznymi, ekonomicznymi, prawnymi itd.) – muszą wypełnić szereg wymogów i zasad, dążąc do zaprojektowania domu zgodnie z zasadą maksymalnej efektywności energetycznej. W tabeli przedstawiono zbiór podstawowych cech, jakie powinien posiadać budynek, aby spełniać wymogi obiektu pasywnego.

Warto podkreślić, że rozwiązania i materiały używane w budynkach pasywnych są ogólnodostępne. Nie określono ściśle, jakie materiały izolacyjne czy systemy wentylacyjne należy zastosować, aby spełnić wymagania budynku pasywnego.

Blaski i cienie

Do zalet budynków pasywnych można zaliczyć wysoki komfort cieplny (stały dopływ świeżego powietrza, zrównoważone, optymalne temperatury, brak przegrzewania pomieszczeń latem, a także wysokie temperatury przegród) oraz niskie koszty eksploatacji. Pod względem ogrzewania budynki pasywne są najbardziej ekonomicznym rozwiązaniem, ponieważ dom, który nie wymaga ogrzewania, jest tańszy w utrzymaniu. Budownictwo pasywne charakteryzuje się także małym zużyciem energii, a więc niską emisją szkodliwych gazów i ograniczeniem zanieczyszczeń we wnętrzu. Ograniczenie zużycia energii potrzebnej do ogrzania budynku najbardziej przyczynia się

do zmniejszenia emisji dwutlenku węgla. Za zaletę budynków pasywnych uznaje się także dobry mikroklimat wnętrza, który korzystnie wpływa na ochronę zdrowia mieszkańców/użytkowników. Komfort w domu pasywnym wynika z mniejszych różnic temperatury powietrza między pasywnymi powierzchniami przeszkłonymi i ścianami zewnętrznymi a powietrzem w pomieszczeniu, dzięki czemu w budynku pasywnym panuje równomierny rozkład temperatur w pomieszczeniach oraz wysoka jakość powietrza. Eliminuje to wrażenie zimna i przeciągi. Domy pasywne posiadają duże okna (a tym samym duże nasłonecznienie) i dają dużą swobodę w aranżacji wnętrza. Poza tym – ze względu na brak tradycyjnego systemu grzewczego – nie ma w nich zagrożenia odcięcia dopływu gazu czy elektryczności potrzebnej do ogrzania domu, taki dom nie jest więc zależny od dostawcy źródła energii potrzebnej do jego ogrzania.

Do potencjalnych słabszych stron budownictwa pasywnego można zaliczyć wyższe koszty budowy. Materiały elewacji oraz ściany okładzinowe nie mogą być mocowane na kotwach – muszą być przyklejone do ocieplenia ściany zewnętrznej bądź mocowane do oddzielnej, drugiej zewnętrznej ściany czy konstrukcji, co powoduje zwiększenie kosztów. Wadą może być też mniejsza dowolność w kształtowaniu bryły budynku. Dom pasywny często jest bu-

dowany na planie prostokąta z jedno- lub dwuspadowym dachem, a z powodu małego rozrzeźbienia bryły, braku zastosowania ciekawych materiałów czy też oszczędności w przeszkleniu (poza fasadą południową) jest on najczęściej mało atrakcyjny.

Budynki i technologie

Budownictwo pasywne to technologia skierowana do wielu rodzajów budynków, pozwalająca na wznoszenie obiektów o różnorodnych funkcjach. Spełniając standardy budynku pasywnego, można zrealizować budynki mieszkalne jedno- i wielorodzinne, hotele, budynki komunalne, budynki biurowe, szkoły, kościoły, hale sportowe, pływalnie, a także budynki dla potrzeb przemysłu, handlu czy rolnictwa. Ponadto możliwe jest wznoszenie budynków pasywnych w różnych technologiach budowlanych: tradycyjnej murowanej, tradycyjnej stalowej, drewnianej (tzw. technologia kanadyjska), żelbetowej monolitycznej oraz wykonanej z prefabrykatów.

Pierwsze koty...

Pierwszy dom pasywny powstał w 1991 r. w Darmstadt, w dzielnicy Kranichstein, i zapoczątkował nową erę w budownictwie jednorodinnym. Jest on zespołem składającym się z czterech domów w zabudowie szeregowej i wymaga jedynie niewielkiego ogrzewania uzupełniającego – zrezygnowano z osobnego systemu grzewczego (na 1 m^2 powierzchni użytkowej w roku potrzeba mniej niż równoważność 1 litra oleju opałowego).

W 1998 r. koncepcję budowy domów pasywnych wsparła Unia Europejska poprzez program CEPHEUS. Dotychczas na terenie Unii Europejskiej powstało już ponad 10 tys. domów pasywnych, głównie w Niemczech (wykonanych zgodnie z założeniami Instytutu Budownictwa Pasywnego w Darmstadt). W Niemczech, Austrii, Szwecji i Francji powstało 250 mieszkań w 14 budynkach pasywnych.

W 2003 r. w Niemczech, Austrii i Szwajcarii istniało ponad 3000 zamieszkałych jednostek mieszkaniowych w standardzie budynku pasywnego. Szacuje się, że w 2005 r. w krajach Unii Europejskiej istniało ponad 5000 jednostek mieszkaniowych opartych na technologii domu pasywnego. ■

Agata Witczak

Źródła

1. Our common future. Report of the World Commission on Environment and Development. United Nations 1987, http://conspect.nl/pdf/Our_Common_Future-Brundtland_Report_1987.pdf (dostęp: 30.09.2014).
2. Vademecum Zielone budynki w Polsce. Green buildings in Poland. KRN media. Kraków 2011.
3. USGBC: LEED 101: Green Building Basics and LEED. Materiały szkoleniowe Green Building Symposium Expo Gala, Warszawa 9-10.10.2012.
4. Feist W.: Podstawy budownictwa pasywnego. Polski Instytut Budownictwa Pasywnego. Gdańsk 2006.
5. <http://encyklopedia.pwn.pl>
6. www.pibp.pl (dostęp: 30.09.2014).
7. www.domy-pasywne.pl (dostęp: 30.09.2014).

Szansa do wykorzystania

Z Bartoszem Malowańcem, kierownikiem Zakładu Weryfikacji Technologii Środowiskowych w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym, na temat weryfikacji technologii środowiskowych rozmawia Anna Lewandowska



■ Jakie są najważniejsze cechy pilotażowego programu weryfikacji technologii środowiskowych EU ETV?

Najistotniejszymi cechami tego programu są elastyczność procedur weryfikacyjnych, wiarygodność oraz uznawalność świadectwa weryfikacji jednako w całej Unii Europejskiej (a docelowo na świecie). Wiarygodność, a co za tym idzie – jego powszechna uznawalność, jest wynikiem ujednolicenia procedur weryfikacyjnych, zapewniających wykonanie weryfikacji z zachowaniem wysokich standardów kontroli jakości, a także wykorzystania badań z jednostek badawczych lub laboratoriów spełniających wymagania ISO 9001 czy ISO 17025. Dodatkowo jednostki weryfikacyjne muszą być akredytowane na zgodność z wymaganiami normy ISO 17020 dla jednostek inspekcyjnych typu A, czyli o najwyższym poziomie niezależności. Elastyczność ETV polega na idei potwierdzenia parametrów sprawności, które świadczą o innowacyjności zgłoszonej technologii. Są one wybierane i deklarowane przez wnioskodawcę, czyli producenta.

■ Co może zaoferować Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy wytwórcom ekoInnowacyjnych technologii?

22 sierpnia br. Instytut otrzymał akredytację przyznaną przez Polskie Centrum Akredytacji. Od tego momentu możemy wykonywać weryfikacje ETV w obszarach „technologie energetyczne” oraz „materiały, odpady, zasoby” w zakresach ustalonych w czasie akredytacji. We wrześniu br. otrzymaliśmy grant z Komisji Europejskiej w ramach programu ramowego na rzecz konkurencyjności i innowacji CIP. Przewiduje on wsparcie pierwszych dwunastu weryfikacji, które będą prowadzone przez nasz Zakład. Będą to dofinansowania sięgające 45% kosztów weryfikacji oraz 100% tzw. quick scanu. Koszt wykonania weryfikacji może być bardzo zmienny, ale z naszych prognoz wynika, że powinien się wahać pomiędzy 40 a 60 tys. zł, nie uwzględniając dofinansowania. Jednocześnie wnioskodawca musi liczyć się z kosztami dodatkowych badań, jeżeli takie będą wymagane podczas procesu weryfikacji. Pracownicy Zakładu Weryfikacji Technologii Środowiskowych wszystkim zainteresowanym chętnie udziela fachowych porad związanych z przystąpieniem do programu ETV, przeprowadzeniem badań

na potrzeby ETV czy wypełnieniem formularzy zgłoszeniowych.

■ Czy wiele krajowych instytucji posiada akredytację do weryfikacji technologii środowiskowych EU ETV?

W Polsce aktualnie akredytowane są dwie jednostki – IOŚ-PIB oraz Instytut Technologiczno-Przyrodniczy z Poznania, posiadający zbliżony zakres akredytacji do naszego. Weryfikacje w obszarze technologii oczyszczania i monitoringu wody wykonują, jak na razie, inne jednostki w Europie, których lista jest dostępna na stronie internetowej Komisji Europejskiej.

■ Jakie korzyści dla właścicieli technologii wynikają z weryfikacji ETV?

Głównym celem weryfikacji ETV jest ułatwienie innowacyjnym technologiom wejścia na nowe rynki. Wydane w jej wyniku świadectwo weryfikacji może być wykorzystane w kontaktach biznesowych, by przedstawić udokumentowane, innowacyjne cechy swojego produktu.

Głównym celem weryfikacji ETV jest ułatwienie innowacyjnym technologiom wejścia na nowe rynki. Wydane w jej wyniku świadectwo weryfikacji może być wykorzystane w kontaktach biznesowych, by przedstawić udokumentowane, innowacyjne cechy swojego produktu. Jest rzeczą wiadomą, że większość nabywców technologii bardzo ostrożnie podchodzi do inwestowania w technologie innowacyjne, często niesprawdzone. Tu z pomocą przychodzi program ETV. Często jest tak, że producent – by udowodnić walory innowacyjne swojej technologii – dla każdego nowego inwestora musi powtarzać badania, które, jak wiemy, są bardzo kosztowne. W przypadku posiadania świadectwa weryfikacji nie ma takiej potrzeby. Dodatkowym atutem ETV jest jego dość szybkie rozpowszechnianie, na co Komisja Europejska oraz polskie Ministerstwo Środowiska kładą duży nacisk. Dodatkowo trwają prace nad międzynarodową normą ISO ETV. Znajomość programu ETV przez nabywców czy inwestorów technologii środowiskowych będzie pewnego rodzaju reklamą wszystkich zweryfikowanych w Europie ekoInnowacyjnych rozwiązań.

■ W jaki sposób program weryfikacji technologii środowiskowych może przyczynić się do wsparcia działań ekoInnowacyjnych w branży budowlanej?

Opublikowane w lipcu br. nowe wydanie Ogólnego Protokołu Weryfikacji (tzw. GVP), który jest dokumentem referencyjnym programu EU ETV, uwzględnia w zakresach możliwych do zweryfikowania technologie efektywne energetycznie w budownictwie. Będą to różnego rodzaju innowacyjne materiały izolacyjne, okna, systemy grzewcze lub klimatyzacyjne itp.

W czasie naszego procesu akredytacyjnego obowiązywało poprzednie wydanie GVP, więc nie byliśmy w stanie objąć takich technologii. W najbliższym czasie mamy jednak w planach poszerzyć zakres akredytacji właśnie o technologie w budownictwie. Niemniej nasza obecna akredytacja obejmuje technologie odzysku czy magazynowania ciepła, technologie dystrybucji energii oraz wszystkie technologie OZE, które są bezpośrednio związane z ekoInnowacyjnym budownictwem. Jestem pewny, że inwestorzy w branży budowlanej powinni wykorzystać takie narzędzie, jakim jest ETV. ■

Zielone budowanie

Z Jadwigą Twardowską, prezes Zarządu Wielkopolskiej Agencji Zarządzania Energią, m.in. na temat ekologicznych trendów w budownictwie rozmawia Włodzimierz Podsiadłowski.

■ **Wielkopolska Agencja Zarządzania Energią powstała w 2009 r. Główne zadania WAZE to koordynacja zagadnień związanych z energetyką oraz efektywnością energetyczną w województwie wielkopolskim, w tym także działania w zakresie przyjaznego środowiska budownictwa. Czy efektywność energetyczna jest najważniejszym kryterium poszukiwania innowacji w zakresie budownictwa?**

O potencjale i znaczeniu efektywności energetycznej najlepiej świadczy fakt, że oszczędności uzyskane w wyniku działań proefektywnościowych określane są mianem „szóstego paliwa”. Potrzebę realizacji zadań w tym zakresie dostrzegło Województwo Wielkopolskie, powołując Uchwałą Sejmiku nr XXXIX/548/09 Wielkopolską Agencję Zarządzania Energią. W ramach działalności WAZE staramy się łączyć kwestie dotyczące zarówno wzrostu efektywności energetycznej, jak i zwiększania stopnia wykorzystania odnawialnych źródeł energii. W przypadku wielu planowanych inwestycji jednocześnie analizowanie obu tych zagadnień pozwala na uzyskanie efektu synergii, mogącego korzystnie wpłynąć na wskaźniki ekonomiczne często dość różnych przedsięwzięć. Spektrum działań związanych z poprawą efektywności energetycznej jest zresztą bardzo szerokie i może dotyczyć wielu dziedzin, takich jak transport, energochłonne procesy technologiczne, ogrzewanie czy oświetlenie obiektów. O konieczności wykorzystania tego potencjału w budownictwie świadczy fakt, że w większości gospodarstw domowych ponad 70% energii zużywane jest do ogrzewania pomieszczeń.

■ **Jak Pani ocenia ekoinnowacyjność branży budowlanej w Polsce? Jakieką rolę kierunki rozwoju nowych technologii w zakresie budownictwa?**

Obecna oferta rynkowa materiałów budowlanych daje architektom szerokie możliwości w zakresie zastosowania rozwiązań funkcjonalnych i technicznych. Krajowi producenci wytwarzają produkty spełniające najwyższe standardy, bo tak naprawdę dzisiaj nie da się inaczej produkować. Konkurować trzeba nie tylko ceną, ale również innowacyjnością rozwiązań. Dzięki takiemu podejściu polscy producenci okien zaliczają się dziś do światowej czołówki. Rosnące zainteresowanie ofertą domów niskoenergetycznych spowodowało, że przy zakupie okien zaczęto zwracać uwagę na istotny parametr: współczynnik przepuszczalności energii słonecznej. Decyduje on o ilości promieniowania słonecznego, które dociera do wnętrza domu przez szybę. Przy niskim zapotrzebowaniu budynku na energię znacząco

wzrasta rola promieniowania słonecznego. Przy dobrze zaizolowanych ścianach wnika ono do wnętrza poprzez przestronne okna, usytuowane głównie na południowej ścianie budynku. Zresztą budowa domów niskoenergetycznych to zmiana całej filozofii budowania.

Dla potencjalnych nabywców mieszkania zakup nieruchomości bardzo często wiąże się z zaciągnięciem kredytu na dziesięciolecie, a wiedza o tym, ile będzie kosztowała jej utrzymanie przy rosnących cenach nośników energii, jest coraz ważniejsza. Obniżone koszty eksploatacji domu niskoenergetycznego mogą z pewnością zrekomensować wyższe raty kredytu.

Ekoinnowacyjność to również umiejętne zestawianie dostępnych rozwiązań technicznych, skutkujące w końcowym bilansie poprawą wielu parametrów eksploatacyjnych budynku. Montaż kolektorów słonecznych wspomagających układ podgrzewania wody czy pompy ciepła w domu niskoenergetycznym przyczyniają się do znaczącego wzrostu komfortu bytowania, bez konieczności ponoszenia znaczących opłat z tego tytułu. Zastosowanie ekologicznych i wysokiej jakości materiałów wiąże się również z wydłużeniem okresu użytkowania budynku wykonanego według podwyższonych standardów.

Realizacja założeń zrównoważonego budownictwa polega na wykorzystaniu przyjaznych dla środowiska materiałów, minimalizowaniu zużycia energii oraz ilości zanieczyszczeń, a także na obsadzeniu zielenią terenów przyległych do budynku.



■ **Efektywność energetyczna kojarzy się głównie z fazą użytkowania budynku i pokrywaniem zapotrzebowania na energię na cele grzewcze i bytowe. Czy zużycie energii na innych etapach, np. podczas produkcji materiałów budowlanych lub zagospodarowania odpadów powstałych po likwidacji budynku, także jest istotne?**

Na energię zużywaną podczas całego cyklu życia technicznego budynku składają się: energia wbudowana, eksploatacyjna i energia przetworzenia. Pierwsza z nich zużywana jest głównie w trakcie wznoszenia budynku. Stanowi ją energia potrzebna m.in. do produkcji materiałów budowlanych, do transportu, podczas samego procesu wznoszenia budynku, a także w trakcie przeprowadzania konserwacji czy remontów. Z kolei energia eksploatacyjna niezbędna jest w czasie użytkowania budynku – wykorzystuje się ją m.in. do ogrzewania, wentylacji, klimatyzacji czy oświetlenia. Ostatnia ze składowych, energia przetworzenia, jest potrzebna w procesie demontażu obiektu oraz zagospodarowania odpadów.

Z analizy zapotrzebowania na energię wynika, że zdecydowana część energii (88%) podczas cyklu życia technicznego budynku zużywana jest na etapie jego użytkowania. Zatem to ta faza wymaga poświęcenia jej największej uwagi. Podjęte na tym etapie działania w zakresie poprawy efektywności energetycznej powinny przynieść największe – z punktu widzenia użytkownika – oszczędności. Należy jednak pamiętać, że, według danych Komisji Europejskiej, budownictwo zużywa rocznie niemal połowę produkowanej energii i emituje 35% gazów cieplarnianych w całej Unii Europejskiej. Ponadto budynki i wyroby stosowane przy ich wznoszeniu oddziałują na środowisko, np. przy ich produkcji czy poprzez wytwarzanie znacznych ilości odpadów. By więc zredukować negatywne skutki wynikające z funkcjonowania przemysłu budowlanego, zrodziła się koncepcja zrównoważonego budownictwa, opartej na

innowacjach ekologicznych. Obejmuje ono projektowanie i wznoszenie budynków w trosce o środowisko naturalne oraz racjonalne gospodarowanie surowcami naturalnymi na wszystkich etapach: projektowym, konstrukcyjnym, eksploatacyjnym i w procesie rozbioru. Realizacja założeń zrównoważonego budownictwa polega na wykorzystaniu przyjaznych dla środowiska materiałów, minimalizowaniu zużycia energii oraz ilości zanieczyszczeń, a także na obsadzeniu zielenią terenów przyległych do budynku. Koncepcja zrównoważonego rozwoju w budownictwie zyskuje coraz szersze poparcie, które skutkuje m.in. wzrostem liczby budynków energooszczędnych i pasywnych.

■ Szansą na wzrost ekoinnowacyjności sektora budowlanego w Polsce wydaje się być podniesienie kwalifikacji osób pracujących w tej branży. Realizujecie Państwo projekt „Zielone budowanie”, który ma na celu zwiększenie świadomości ekologicznej przedstawicieli przedsiębiorstw z branży budowlanej i architektonicznej. Od jak dawna trwa ten projekt i jakie są jego główne założenia?

Projekt ten, którego pełna nazwa brzmi „Zielone budowanie. Szkolenia z proekologicznych rozwiązań w budownictwie energooszczędnym w Wielkopolsce”, współfinansowany jest ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego. Rozpoczął się w kwietniu ub.r. i potrwa do końca czerwca 2015 r. Jego realizacja stanowi odpowiedź na zapotrzebowanie naszego regionu na stworzenie warunków dla szeroko rozumianego zrównoważonego rozwoju. Przyczyny powolnego rozwoju budownictwa niskoenergetycznego jest przede wszystkim niski poziom znajomości

technologii energooszczędnych oraz niewystarczająca świadomość ekologiczna Wielkopolan. Dotyczy to zarówno mieszkańców regionu, jak i przedstawicieli przedsiębiorstw, w szczególności branży budowlanej, instalatorskiej i architektonicznej. Za potrzebą organizacji projektu szkoleniowego przemawiały również przesłanki ekonomiczne i prawne. Obserwowany, stały wzrost cen nośników energii skłania do podejmowania działań mających na celu obniżenie kosztów jej zużycia. Należy pamiętać, że określone wymagania dotyczące jakości energetycznej budynków postawiła przed nami przyjęta w 2013 r. dyrektywa 2009/91/EC Parlamentu Europejskiego i Rady Europy (z 16 grudnia 2012 r.).

Mamy nadzieję, że skierowany do sektora przedsiębiorców projekt „Zielone budowanie” przyczyni się do wzrostu świadomości pracowników/pracodawców oraz mieszkańców, udoskonalenia kompetencji i umiejętności branżowych uczestników w zakresie budownictwa energooszczędnego. Liczymy też na to, że spowoduje zwiększenie konkurencyjności wielkopolskich przedsiębiorstw oraz stworzy dogodne warunki do powstawania tzw. zielonych miejsc pracy.

■ W ramach projektu „Zielone budowanie” szkolenia prowadzone są przez wykwalifikowanych specjalistów, m.in. z zakresu budownictwa pasywnego. Czym jest budownictwo pasywne i jakie standardy musi spełniać budynek, aby określić go mianem pasywnego?

Budynek pasywny charakteryzuje się bardzo niskim zapotrzebowaniem na energię potrzebną do jego ogrzania – poniżej 15 kWh/(m²·rok). Oznacza to, że do ogrzania jednego

metra kwadratowego budynku potrzeba 15 kWh energii, co odpowiada spaleniu 1,5 l oleju opałowego, 1,7 m³ gazu lub 2,3 kg węgla. Dla porównania, zapotrzebowanie na ciepło dla budynków konwencjonalnych wynosi ok. 120 kWh/(m²·rok), co stanowi wartość nawet ośmiokrotnie większą niż dla budynku pasywnego. Komfort termiczny zapewniają pasywne źródła ciepła (urządzenia elektryczne, ciepło słoneczne, ciepło odzyskane z wentylacji, użytkownicy), nie ma więc konieczności instalowania autonomicznego, aktywnego systemu ogrzewania. Potrzeby ciepłe zaspokajane są przez odzysk ciepła i dogrzewanie powietrza wentylującego budynek. Najlepszym rozwiązaniem jest wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła przy użyciu rekuperatora. W budownictwie pasywnym standardem są bardzo dobre parametry izolacyjne, zapobiegające powstawaniu mostków termicznych, i zastosowanie rozwiązań mających na celu zminimalizowanie zużycia energii w trakcie eksploatacji. Współczynnik przenikania ciepła U dla przegród zewnętrznych powinien być mniejszy niż 0,15 W/(m²·K), natomiast w przypadku stolarki okiennej ta wartość nie powinna przekraczać 0,8 W/(m²·K) dla ramy i przeszklenia, przy całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego dla przeszklenia $g \geq 50\%$. Szczelność powłoki zewnętrznej budynku sprawdza się przy pomocy testu ciśnieniowego (tzw. Blower Door Test). Przy różnicy ciśnienia zewnętrznego i wewnętrznego wynoszącej 50 Pa krotność wymiany powietrza nie powinna przekraczać 0,6 h-1. W budownictwie pasywnym ogranicza się również straty ciepła powstałe w procesie przygotowania i zaopatrzenia w ciepłą wodę użytkową.

Budynki pasywne mogą być wznoszone w różnych technologiach, np. murowanej lub z drewnianym albo stalowym szkieletem. Rozwiązania i materiały używane w budynkach pasywnych są ogólnodostępne. Istnieje wiele firm dostarczających niezbędne komponenty. Ponadto standard ten pozwala na wznoszenie obiektów o różnorodnych funkcjach. Budowę domu pasywnego rozpoczynamy od fachowo wykonanego projektu. Ważne, aby budynek pasywny tworzył zwartą bryłę. Pozwala to na ograniczenie powierzchni zewnętrznych, przez które może „uciekać” ciepło. Ważne jest również położenie budynku na działce względem stron świata. Duże powierzchnie przeszklone powinny być zlokalizowane od strony południowej, w ten sposób wykorzystuje się w sposób bierny energię słoneczną. Istotnym elementem jest też wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, np. poprzez gruntowy wymiennik ciepła, kolektory słoneczne, kotły na biomase czy też pompy ciepła.

Obecny rozwój technologii pozwala na jeszcze bardziej wydajne użytkowanie energii w budynkach. Budynki zeroenergetyczne nie zużywają energii od dostawców zewnętrznych, a jedynie energię odnawialną w postaci biomasy lub biopaliw. Natomiast budynki plusenergetyczne to budynki o dodatnim bilansie energii, co oznacza, że budynek produkuje więcej energii niż sam zużywa. ■

Wielkopolska Agencja Zarządzania Energią (WAZE), została powołana 30 października 2009 r. do realizacji zadań własnych Samorządu Województwa w zakresie efektywności energetycznej i odnawialnych źródeł energii w Wielkopolsce. Agencja powstała w oparciu o grant europejski z programu Inteligentna Energia dla Europy II (IEE) będącego jednym z elementów Programu Ramowego na rzecz Konkurencyjności i Innowacji 2007-2013 (CIP).

Główne zadania WAZE wynikające z projektu to koordynacja zagadnień związanych z energetyką oraz efektywnością energetyczną w województwie oraz zharmonizowanie rozproszonych działań poszczególnych podmiotów w tym zakresie (konsolidacja środowiska).

Bardzo istotnym elementem działania spółki jest edukacja w celu podniesienia świadomości społeczeństwa w zakresie racjonalnego wykorzystania zasobów energetycznych. Celem tych wszystkich działań jest realizacja zapisów dwóch najważniejszych dyrektyw unijnych określających docelowe wskaźniki w zakresie efektywności energetycznej i odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym kraju.

Recykling czterech ścian

W budownictwie zrównoważonym ważny jest recykling materiałów budowlanych, dzięki któremu pochodzące z nich surowce mogą być wykorzystane do produkcji innych tego typu materiałów. Duże znaczenie ma w tym przypadku beton komórkowy.

■ W sektorze budownictwa, według danych GUS, w 2012 r. wytworzono 4578,3 tys. Mg odpadów budowlanych, z czego aż 4521,2 tys. Mg zostało poddanych odzyskowi^{1,2}. Polska, zgodnie z zapisami Dyrektywy 2008/98/WE z 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów (art. 11 ust. 2b), osiągnęła – i to z dużym nadkładem – minimum odzysku odpadów budowlanych. Jednak problem zagospodarowania odpadów budowlanych nie kończy się na osiągnięciu narzuconych przez Unię Europejską poziomów odzysku. W całej masie odpadów budowlanych jest wiele surowców (materiałów budowlanych), takich jak beton komórkowy, styropian, cegła ceramiczna, ekofiber czy wełna mineralna, które mogłyby być wykorzystane do produkcji nowych materiałów³.

Dlaczego beton komórkowy?

Beton komórkowy to nowoczesny, przyjazny środowisku materiał budowlany, który

charakteryzuje się niską wagą w stosunku do dużej objętości, dobrymi właściwościami termoizolacyjnymi, wysoką wytrzymałością na ściskanie, dobrą izolacją akustyczną i ogniową, mrozoodpornością oraz odpornością na korozję i działanie czynników biologicznych. Ponadto cechuje go niska wilgotność w stanie powietrzno-suchym, wysoka akumulacyjność, niezbyt wysoka nasiąkliwość, korzystna paroprzepuszczalność i zdolność do szybkiego wysychania. Koszt zakupu tego materiału budowlanego w porównaniu z innymi tego typu jest niski. Ważne jest również to, że można go poddać odzyskowi i recyklingowi.

Głównym składnikiem betonu komórkowego jest piasek z dużą ilością kwarcu, ponadto w jego skład wchodzi wapnienie, cement, woda oraz śladowe ilości proszku lub pasty aluminiowej, które w zetknięciu z wodorotlenkiem wapnia powodują wytworzenie porowatej struktury. Zawartość w betonie komórkowym bardzo dużej liczby zamkniętych

porów wypełnionych powietrzem wpływa na jego lekkość i daje w efekcie wysoką izolacyjność termiczną.

Autoklawizowany beton komórkowy zaliczany jest do grupy betonów lekkich – jego gęstość objętościowa waha się od 350 do 700 kg/m³. Aktualnie obowiązujące przepisy dotyczące ochrony cieplnej budowli w Polsce skłaniają jednak do zwiększania produkcji i stosowania odmian lżejszych: 350-400 kg/m³. Oczywiście, można zastosować odmiany o wyższej gęstości, jednak należy wówczas przewidzieć dodatkowo warstwę materiału termoizolacyjnego.

Dzięki właściwościom termoizolacyjnym połączonym z odpowiednią wytrzymałością na ściskanie (2-4 N/mm²) oraz ścinanie (0,3 N/mm²) z betonu komórkowego można wykonywać ściany jednorodne (bez warstwy materiału izolacyjnego), spełniające funkcję nośną i izolacyjną (współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda = 0,11$ [W/(m·K)] dla gęstości 400 kg/m³). Z odpowiednio wykonanych bloczków o dużej dokładności wymiarowej przy zastosowaniu tzw. zaprawy klejowej możliwe jest wznoszenie jednowarstwowych murów o grubości 42 cm (gęstość 400 kg/m³) i współczynniku przenikania ciepła $U = 0,25$ [W/(m² · K)]⁴. Dla tej samej gęstości materiału (400 kg/m³) współczynnik oporu dyfuzyjnego pary wodnej waha się między 9 a 11, a absorpcja wody po 90 minutach wynosi 113 [g/(m · s0,5)]. Niestety, beton komórkowy posiada również wady: ze względu na dużą nasiąkliwość należy go chronić przed kontaktem z wodą, a wspomniana wcześniej zaleta, czyli niska waga tego materiału, jest również wadą w odniesieniu do izolacyjności akustycznej, gdyż materiał ten słabo pochłania dźwięk.

Zamiast piasku

Przyjmuje się, że do produkcji betonu komórkowego, zamiast piasku, można dodawać proszek ze zmielonych cegieł ceramicznych z recyklingu⁵. Dodatek tego proszku ma, oczywiście, istotny wpływ na jego właściwości fizyczne. Badano pięć próbek, w których piasek zastępowano zmieloną cegłą z recyklingu w proporcji: 0%, 25%, 50%, 75% oraz 100%. Początkowo (w miarę wzrostu zastąpienia piasku zmieloną gliną) wytrzymałość na ściskanie rosła odpowiednio o 12,92% (dla próbki 25%) oraz o 20,22% (dla próbki 50%). Dla kolejnych próbek, tzn. 75% oraz 100%, wytrzymałość na ściskanie diametralnie zmniejszała się – odpowiednio aż o 24,16% i 25,84% względem próbki wyjściowej (0% zastąpienia). Właściwości pucolanowe zmielonych cegieł mogą być główną przyczyną zwiększenia wytrzymałości na ściskanie betonu komórkowego⁵.

Zastosowanie recyklingu cegły z gliny do produkcji betonu komórkowego ma również wpływ na zmniejszenie jego wagi. Dla próbek z 25-, 50-, 75- oraz 100-procentowym zastąpieniem piasku cegłą z recyklingu otrzymano spadek wagi odpowiednio o 8%, 10%, 18% i maksymalnie o 23%. Zwiększeniu ulega również porowatość betonu – odpowiednio o 7%, 10,6%, 10,9% oraz 12%. Zmiany tych dwóch parametrów fizycznych betonu komórkowego są spowodowane zastosowaniem porowatej struktury cegły z recyklingu w stosunku do piasku. Jak można było się spodziewać, kolejny parametr fizyczny – przewodność cieplna – również poprawił się w wyniku zastosowania porowatego proszku z recyklingu gliny. Przewodność cieplna wzrasta (zwiększa się opór cieplny próbek) maksymalnie o 9% (dla próbki 100%).

Zgodnie z zasadą, że im materiał budowlany jest lżejszy, tym gorsze prezentuje właściwości pochłaniania dźwięku, tak też w tym wypadku występuje spadek współczynnika tłumienia dźwięku – o 13%, 23%, 37% oraz aż o 43% odpowiednio dla próbek 25%, 50%, 75% oraz 100% zastąpienia piasku cegłą z recyklingu.

Pomimo bardzo optymistycznych wyników badań podkreśla się konieczność prowadzenia kolejnych badań w zakresie recyklingu cegły w produkcji betonu komórkowego^{5,6}.

A może styropian?

Do produkcji cegieł z betonu komórkowego możliwe jest też wykorzystanie styropianu ekspandowanego z recyklingu⁷. Rozwiązanie to uważa się za bardzo korzystne w odniesieniu do obecnych na rynku ściennych materiałów budowlanych. Cegły wyprodukowane z wykorzystaniem styropianu ekspandowanego z recyklingu są lżejsze, co ułatwia ich produkcję i transport, a także mniej przepuszczalne dla wody, co pozwala na uniknięcie tworzenia się wilgoci w przegrodach budowlanych, jednocześnie utrzymując jej wytrzymałość na odpowiednim, stałym poziomie. Uważa się też, że cegły te są bardziej elastyczne, dzięki czemu rzadziej pękają w czasie transportu na plac budowy, a przegrody pionowe wykonane z tego materiału są mniej podatne na pękanie spowodowane przez ruchy gruntu. Ostatecznie materiał ten jest tańszy, ponieważ wykorzystuje materiały nadające się do recyklingu i ma właściwości, które uniemożliwiają jego zniszczenie, zwiększając jego żywotność.

Pomimo optymistycznych statystyk dotyczących wykorzystania odpadów budow-

lanych problem z recyklingiem nadal istnieje. W literaturze podkreśla się brak dostosowania katalogu odpadów do potrzeb związanych z wyodrębnieniem z całego strumienia odpadów budowlanych tych selektywnie gromadzonych⁸. W całym katalogu odpadów nie znajdzie się pozycji odwołującej się do betonu komórkowego ani do silikatu. Uogólnienia w postaci określenia „gruz budowlany” inklinują wykorzystanie tych odpadów w „prosty” sposób, np. do utwardzenia podłoża, natomiast przy założeniu selektywnego ich gromadzenia odpad budowlany można poddać recyklingowi.

Gruz betonu komórkowego można wykorzystać do produkcji nowych produktów (materiałów ściennych) oraz do stabilizacji i poprawy właściwości gleby, a z racji wysokiej porowatości można go zastosować jako wypełniacz do kuwety dla kota. Może być on również używany jako sztuczne kruszywo w betonie.

Kolejną zaletą betonu komórkowego jest to, że do jego produkcji można wykorzystać również inne materiały z recyklingu, np. ceramikę czy styropian. W wielu przypadkach produkcja betonu komórkowego z dodatkami innych odpadów budowlanych prowadzi do poprawy jego właściwości.

Pomimo niewielkiej różnicy wyników analizy LCA na niekorzyść betonu komórkowego względem silikatu należy podkreślić, że w porównaniu termoisolacyjności tych dwóch materiałów ściennych bezspornie wygrywa ten pierwszy. Przegroda jednowarstwowa z betonu komórkowego o niskiej gęstości zapewni spełnienie polskich wymagań normowych. ■

dr inż. Janusz Adamczyk,

Katedra Zarządzania Środowiskiem i Gospodarką Publiczną, Wydział Ekonomii i Zarządzania, Uniwersytet Zielonogórski

Źródła

1. Budownictwo – wyniki działalności w 2012 r. GUS. Warszawa 2013, www.stat.gov.pl (dostęp: 30.09.2014).
2. Ochrona środowiska 2013. GUS. Warszawa 2013, www.stat.gov.pl (dostęp: 30.09.2014).
3. Adamczyk J., Dylewski R.: *Recykling odpadów budowlanych w kontekście budownictwa zrównoważonego*. „Problems of Sustainable Development” vol. 5, no 2/2010.
4. www.solbet-kolbuszowa.com.pl (dostęp: 30.09.2014).
5. Aliabdo A.A., Abd-Elmoaty M. Abd-Elmoaty, Hassan H.H.: *Utilization of crushed clay brick in cellular concrete production*. „Alexandria Engineering Journal” 53/2014.
6. Narayanan N., Ramamurthy K.: *Structure and properties of aerated concrete: a review*. „Cement Concrete Composites” 22/2000.
7. Hernández-Zaragoza J.B., López-Lara T., Horta-Rangel J., López-Cajún C., Rojas-González E., García-Rodríguez F.J., Adué J.: *Cellular Concrete Bricks with Recycled Expanded Polystyrene Aggregate*. „Advances in Materials Science and Engineering” 2013, Article ID 160162, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/160162> (dostęp: 30.09.2014).
8. Adamczyk J., Dylewski R., *Analiza gospodarki odpadami budowlanymi w województwie lubuskim*. Oficyna Wydawnictwa Uniwersytetu Zielonogórskiego. Zielona Góra 2012.

(Eko)innovacje i (eko)budowanie

Wykorzystanie zużytych opon samochodowych, osadów ściekowych, konopi czy też stłuczki szklanej w budownictwie to tylko niektóre innowacyjne rozwiązania, dzięki którym zmniejsza się negatywny wpływ tego sektora na środowisko.

■ Budownictwo jest kluczową branżą gospodarki w całej Unii Europejskiej. Szacuje się, że sektor ten wytwarza ok. 10% całkowitego PKB, a jego udział w zatrudnieniu to 7%. Dane te dotyczą prac budowlanych, remontowych oraz inżynierskich. Ponadto ok. 26 mln stanowisk pracy jest zależnych od budownictwa i przemysłu budowlanego. Ze względu na swoją wielkość oraz liczne powiązania z innymi gałęziami gospodarki sektor ten ma ogromny wpływ na środowisko. Każdego roku wzrasta ilość odpadów pochodzących z placów budowy, co spowodowane jest zwiększeniem liczby wyburzeń starych budynków oraz prac remontowych i rewitalizacyjnych. Sektor zużywa także ogromne ilości energii i wody oraz powoduje znaczne emisje do powietrza, gleby i wód. Energię potrzebną do ogrzewania i oświetlenia budynków szacuje się na ok. 42% globalnego zużycia energii w Unii Europejskiej, co wiąże się z ok. 35-procentową emisją gazów cieplarnianych. Mimo iż unijne gospodarstwa domowe od ponad 20 lat zużywają podobną ilość energii, to każdego roku jej konsumpcja systematycznie wzrasta. Rozwiązanie problemów środowiskowych branży budowlanej i wprowadzenie do niej zasad zrównoważonego rozwoju jest trudne, m.in. ze względu na wyjątkowość tego segmentu. Kwestie dotyczące budow-

nictwa w znacznej mierze są bowiem regulowane na poziomie krajowym, co utrudnia wprowadzanie innowacyjnych technologii i nowych standardów¹. Niemniej jednak w zakresie budownictwa w ostatnim czasie pojawiło się wiele interesujących, przyjaznych środowisku rozwiązań.

Domy z odzysku

Czy można zamieszkać w domu zbudowanym z ziemi, zużytych opon samochodowych, puszek czy butelek? Okazuje się, że tak. Ponad 40 lat temu w USA narodziła się tzw. koncepcja earthship, której autorem jest architekt Michael Reynolds, pionier radykalnej, przyjaznej środowisku architektury. Zaprojektowane wg jego pomysłu domy muszą być samowystarczalne. Z tego względu nie są one podłączone do istniejących sieci, lecz korzystają z własnych systemów (np. filtrowania i gromadzenia deszczówki czy oczyszczania ścieków, a także z paneli fotowoltaicznych czy też pomp ciepła). Na świecie istnieje już ponad 2000 takich obiektów, natomiast w Polsce pierwszy taki dom powstał w 2012 r. w okolicach Gdańska. Do budowy tego rodzaju domu wykorzystywane są zużyte opony samochodowe, butelki, puszki, a także ziemia, piasek lub glina, stanowiące naturalne spoiwo. Podsta-

Depositphotos/leporinumberto

wą ścian są opony, które wypełnia się piaskiem lub ziemią, a całość dokładnie ubija (przy czym ciekawostką jest, że jedna standardowa opona może zmieścić nawet trzy taczki ziemi i ważyć w sumie ponad 100 kg!). W najprostszym ujęciu budowa ścian wygląda następująco: wypełnione wcześniej piaskiem lub ziemią opony układa się jedna na drugą, niezapełnione obszary między nimi uzupełnia się puszkami, a całość dokładnie uszczelnia gliną². Ważne jest też odpowiednie usytuowanie earthshipów – by zaspokajały potrzeby energetyczne mieszkańców, muszą znajdować się one w miejscach nasłonecznionych i tam, gdzie występują silne wiatry. Koszt budowy takiego domu w Polsce opiewa na kilkaset tysięcy złotych, jednak dzięki temu, że jest on samowystarczalny, maleją koszty eksploatacji – wynoszą one jedynie ok. 500-1000 zł rocznie^{3,4}.

(R)ewolucyjne materiały

Najczęściej wykorzystywanym materiałem budowlanym – i to w przypadku nie tylko budynków, ale także mostów, wiaduktów, dróg itp. – jest beton. Jednak proces jego produkcji przy użyciu cementu powoduje znaczne emisje CO₂ do atmosfery. W związku z tym hiszpański Instytut Technologii Budownictwa Aidico opracował technologię, polegającą na zastąpieniu wchodzącego w skład betonu kruszywa – biomasa (łupina kokosa oraz migdałów). Dzięki temu możliwa jest produkcja betonu przy zmniejszonej emisji CO₂ do atmosfery. Naukowcy oceniają, że pozwoli ona zredukować emisję dwutlenku węgla o 50-250 kg na 1 m³ trwałego betonu. Z kolei naukowcy ze Słowenii ba-

■ Istotnym elementem konstrukcyjnym domu zbudowanego wg koncepcji earthship są zużyte opony samochodowe, które wypełniane są ziemią

Depositphotos/stevanovicigor



dają możliwość wykorzystywania osadów ściekowych do produkcji kompozytowych materiałów budowlanych. Do tej pory osady najczęściej były deponowane na składowiskach odpadów lub spalane, jednak ich składowanie zostało w UE zakazane. Naukowcy pracują zatem nad możliwością wykorzystania organicznych osadów – pochodzących zarówno z oczyszczalni ścieków, jak i z portów, szlaków rzecznych, zakładów uzdatniania wody oraz instalacji do produkcji wapna – jako kompozytowych materiałów budowlanych. Oczekiwane wyniki to zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o 1460 tys. ton w ciągu dziesięciu lat od wdrożenia projektu. Inicjatywa powinna również wpłynąć na redukcję kosztów gospodarowania odpadami¹.

Ściany z odpadów

Wiele budynków jest budowanych z cegieł i betonu – materiałów, których wytworzenie wymaga ogromnych nakładów energii i surowców naturalnych. Nowatorskim rozwiązaniem w tym zakresie może być więc wykorzystanie modularnych paneli kompozytowych. Zagwarantują one oszczędności już na etapie budowy oraz poprawia izolację termiczną budynku. Przy powstawaniu paneli wykorzystywane są przemysłowe odpady oraz beton pochodzący z odzysku. Jednocześnie nowo powstały produkt cechuje się lepszymi właściwościami izolacyjnymi niż używane obecnie materiały budowlane, i to przy zachowaniu podobnego wyglądu. Biorąc pod uwagę proces produkcji i 50-letni okres użytkowania paneli dla domu jednorodzinnego, zbudowanego przy wykorzystaniu tej innowacyjnej technologii, można

osiągnąć oszczędność energii rzędu 1840 GJ i zmniejszyć emisję CO₂ o 111 ton.

Innym pomysłem na redukcję oddziaływania budownictwa na środowisko jest zastosowanie nowoczesnej technologii wypełniania paneli ściennych. Materiałem, który ma temu służyć, jest pianka wytwarzana ze szkła, którego nie można już poddać recyklingowi. Dziś jest ono bezużytecznym odpadem i najczęściej trafia na składowiska. Projektanci tego rozwiązania założyli, że nowe wypełnienie ścian będzie umożliwiało sprawne prowadzenie w nich sieci wodociagowych i kanalizacyjnych oraz okablowania. W związku z tym twórcy nowej technologii konsultowali się z różnymi specjalistami budowlanymi – od murarzy, przez hydraulików i elektryków, aż po tynkarzy – w celu spełnienia jak największej liczby wymogów stawianych produktowi. Wypełnienie ścian stłuczką szklaną ma przyczynić się do redukcji ilości odpadów i hałasu, a także zapewnić ochronę przed ogniem.

Dla środowiska

Dekoracyjne panele ścienne najczęściej wykonywane są przy użyciu żywic poliestrowych, lotnych rozpuszczalników i pigmentów, które powodują zanieczyszczenie powietrza i wody.

Materiały te można zastąpić naturalnym kamieniem i sproszkowanym szkłem, pochodzącymi z odzysku. Kamień i szkło oraz tlenek żelaza, odzyskiwany z innego procesu produkcyjnego, mogą być wykorzystywane w postaci proszku lub ziaren różnej wielkości, co umożliwia produkowanie paneli ściennych o różnych wzorach i kolorach. Dzięki tej technologii możliwe jest

zredukowanie emisji metanu o 100 tys. m³ rocznie, całkowite zrezygnowanie z wykorzystywania lotnych rozpuszczalników, pigmentów i żywic poliestrowych, ograniczenie zużycia wody o blisko milion litrów rocznie, a także zaoszczędzenie 25% energii podczas produkcji takich paneli¹.

Kolejnym nowatorskim rozwiązaniem materiałowym jest hemcrete, powstały z połączenia konopi i wapna. Przyjmuje się, że jest on siedmiokrotnie bardziej wytrzymały niż beton. Może być on stosowany jako materiał izolacyjny, a także do konstrukcji dachów, ścian i podłóg. Jest wodoodporny, niepalny, nie gnije, a w razie potrzeby podlega całkowitemu rozkładowi⁵. Technologia budowy domów z wykorzystaniem konopi charakteryzuje się wyjątkowymi cechami ekologicznymi. Z uwagi na śladową emisję dwutlenku węgla są one przyjazne środowisku. Wszystko dlatego, że roślina ta posiada właściwości absorpcji CO₂. Przykładowo, spalanie paliwa uzyskanego z konopi nie powoduje wzrostu tego gazu w atmosferze. Co więcej, w takim procesie nie są wydzielane inne szkodliwe związki.

W połączeniu z wapnem, które także ma doskonałe parametry, otrzymujemy niemal zeroemisyjny, przyjazny środowisku i zdrowy dla mieszkańców budulec. Ma on doskonałe właściwości ocieplające, a ponadto nie traci ciepła w takim stopniu jak beton. Jest też od niego mocniejszy i trwalszy, a jednocześnie cechuje go lekkość i właściwości „oddychające”. Materiał taki charakteryzuje się też większą odpornością na grzyby i procesy gnilne⁶. Do produkcji ekologicznych materiałów budowlanych wykorzystuje się także paździerz konopne. Były one stosowane już do wytwarzania bezdrzewnego papieru, który cechował się zerową zawartością dioksyn. Paździerz okazują się więc idealnym surowcem do produkcji płyt izolacyjnych, a nawet mebli.

Pomysłów na przyjazne środowisku budownictwo jest jeszcze wiele. Naukowcy i przedsiębiorcy (niejednokrotnie wspólnie) wciąż opracowują innowacyjne rozwiązania w tym zakresie, do czego zachęca wzrastające zainteresowanie społeczeństwa zrównoważonym budownictwem. ■

Lukasz Bandosz

Źródła

1. Bandosz Ł.: EkoInnowacje w budownictwie. „Eco-manager” 9/2012.
2. Hynisz J.: Powstaje pierwszy ekologiczny dom typu earthship w Polsce. <http://ign.org.pl/aktualnosci/6088/powstaje-pierwszy-ekologiczny-dom-typu-earthship-w-polsce/#> (dostęp: 6.10.2014).
3. <http://mieszkaciaczej.wordpress.com/tag/earthship/> (dostęp: 6.10.2014).
4. <http://ekocentrycy.pl/component/content/article/83-wykady-i-warsztaty/148-pierwszy-earthship-w-polsce> (dostęp: 6.10.2014).
5. <http://gadzetomania.pl/2009/08/25/sciany-z-konopi-ekologiczne-i-7-razy-mocniejsze-od-betonu> (dostęp: 6.10.2014).
6. <http://www.ekologia.pl/styl-zycia/ekologiczny-dom/zbuduj-dom-z-konopi,11289.html> (dostęp: 6.10.2014).

Regulacje, normy, certyfikaty

Oprócz zwiększania świadomości społeczeństwa w zakresie ochrony środowiska i zrównoważonej gospodarki zasobami istotnymi narzędziami pomocnymi w kreowaniu odpowiednich postaw i zachowań są regulacje prawne, normy i różnego rodzaju systemy certyfikacji.

■ Prawie połowa unijnego zużycia energii końcowej i wydobywanych surowców, a także mniej więcej jedna trzecia zużycia wody wiąże się z budową i eksploatacją budynków. Zmniejszenie negatywnego wpływu na środowisko sektora budowlanego może być osiągnięte poprzez wprowadzanie przyjaznych środowisku innowacyjnych rozwiązań na każdym etapie związanym z budową i eksploatacją budynku, a także w fazie jego rozbiórki po zakończeniu użytkowania.

Twarde prawo, ale prawo

1 lipca 2013 r. zaczęło obowiązywać w całości Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych (Construction Products Regulation – CPR) i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EEG (Construction Products Directive – CPD).

Jedną z wprowadzonych w CPR zmian jest ustanowienie siódmego podstawowego

wymagania dotyczącego zrównoważonego wykorzystania zasobów naturalnych. W myśl tego wymogu (załącznik I, wymaganie 7): „obiekty budowlane muszą być zaprojektowane, wykonane i rozebrane w taki sposób, aby wykorzystanie zasobów naturalnych było zrównoważone i zapewniało w szczególności:

- ponowne wykorzystanie lub recykling obiektów budowlanych oraz wchodzących w ich skład materiałów i części po rozbiórce,
- trwałość obiektów budowlanych,
- wykorzystanie w obiektach budowlanych przyjaznych środowisku surowców i materiałów wtórnych”.

Deklaracje EPD

Jako że podstawą mandatów na opracowanie norm zharmonizowanych i specyfikacji technicznych są wymagania podstawowe odnoszące się do obiektów budowlanych, pojawienie się wymogu dotyczącego zrównoważonego wykorzystania zasobów naturalnych powinno znaleźć odzwierciedlenie w tychże normach. Nie nastąpi to jednak

■ System oceny budownictwa zrównoważonego tworzony przez CEN¹

Poziom koncepcji	Wymagania użytkowników i wymagania prawne				
	Zintegrowane właściwości budynku				
	Aspekty środowiskowe	Aspekty społeczne	Aspekty ekonomiczne	Aspekty techniczne	Aspekty funkcjonalne
Poziom zakresu	EN 15643-1 Ocena Zrównoważoności Budynków – postanowienia ogólne				
	EN 15643-2 Ramy dla aspektów środowiskowych	EN 15643-3 Ramy dla aspektów społecznych	EN 15643-4 Ramy dla aspektów ekonomicznych	Właściwości techniczne	Funkcjonalność
Poziom budynku	EN 15978 Ocena aspektów środowiskowych	prEN 16309 Ocena aspektów społecznych	WI 017 Ocena aspektów ekonomicznych		
Poziom wyrobu	EN 15804 Deklaracje środowiskowe wyrobów	(patrz uwaga poniżej)	(patrz uwaga poniżej)		
	EN 15942 Format komunikatu biznes-biznes	UWAGA Obecnie informacje techniczne odnoszące się do niektórych aspektów społecznych i ekonomicznych są zawarte w postanowieniach normy EN 15804 do tworzenia części EPD.			
	CEN/TR 15941				

szybko, ponieważ proces opracowywania i aktualizowania norm jest długotrwały. Niemniej jednak są już dokumenty normatywne, których aktualizacja jest prowadzona z uwzględnieniem tego wymogu, np. norma EN 14081-1 na sortowane wytrzymałościowo drewno konstrukcyjne. W punkcie 8 projektu tej normy jest odniesienie do kwestii środowiskowych, informujące, iż producenci mogą sporządzić deklaracje środowiskowe wyrobu (ang. Environmental Product Declaration – EPD) dla swoich produktów zgodnie z zapisami normy EN 15942, z zastosowaniem EN 16485, opartej na EN 15804. Wymienione normy są elementem składowym szerszych ram dotyczących zrównoważonego budownictwa i posiadają również status Polskich Norm, gdyż Polski Komitet Normalizacyjny (PKN) jest członkiem Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego (CEN). Prace normalizacyjne w tej tematyce prowadzone są na szczeblu europejskim przez komitet techniczny CEN/TC 350 „Sustainability of construction work”. Na rysunku pokazano schemat przedstawiający koncepcje i działania tegoż Komitetu.

Jak widać, aspekty środowiskowe są tylko jednym z elementów systemu oceny zrównoważonego budownictwa.

EPD a cykl życia wyrobu

Deklaracje EPD są deklaracjami środowiskowymi III typu, służących głównie w komunikacji biznes-biznes których opracowywanie powinno opierać się na ogólnych zasadach zawartych w normie EN ISO 14025. Wypracowanie reguł kategorii wyrobu dla materiałów budowlanych w postaci norm jest krokiem porządkującym i ujednoliciającym zagadnienia w tematyce EPD. Dokumenty EPD przedstawiają ilo-





Deposit photos/Feverpitch

ściowe informacje środowiskowe uwzględniające cykl życia wyrobu i umożliwiające porównywanie wyrobów budowlanych spełniających takie same funkcje. Podstawą opracowywania deklaracji EPD jest przeprowadzenie oceny cyklu życia wyrobu (ang. Life Cycle Assessment – LCA) zgodnie z normami serii ISO 14040 przynajmniej od „kołyski” do „bramy”.

Opracowywany i wciąż rozbudowywany system norm europejskich, dotyczący zrównoważonego budownictwa, jest jednym ze sposobów kształtowania myślenia i postępowania przyjaznego środowisku. Mimo że postępowanie zgodne z zapisami

tych norm jest obecnie dobrowolne, na podstawie obserwacji działań Komisji Europejskiej można dojść do wniosku, iż zmierza ku obligatoryjności.

W normach międzynarodowych ISO również można znaleźć szereg dokumentów dotyczących ogólnie pojętego zrównoważonego budownictwa, np. ISO 15392, ISO 21929-1, ISO 21930 czy ISO 21931-1.

Programy certyfikacji

Innymi narzędziami wspierającymi kreowanie postaw ekoinnowacyjnych w budownictwie są programy certyfikacji budyn-

ków, takie jak BREEAM czy LEED. Pierwszy z nich jest programem brytyjskim, natomiast drugi to system amerykański. Oba są dobrze rozpoznawalne na świecie, przy czym certyfikacji poddawane są głównie biurowce, a uzyskanie certyfikatu daje prestiż i ukazuje daną organizację w dobrym świetle – jako przyjazną środowisku. W przypadku budynków z powierzchnią biurową na wynajem jest także jednym z czynników mającym zachęcać potencjalnych najemców do wyboru danego budynku.

W obu systemach – BREEAM i LEED – przyznawane są punkty w różnych kategoriach, wśród których są m.in. materiały i konstrukcja, efektywność energetyczna, gospodarka wodą i odpadami, jakość środowiska wewnętrznego, a nawet lokalizacja i zagospodarowanie terenu. Innowacyjne rozwiązania są pożądane od samego projektu, poprzez wykorzystane materiały, aż po zagadnienia związane z eksploatacją.

Opisane systemy normatywne i certyfikacyjne, odnoszące się do zrównoważonego budownictwa, przedstawione zostały w ogólnym zarysie ze względu na złożoność zagadnień, których dotyczą, w rzeczywistości są bowiem dość rozbudowane i skomplikowane – obejmują liczne, powiązane ze sobą dokumenty. Sprawne poruszanie się między nimi i korzystanie z nich wymaga sporej wiedzy i doświadczenia, dlatego wydawaniem deklaracji EPD lub certyfikatów zajmują się wyspecjalizowane firmy i organizacje. ■

dr inż. Grzegorz Pajchrowski,
Instytut Technologii Drewna w Poznaniu

Źródło

1. http://portailgroupe.afnor.fr/public_espace-normalisation/CENTC350/index.html (dostęp: 2.10.2014).

Wybrane normy europejskie posiadające status Polskiej Normy, dotyczące zrównoważonego budownictwa

PN-EN 15643-1 Zrównoważoność obiektów budowlanych – Ocena zrównoważoności budynków – Część 1: Zasady ogólne

PN-EN 15643-2 Zrównoważoność obiektów budowlanych – Ocena budynków – Część 2: Zasady oceny właściwości środowiskowych

PN-EN 15942 Zrównoważone obiekty budowlane – Środowiskowe deklaracje wyrobu – Format komunikatu: biznes-biznes

PN-EN 15978 Zrównoważone obiekty budowlane – Ocena środowiskowych właściwości użytkowych budynków – Metoda obliczania

PN-EN 15804 Zrównoważoność obiektów budowlanych – Deklaracje środowiskowe wyrobu – Podstawowe zasady kategoryzacji wyrobów budowlanych

PN-EN 16485 Drewno okrągłe i tarcica – Środowiskowe deklaracje wyrobu – Reguły kategorii wyrobu dla drewna i wyrobów drewnopochodnych stosowanych w budownictwie

Zrównoważony rozwój od deski do deski

W Polsce, mimo tradycji budowania z kamienia i betonu, widoczne jest rosnące zainteresowanie drewnem i materiałami drewnopochodnymi. Współczesne rozwiązania budowlane wykonane z użyciem surowca drzewnego są nie tylko atrakcyjne wizualnie, ale też przyjazne środowisku.

po ten materiał. Drewno i materiały drewnopochodne nadają się do stosowania niemal w każdym elemencie budynku – jako pokrycie dachowe, więźba dachowa, strop (konstrukcja i izolacja), ściany (konstrukcja i izolacja), elewacja, parapety, podłoga, stolarka otworowa i wiele innych (fot. 3-5). Coraz powszechniejsza staje się – w przypadku budynków drewnianych – prefabrykacja wybranych modułów budynku. Dzięki temu gotowe produkty wyjeżdżają z fabryki prosto na plac budowy, co znacznie skraca koszty i czas budowy.

Właściwości drewna

Drewno ma wiele zalet, istotnych zarówno z ekologicznego, jak i z technologicznego punktu widzenia, do których można zaliczyć następujące cechy:

- jest jednocześnie lekkie i wytrzymałe mechanicznie,
- ma korzystny współczynnik przewodności cieplnej,
- jest ciepłe w dotyku,
- nie zmienia wymiarów przy zmianach temperatury,
- dobrze tłumi hałas,
- jest odporne na działanie destrukcyjnych czynników chemicznych,
- zanim podda się siłom niszczącym, „ostrzega” i, trzeszcząc, daje czas na ewakuację,
- w warunkach nadmiaru wilgoci w otoczeniu wchłania ją, a gdy robi się zbyt sucho, to ją oddaje, korzystnie kształtując mikroklimat pomieszczeń,
- jest trwałe i odporne na działanie destrukcyjnych czynników biologicznych,
- stanowi surowiec odnawialny,
- wykazuje korzystny, na tle innych materiałów budowlanych, bilans węglowy oraz indeks energii wbudowanej (ang. embodied energy index),
- łatwo daje się obrabiać mechanicznie oraz można je modyfikować, a także względnie łatwo i tanio przekształcać je w inne użyteczne materiały konstrukcyjne, izolacyjne bądź wykończeniowe.

Budynki drewniane a murowane

Z analiz wykonanych przez Instytut Technologii Drewna w Poznaniu wynika, że z punktu widzenia oddziaływania na środowisko, analizowanego w perspektywie całego cyklu życia, budynki wykonane z maksymalnym użyciem surowca drzewnego wykazują się (w porównaniu do budynków murowanych):

- zwiększonym zużyciem odnawialnych surowców o neutralnym bilansie węglowym,
- zmniejszeniem masy zużywanych materiałów budowlanych i masy całych budynków,
- zwiększeniem zużycia farb i środków konserwujących z tytułu konieczności impregnacji drewna zarówno na pla-



■ Możliwości wykorzystania drewna w budownictwie są różnorodne. Jednym z ważniejszych kierunków jest produkcja lekkich i wytrzymałych elementów konstrukcyjnych. W krajobrazie polskich miast i wsi coraz powszechniejsze są zespoły wyrobów drewnianej stolarki budowlanej. Drewniane elewacje stają się w ostatnich latach widocznym znakiem wzrostu popularności stosowania drewna w budownictwie. Szczególnie walory estetyczne i techniczne drewna sprzyjają rosnącej dominacji tego materiału w produkcji podłóg i tarasów (fot. 1). Coraz więcej

architektów wewnątrz sięga po drewno jako atrakcyjne tworzywo do produkcji wyrobów stolarki wewnętrznej i mebli. Drewno lite i tworzywa drzewne doskonale nadają się do budowy domów jednorodzinnych, zarówno o tradycyjnej, jak i nowoczesnej architekturze. W ostatnich kilku latach w Polsce powstaje coraz więcej osiedli z budynkami wielorodzinnymi wykonanymi ze ścian, stropów i dachów prefabrykowanych z drewna i płyt drewnopochodnych (fot. 2). Projektanci pływalni, hal sportowych i widowiskowych, kościołów, hoteli oraz zajazdów coraz śміiej sięgają

cu budowy, jak i podczas użytkowania (odnowienia i konserwacje, wymiany i remonty) oraz, co się z tym wiąże, wprowadzaniem konieczności regularnych odnowień i konserwacji elementów drewnianych w okresie użytkowania (lakierowanie podłogi, malowanie okien, malowanie drzwi, malowanie deski elewacyjnej),

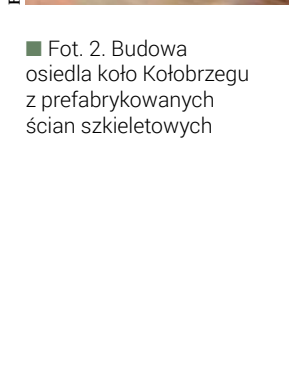
- zmniejszeniem, z tytułu niższej masy ładunku, oddziaływań transportowych dla transportu materiałów budowlanych z miejsca produkcji/sprzedaży na plac budowy,
- wprowadzeniem dodatkowego procesu – częściowej prefabrykacji ścian wewnętrznych i zewnętrznych – w cyklu życia budynków drewnianych, co się przekłada na skrócenie czasu trwania budowy,
- zmniejszeniem zużycia wody i energii elektrycznej na placu budowy (w przypadku domów drewnianych w większym stopniu wykorzystuje się elektro-narzędzia typu piły, gwoździarki czy zszywarki, ale w mniejszym mieszkarki do betonu czy agregaty do tynkowania),
- zmniejszeniem – z racji krótszego czasu budowy – częstotliwości kursowania (transportu) ekipy budowlanej, co przekłada się na mniejsze oddziaływania transportowe,
- redukcją czasu rozbiórki i zużycia energii podczas rozbiórki budynków,
- zmniejszeniem, z tytułu mniejszej masy ładunku, wskaźników transportowych dla transportu odpadów porozbiórkowych,
- zmniejszeniem ogólnej masy odpadów trafiających do końcowego zagospodarowania, zarówno z placu budowy, jak i po rozbiórce budynku, ale z zastrzeżeniem, że znajduje się w nich większa ilość farb i środków impregacyjnych do drewna, stanowiących odpady niebezpieczne.

Korzyści środowiskowe

W tabeli wykazano wartości liczbowe w odniesieniu do czterech modelowych budynków porównywanych w ramach prac Instytutu Technologii Drewna. Jak widać, w budynku drewnianym pasywnym założono zastosowanie 20,4% materiałów drzewnych i drewnopochodnych, co istotnie przełożyło się na spadek masy zużywanych materiałów budowlanych. W budynku takim założono łączne zużycie 91 623,8 kg materiałów – jest ono 2,5 razy niższe od analizowanych budynków murowanych. Oznacza to, że znacznie mniejsza (masowo) ilość materiałów budowlanych musi zostać wyprodukowana oraz przetransportowana z miejsca produkcji do miejsca sprzedaży, a potem na plac budowy. Są to źródła potencjalnej korzyści środowiskowej w cyklu życia budynków, wynikające z procesów dzie-



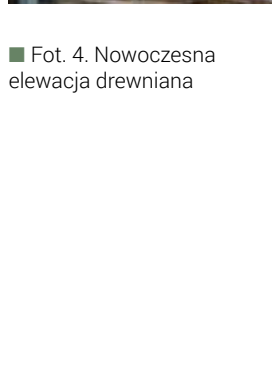
■ Fot. 1. Posadzka z drewna merbau w Starym Browarze w Poznaniu



■ Fot. 2. Budowa osiedla koło Kołobrzegu z prefabrykowanych ścian szkieletowych



■ Fot. 3. Przestronna hala produkcyjna wykonana z wiązarów łączonych na płytki kolczaste w tartaku jednego z krajowych liderów innowacyjności w przemyśle drzewnym



■ Fot. 4. Nowoczesna elewacja drewniana



■ Fot. 5. Prefabrykacja ścian wykonanych z surowca drzewnego



Wartości liczbowe czterech wariantów budynków

Kryterium inwentarzowe		Budynek murowany, konwencjonalny	Budynek murowany, pasywny	Budynek drewniany, konwencjonalny	Budynek drewniany, pasywny
Udział drewna jako surowca odnawialnego w łącznej masie materiałów budowlanych	%	1,9	1,7	9,0	20,4
Łączna masa materiałów budowlanych zużywanych na placu budowy	kg	217 986,7	244 282,34	150 993,8	91 623,8
Zużycie farb i środków impregnujących drewno i materiały drewnopochodne	kg	241,8	243,1	460,1	465,8
Sumaryczny wskaźnik transportowy (tonaż · dystans) dla dostarczenia materiałów budowlanych na plac budowy	tkm	32 480	32 532	23 857	8127
Czas realizacji budowy (łącznie z sezonowaniem)	mies.	18	18	3	3
Zużycie wody na placu budowy	kg	2 577,3	2 032,6	431,7	340,2
Zużycie energii elektrycznej na placu budowy (elektronarzędzia, mieszarki, agregaty do tynkowania)	kWh	923,9	688,7	118,6	120,8
Zużycie energii elektrycznej podczas rozbiórki	kWh	377,5	253,1	195,3	197,5
Sumaryczny wskaźnik transportowy (tonaż · dystans) dla przewiezienia odpadów porozbiórkowych do miejsc ich zagospodarowania	tkm	3254,4	3603,8	2196,7	1232,7
Ilość odpadów generowanych na placu budowy i po rozbiórce budynku (część materiałów podlegających akumulacji w trakcie użytkowania)	kg	222 319,4	247 845,4	152 652,9	93 684,89

jających się przed budową (tzw. upstream processes). Niestety, wzrost zużycia materiałów drewnnych pociąga za sobą niemal dwukrotnie większe zapotrzebowanie na środki i materiały impregnujące, które wykazują się potencjalną szkodliwością środowiskową z perspektywy zarówno produkcji, jak i późniejszego zagospodarowania zaimpregnowanych odpadów porozbiórkowych, co można postrzegać za główną – i w zasadzie jedyną – wadę rozwiązań opartych na drewnie.

Ze względu na częściową prefabrykację ścian zewnętrznych i wewnętrznych budynków drewnianych możliwy do osiągnięcia czas realizacji budowy skracają się z 18 miesięcy dla budynków murowanych (wraz z sezonowaniem) do trzech miesięcy dla obiektów drewnianych. Krótszy czas trwania prac budowlanych i odmienne technologicznie procesy budowlane przekładają się na wyraźny – bo aż sześciokrotny – spadek zużycia wody i prądu na placu budowy. Budynki drewniane są także łatwiejsze w rozbiórce, która w przypadku analizowanych obiektów pochłania ok. 40% mniej energii elektrycznej niż przy likwidacji budynków murowanych. Zmniejsza się także masa i objętość odpadów budowlanych, co skutkuje mniejszymi negatywnymi oddziaływaniami transportowymi i związanymi z zagospodarowaniem tych odpadów.

Wśród wymienionych konsekwencji nie odniesiono się do zapotrzebowania

energetycznego budynków. Uznano bowiem, że poziom wykorzystania drewna nie ma znaczącego wpływu na zużycie energii (cieplnej, elektrycznej) w okresie użytkowania, ponieważ wynika ono w znacznie większym stopniu z zastosowania innych materiałów budowlanych (głównie izolacyjnych) oraz z założonych technologii grzewczych i wentylacyjnych, a także ze standardu energetycznego stosowanych urządzeń oraz sprzętu elektrycznego/elektronicznego.

Efekt kołyski

W przeprowadzonych badaniach materiały drzewne i drewnopochodne, jako jedyne spośród analizowanych materiałów budowlanych, wykazały korzyść środowiskową na etapie zarówno produkcji, jak i zagospodarowania odpadów budowlanych po likwidacji samego budynku. W przypadku produkcji materiałów budowlanych jest to bezpośrednio związane z pozytywnym dla globalnego ocieplenia efektem fotosyntezy i wychwytywania dwutlenku węgla, który następuje w „kołysce” surowca drzewnego, czyli podczas wzrostu drzew w lesie. Ponieważ nie tylko produkty z drewna, ale także wyroby drewnopochodne (płyty OSB, MDF/HDF, sklejka, celuloza) oparte są na surowcu drzewnym, pozytywny efekt ekologiczny „kołyski”

występuje także w ich przypadku. Na podstawie przeprowadzonych analiz środowiskowej oceny cyklu życia (ang. Life Cycle Assessment – LCA) stwierdzono, że dla materiałów opartych na surowcu drewnnym korzyść środowiskowa w zakresie globalnego ocieplenia przewyższa negatywne oddziaływanie na środowisko, wykazywane dla innych problemów środowiskowych. Wyjątkiem okazała się celuloza, użyta jako materiał izolacyjny ścian zewnętrznych i stropu w domu drewnianym pasywnym, w przypadku której negatywny wpływ energochłonności oraz zużycia związków chemicznych w produkcji tego materiału przewyższał pozytywny efekt ekologiczny z tytułu fotosyntezy i wykorzystania w nim surowca drzewnego. Jednak nawet w przypadku budynku drewnianego pasywnego po dodaniu wyniku wskaźnika dla celulozy i uzyskaniu dzięki temu niewielkiego dodatniego (negatywnego) oddziaływania na środowisko materiały drzewne nadal należą do najmniej oddziałujących na środowisko spośród wszystkich wykorzystanych w analizowanych budynkach. ■

Andrzej Noskowiak,

Zakład Badania i Zastosowań Drewna, Instytut Technologii Drewna w Poznaniu

prof. dr hab. inż. Anna Lewandowska,

Katedra Towaroznawstwa i Ekologii Produktów Przemysłowych, Wydział Towaroznawstwa, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Budownictwo w analizie

Poszukiwanie metod, które redukują negatywne oddziaływanie obiektów budowlanych na otoczenie, przyczynia się do tworzenia ekoinnowacji. Dzięki przeprowadzeniu analizy cyklu życia w budownictwie możliwy jest wybór rozwiązań najbardziej przyjaznych środowisku.

■ Ekoinnowacja to każda innowacja w zakresie technologii, produktu, procesu lub usługi, która może przyczynić się do ochrony środowiska lub wydajniejszego wykorzystania zasobów. Jej cechą charakterystyczną jest zatem efekt środowiskowy, rozumiany jako zmniejszanie negatywnej presji na środowisko. W tym kontekście szczególnego znaczenia nabierają narzędzia, które pozwalają na kompleksowe zbadanie procesów i produktów pod kątem ich oddziaływania na otoczenie. Jednym z najbardziej zaawansowanych i powszechnie stosowanych jest środowiskowa ocena cyklu życia (ang. Life Cycle Assessment – LCA). Używając obrazowego porównania, można powiedzieć, że LCA działa jak „zdjęcie rentgenowskie”, analizując całe cykle życia produktów oraz procesów i identyfikując ich słabe punkty (rozumiane jako miejsca tworzenia największego negatywnego wpływu na środowisko).

LCA w budownictwie

LCA od wielu lat stosowane jest także w budownictwie, służąc doskonaleniu prośrodowiskowemu nie tylko materiałów budowlanych, ale też całych budynków. Obiekty budowlane stanowią specyficzne przedmioty badań, co powoduje, że przeprowadzenie dla nich analiz LCA jest trudniejsze niż dla większości wyrobów

konsumenckich. Biorąc pod uwagę perspektywę całego cyklu życia i konieczność uwzględniania oddziaływań występujących na poszczególnych jego etapach, obiekty budowlane charakteryzują się długimi okresami eksploatacyjnymi, wielofunkcyjnością, wysoką złożonością konstrukcyjną i kompleksowością materiałową, unikatowością, silnym uwarunkowaniem lokalnym, a także różnorodnością zainteresowanych stron.

Badania LCA dla budownictwa mogą być realizowane w różnych zakresach. Mogą one dotyczyć np. materiałów budowlanych (ang. Building Materials – BM), izolacyjnych (wełna mineralna a styropian), pokryciowych (dachówki ceramiczne a dachówki betonowe) i zabezpieczających (farby wodorozpuszczalne a farby rozpuszczalnikowe), ale także nośników energii (gaz a węgiel). Analizę LCA można również przeprowadzić dla kombinacji komponentów (ang. Component Combination – CC), np. określonych modułów obiektu budowlanego, wykonanych w danej technologii (systemy dachowe, elewacyjne, podłogowe, ociepleniowe, grzewcze, okienne itp.). Badania wykonuje się także dla całego obiektu budowlanego i procesu jego budowy (ang. Whole Process of the Construction – WPC). Obejmują one cały obiekt budowlany zaliczany do budynków mieszkalnych i niemieskalnych lub obiektów inżynierii lądowej i wodnej.

■ Rys. 1. Oddziaływanie na środowisko całego cyklu życia budynku w analizowanych wariantach¹



Najbardziej złożonym cyklem życia charakteryzują się całe obiekty budowlane (WPC), gdyż w ich przypadku dochodzi do bezpośredniego powiązania z cyklami życia materiałów budowlanych i komponentów oraz zagospodarowaniem odpadów porożbiórkowych. Dodatkowymi etapami jest budowa całego obiektu (składającego się z poszczególnych modułów i materiałów), szeroko pojęte użytkowanie i utrzymanie obiektu oraz rozbiórka i jego likwidacja.

Drewniany i murowany

Instytut Technologii Drewna w Poznaniu od kilkunastu lat wykorzystuje środowiskową ocenę cyklu życia do oceny oddziaływań na środowisko, związanych z produkcją wyrobów drzewnych i drewnopochodnych. Ponieważ drewno stanowi ważny surowiec w branży budowlanej, ostatnie badania Instytutu skupiają się na ocenie drewna w kontekście całych cykli życia budynków. W ramach projektu badawczego nr NN309078138, sfinansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, przeanalizowano oddziaływanie na środowisko cyklu życia modelowego jednorodzinne go budynku mieszkalnego, parterowego, o powierzchni użytkowej 98,04 m² i następującym programie funkcyjnym: sień wejściowa (hol), WC, pokój dzienny z aneksem jadalnym, kuchnia, sypialnia 2-osobowa, dwa pokoje 1-osobowe, łazienka oraz pralnia. Projekty architektoniczne tego budynku w wariantach murowanym oraz drewnianym zostały wykonane przez architektów (rys. 1). Ponadto w każdym przypadku przygotowano projekty z uwzględnieniem i bez uwzględnienia standardów budownictwa pasywnego, co dało łącznie cztery warianty technologiczno-energetyczne analizowanego obiektu: budynek murowany konwencjonalny (pierwszy wariant), budynek murowany pasywny (drugi wariant), budynek drewniany konwencjonalny (trzeci wariant) oraz budynek drewniany pasywny (czwarty wariant).

Punkt wyjścia

Dla każdego wariantu budynku zebrano dane inwentarzowe dotyczące zużycia materiałów, energii, wody oraz emisyjności w zakresie procesów zachodzących na poszczególnych etapach: produkcji i transportu materiałów budowlanych, prefabrykacji modułów i wznoszenia budynku na placu budowy, użytkowania (wymiany i remonty, konserwacje, ogrzewanie, użytkowanie urządzeń, oświetlenie, przygotowanie ciepłej wody użytkowej, zużycie wody i zagospodarowanie ścieków, odpady), rozbiórki, transportu odpadów porożbiórkowych oraz końcowego zagospodarowania odpadów.

Jednostkę funkcjonalną zdefiniowano jako zapewnienie 98,04 m² powierzchni użytkowej mieszkalnej zdolnej do użytkowania w okresie 100 lat i zapewnienie w tym

czasie użytkownikom oraz przedmiotom ochrony przed szkodliwym działaniem czynników zewnętrznych.

Ocena wpływu na środowisko

Dzięki analizie LCA uzyskano wyniki liczbowe obrazujące wielkość potencjalnego oddziaływania na środowisko, generowanego przez poszczególne etapy cyklu życia analizowanego budynku w każdym rozważanym wariantcie. W tabeli 1 wykazano (metodą Impact 2002+) wartości wskaźnika środowiskowego (Pt). Wartości dodatnie oznaczają negatywne oddziaływanie, natomiast ujemne wskazują na występowanie korzyści środowiskowej. Jak widać, głównym źródłem negatywnego oddziaływania w cyklu życia analizowanego budynku jest etap czwarty – użytkowanie, który jest odpowiedzialny za ponad 90% całego wpływu, bez względu na strukturę materiałową, technologię wykonania i standard energetyczny budynku. Na drugim miejscu znajduje się produkcja materiałów budowlanych, później transport materiałów budowlanych do miejsca budowy, a dalej budowa, rozbiórka budynku i transport odpadów porozbiórkowych. Końcowe zagospodarowanie odpadów porozbiórkowych, jako jedyny etap cyklu życia, wykazuje ujemny wynik wskaźnika środowiskowego, co oznacza korzyść dla środowiska. Jest to efekt wysokiego wskaźnika recyklingu przyjętego dla odpadów budowlanych.

Z punktu widzenia poszukiwania eko-innowacji i doskonalenia prośrodowiskowego budynków kolejnym krokiem powinna być identyfikacja procesów zachodzących podczas użytkowania, które są przyczyną tworzenia tak wysokiego negatywnego wpływu. W tabeli 2 wykazano różne elementy składające się na 100-letnie użytkowanie budynku – wyraźnie widać, że w każdym przypadku główny udział ma tzw. eksplo-

atacja. Pod tym pojęciem kryje się zużycie wody i generowanie ścieków, a także zużycie energii cieplej i elektrycznej związane z ogrzewaniem i oświetleniem budynku, użytkowaniem sprzętu RTV / AGD, podgrzaniem ciepłej wody oraz wentylacja. To te procesy, realizowane w ciągu założonego okresu użytkowania (100 lat), stanowią główne źródło negatywnego wpływu na środowisko w całym cyklu życia analizowanego budynku. Jak widać, odpowiedzialne są one za ponad 85% całego oddziaływania generowanego przez etap użytkowania.

Eko-innowacyjność polega na poszukiwaniu takich rozwiązań, które przyczyniają się do redukcji negatywnego oddziaływania na środowisko. Z tego względu najbardziej uzasadnione wydaje się podejmowanie działań na rzecz doskonalenia tych elementów, które faktycznie stanowią środowiskowe punkty krytyczne w cyklu życia budynków. Prezentowaną analizę należy więc dalej uszczegółowić, aby dokładnie zidentyfikować przyczyny negatywnego oddziaływania, tkwiące w etapie użytkowania. W tabeli 3 wykazano elementy, wśród których w każdym z analizowanych wariantów budynku najbardziej istotną rolę odgrywają: zużycie energii ciepłej na cele grzewcze, zużycie energii elektrycznej, a także zagospodarowanie ścieków wygenerowanych podczas 100 lat użytkowania obiektu. Dodatkowo wykazano wybrane materiały, nabywane przez użytkowników budynku z tytułu wymian i remontów, jednak ich produkcja pociąga za sobą mniejsze negatywne konsekwencje środowiskowe.

Środowiskowe dylematy

Na podstawie zaprezentowanych wyników można sformułować dwa wnioski. Z perspektywy całego cyklu życia budynku widać, że główne źródła negatywnego wpływu na środowisko tkwią w długolet-

nim etapie użytkowania, co potwierdzają wyniki uzyskane dla każdego wariantu analizowanego budynku, bez względu na technologię jego wykonania, strukturę materiałową czy standard energetyczny. Ponadto w zakresie użytkowania zidentyfikowano trzy kluczowe elementy, odpowiedzialne za tworzenie wpływu: zużycie energii ciepłej, zużycie energii elektrycznej i oczyszczanie ścieków.

Można zatem dociekać, co konkretnie w odniesieniu do tych trzech elementów powoduje tak wysoki wpływ na środowisko. Stosowanie perspektywy cyklu życia w analizach LCA powoduje, że każdy element inwentarzowy, np. zużycie energii czy zagospodarowanie ścieków, rozpatruje się w szerokim kontekście procesowym, przy uwzględnieniu procesów zachodzących w powiązanych systemach wyrobów. W przypadku budynków konwencjonalnych (niespełniających standardów budownictwa pasywnego) założono funkcjonowanie gazowej instalacji grzewczej. W ciągu 100 lat użytkowania budynku te wykorzystują odpowiednio: 1 563 769 kWh gazu ziemnego dla budynku murowanego oraz 1 548 468 kWh dla budynku drewnianego. Ponadto gaz ziemny zostaje wykorzystany do podgrzania ciepłej wody użytkowej (658 446 kWh w obu budynkach). Z punktu widzenia badań LCA wykorzystywanie gazu ziemnego prowadzi do dwóch głównych rodzajów konsekwencji: ubożenia nieodnawialnych zasobów energetycznych oraz emisji zanieczyszczeń do powietrza z tytułu spalania paliwa w domowej instalacji. W przypadku energii elektrycznej, która pobierana jest i zużywana bezpośrednio w budynku, całość oddziaływań na środowisko zachodzi „przed gniazdkiem elektrycznym” (ang. upstream processes), a więc wiąże się z wydobyciem nośników w kopalniach / rafineriach, ich przeróbką i transportem do elektrowni, emisjami w elektrowniach

■ Tab. 1. Oddziaływanie na środowisko poszczególnych etapów cyklu życia jednorodzinne go budynku mieszkalnego w czterech wariantach technologiczno-energetycznych¹

Etap y cyklu życia	Oddziaływanie na środowisko							
	I wariant budynku		II wariant budynku		III wariant budynku		IV wariant budynku	
	Wskaźnik [Pt]	Udział [%]	Wskaźnik [Pt]	Udział [%]	Wskaźnik [Pt]	Udział [%]	Wskaźnik [Pt]	Udział [%]
Etap 1 – produkcja materiałów budowlanych	16,8	6,8	20,4	7,5	6,3	2,8	13,0	5,1
Etap 2 – transport materiałów budowlanych	1,7	0,7	1,7	0,6	1,3	0,6	0,7	0,3
Etap 3 – budowa	1,6	0,6	1,6	0,6	0,4	0,2	0,4	0,2
Etap 4 – użytkowanie	229,5	92,1	249,0	92,0	223,2	96,7	245,1	95,3
Etap 5 – rozbiórka	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
Etap 6 – transport odpadów porozbiórkowych	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0
Etap 7 – końcowe zagospodarowanie odpadów porozbiórkowych	-0,9	-0,4	-2,4	-0,9	-0,8	-0,4	-2,4	-0,9

■ Tab. 2. Oddziaływanie na środowisko poszczególnych elementów użytkowania jednorodzinnego budynku mieszkalnego w czterech wariantach technologiczno-energetycznych¹

Składowe etapu 4 – użytkowania budynku	Oddziaływanie na środowisko							
	I wariant budynku		II wariant budynku		III wariant budynku		IV wariant budynku	
	Wskaźnik [Pt]	Udział [%]	Wskaźnik [Pt]	Udział [%]	Wskaźnik [Pt]	Udział [%]	Wskaźnik [Pt]	Udział [%]
Zajmowanie powierzchni terenu	7,0	3,0	7,0	2,8	7,0	3,1	7,0	2,9
Eksploatacja	198,5	86,5	217,0	87,1	198,0	86,3	218,0	89,1
Wymiany i remonty	13,5	5,9	15,7	6,3	15,8	6,9	9,8	4,0
Odnowienia i konserwacje	1,7	0,7	1,7	0,7	1,7	0,7	1,7	0,7
Transport materiałów budowlanych	1,8	0,8	1,7	0,7	0,8	0,3	0,8	0,3
Transport odpadów	0,02	0,009	0,02	0,008	0,03	0,01	0,03	0,0
Zagospodarowanie odpadów	7,0	3,0	5,2	2,1	6,1	2,7	7,2	2,9

i dystrybucją w sieci przesyłowej. W przypadku budynków konwencjonalnych łączne zużycie energii elektrycznej w ciągu 100 lat użytkowania określono na poziomie 208 076 kWh, natomiast w budynkach pasywnych na poziomie 673 394 kWh (w wariancie murowanym) i 677 481 kWh (w wariancie drewnianym). Większe zużycie prądu w wariantach pasywnych wiąże się z faktem założenia dogrzewania budynku przy użyciu grzejników elektrycznych.

Kategorie szkody

Na rysunku 2 zaprezentowano oddziaływanie na środowisko całego cyklu życia budynku w analizowanych czterech wariantach. Kolumny podzielone są na cztery kolory, które odpowiadają tzw. kategoriom szkody. Kolor zielony oznacza „zasoby”, jasnoszary – „zmiany klimatyczne”, czarny – „jakość ekosystemów”, a ciemnoszary – „zdrowie ludzkie”. Jak widać, w kolumnach dominują głównie dwa pierwsze kolory. Obciążanie „zasobów” wynika z wykorzystywania gazu ziemnego do ogrzewania budynków konwencjonalnych oraz z wydobywania innych paliw nieodnawialnych do produkcji energii elektrycznej (w analizie przyjęto strukturę produkcji energii elektrycznej reprezentatywną dla Polski). „Zmiany klimatyczne” oraz „zdrowie ludzkie” obciążane są z tytułu emisji zanieczyszczeń dokonujących się zarówno w samym budynku (spalanie gazu ziemnego w celach grzewczych), jak i w innych miejscach cyklu życia (elektrownie, oczyszczalnie ścieków, transport itp.). Wartości wskaźników kategorii szkody można rozdzielić do mniejszych komponentów tzw. kategorii wpływu, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie informacji o konkretnych problemach środowiskowych.

Zmiana scenariusza

Głównym problemem w przypadku analizowanych obiektów pasywnych było pełne pokrywanie ich potrzeb energetycz-

nych przy wykorzystaniu energii elektrycznej, wytwarzanej w oparciu o strukturę produkcji energii właściwą dla Polski. Fakt kilkakrotnie niższego ogólnego zapotrzebowania energetycznego tych obiektów w porównaniu do budynków konwencjonalnych nie zniwelował tej różnicy. Można zatem wnioskować, że nie tylko ilość, ale także rodzaj wykorzystywanej energii odgrywa kluczową rolę. W ramach projektu zdecydowano zatem, aby dokonać pewnych analiz scenariuszowych i przeprowadzić analogiczne oceny LCA dla analizowanych budynków, ale przy pewnej modyfikacji założeń. Jako że budownictwo pasywne jest szczególnie popularne w Niemczech i Skandynawii, przyjęto trzy następujące scenariusze:

- zapotrzebowanie energetyczne etapu użytkowania wszystkich czterech wariantów budynków pokrywane jest przez energię elektryczną wytwarzaną zgodnie ze strukturą produkcji energii w Niemczech,
- zapotrzebowanie energetyczne etapu użytkowania wszystkich czterech wariantów budynków pokrywane jest przez energię elektryczną wytwarzaną zgodnie ze strukturą produkcji energii w Danii,
- zapotrzebowanie energetyczne etapu użytkowania wszystkich czterech wariantów budynków pokrywane jest przez ener-

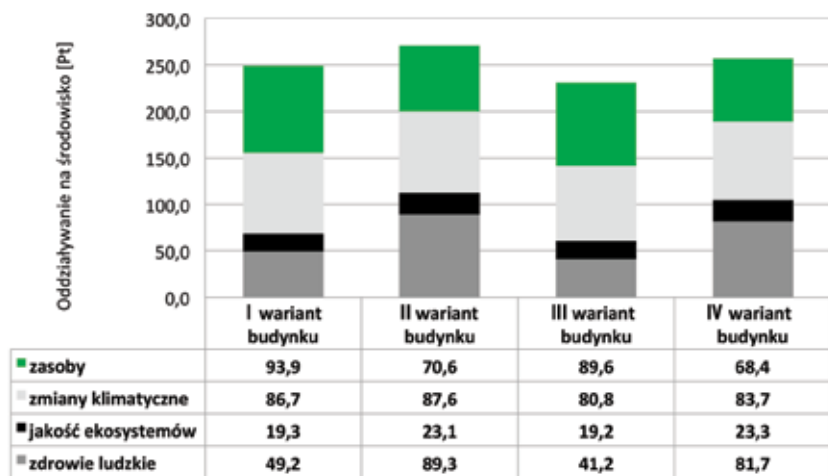
gię elektryczną wytwarzaną zgodnie ze strukturą produkcji energii w Polsce, ale przy uzyskaniu 20-procentowego udziału energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii.

Po dokonaniu ponownych obliczeń okazało się, że wyraźnie spadły (o 35-40%) wskaźniki dla domów pasywnych i zasadniczo zmienił się ranking budynków. W scenariuszach pokrywania zapotrzebowania na energię elektryczną zgodnie z systemem niemieckim i duńskim domy pasywne wypadły najkorzystniej. Najniższy wynik wskaźnika (najmniejsze negatywne oddziaływanie na środowisko) zanotowano dla domu pasywnego wykonanego z maksymalnym udziałem drewna. W tym bowiem przypadku redukcję energetycznego bagażu ekologicznego wzmacnia korzystny obraz oddziaływań materiałów budowlanych, opartych na drewnie i materiałach drewnopochodnych.

Kierunek: ekoinnowacje

Cechą znaną dla badań LCA jest analizowanie produktów, procesów i technologii w perspektywie cyklu życia. W przypadku budynków mamy do czynienia z bardzo złożonymi cyklami życia, o długim zakresie czasowym (kilkudziesięcioletnie okresy użytkowania budynków).

■ Rys. 2. Wizualizacje analizowanego budynku w wariancie drewnianym (a) i murowanym (b)¹



■ Tab. 3. Elementy o największym negatywnym wpływie na środowisko podczas 100 letniego użytkowania jednorodzinnego budynku mieszkalnego w czterech wariantach technologiczno-energetycznych¹

I wariant budynku				II wariant budynku			
Element	Materiał	Wskaźnik [Pt]	Udział [%]	Element	Materiał	Wskaźnik [Pt]	Udział [%]
Eksplloatacja	Ciepło z gazu ziemnego	130,4	56,8	Eksplloatacja	Energia elektryczna	215,0	86,3
Eksplloatacja	Energia elektryczna	66,6	28,9	Eksplloatacja	Oczyszczanie ścieków	9,6	3,7
Eksplloatacja	Oczyszczanie ścieków	9,6	4,1	Wymiany i remonty	Płytki ceramiczne/podłoga	3,1	1,2
Wymiany i remonty	Płytki ceramiczne/podłoga	3,1	1,4	Wymiany i remonty	Okna	2,5	1,0
Wymiany i remonty	Okna	2,3	1,0	Wymiany i remonty	Płytki ceramiczne/łazienka	3,5	1,4
Wymiany i remonty	Płytki ceramiczne/łazienka	3,5	1,5	Wymiany i remonty	Kable elektryczne	1,7	0,7
Wymiany i remonty	Kable elektryczne	1,3	0,6				
III wariant budynku				IV wariant budynku			
Element	Materiał	Wskaźnik [Pt]	Udział [%]	Element	Materiał	Wskaźnik [Pt]	Udział [%]
Eksplloatacja	Ciepło z gazu ziemnego	129,5	58,0	Eksplloatacja	Energia elektryczna	215,0	87,7
Eksplloatacja	Energia elektryczna	66,4	29,7	Eksplloatacja	Oczyszczanie ścieków	9,6	3,9
Eksplloatacja	Oczyszczanie ścieków	9,6	4,2	Wymiany i remonty	Płytki ceramiczne/łazienka	3,5	1,4
Wymiany i remonty	Płytki ceramiczne/łazienka	3,5	1,6	Wymiany i remonty	Kable elektryczne	1,7	0,7
Wymiany i remonty	Kable elektryczne	1,3	0,6	Wymiany i remonty	Okna	1,5	0,6
Wymiany i remonty	Okna	1,1	0,5	Wymiany i remonty	Celuloza	0,5	0,2
Wymiany i remonty	Grzejniki stalowe	0,6	0,3				

Fakt uzyskiwania wyników liczbowych jest dobrą podstawą do oceny potencjalnych kierunków doskonalenia budynków i działalności ekoinnowacyjnej. Jeśli w prezentowanym przykładzie głównym źródłem negatywnego oddziaływania na środowisko jest bagaż ekologiczny produkcji energii elektrycznej i wydobycia oraz spalania gazu ziemnego, to ekoinnowacje powinny być ukierunkowane na redukcję energochłonności użytkowania lub zmianę rodzaju energii, która to zapotrzebowanie pokrywa. Łączne (gaz i prąd) zużycie energii [kWh] w analizowanych budynkach konwencjonalnych jest niemal 3,6-krotnie wyższe niż jej zużycie w budynkach pasywnych. Jednakże zużycie samej energii elektrycznej w budynkach konwencjonalnych stanowi zaledwie ok. 31% zużycia prądu w budynkach pasywnych. Przyczyn różnic w wynikach wskaźników środowiskowych należy dopatrywać się w różnym bagażu ekologicznym produkcji jednostki energii elektrycznej i ciepłej z gazu. Zgodnie ze scenariuszem technologicznym dla Polski, przyjętym w stosowanej w badaniach wersji bazy ecoinvent, wy-

produkowanie 1 kWh energii elektrycznej prowadzi do oddziaływania na środowisko równego 0,000321 Pt, a pozyskanie 1 kWh energii ciepłej z gazu ziemnego posiada bagaż ekologiczny równy 0,0000603 Pt. Widać więc, że 1 kWh energii elektrycznej wypada ponad 5,3-krotnie gorzej środowiskowo od równoważnej ilości energii ciepłej.

Warto wyraźnie zaznaczyć, że celem badań nie była ocena budownictwa pasywnego na tle konwencjonalnego, bowiem w takim przypadku należałoby uwzględnić znacznie więcej scenariuszy materiałowo-użytkowych. Uzyskane wyniki należy odnosić do przyjętych założeń, mając na uwadze, że równie dobrze można by uznać, iż domy konwencjonalne pokrywają swe zapotrzebowanie energetyczne wyłącznie energią elektryczną, a domy pasywne zużywają także pierwotne nośniki energii. Zasadniczym wnioskiem, który należałoby wyciągnąć, jest raczej fakt, że energia zużywana w wieloletnim okresie użytkowania budynków jest aspektem kluczowym bez względu na rodzaj budynku oraz że ze środowiskowego punktu widzenia bagaż ekologiczny

energii przetworzonej (elektrycznej i ciepłej), szczególnie w strukturze produkcji energii w Polsce, jest dużo wyższy od wykorzystywania pierwotnych nośników energii lub energii odnawialnej. Samo ograniczenie zapotrzebowania energetycznego (jak to było w przypadku analizowanych domów pasywnych) jest ważne, ale powinno być dokonywane w powiązaniu z rodzajem energii, która to zapotrzebowanie pokrywa. ■

Andrzej Noskowiak
Zakład Badań i Zastosowań Drewna,
Instytut Technologii Drewna w Poznaniu

dr hab. inż. Anna Lewandowska,
prof. nadzw. UEP, Katedra Towaroznawstwa
i Ekologii Produktów Przemysłowych,
Wydział Towaroznawstwa,
Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Źródło
1. Lewandowska A., Noskowiak A., Pajchrowski G., Strykowski W., Witczak J.: *Środowiskowa ocena cyklu życia modelowych budynków drewnianych i murowanych jako przykład zastosowania techniki LCA*. Wyd. ITD. Poznań 2012.



JESTEŚ KREATOREM? ZOSTAŃ EKOINNOWATOREM!

Wg rankingu The Global Innovation Index' 2013, Polska najstabilniej została oceniona pod względem edukacji oraz tworzenia powiązań innowacyjnych, wśród których kluczową rolę odgrywa współpraca pomiędzy przemysłem a nauką

CZAS TO ZMIENIĆ!

**ZAPRASZAMY NA SALON EKOINNOWACJI, KTÓRY ODBĘDZIE SIĘ 14-17 PAŹDZIERNIKA 2014
W RAMACH MIĘDZYNARODOWYCH TARGÓW OCHRONY ŚRODOWISKA POLEKO 2014**

OFERUJEMY:

- możliwość wymiany doświadczeń w zakresie ekoinnovacji oraz nawiązania kontaktów i współpracy pomiędzy światem biznesu a nauki (w ramach Salonu Ekoinnovacji odbędzie się dwudniowa konferencja)
- 20 stoisk dla wybranych firm i instytucji mających istotny wpływ na ekoinnovacyjność polskiej gospodarki

WIĘCEJ INFORMACJI NA STRONIE WWW PROJEKTU ORAZ FB:

<http://ekoinnovator.ue.poznan.pl>

<https://www.facebook.com/Ekoinnovator>

KONTAKT:

ekoinnovator@fnc.ue.poznan.pl

tel. +48 785 557 169

tel. +48 785 554 278



Projekt dofinansowano ze środków
Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

STUDENTKO! STUDENCIE! ABSOLWENTKO! ABSOLWENCIE!

Interesujesz się ekologią i innowacjami? Masz poniżej 35 lat, a w głowie pomysł na ekoinnowacyjny produkt lub usługę, rozwiązanie technologiczne lub organizacyjne? A może jesteś autorem pracy dyplomowej dotyczącej ekoinnowacji?

Jeśli tak, to:

- ZAPROJEKTUJ INNOWACYJNY I PRZYJAZNY ŚRODOWISKU PRODUKT, USŁUGĘ LUB ROZWIĄZANIE I WEŹ UDZIAŁ W KONKURSIE „**OD KREACJI DO EKOINNOWACJI**”
- STWÓRZ FILM PROMUJĄCY EKOINNOWACJE I WYŚLIJ GO NA KONKURS „**EKOINNOWACJE W KADRZE**”
- ZGŁOŚ DO KONKURSU SWOJĄ PRACĘ LICENCJACKĄ, INŻYNIERSKĄ LUB MAGISTERSKĄ POŚWIĘCONĄ EKOINNOWACJOM I WEŹ UDZIAŁ W KONKURSIE „**EKOINNOWACJE NIE TYLKO NA PAPIERZE**”

Do konkursów można zgłaszać się już od **20 czerwca 2014 roku!**

Do wygrania tablety, czytniki e-booków i aparaty fotograficzne!

Pokazy pierwszych prac konkursowych już na Salonie Ekoinnowacji (październik **2014**)

Rozstrzygnięcie konkursów nastąpi podczas Konferencji podsumowującej (wrzesień **2015**)

Konkursy są elementem ogólnopolskiej kampanii informacyjno-edukacyjnej

„JESTEŚ KREATOREM? ZOSTAŃ EKOINNOWATOREM!”

FORMULARZE ZGŁOSZENIOWE DOSTĘPNE NA STRONIE INTERNETOWEJ PROJEKTU W ZAKŁADCE „KONKURSY”



WIĘCEJ INFORMACJI NA STRONIE PROJEKTU ORAZ FB:

ekoinnowator.ue.poznan.pl

facebook.com/Ekoinnowator

KONTAKT:

ekoinnowator@fnc.ue.poznan.pl

tel. +48 785 557 169

tel. +48 785 554 278



Projekt dofinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

