

KINGA ZĘBALA\*

NOWE TECHNOLOGIE ENERGOOSZCZĘDNE  
W ASPEKCIE ICH KOSZTORYSOWANIANEW ENERGY SAVING TECHNOLOGIES  
IN THE CONTEXT OF THEIR COST EVALUATION

## Streszczenie

W ostatnich latach pojawiła się nowa idea w podejściu do oszczędzania energii we współczesnym budownictwie – dom pasywny. Naprzeciw tej idei – budowania domów energooszczędnych – pojawiły się nowe technologie budowania domów. Istotnym jednak problemem przy wprowadzaniu nowych technologii jest ich wycena – kosztorysowanie materiałów i robót. W podstawowych katalogach nakładów rzeczowych brak jest podstaw wyceny, a także wytycznych do kosztorysowania takich właśnie robót. W niniejszym artykule przedstawiony zostanie problem kalkulacji kosztów nowych rozwiązań materiałowych, które coraz częściej są wykorzystywane przy projektowaniu i wznoszeniu obiektów budowlanych.

*Słowa kluczowe: budownictwo pasywne, kosztorysowanie*

## Abstract

In recent years, a new approach has appeared in order to save energy in modern building construction: a passive house. Facing this idea, to build energy efficient houses, new technologies appeared. However, major issues of introducing new technologies are their valuation, the cost estimation of materials, and labor. There is no basis of valuation in basic expenditures catalogs, neither guidelines for evaluating this kind of work. This paper presents the cost calculation problem of new materials' solutions that are being used more and more often in the construction design and building.

*Keywords: passive building, cost estimation*

\* Mgr inż. Kinga Zębala, Zakład Budownictwa i Fizyki Budowli, Wydział Inżynierii Łądowej, Politechnika Krakowska.

## 1. Dom pasywny

W ostatnich latach pojawiła się nowa idea w podejściu do oszczędzania energii we współczesnym budownictwie – to dom pasywny. Definicja domu pasywnego zakłada, że jest to budynek, który dla zapewnienia komfortu cieplnego mieszkańców nie zużywa więcej niż 15 kWh energii na 1 m<sup>2</sup> powierzchni użytkowej rocznie. W budownictwie tradycyjnym do ogrzania 1 m<sup>2</sup> zużywa się ok. 35 m<sup>3</sup> gazu w skali roku, w budynku pasywnym ok. 1,5 m<sup>3</sup> [1].

W koncepcji domu pasywnego najistotniejsze są dwa elementy: zapobieganie utracie ciepła (współczynnik przenikalności ciepła dla przegród zewnętrznych poniżej  $U = 0,15$  W/m<sup>2</sup>K; dla okien poniżej 0,8 W/m<sup>2</sup>K) i pozyskiwanie energii z zewnątrz ze źródeł odnawialnych (przede wszystkim energii słonecznej). Dla porównania wg obowiązujących w Polsce norm maksymalna wielkość współczynnika przenikania ciepła  $\underline{U}$  dla ścian zewnętrznych wynosi 0,3 W/m<sup>2</sup>K.

W domach pasywnych redukcja zapotrzebowania na ciepło jest tak duża, że nie stosuje się w nich tradycyjnego systemu grzewczego, a jedynie dogrzewanie powietrza wentylacyjnego. Do zbilansowania zapotrzebowania na ciepło wykorzystuje się również promieniowanie słoneczne, gruntowy wymiennik ciepła, odzysk ciepła z wentylacji (rekuperacja), a także zyski cieplne pochodzące od wewnętrznych źródeł, takich jak urządzenia elektryczne i mieszkańcy [1,2].

Jak zatem budować, aby zapobiec nadmiernej utracie ciepła? Czy możliwe jest wznoszenie domów pasywnych w różnych technologiach budowlanych?

## 2. Budynki nowowznoszone

Naprzeciw idei budowania domów energooszczędnych pojawiły się nowe technologie budowania domów. Innowacją są tzw. domy ze styropianu ze specjalnych pustaków układanych jak klocki i zalewanych betonem na budowie.

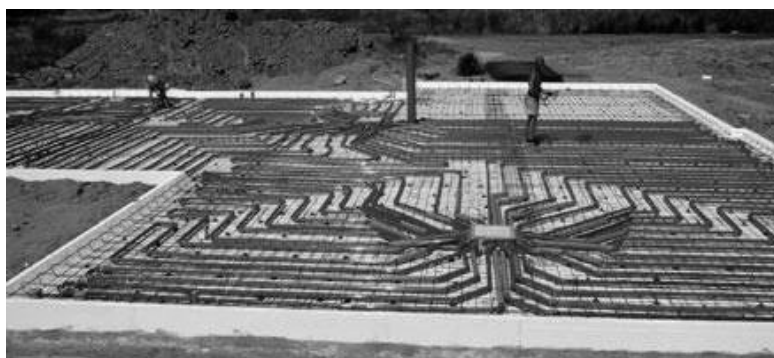
### 2.1. Fundamenty

Istotnym elementem budynku są oczywiście fundamenty. Dom pasywny powinien być posadowiony nie na tradycyjnym fundamencie, ale na płycie fundamentowej odpowiednio wyizolowanej, w której umieszczony jest od razu np system grzewczy [2]. W płycie takiej budynek od gruntu izoluje warstwa styropianu grubości min. 16 cm, co zapewnia ochronę nie tylko przed przenikaniem zimna, ale i przed wilgocią. Podobnie jest zaizolowany cokół budynku z kształtek styropianowych o grubości 17 cm, pełniących równocześnie funkcję szalunku płyty. Charakterystyczną cechą systemu jest ogrzewanie podłogi gorącym powietrzem, które jest rozprowadzane za pomocą rur spiro, ułożonych na pokrytej siatką zbrojeniowej warstwie styropianu. Rury są następnie zalewane betonem (il. 1).

### 2.2. Ściany zewnętrzne

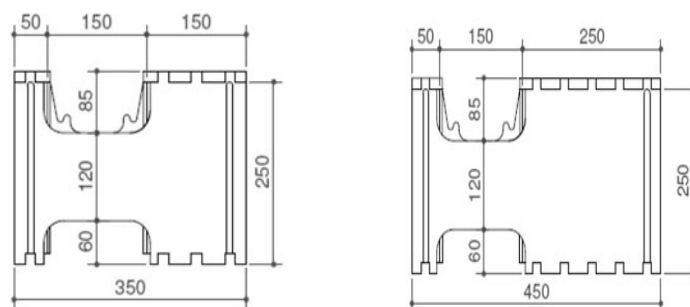
Wszystkie elementy systemu budynku styropianowego wykonuje się na bazie Neoporu, posiadających o 30% lepsze właściwości izolacyjne niż tradycyjny styropian o podobnej gęstości. Elementy systemu wykonane są z tworzywa o gęstości 30 kg/m<sup>3</sup>, czyli około dwukrotnie większej od gęstości styropianu powszechnie stosowanego w budownictwie.

System domu styropianowego to trzy podstawowe rodzaje ścian (il. 2), różniących się między sobą grubością tworzywa piankowego jednej ze ścianek elementów szalunkowych, konstrukcją elementów oraz współczynnikiem przenikania ciepła  $U$ . System ten zawiera oprócz jedno- i dwumetrowego pustaka podstawowego, element nadprożowy, element podparcia stropu, kształtkę zawiasową, przeznaczoną do konstruowania wykuszy, elementy załamania ściany pod kątem  $45^\circ$  oraz szereg zatyczek i korektorów wysokości co umożliwia budowanie nawet bardzo skomplikowanych architektonicznie obiektów. Pustaki podstawowe, jedno- i dwumetrowe, wykonywane są standardowo z monolitycznymi przewiązkami piankowymi na stałe zatopionymi w płaszczyznach ścianek [1].



II.1. Płyta fundamentowa z rozprowadzonym systemem grzewczym [2]

III. 1. Shallow foundation with heating system [2]



II. 2 Przekrój elementu z 15 i 25 cm warstwą styropianu elewacyjnego [1]

III. 2. Cross-section of the element with 15 and 25 cm styrofoam layer [1]

### 2.3. Okna

Istotnym elementem jest nie tylko dobór ciepłych okien (współczynnik  $U$  poniżej  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), ale również istotny jest ich montaż. Tradycyjny montaż na piankę nie jest wystarczający. Okna w domu pasywnym powinny się montować na systemie specjalnych taśm gwarantujących szczelność montażu. Przykładem może być system uszczelnień taśm trójwar-

stwowych oraz niskorozprężnej pianki poliuretanowej. Każda z warstw pełni inną funkcję: warstwa zewnętrzna chroni połączenie ramy okiennej z murem przed wodami opadowymi i promieniowaniem UV, warstwa środkowa stanowi izolację termiczną i akustyczną, natomiast warstwa wewnętrzna stanowi ochronę przed wilgocią pochodząca z pomieszczeń. Takimi tego typu są niestety rzadkością jeśli chodzi o stosowanie [2].

#### 2.4. Kolektory słoneczne

W budynkach pasywnych stosowane są różne systemy przygotowania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.), które możemy podzielić na połączone z systemem wentylacji lub funkcjonujące oddzielnie. Ta druga opcja jest często spotykana w starszych budynkach pasywnych. Obecnie dąży się jednak do integracji obu układów, ponieważ pozwala to na lepsze wykorzystanie energii. Przy połączeniu systemu wentylacji i c.w.u. w celu przygotowania ciepłej wody możliwe jest między innymi wykorzystanie energii pochodzącej ze zużytego powietrza wywiewanego z budynku. Natomiast ciepło z kolektorów słonecznych może być wykorzystane do ogrzewania powietrza nawiewanego, co nie byłoby możliwe w niezintegrowanej instalacji [1].

#### 2.5. Gruntowy wymiennik ciepła, rekuperator, pompa ciepła [1]

Rozwiązaniem często stosowanym w budynkach pasywnych jest gruntowy wymiennik ciepła. W okresie zimowym świeże powietrze po przefiltrowaniu przechodzi przez to urządzenie, gdzie jest wstępnie ogrzewane. Następnie powietrze dostaje się do rekuperatora, w którym zostaje podgrzane ciepłem pochodzącym z powietrza wywiewanego z budynku. Charakterystyczny dla standardu budownictwa pasywnego jest fakt, że w przeważającej części zapotrzebowanie na ciepło zostaje zaspokojone dzięki zyskom cieplnym z promieniowania słonecznego, ciepłu oddawanemu przez urządzenia i przebywających w budynku ludzi. Jedynie w okresach szczególnie niskich temperatur stosuje się dogrzewanie powietrza nawiewanego do pomieszczeń.

W budownictwie pasywnym zrezygnowano z wentylacji grawitacyjnej, ponieważ generuje ona duże straty ciepłne. Dla prawidłowego działania wentylacji niezbędne jest zapewnienie ukierunkowanego przepływu powietrza przez wszystkie strefy. Ze względu na komfort użytkowników należy przy tym zachować odpowiednią kolejność wentylowania pomieszczeń.

W systemie wentylacji mechanicznej zasadniczą rolę pełni centrala, która jest głównym elementem wymuszającym obieg powietrza w budynku. W przypadku budownictwa pasywnego stosuje się różne centrale wentylacyjne, mniej lub bardziej rozbudowane, zawsze zaopatrzone w rekuperator odzyskujący ciepło ze zużytego powietrza, które mogą funkcjonować niezależnie od systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej lub być z nimi zintegrowane. W celu lepszego pozyskiwania ciepła w domach pasywnych centrala wentylacyjna jest zazwyczaj sprzęgana z gruntowym wymiennikiem ciepła.

Innym przykładem jest kompaktowa centrala grzewcza, która w celu zapewnienia jak największej wydajności i oszczędności miejsca sprzęga do pracy wentylatory, rekuperator, filtry powietrza, zbiornik ciepłej wody użytkowej, pompy cyrkulacyjne oraz nagrzewnicę, zamykając wszystkie te elementy i integrując je dla zapewnienia najlepszej wydajności w jednym urządzeniu.

## 2.6. Kominiek z zamkniętą komorą spalania

W budynkach pasywnych istnieje także możliwość instalacji kominka, jednak ze względu na rygory wynikające z założonej energooszczędności i specyficznej wentylacji musi to być rozwiązanie inne niż stosowane w tradycyjnym budynku. Rozwiązaniem, które pozwala w domu pasywnym uniknąć tych problemów, jest urządzenie z zamkniętą komorą spalania. W takim wariantcie powietrze biorące udział w procesie spalania tworzy obieg całkowicie niezależny od powietrza w budynku. Powietrze potrzebne do zasilania kominka pobierane jest z zewnątrz specjalnie do tego celu zainstalowanym przewodem, a po spalaniu wyrzuca-  
ne przez komin, tak że nie dochodzi do mieszania powietrza wewnętrznego z powietrzem zasilającym kominiek. Kanał wlotowy najczęściej umieszczony jest równoległe do komina spalinowego. Aby nie dopuścić do powstania mostków termicznych lub nieuszczelnności w powłoce budynku materiały na komin muszą być odpowiednio dobrane, a przewody starannie zaizolowane [1].

## 3. Budynki istniejące

Co jednak w przypadku istniejącego budynku? Czy budynek wybudowany w technologii tradycyjnej – np. z cegły grubości 25 cm, może być budynkiem pasywnym? Jak ocieplić ściany zewnętrzne, aby ich współczynnik przenikania ciepła był na poziomie  $U = 0,10 \pm 0,15$  W/m<sup>2</sup>K?

Aby osiągnąć taki współczynnik przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej, warstwę konstrukcyjną można ocieplić materiałem termoizolacyjnym o różnych grubościach. Przykładowo założony mur z cegły pełnej o grubości 25 cm wymaga ocieplenia warstwą termoizolacyjną od 2 cm do około 30 cm w zależności od zastosowanego materiału. Jednak materiał termoizolacyjny dobieramy na podstawie kryteriów trwałości i grubości przegrody oraz kosztów. Zbyt gruba lub zbyt cienka warstwa izolacji termicznej stwarza problemy konstrukcyjno-technologiczne, które zwykle decydują o trwałości przegrody. Pojawia się problem skomplikowanej technologii montażu bardzo grubej warstwy termoizolacji, w tym brak standardowych łączników. A co za tym idzie problem wyceny takich robót.

Na rynku występują materiały termoizolacyjne o bardzo niskich współczynnikach przewodzenia ciepła  $\lambda$  (aerozele, nanozele, czy izolacje próżniowe), ale są one niestety bardzo drogie i znajdują obecnie zastosowanie prawie wyłącznie w specjalistycznych dziedzinach np. astronautyce. Ponadto wymagają one indywidualnych przystosowań do budownictwa i opracowania nowych technologii systemów ocieplania. Czym więc ocieplać, aby tradycyjnie wzniesiony budynek przekształcić w dom pasywny?

### 3.1. Wełna skalna, polistyren estrudowany, expandowany

Wełna oraz polistyren stanowi trwałą izolację termiczną (niski współczynnik przewodzenia ciepła i odpowiednia grubość zastosowanego wyrobu oznacza wysoki opór cieplny  $R$ ). Pełni również rolę doskonałej izolacji akustycznej i tłumi hałas, skutecznie wyciszając wnętrza pomieszczeń. Ale aby uzyskać dla przegrody współczynnik  $U = 0,10$  W/m<sup>2</sup>K, musimy założoną na wstępie ścianę o grubości 25 cm docieplić ok. 30 cm warstwą tego materiału [3].

### 3.2. Aerożele i nanożele

W ostatnim czasie rewolucyjnym rozwiązaniem w dziedzinie izolacji, zarządzania ciepłem oraz oszczędności energii stały się aerożele. Do niedawna stosowane w astronautyce oraz jako materiał termoizolacyjny w samolotach. Obecnie aerożele są coraz częściej wykorzystywane w budownictwie. Aerożel to materiał będący rodzajem sztywnej piany o wyjątkowo małej gęstości. Na jego masę składa się w 90–99,8% powietrze, resztę stanowi porowaty materiał tworzący jej strukturę. Aerożele są obecnie najlżejszymi stałymi substancjami. Mają gęstość rzędu 1,9–150 mg/cm<sup>3</sup>, a zatem niewiele większą od gęstości powietrza (1,2 mg/cm<sup>3</sup>); dla porównania najlżejsze drewno, stosowana m.in. w lotnictwie i modelarstwie balsa ma gęstość 40–180 mg/cm<sup>3</sup>. Aerożele są też obecnie materiałami o najmniejszym dla ciał stałych współczynniku przewodnictwa ciepła. Nanożel to typ aerożelu (zmrożonego dymu), izolacji wykorzystywanej głównie w budownictwie i przemyśle paliwowym. Nanożel jest najlżejszą izolacją na świecie. Jest aerozelem, składa się z 95% powietrza, nanopory mają właściwości izolacyjne.

Aby uzyskać dla przegrody współczynnik  $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ , musimy naszą ścianę docieplić płytami aerożelowymi grubości ok. 17 cm [3].

### 3.3. Izolacja próżniowa

W zestawieniu z powszechnie stosowanymi materiałami takimi jak styropian czy wełna mineralna, izolację próżniową wyróżniają kilkukrotnie lepsze parametry izolacyjne. Takie parametry uzyskuje się dzięki wykorzystaniu próżni, która jest złym przewodnikiem energii cieplnej. W procesie produkcji płytę z porowatego materiału na bazie krzemionki lub włókien szklanych z mikro porami o rozmiarach 0,0001 mm umieszcza się w szczelnym „opakowaniu” z nieprzepuszczalnej dla powietrza i pary wodnej wielowarstwowej folii. Izolacja próżniowa pozwala zredukować grubość izolacji do warstwy kilku centymetrów. Materiał ten ze względu na wysoką cenę stosowany jest jedynie w szczególnych przypadkach np. kiedy trzeba uzyskać ścianę skutecznie chroniącą przed utratą ciepła o niewielkiej grubości.

Aby uzyskać dla przegrody współczynnik  $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ , musimy naszą ścianę docieplić 7 cm izolacji próżniowej [3].

### 3.4. Próżniowy panel izolacyjny VIP

Próżniowy panel izolacyjny (VIP) (*Vacuum Insulated Panel*) to nowoczesny materiał izolacyjny, wykorzystujący wysokie właściwości termoizolacyjne próżni. Zbudowany z: membrany na ścianie, stosowana w celu zapobiegania przenikania powietrza do próżni, materiałów podstawowych wykorzystywanych do utrzymania próżni wewnątrz membrany przy jednoczesnym zapobieganiu zwiłaniu się membrany na ścianach panelu i chemikalii do pochłaniania i absorpcji wyciekających gazów poprzez membrany. Budowa panelu podobna jest do konstrukcji termosu, ale bez odbłaskowych powłok metalowych. Próżnia wewnątrz panelu VIP znacznie zmniejsza przewodnictwo ciepła i konwekcji.

Aby uzyskać dla przegrody współczynnik  $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ , musimy naszą ścianę docieplić ok. 2 cm izolacji [3].

#### 4. Kosztorysowanie nowych technologii

Kosztorys to dokument finansowy realizacji określonego zadania. Sporządza się go między innymi w celu:

- określenia kosztów (lub ceny) wykonania określonego zadania:
- przez inwestora : w celu określenia możliwości i opłacalności realizacji zadania, kontroli złożonych ofert, uzyskania kredytu, prowadzenia i kontroli rozliczeń finansowych,
- przez wykonawcę : w celu złożenia oferty inwestorowi, prowadzenia rozliczeń w takcie realizacji i inne,
- prowadzenia rozliczeń finansowych między zleceniodawcą (inwestorem) a zleceniobiorcą (wykonawcą), a także pomiędzy wykonawcą a podwykonawcami,
- rozstrzygnięcia sporów
- w celach dowodowych
- wyceny nieruchomości jako element jednej z metod określania wartości nieruchomości.

Istotnym problemem przy wprowadzaniu nowych technologii jest wycena robót – kosztorysowanie. W podstawowych Katalogach Nakładów Rzeczowych (np. KNR 202) brak podstaw wyceny oraz wytycznych do kosztorysowania takich właśnie robót.

Jak wycenić tradycyjne fundamenty (w tym płytę fundamentową) powszechnie wiadomo (KNR 202 tabl. 201–205). Ale co w przypadku podgrzewanej płyty fundamentowej? Jak wycenić szalunek i podkład ze styropianu? Jak wycenić montaż rur grzejnych? Można oczywiście posiłkować się katalogami do instalacji centralnego ogrzewania – rur układanych w wylewce (KNR 31 tabl. 301–305), ale przecież to nie są te same średnice. Poza tym są one nie tylko ułożone, ale zamocowane do zbrojenia płyty.

W przypadku ścian z pustaków styropianowych system ETS DOM producent wyszedł kosztorysantom naprzeciw i opracował własny Katalog Nakładów Rzeczowych DC-11 wydany przez DATACOMP. Już wcześniej nowe wówczas technologie tworzyły katalogi służące do wyceny robót.

- I tak np. – Roboty murowe w technologii YTONG – KNR 16
- Roboty murowe w technologii POROTHERM – KNR 27
- Ściany murowe systemu SILKA – KNR 901

Problem pojawia się, gdy chcemy nasz budynek ocieplić płytami z wełny lub styropianowymi grubości ponad 30 cm. Oprócz problemów technologicznych montażu (np. brak odpowiednio długich łączników) pojawia się problem wyceny.

Starsze systemy, takie jak Ceresit (KNR 17) czy Atlas (KNR 23), podają nakłady dla płyt styropianowych lub z wełny mineralnej grubości zaledwie 5 cm. System Dryvit (KNR 28) podaje nakłady dla płyt styropianowych lub z wełny mineralnej grubości 12 cm, natomiast System STO podaje nakłady dla płyt styropianowych grubości 14 cm, a dla płyt z wełny grubości 16 cm. Jedynie nowy Katalog Nakładów Rzeczowych DC-18 Ocieplenie ścian zewnętrznych Systemem Platinum Termo Organika podaje nakłady na montaż płyt styropianowych grubości 30 cm wraz z łącznikami. Ale na rynku istnieją także tzw. „cieple kołki” (STR U firmy EJOT), których długość dochodzi 39,5 cm przy grubości styropianu 36 cm. Jak wycenić ich montaż? A co z wełną mineralną? Jak wycenić montaż płyt z wełny mineralnej grubości ponad 16 cm?

Kolejny problem pojawia się przy montażu i wycenie technologii *hitach*. Jak połączyć ze sobą kolejne warstwy płyt aerożelowych grub. 5 mm, aby uzyskać izolację grubości 17 cm? Sporadycznie stosowany jest klej do wełny mineralnej, ale to przy grubości izolacji 2 do

4 cm. Poza tym nie jest to idealne rozwiązanie. Łączniki (dyble) w ogóle nie powinny być w tych przypadkach stosowane, ponieważ powodują mostki termiczne. Ponadto przebicie izolacji próżniowej kołkiem powoduje natychmiastową utratę właściwości izolujących tych płyt. Skoro nie wiadomo, jak połączyć tyle warstw ze sobą i jak je zamontować do ściany, to skąd mamy wiedzieć jak wycenić ich montaż?

Montaż tradycyjny okien też można bez problemu znaleźć w katalogach Nakładów Rzeczowych (KNR 19). Ale katalog ten obejmuje montaż ościeżnicy za pomocą dybli lub kotew i uszczelnienie pianką? Jak więc wycenić montaż okien przy pomocy taśm uszczelniających?

Montaż kominka jesteśmy w stanie wyliczyć na podstawie katalogów KNR202 tabl.2113 i KNR215 tabl.210. Przewody wentylacyjne również policzymy na podstawie dostępnych katalogów (KNR 217). Klimatyzację wycenimy analogicznie do wentylacji.

Roboty związane z montażem gruntowego wymiennika ciepła czy systemu solarnego również nie zostały skatalogowane. Jak więc je wycenić?

Pozostaje jedynie kalkulacja indywidualna – ale czy będzie ona tożsama u każdego z kosztorysantów?

## 5. Wnioski

Pojawiająca się nowa idea oszczędzania energii we współczesnym budownictwie pod hasłem dom pasywny pociąga za sobą korzyści w postaci powstania nowych technologii ale wiąże się również z problemami związanymi z wyceną kosztorysowaniem nowych materiałów i robót. W podstawowych Katalogach Nakładów Rzeczowych brak jest bowiem podstaw do wyceny, czy wytycznych do kosztorysowania takich właśnie robót. A to właśnie Katalogi Nakładów Rzeczowych są:

- niezbędne przy zamówieniach publicznych,
- niezbędne do oszacowania kosztów inwestycji,
- niezbędne przy rozliczeniu powykonawczym robót,
- niezbędne przy robotach dodatkowych (niezbędnych do wykonania),
- niezbędne dla właściwego rozstrzygnięcia wszelkich sporów.

Problem kalkulacji kosztów nowych rozwiązań materiałowych, które coraz częściej są wykorzystywane przy projektowaniu i wznoszeniu energooszczędnych obiektów budowlanych jest zatem niezwykle aktualny. Tworząc i wprowadzając na rynek nową technologię, należy zatem podjąć nie tylko aspekty techniczne i technologiczne jak:

- dokładnie określić sposób montażu,
- podać wszystkie niezbędne elementy (np. łączniki, kleje) do montażu,
- ale również zwrócić uwagę na kwestie ekonomiczne i wykonawcze jak choćby:
- określić podstawę wyceny – nakłady robocizny, materiałów i sprzętu.

## Literatura

- [1] Poradnik Budowlany: Eksperymentalny Dom Pasywny.
- [2] Broszura: Budynki pasywne mistrzowie oszczędzania energii.
- [3] Ligęza W., Dębowski J., Franczyk E.: *Techniczne problemy projektowania przegród zewnętrznych w budynkach pasywnych*, Izolacje 4/2011.
- [4] Pawłowski K., Grykałowski T., *Studium projektowe zewnętrznych przegród budowlanych budynku pasywnego*, Izolacje 3/2011.