

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 57, 2012: 213–224  
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 57, 2012)  
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 57, 2012: 213–224  
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 57, 2012)

**Gabriela RUTKOWSKA, Olga KLEPAK**

Katedra Inżynierii Budowlanej SGGW w Warszawie  
Department of Civil Engineering WULS – SGGW

**Analiza i ocena występowania błędów w wykonawstwie izolacji termicznej w budynkach jednorodzinnych na podstawie badań kamerą termowizyjną**  
**Analysis and the evaluation of defects in the workmanship of the thermal insulation in single-family buildings on the basis of tests with thermal imaging camera**

**Słowa kluczowe:** termowizja, izolacja termiczna, błędy wykonawstwa izolacji termicznych, mostek termiczny

**Key words:** thermal insulation, thermal insulation, defects in the workmanship of the thermal insulation, thermal bridge

### **Wprowadzenie**

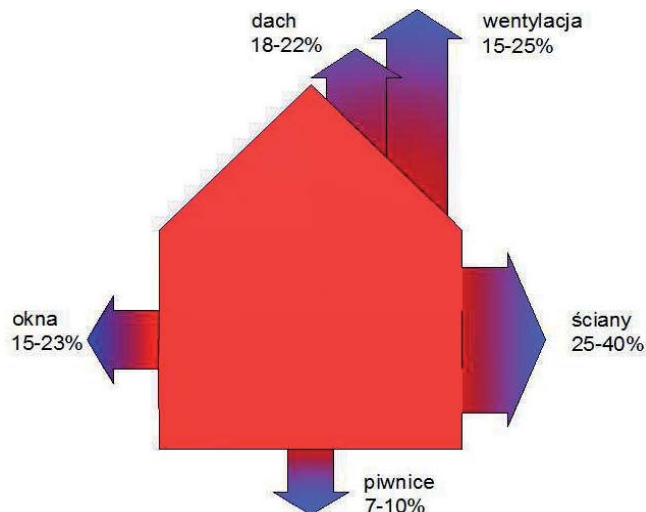
Z uwagi na wzrastające wymagania prawne dotyczące ograniczania strat energii oraz wzrastającą świadomość ekologiczną społeczeństw i szeroko pojęty rozwój technologiczny wymagane jest coraz większe minimalizowanie energii zużywanej na cele grzewcze w budynkach.

Przepisy obowiązujące w Polsce, zgodnie z dyrektywą WE 89/106/EWG, określają tzw. wymagania podstawowe, nakładając obowiązki projektowania

i wykonywania obiektów budowlanych tak, aby zapewnić oszczędność energii, a co za tym idzie – także odpowiedni poziom izolacyjności cieplnej przegród (Dyrektywa 2002/91WE, ustawa z dnia 7 lipca 1994 r.).

Straty ciepła w domach jednorodzinnych zależą głównie od stopnia izolacyjności przegrody (przy uwzględnieniu miejsc powstania mostków termicznych), sprawności wentylacji, wielkości i miejsca położenia budynku. Zamieszczony na rysunku 1 schemat pokazuje, jak procentowo kształtuje się podział strat ciepła na poszczególne przegrody w słabo ocieplonym budynku jednorodzinny.

Nawet zaprojektowana zgodnie z obowiązującymi przepisami izolacja termiczna nie gwarantuje wyeliminowania nadmiernych strat ciepła. Popełnione w procesie wykonawstwa błędy mogą



RYSUNEK 1. Szacunkowy udział przegród budowlanych w stratach ciepła budynków [Dylla i in. 2002]

FIGURE 1. Approximate percentage of building baffles in building heat losses [Dylla et al. 2002]

znacząco wpłynąć na pogorszenie się jej właściwości izolacyjnych. Jako że roboty izolacyjne są pracami zanikowymi, często nie ma możliwości bezinwazyjnego sprawdzenia jakości ich wykonania. Natomiast przy zastosowaniu kamery termowizyjnej można bez ingerencji w strukturę wykryć większość wad warstwy izolacyjnej i wykazać błędy wykonawcze.

Termografia jest metodą umożliwiającą zobrazowanie rozkładu temperatury na powierzchni wierzchniej warstwy przegrody budynku. Termografia za pomocą detektora promieniowania podczerwonego przedstawia obraz pozornej temperatury promieniowania zmierzonej na powierzchni obudowy obiektu. Uwzględnia równocześnie zjawiska oraz wpływ otoczenia, który może zniekształcić obraz cieplny termogramu [PN-EN 13187].

Izolacja termiczna jest to warstwa wykonana z takich materiałów, jak: sty-

ropian, wełna mineralna, pianka poliuretanowa. Zadaniem izolacji termicznej jest ochrona budynku przed utratą wewnętrznego ciepła poprzez jego wymianę z ośrodkiem o temperaturze wyższej do ośrodka o temperaturze niższej. Poza ograniczeniem strat ciepła, a przez to zmniejszeniem kosztów ogrzewania domów, izolacje termiczne spełniają jeszcze jedną ważną funkcję. Prawidłowo wykonane, dzięki wyeliminowaniu częstego zjawiska kondensacji pary wodnej na powierzchni ścian oraz pojawianiu się na zawilgoconych przegrodach pleśni, umożliwiają utrzymanie w mieszkaniu odpowiednich warunków zdrowotnych [Panas 2010].

### Badania kamerą termowizyjną

Pomiary zostały przeprowadzone bolometrem wchodzącym w skład wy-

posażenia Pracowni Procesów Fizycznych w Budownictwie, mieszczącej się w Centrum Wodnym SGGW. Wykorzystana aparatura badawcza to kamera termowizyjna długofalowa – model FLIR P620. Kamera posiada rozdzielczość temperaturową 0,1 K i obrazową 640 na 480 pikseli. Wyposażona jest w detektor typu mikrobolometr niechłodzony typu FPA. Zakres widmowy kamery zawiera się w przedziale 7,5–13  $\mu\text{m}$ . Do pomiaru prędkości wiatru użyto anemometru Testo 470, a wilgotności powietrza – higrometru.

Celem przeprowadzonych badań była analiza i ocena występowania błędów w wykonawstwie izolacji termicznej w domach jednorodzinnych na podstawie badań termograficznych. Badania terenowe przeprowadzono zgodnie z PN-EN 13187 Właściwości cieplne budynków. Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku. Metoda podczerwieni. Otrzymane podczas badania kamerą termowizyjną termogramy poddano analizie i oceniono jakość wykonania izolacji termicznej w budynku jednorodzinny.

### **Charakterystyka budynku jednorodzinnego**

Badania przeprowadzono dla budynku jednorodzinnego, wolnostojącego, parterowego z poddaszem użytkowym, niepodpiwniczonego. Na parterze budynku znajduje się część dzienna oraz pomieszczenia gospodarcze, na poddaszu część sypialniana. Powierzchnia użytkowa budynku wynosi 290,10  $\text{m}^2$ ,

a jego kubatura – 1092,60  $\text{m}^3$ . Dom posadowiony jest na ławach fundamentowych zbrojonych, wysokości 30 cm. Ściany fundamentowe wykonano z betonu klasy C15/20 z warstwą ochronną ze styropianu do powierzchni gruntu. Ściany zewnętrzne budynku są trójwarstwowe, murowane z cegły kantówki 12 cm, styropianu grubości 10 cm i pustaków ceramicznych „MAX”, grubości 29 cm, na zaprawie cementowo-wapiennej. Nad parterem wykonano strop gęstożebrowy, wylewany, typu „Teriva 24”, wypełniony pustakami z keramzytobetonu, wysokości 24 cm i rozstawie belek 60 cm. Strop nad parterem izolowany jest styropianem 2 cm, a nad poddaszem jest drewniany, izolowany wełną mineralną grubości 15 cm. Dach budynku czterospadowy, o nachyleniu 30°, wykonano z drewna o konstrukcji krokwiowo-płatwiowej z oparciem na murłatach, częściowo izolowany wełną mineralną, grubości 15 cm. Pokryty został blachodachówką. Ściany wewnętrzne konstrukcyjne są z cegły pełnej, a ściany działowe murowane z cegły dziurawki grubości 6 i 12 cm. Elewacja wykończona została tynkiem mineralnym strukturalnym, malowanym farbami elewacyjnymi.

Współczynniki przenikania powietrza przez przegrody:

- ściana zewnętrzna pełna  
 $U = 0,3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
- ściana zewnętrzna z otworami okiennymi,  $U = 0,59 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
- podłoga na gruncie  
 $U = 0,6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
- strop poddasza  
 $U = 0,3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$

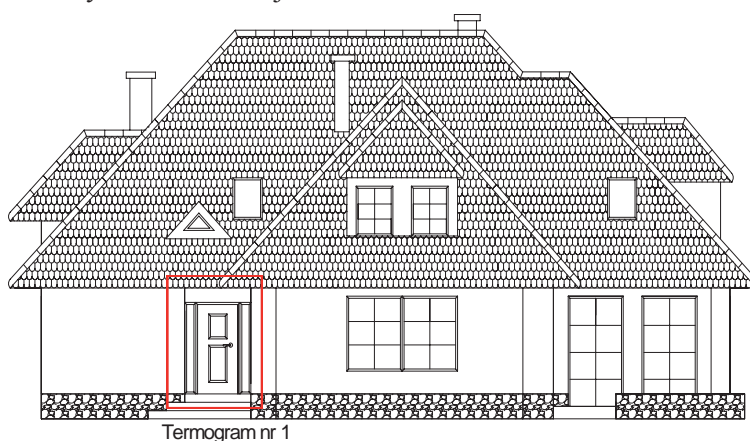
## Przebieg badań terenowych

### Badanie budynku od zewnątrz

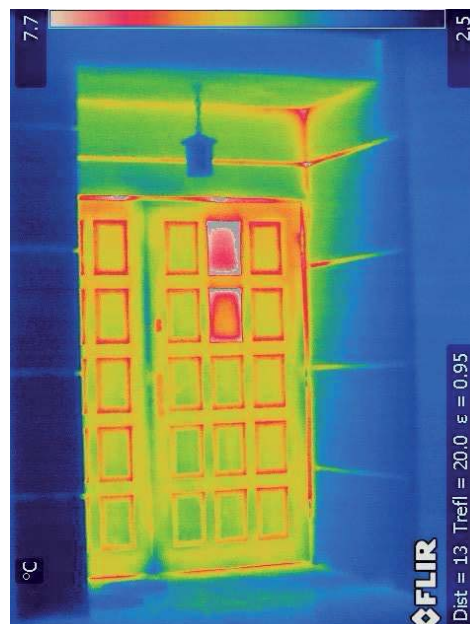
W pierwszym etapie przeprowadzono badanie budynku od zewnątrz, kontrolując jakość wykonania izolacji fun-

damentów, ścian i dachu. Na rysunkach 2 i 4 kolorem czerwonym zaznaczono miejsca wykonania termogramów.

**Elewacja zachodnia** (rys. 2). Na łączeniu ościeżnicy oraz progu drzwi wejściowych ze ścianą (rys. 3) widoczna



RYSUNEK 2. Elewacja zachodnia budynku  
FIGURE 2. Western elevation of the building

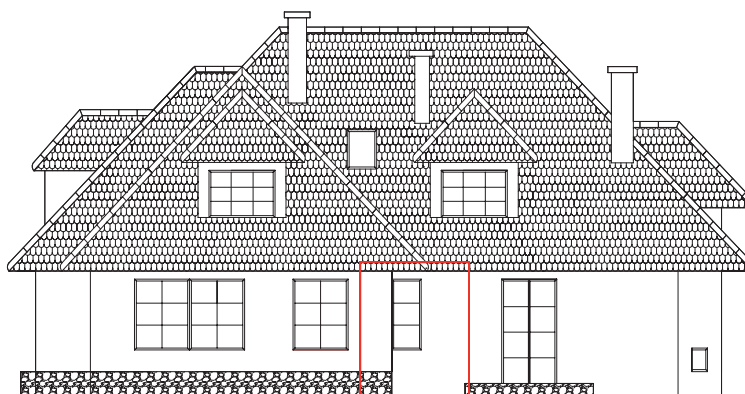


RYSUNEK 3. Termogram nr 1  
FIGURE 3. Thermogram 1

jest wyraźna infiltracja powietrza. Jest to błąd izolacji na łączeniu. Przestrzeń między ościeżnicą a ścianą powinna być szczelnie wypełniona spienioną pianką poliuretanową. Obraz pozostałej wnęki jest typowy i nie wykazuje anomalii

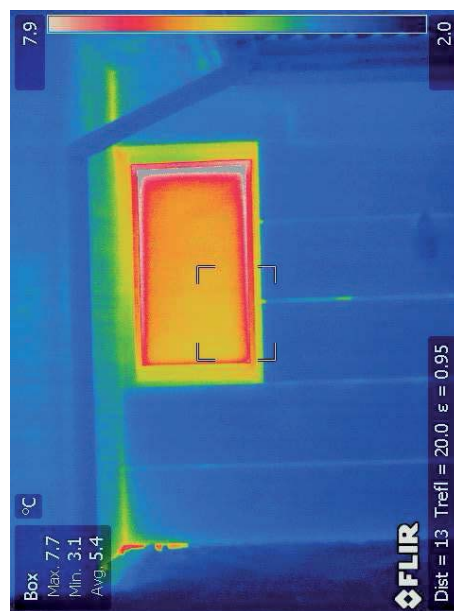
termicznych, wynika z braku cyrkulacji powietrza.

**Elewacja wschodnia** (rys. 4). Na łączeniu naroża ścian zewnętrznych ze ścianą fundamentową (rys. 5) widoczna jest infiltracja powietrza. Na elewacji zaobserwowano wyraźne zawilgocenie



Termogram nr 2

RYSUNEK 4. Elewacja wschodnia budynku  
FIGURE 4. Eastern elevation of the building



RYSUNEK 5. Termogram nr 2  
FIGURE 5. Thermogram No 2

tynku. Prawdopodobnie jest to lokalne przerwanie ciągłości warstwy izolacji termicznej, które utworzyło mostek termiczny. Nie zaobserwowano takiej wady w innym miejscu na obwodzie elewacji badanego budynku.

### **Badanie budynku od wewnątrz**

Kolejnym etapem prac było przeprowadzenie badań od wewnątrz budynku. Celem tych badań było sprawdzenie stanu izolacji poddasza użytkowego i ścian od wewnątrz w pokoju dziecięcym, sypialni oraz na klatce schodowej i w gabinecie. Na rysunku 6 zaznaczono miejsca wykonania termogramów w poszczególnych pomieszczeniach budynku.

**Gabinet (półpiętro).** Mieszkańcy oświadczyli, iż jest to najchłodniejsze pomieszczenie w całym domu. Różnica temperatury między pozostałymi pomieszczeniami w budynku wynosi zazwyczaj około 2°C. Ponadto w czasie wietrznej pogody mieszkańcy mają uczucie ruchu powietrza mimo zamkniętej stolarki okiennej i drzwiowej. Ścianki kolankowe oraz obudowa skosów dachu w pomieszczeniu ocieplone są wełną mineralną.

Na termogramie nr 3 widoczne są plamiste wzory o znacznie obniżonej temperaturze na powierzchni ścianki kolankowej (rys. 7). Zjawisko to może być spowodowane złym ułożeniem płyt z wełny mineralnej – widoczne zimne plamy to pustki powietrza w „ugniecionej” warstwie izolacyjnej. Możliwe też, że są to punkty wilgoci wywołane błędnym doborem warstw w przegrodzie, na przykład brakiem paroizolacji, przez co para wodna dostaje się w głąb materiału izolacyjnego. Zawilgocenie znacznie

obniża właściwości izolacyjne materiału, przez co zwiększa się przewodność cieplna w tych miejscach.

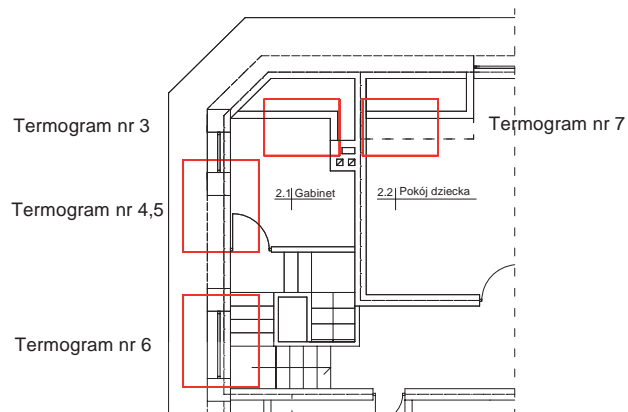
Widoczny na rysunku 8 liniowy mostek termiczny na połączeniu ścianki kolankowej ze skosem dachu jest wynikiem źle zabezpieczonego połączenia płyt z wełny mineralnej. Na ściance kolankowej odznacza się punkt o znacznie niższej temperaturze (różnica 4°C), spowodowany prawdopodobnie brakiem izolacji. Może to być błąd wykonania – złe wpasowanie płyt izolacji między ruszt do obudowy gipsowo-kartonowej. Prawdopodobnie płyta zsunęła się na dół.

Lokalny mostek termiczny powstał w narożu okna na łączeniu ościeżnicy ze ścianą (rys. 9). Prawdopodobnie spowodował to błąd w izolacji przestrzeni między ościeżnicą a ścianą w momencie montażu. Widać wychłodzenie na znacznej powierzchni skosu, co może świadczyć o infiltracji zimnego powietrza od ościeżnicy.

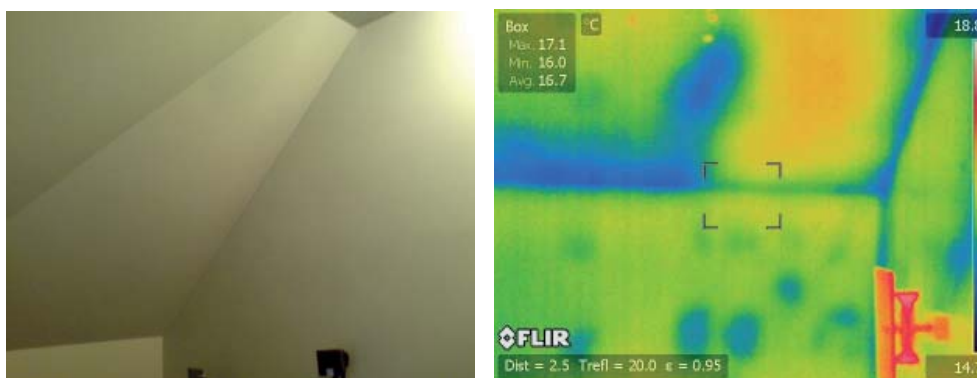
**Klatka schodowa (półpiętro).** Lokalny mostek termiczny powstał na łączeniu ościeżnicy ze ścianą (rys. 10). Prawdopodobny błąd został popełniony w izolacji przestrzeni między ościeżnicą a ścianą.

**Pokój dzieci (I piętro).** Mostek termiczny powstał na łączeniu ściany działowej ze skosem dachu i ścianką kolankową. Widoczne jest wychłodzenie ściany wewnętrznej od strony ścianki kolankowej (rys. 11).

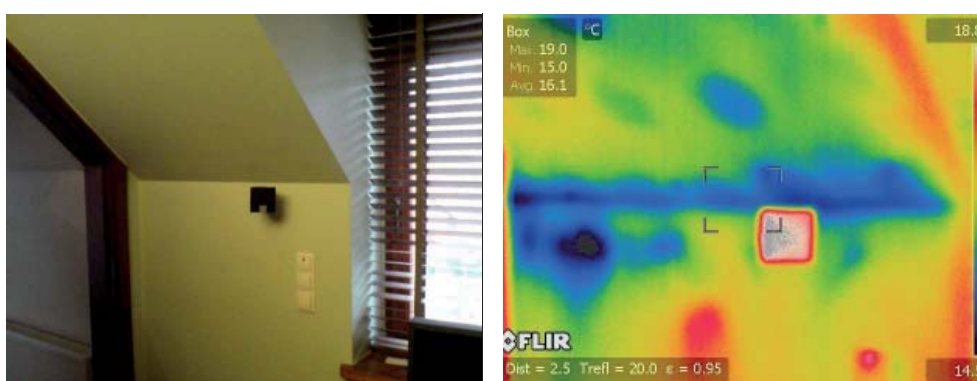
**Sypialnia (I piętro).** W sypialni właścicieli budynku (rys. 12) widoczna jest wyziębiona ścianka kolankowa. Różnica temperatury jest niewielka – rzędu 1,5°C, co świadczy o wychłodzeniu wskutek braku konwekcji powietrza. Należy udostępnić powierzchnię ścianki



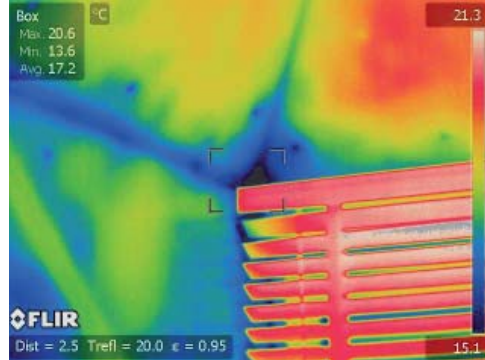
RYSUNEK 6. Rozmieszczenie termogramów w budynku mieszkalnym  
 FIGURE 6. Thermograms location in a residential building



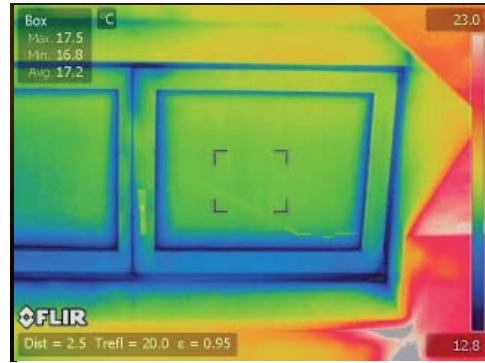
RYSUNEK 7. Termogram nr 3  
 FIGURE 7. Thermogram No 3



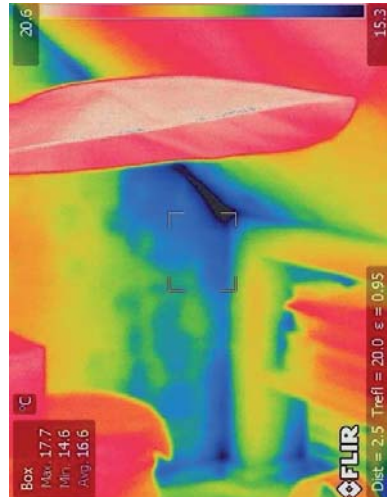
RYSUNEK 8. Termogram nr 4  
 FIGURE 8. Thermogram No 4



RYSUNEK 9. Termogram nr 5  
FIGURE 9. Thermogram No 5



RYSUNEK 10. Termogram nr 6  
FIGURE 10. Thermogram No 6



RYSUNEK 11. Termogram nr 7  
FIGURE 11. Thermogram No 7





RYSUNEK 12. Termogram 8  
FIGURE 12. Thermogram No 8



RYSUNEK 13. Termogram nr 9  
FIGURE 13. Thermogram No 9



kolankowej do cyrkulacji powietrza wewnętrznego w pomieszczeniu.

Rysunek 13 przedstawia widoczną infiltrację zimnego powietrza po stelażu aluminiowym zabudowy z płyt gipsowo-kartonowych. Liniowe mostki termiczne można wyeliminować, zwiększając grubość izolacji termicznej z wełny mineralnej.

## Analiza wyników

Badania przeprowadzone zostały w odpowiednich warunkach. Różnica temperatury między otoczeniem a wnętrzem budynku wynosiła ponad 15°C. Żaden z czynników atmosferycznych nie zakłócał wyników pomiaru – nie było po-

rywistego wiatru, deszczu ani bezpośredniego działania promieni słonecznych w ciągu dnia. Właściciele zastosowali się do wytycznych i zadbałi o odpowiednie warunki wewnątrz – stwierdzono stabilność pracy budynku.

Podczas badań budynku od zewnątrz stwierdzono nieszczelność na połączeniu ościeżnicy drzwi wejściowych ze ścianami oraz progu z podłogą. Jest to częsty błąd wykonawczy, wynikający z wstrzyknięcia zbyt małej ilości pianki poliuretanowej, przez co prawdopodobnie powstała szczelina, przez którą ucieka ciepłe powietrze. Naprawa tego defektu polega na uzupełnieniu pianki montażowej. Termogram nr 2 obrazuje wykrytą wadę wykonania izolacji ścianki fundamentowej. Przerwa w ciągłości izolacji nastąpiła w miejscu newralgicznym – narożu budynku. Zważywszy na zawilgocenie tynku elewacji wokół miejsca, w którym wykryto wadę, można uznać, że jedną z przyczyn powstania mostka termicznego może być nieszczelność warstwy hydroizolacji zabezpieczającej materiał izolacyjny przed zawilgoceniem. Wilgoć powoduje znaczne obniżenie właściwości termoizolacyjnych materiału. Inną przyczyną może być nieprawidłowe połączenie materiału w newralgicznym punkcie, jakim jest naroże budynku. Jedyną metodą naprawy jest odkopanie fragmentu fundamentu i miejscowa naprawa ciągłości hydroizolacji bądź wymiana izolatora.

Badając budynek od wewnątrz, stwierdzono wady wykonawstwa izolacji na poddaszu użytkowym. W trzech pomieszczeniach – gabinecie, pokoju dziecka i sypialni, wystąpiły podobne problemy.

Najwięcej błędów wykryto w gabinecie. Nieszczelność na połączeniu płyt izolacji ścianek kolankowych i skosów dachu oraz mostek termiczny przy ościeżnicy okiennej to błędy wynikłe z niestarannego ułożenia i połączenia płyt wełny mineralnej. Ponadto na termogramach nr 3 i 4 widoczne są plamiste wzory o niższej temperaturze. Są to charakterystyczne obrazy dla punktów wilgoci. Może to być efekt złego wykonania paroizolacji, której zadaniem jest niedopuszczanie wilgoci do chłonnej wełny. Punkty te mogą być także interpretowane jako pustki powietrza, które utworzyły się pod nierówno ułożoną wełną (pofałdowania). W pierwszym przypadku, jeżeli materiał izolacyjny uległ zawilgoceniu, to naprawa będzie kosztowna i destrukcyjna, gdyż należałoby zdemontować zabudowę gipsowo-kartonową i wymienić wełnę mineralną w całym pomieszczeniu. W drugim przypadku może wystarczyć nawiercenie otworów w zabudowie gipsowo-kartonowej i uzupełnienie pustek granulatem z wełny mineralnej.

Termogram nr 6 obrazuje błąd obsadzenia okna – niezbędne jest uzupełnienie izolacji wokół ościeżnicy pianką poliuretanową.

W pokoju dziecka widoczny jest mostek termiczny na połączeniu ścianki działowej ze skosem dachu (termogram nr 7), prawdopodobną tego przyczyną jest nieciągłość izolacji – wełna mineralna nie dochodzi do samej ścianki, tworząc przestrzeń dla migracji zimnego powietrza.

Jak pokazuje termogram nr 8, sypialnia ma wychłodzoną ściankę kolankową od strony południowej elewacji, jednakże nie jest to błąd izolacji termicznej,

a jedynie brak konwekcji powietrza, przez co utrudniona jest cyrkulacja ciepłego powietrza.

Termogram nr 9 pokazuje typowy błąd w izolacji ścianki na ruszcie w zabudowie z płyt gipsowo-kartonowych. Zimne powietrze rozprzestrzenia się po niezaizolowanym ruszcie, wychładzając ściankę. Należy uzupełnić izolację lub zadbać o lepsze jej przyleganie do rusztu.

Właściciele budynku powinni przystąpić do naprawy błędów wykonawczych zaobserwowanych podczas badania na poddaszu. Są one czynnikiem powodującym wzmożoną migrację zimnego powietrza, a przez to uczucie dyskomfortu użytkownika oraz podwyższone koszty ogrzewania.

## Wnioski

Przeprowadzone badania terenowe domu jednorodzinnego pozwoliły na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Znaczne poprawienie komfortu cieplnego w pomieszczeniach zapewni usunięcie wady ułożenia wełny mineralnej w okolicy komina i murłaty. Pozostałe defekty mają mały wpływ na ucieczkę ciepła z budynku.

2. Dzięki dobraniu przez projektanta przegród budowlanych o wartościach współczynników przenikania ciepła poniżej wymaganych oraz określeniu za pomocą kamery termowizyjnej jakości wykonania izolacji termicznej jako dobra można uznać, iż dom może być zaliczony do energooszczędnych.

3. Przeprowadzona kamerą termowizyjną kontrola domu jednorodzinnego wykazała znaczące błędy wykonawcze

w izolacji fundamentu, użytkowego poddasza oraz stolarki okiennej i drzwiowej.

4. Nieciągłość izolacji bądź jej zawilgocenie wykryte w ścianie fundamentowej wpływają niekorzystnie na stan techniczny całego budynku. Widoczne nad miejscem nieszczelności zawilgocenie tynku elewacji może wynikać z podciągania kapilarnego wody z fundamentu, do którego woda dotarła przez nieszczelną izolacją przeciwwilgociową. Nieciągłość izolacji termicznej może także wynikać z niestaranności ułożenia materiału izolacyjnego w newralgicznym miejscu, jakim jest naroże budynku.

5. Błędy wykonania izolacji poddasza ułożonego z wełny mineralnej, rozłożonej między rusztami zabudowy z płyt gipsowo-kartonowych, znacząco obniżają właściwości izolacyjne przegrody zewnętrznej, jaką jest dach budynku. Obecny stan izolacji termicznej poddasza powoduje uczucie dyskomfortu użytkownika oraz podwyższa koszty ogrzewania.

## Literatura

- DYLLAA., HOŁOWNIA P., WESOŁOWSKAM. 2002: Izolacje termiczne miejsc newralgicznych. Błędy i uszkodzenia budowlane oraz ich usuwanie. WEKA Wydawnictwo Informatyki Zawodowej, Warszawa.
- Dyrektywa 2002/91/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 2002 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (Dz.Urz. UE L1 z dnia 04.01.2003 r.).
- PANAS J. 2010: Nowy poradnik majstra budowlanego. Arkady, Warszawa.
- PN-EN 13187 Właściwości cieplne budynków. Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku. Metoda podczerwienni.

- POGORZELSKI J., 2001: Powszechne braki i wady projektów i możliwości ich uniknięcia. Konferencja Naukowo-Techniczna „Energoozczędne budownictwo mieszkaniowe”, Mragowo.
- RYMARCZYK Z., STRZESZEWSKI M. 2004: Zastosowanie termografii do weryfikacji numerycznego modelu wymiany ciepła w przewodach budowlanych z umieszczonymi przewodami centralnego ogrzewania. VI Krajowa Konferencja „Termografia i termometria w podczerwieni”, Ustroń – Jaszowiec.
- STAWIŃSKI B. 2002: Usuwanie błędów i uszkodzeń w warstwie izolacji termicznej. Błędy i uszkodzenia budowlane oraz ich usuwanie. WEKA Wydawnictwo Informacji Zawodowej, Warszawa.
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane. Dz.U. z 2000 r. nr 106, poz. 1126.
- WRÓBEL A. 2010: Termografia w pomiarach inwentaryzacyjnych obiektów budowlanych. Wydawnictwa AGH, Kraków.

## Streszczenie

**Analiza i ocena występowania błędów w wykonawstwie izolacji termicznej w budynkach jednorodzinnych na podstawie badań kamerą termowizyjną.** W artykule przedstawiono analizę i ocenę występowania błędów w wykonawstwie izolacji termicznej w domu jednorodzinnym na podstawie badań termograficznych. Badania terenowe przeprowadzono zgodnie z PN-EN 13187 Wła-

ściwości cieplne budynków. Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku. Metoda podczerwieni. Otrzymane podczas badania kamerą termowizyjną termogramy poddano analizie i oceniono jakość wykonania izolacji termicznej poszczególnych elementów budynku.

## Summary

**Analysis and the evaluation of defects in the workmanship of the thermal insulation in single-family buildings on the basis of tests with thermal imaging camera.**

The paper presents the analysis and assessment of occurrence of errors in the thermal insulation of a one-family house, based on thermographic investigations. The field investigations were carried out according to the PN-EN 13187. The thermograms obtained with the use of a thermal imaging camera were analysed and then the quality of the thermal insulation of individual elements of the building was assessed.

### Author's address:

Gabriela Rutkowska  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego  
Katedra Inżynierii Budowlanej  
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa  
Poland  
e-mail: gabriela\_rutkowska@sggw.pl