

**Alina WRÓBEL**

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA, ZAKŁAD GEODEZJI INŻYNIERYJNEJ I BUDOWNICTWA

**Termowizyjna kontrola budynków mieszkalnych**

dr inż. Alina Wróbel

Jest adiunktem w Zakładzie Geodezji Inżynierskiej i Budownictwa AGH. Główne obszary zainteresowań to: geodezja inżynierska, fotogrametria i teledetekcja, nauki o Ziemi, termowizja. Autorka kilkudziesięciu publikacji; wiele z nich dotyczy termowizji.

e-mail: [alibel@uci.agh.edu.pl](mailto:alibel@uci.agh.edu.pl)**Streszczenie**

Stare budynki mieszkalne jak również te obecnie budowane nie zawsze spełniają obecne wymagania cieplne. Do kontroli wad cieplnych budynków może być z powodzeniem wykorzystana technika termowizyjna. Praca zawiera przykładowe termogramy wykonane przez autorkę wraz z ich interpretacją.

**Abstract**

Old residential buildings, and also some of the currently constructed, sometimes do not fulfill current thermal requirements. Thermovision can be successfully used to detect thermal defects of the buildings. Work contains exemplary thermograms and their interpretation, made by the author.

**1. Wprowadzenie**

Budynki nowo wznoszone oraz remontowane powinny spełniać wymagania cieplne określone w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690). Wymagania te na etapie projektu technicznego służą do odpowiedniego doboru materiału i grubości przegród budowlanych. Realnie istniejący budynek nie zawsze jest zgodny z projektem pod względem izolacyjności cieplnej przegród budowlanych. Przyczyny takiego stanu mogą być różne: użycie innych materiałów budowlanych, wykonanie przegród o innej grubości, zawilgocenie, błędy i niestaranność robót budowlanych itp.

W efekcie budynek nowy może mieć parametry izolacyjności cieplnej gorsze od projektowanych. Skutki takiego stanu rzeczy są dwójakiego rodzaju: zwiększone zapotrzebowanie na energię do ogrzewania, oraz możliwość wykraplania się wilgoci na powierzchni mostków cieplnych sprzyjająca osadzeniu się kurzu i rozwoju grzybów.

Dokonując odbioru budynków [<http://architekci.pl/budownictwo>] zwraca się uwagę na jego zgodność z projektem a w szczególności: poziomość i płaskość posadzek i stropów, pionowość i płaskość ścian, pionowość i estetykę montażu okien i drzwi, estetykę połączenia różnego rodzaju posadzek, itp. Całkowicie pomijana jest jakość cieplna budynku.

Jakość izolacyjności cieplnej nowego budynku jest trudna do zauważenia „gołym okiem” i niejednokrotnie jej kontrola jest pomijana przy odbiorze budynku. Jeżeli pierwsza zima eksploatacji budynku będzie łagodna to problemy cieplno-wilgotnościowe widoczne gołym okiem w postaci nadmiernych lokalnych zabrudzeń ścian (osadzanie kurzu), zawilgoceń, obszarów pokrytych pleśnią; pojawią się po roku lub później, kiedy budynek nie będzie już objęty gwarancją.

Wobec powyższego należałoby dokonywać kontroli i sprawdzenia budynku pod względem izolacyjności cieplnej przegród budowlanych. Kontrola taka jest możliwa dla budynku zamkniętego i ogrzewanego, w porze zimowej, przy wykorzystaniu techniki termowizyjnej.

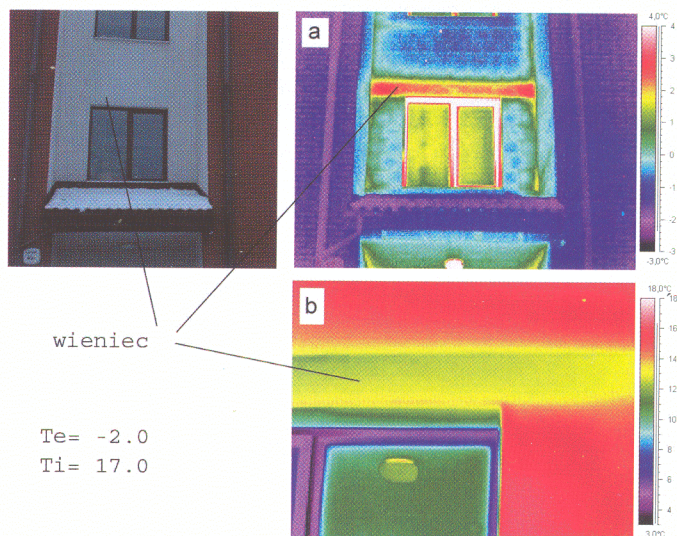
**2. Wykorzystanie termowizji w budownictwie**

Poprzez wnikliwą analizę obrazu rozkładu temperatury na wewnętrznych i zewnętrznych powierzchniach przegród budowlanych można w budynku zauważyć:

- mostki cieplne na elementach konstrukcyjnych
- niejednorodność izolacyjności przegród
- szczelność okien i drzwi
- kierunek przepływu powietrza w przewodach wentylacyjnych

**2.1. Mostki cieplne na elementach konstrukcyjnych**

Występują najczęściej na wieńcach i nadprożach. Elementy te wykonane często z żelbetu wymagają starannego zaizolowania; w przeciwnym przypadku charakteryzują się dużą przewodnością cieplną. Na termogramach wykonanych z zewnętrznej strony budynku widoczne są jako obszary o wyraźnie wyższej temperaturze pokrywające się z danym elementem konstrukcyjnym. Od wewnętrznej strony temperatura na ich powierzchni jest wyraźnie obniżona.



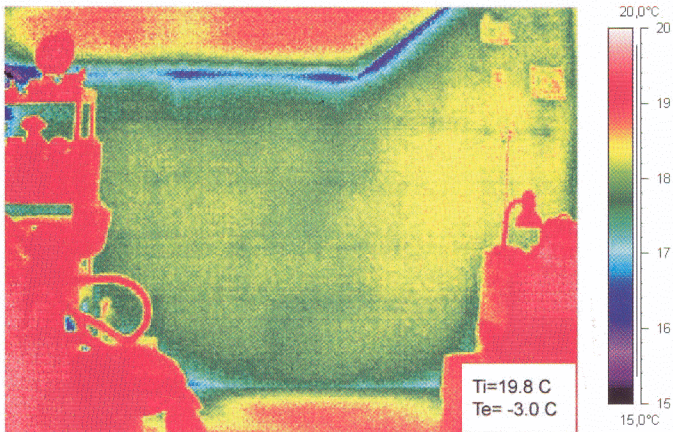
Rys.1. Mostek termiczny na wieńcu: a- od zewnątrz, b- od wewnątrz

Mostki cieplne mogą tworzyć się również na fragmentach ścian wewnętrznych, gdzie umieszczone są pionowe wentylacyjne przewody zimne powietrze a niedostatecznie zaizolowane.

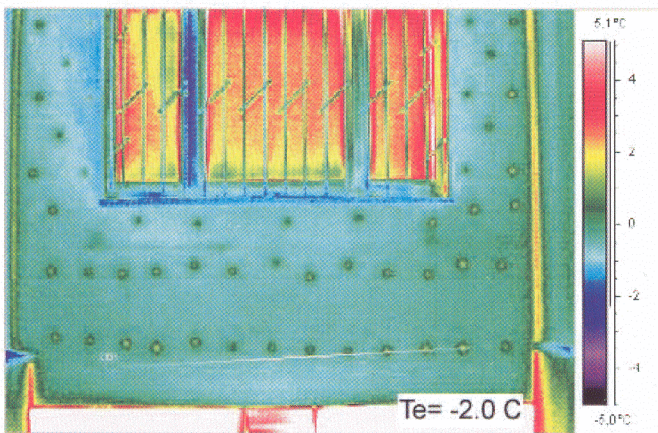
**2.2. Niejednorodność izolacyjności przegród**

Jest ona ściśle związana z rodzajem przegrody budowlanej i analizować ją należy z uwzględnieniem budowy i kształtu przegrody:

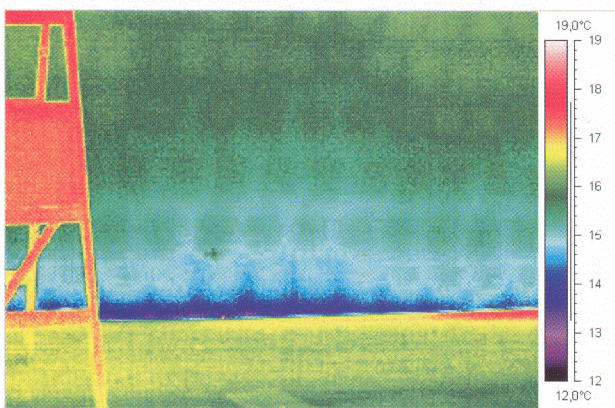
- Płaska ściana jednowarstwowa np. wykonana z pustaków pianobetonowych układanych na cienkie spoiny, ma równomierną izolacyjność cieplną, a spoiny są ledwo zauważalne na obrazie termalnym wykonanym od wewnątrz budynku
- Płaska ściana dwuwarstwowa np. wykonana z pustaków ceramicznych i styropianu, obustronnie tynkowana, charakteryzuje się zazwyczaj równomiernym rozkładem temperatury. Na termogramach daje się zauważyć niewielkie, nieistotne mostki termiczne: od strony zewnętrznej - na kotwach jeśli były użyte do mocowania styropianu (rys. 3) a od wewnątrz na spoinach (rys. 4).
- Lekkie ściany szkieletowe wykonane z wełny mineralnej, płyt gipsowo-kartonowych, folii paroizolacyjnych i paroprzepuszczalnych w praktyce mają bardzo zróżnicowaną izolacyjność cieplną w zależności od staranności ich wykonania. Szkielet drewniany (rys.5), a w większym stopniu stalowy (rys.6), powoduje powstawanie mostków cieplnych. Wnikliwej kontroli i ana-



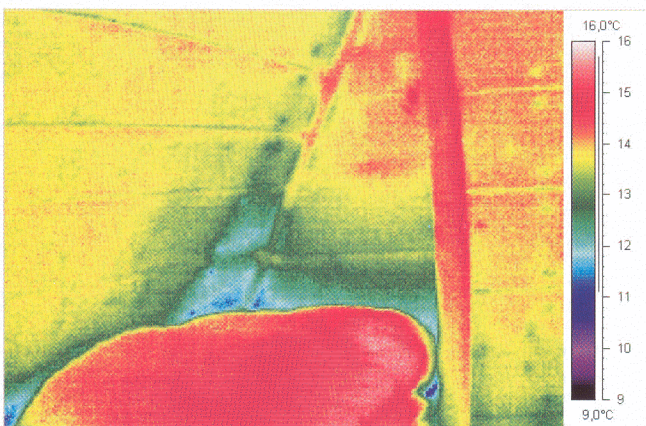
Rys. 2. Termogram ściany z bloczków YTONG - od wnętrza



Rys. 3. Termogram ściany dwuwarstwowej od zewnątrz

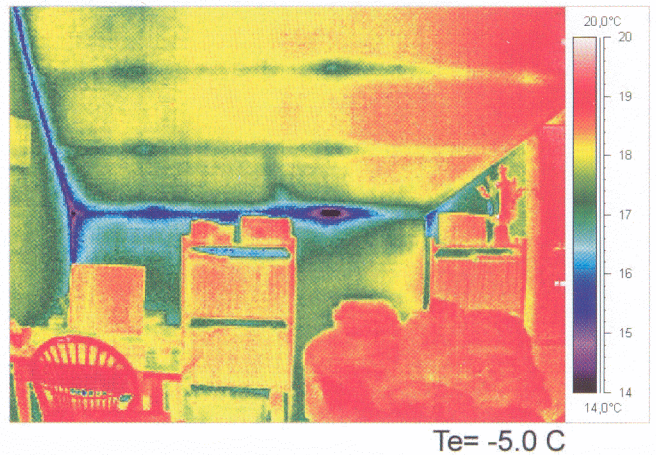


Rys. 4. Termogram ściany dwuwarstwowej od wewnątrz

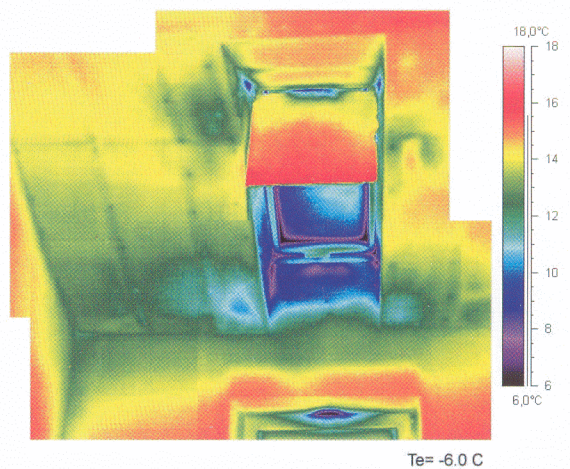


Rys.5. Termogram poddasza – konstrukcja drewniana

lizie należałoby poddać najniższe wartości temperatury w miejscach konstrukcji szkieletowej i sprawdzić czy nie nastąpi tam wykraplanie wilgoci przy niskich temperaturach zewnętrznych. W obszarach pomiędzy konstrukcją szkieletową izolacyjność zależy od grubości i staranności ułożenia warstwy izolującej; i to obrazuje się na termogramach wykonanych od wewnątrz pomieszczenia (rys. 7).

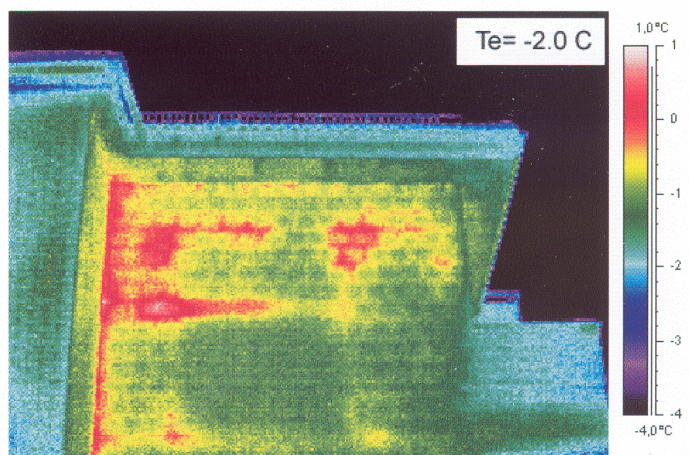


Rys.6. Termogram poddasza – konstrukcja stalowa



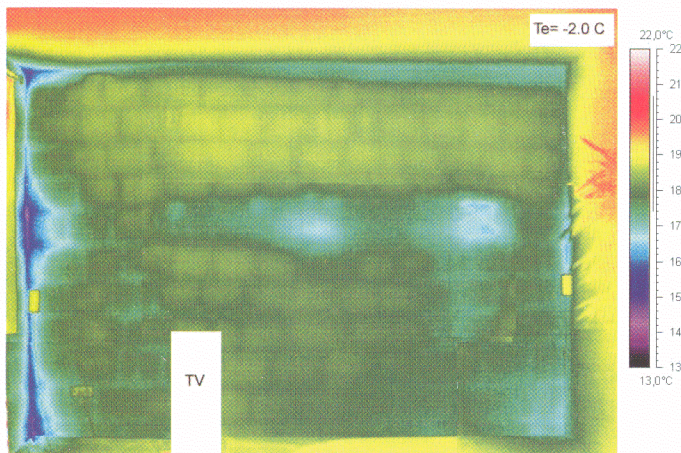
Rys.7. Termogram poddasza – wyraźnie widoczne wady ułożenia izolacji cieplnej.

- Ściany trójwarstwowe, w których warstwa środkowa wykonana jest z materiału o małym współczynniku przewodzenia ciepła, nieraz mogą być wykonywane wadliwie pod względem izolacyjności cieplnej. Do najczęściej spotykanych wad należy nieciągłość warstwy materiału izolacyjnego, niejednakowa jego grubość, niestaranne ułożenie, lub brak izolacji termicznej na niektórych elementach np. wieńcach. Niejednorodność izolacyj-



Rys. 8. Termogram ściany trójwarstwowej od strony zewnętrznej

ności takich ścian możliwa jest do zarejestrowania na termogramach wykonanych zarówno od strony zewnętrznej budynku (rys. 8), jak też z jego wnętrza (rys.9). Dla ścian trójwarstwowych korzystne jest wykonywanie termogramów z obu stron, a ich łączna interpretacja pozwala pełniej ocenić termikę badanej ściany.

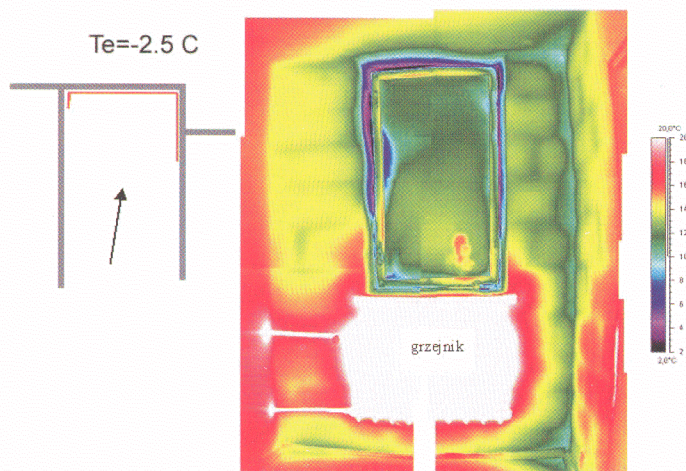


Rys. 9. Obraz rozkładu temperatury na ścianie trójwarstwowej (przedstawionej na rys. 8) od strony wewnętrznej

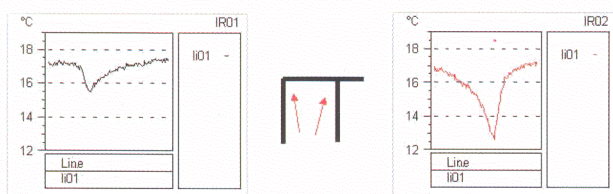
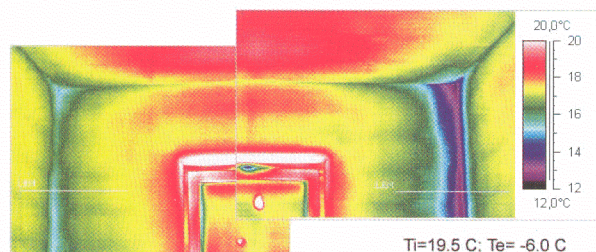
- Na szczególną uwagę zasługują narożniki w pomieszczeniach. W narożnikach wewnętrznych temperatura jest zawsze obniżona a wielkość tego obniżenia zależy od tego czy narożnik dany tworzy:

- ściana zewnętrzna i wewnętrzna (lewa strona rys.10)
- dwie ściany zewnętrzne (prawa strona rys.10)
- dwie ściany zewnętrzne i ściana osłonowa (rys. 11)

Rozkład temperatury na wewnętrznej powierzchni narożników pokazano na rys. 10 i 11.

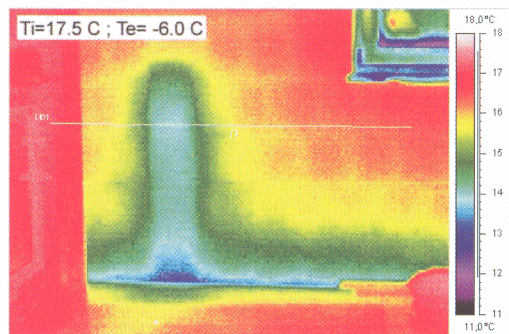


Rys. 10. Rozkład temperatury w narożnikach od strony wewnętrznej.

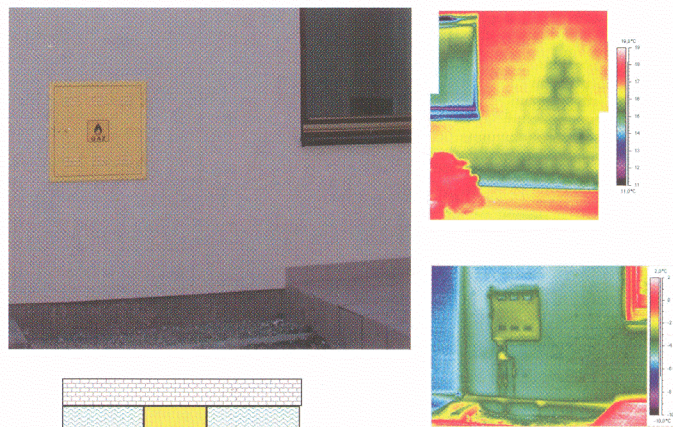


Rys. 11. Rozkład temperatury w narożnikach od strony wewnętrznej.

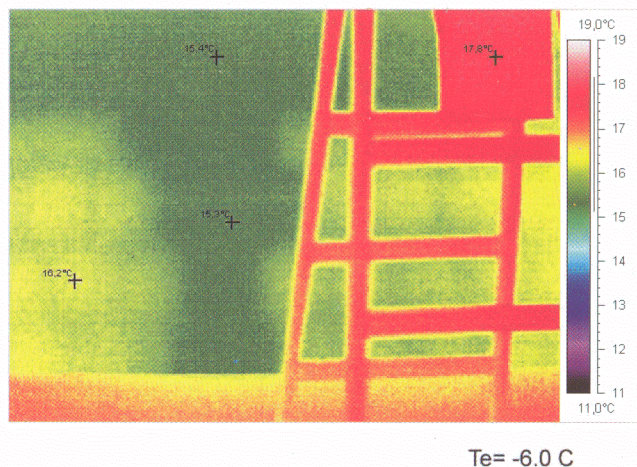
- Dokonując ogólnego, ale dokładnego przeglądu wewnętrznej powierzchni ścian, niekiedy można zauważyć mostki cieplne związane ze szczegółami technicznymi występującymi na małych fragmentach ścian. Przewody prowadzące zimną wodę czy też zimne powietrze (rys. 12) ukryte blisko wewnętrznej powierzchni ściany, a nie zaizolowane dostatecznie, spowodują w zimowej porze powstanie lokalnych mostków cieplnych. Mostek cieplny na małym obszarze ściany może być też spowodowany przez zmniejszenie jej grubości związane z ukryciem w tak powstałej wnęcie skrzynki gazowej (rys. 13), lub wykonaniem w ścianie elementów betonowych (rys. 14).



Rys. 12. Termogram wlotu powietrza od wewnętrznej strony ściany zewnętrznej.



Rys. 13. Termogramy ściany w miejscu osadzenia skrzynki gazowej

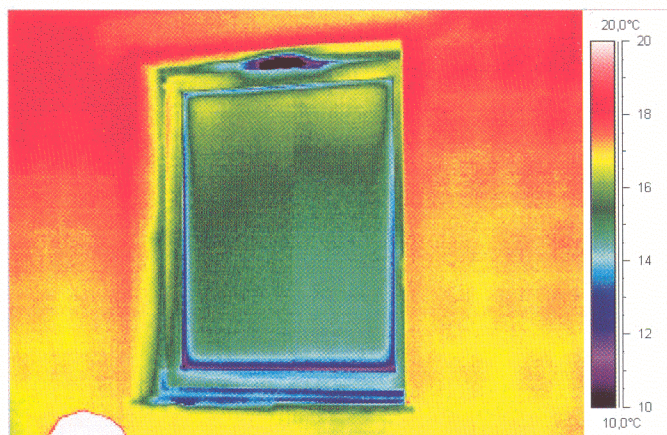


Rys. 14. Termogram mostka cieplnego na betonowym słupku w ścianie kolankowej

### 2.3. Nieszczelność okien

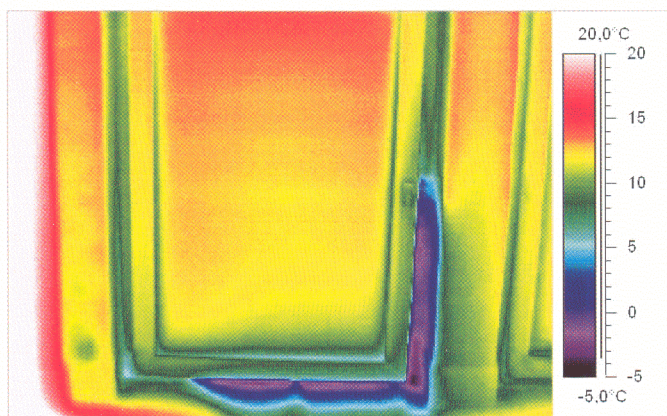
Ma ona na celu zapewnienie dostarczenia odpowiedniej ilości powietrza do pomieszczenia. Produkowane obecnie okna z niskoemisyjnymi szybami zespolonymi posiadają uszczelki zapewniające szczelność pomiędzy skrzydłem i ościeżnicą, natomiast szczelność

pomiędzy ościeżnicą a murem powinien zapewnić odpowiedni sposób montażu. Dopływ powietrza do pomieszczenia odbywa się zazwyczaj przez nawiewniki znajdujące się w linii uszczelki (rys.15), ramie skrzydła okiennego, lub też w ścianie poza oknem. Niektóre typy okuć mają możliwość zapewnienia „mikrouchyłu” przy zamkniętym oknie. Nieszczelność okien widoczna jest na termogramach wykonanych przy zamkniętych oknach oraz zróżnicowanej temperaturze i ciśnieniu po obu stronach przegrody, zapewniających przepływ zimnego lub ciepłego powietrza przez nieszczelności (rys. 16).



Ti=19.0 C ; Te= -6.0 C

Rys. 15. Termogram typowego okna z nawiewnikiem w górnej części



Ti =19.0 C; Te= -7.0 C

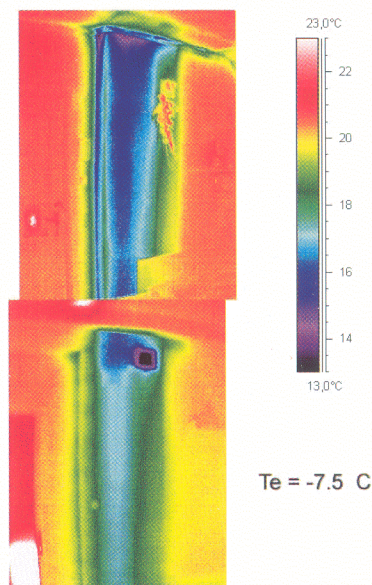
Rys. 16. Termogram okna z nieszczelnością pomiędzy ramą a ościeżnicą w dolnej części.

## 2.4. Wentylacja

Służy do zapewnienia wymiany powietrza w pomieszczeniach. Dla sprawnego działania wentylacji grawitacyjnej konieczny jest napływ powietrza przez okna (nawiewniki, mikrouchył) lub inne przeznaczone do tego celu otwory, znajdujące się najczęściej na zewnętrznych ścianach kuchni i pokoi. Usunięcie powietrza z pomieszczeń powinno odbywać się przez piony wentylacyjne, zaopatrzone w kratki umieszczane pod sufitem w kuchniach, łazienkach, wc, garderobach, kotłowniach, a niekiedy również w pokojach. Poprawnie działająca wentylacja grawitacyjna powinna wymuszać napływ świeżego powietrza, jego powolny ruch w pomieszczeniach i odprowadzenie na zewnątrz.

Takie modelowe działanie wentylacji grawitacyjnej zachodzi przy lekkim wietrze i kiedy temperatura w pomieszczeniach jest wyższa od zewnętrznej.

Zjawiskiem często występującym jest napływ zimnego powietrza do pomieszczenia przez piony wentylacyjne. Znalezienie przyczyny takiego stanu rzeczy niejednokrotnie nastrocza duże trudności.



Rys. 17. Termogram pionu wentylacyjnego

Wykonując zimową porą obserwacje termograficzne pomieszczeń od strony wewnętrznej można stwierdzić:

- czy dana kratka wentylacyjna odprowadza czy doprowadza powietrze (rys. 17)
- czy pion wentylacyjny jest należycie ocieplony
- którędy powietrze jest doprowadzane do pomieszczenia

## 3. Pomiary termowizyjne związane z remontem budynków

Szczególnego znaczenia nabierają pomiary termowizyjne wykonane przed zamierzonym remontem budynku. Jeśli dla budynku będzie opracowywany audyt energetyczny, to powinien on uwzględniać faktyczny stan jego izolacyjności cieplnej. Nie można więc opracować rzetelnego zapotrzebowania na ciepło tylko na podstawie dokumentacji projektowej. A co w przypadku budynków, dla których dokumentacji nie ma? Staranne obserwacje termowizyjne, wykonane zarówno od zewnętrznej jak i wewnętrznej strony przegród budowlanych są jedyną praktycznie podstawą do pełnej, rzeczywistej oceny cieplnej przegród budynków [Kisielewicz T., 1997]. Tylko rzeczywista ocena cieplna budynku może zapewnić poprawne zaprojektowanie jego termomodernizacji oraz oszacowanie efektów (w tym finansowych) proponowanego rozwiązania.

Na podstawie termogramów wykonanych wewnątrz budynków w warunkach ustalonego przepływu ciepła, oraz pomierzonych temperatur powietrza wewnętrznego i zewnętrznego można obliczyć współczynnik przenikania ciepła przez przegrodę [Wróbel A., 2000].

Zakładając ustalony przepływ ciepła przez ścianę – co w przybliżeniu jest spełnione, gdy jest zachmurzenie i niewielkie dobowe zmiany temperatury - współczynnik przenikania ciepła  $U$  obliczyć można z zależności:

$$U = \frac{\alpha_i (T_i - T_w)}{T_i - T_e} \quad (1)$$

gdzie:

- $T_i$  - temperatura powietrza w pomieszczeniu
- $T_w$  - temperatura na wewnętrznej powierzchni ściany
- $T_e$  - temperatura powietrza na zewnątrz budynku
- $\alpha_i$  - współczynnik przejścia ciepła na wewnętrznej powierzchni ściany

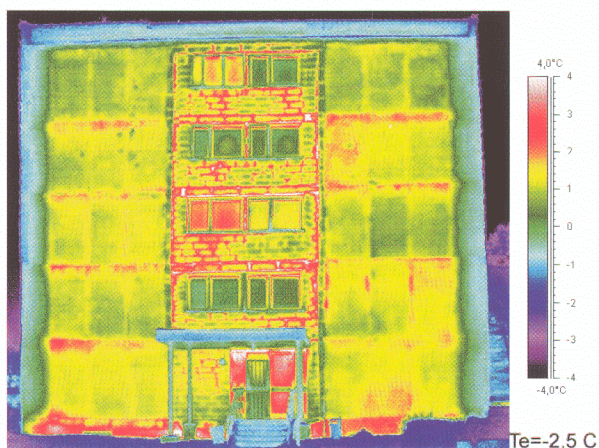
Dla wyznaczenia współczynnika przenikania ciepła  $U$  wartość współczynnika  $\alpha_i$  przyjmuje się z normy PN-91/B02020. Temperaturę wewnętrzną powierzchni ściany otrzymuje się z termogramów, natomiast temperaturę powietrza w pomieszczeniu można pomierzyć termometrem lub odczytać z termogramu jako równą

temperaturze przedmiotów o małej pojemności cieplnej znajdujących się wewnątrz pomieszczenia.

Wyznaczenie współczynnika przenikania ciepła jest również możliwe z wykorzystaniem rozkładu temperatury na zewnętrznej stronie przegrody, jednak jest ono obciążone dużo większym błędem ponieważ:

- po zewnętrznej stronie przegrody jest dużo większa zmienność temperatury powietrza niż wewnątrz pomieszczeń
- wraz ze zmienną prędkością wiatru zmienia się w dużym zakresie współczynnik odpływu ciepła (po zewnętrznej stronie przegrody)
- temperatury powierzchni zewnętrznej przegród są wynikiem nie tylko przenikania ciepła przez ścianę, ale zakłócających wpływów wiatru, nasłonecznienia itp., które to czynniki są tłumione w przegrodzie
- do pomiaru należałoby wykorzystać obszary przegród obustronnie odkrytych (bez mebli znajdujących się przy ścianach), co nie jest widoczne z zewnątrz

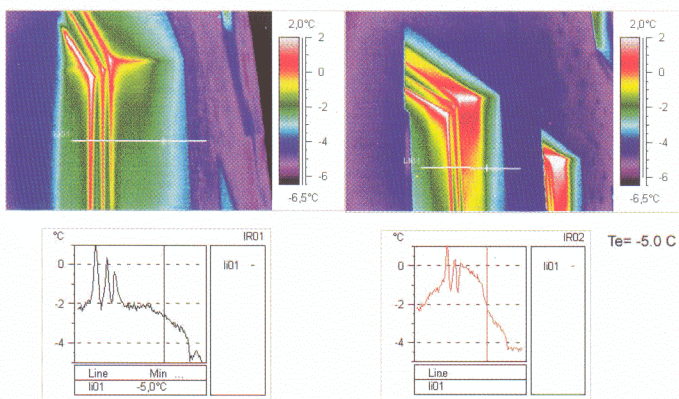
Dużą zaletą termowizji jest możliwość dokumentowania różnicowania termalnego badanej powierzchni przegrody budowlanej, co pozwala na szybką, jakościową jej ocenę.



Rys.18. Obraz rozkładu temperatury na zewnętrznej powierzchni ściany budynku.

**Powykonawcza kontrola ocieplenia zewnętrznego** powinna obejmować ogólny przegląd ocieplonych powierzchni i dokładną kontrolę wybranych szczegółów charakterystycznych dla danej technologii ocieplenia.

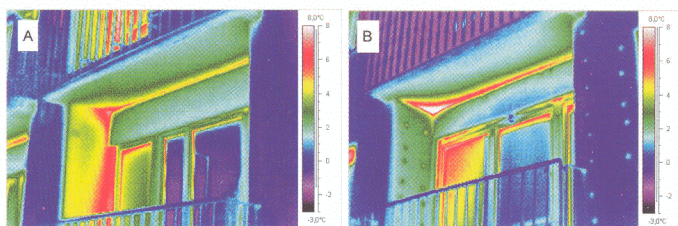
Na uwagę zasługuje sposób wykończenia ocieplenia przy ościeżach, parapetach, balkonach. Wszystkie te elementy pokryte tynkiem, zaraz po remoncie wyglądają podobnie. Termogram pokazuje jakże różne obrazy cieplne sąsiednich ościeży (rys.19): poprawnie ocieplone po lewej stronie.



Rys.19. Termogram ościeży po ociepleniu metodą lekką mokrą

Problemem jest dobre ocieplenie balkonu i loggi. Proponowane rozwiązania są różne: od ocieplenia płyt poziomych i ścian pionowych logii, po ocieplenie tylko pionowych ścian logii będących równocześnie zewnętrzną ścianą pomieszczenia mieszkalnego, z pozostawieniem nieocieplonych ścian przylegających do dylatacji. Rozkład temperatury na ocieplonych i nieocieplonych bocznych ścianach logii przedstawiony jest na rys 20.

Interesująca dla projektanta ocieplenia byłaby analiza rozkładu temperatury na wewnętrznej stronie powyższych przegród, ponieważ zbyt niskie temperatury na wewnętrznych powierzchniach sprzyjają wykrapaniu wilgoci i rozwojowi pleśni. Niestety nie dysponuję takimi termogramami.



Rys. 20. A- loggia przy dylatacji z nieocieploną ścianą pionową, B- loggia z ocieploną ścianą pionową

#### 4. Podsumowanie

Jakość izolacyjności cieplnej budynków mieszkalnych pozostawia wiele do życzenia. Stare budynki generalnie nie spełniają obecnych wymagań cieplnych, a w nowych też występuje wiele wad związanych z zachowaniem odpowiedniej izolacyjności cieplnej. Do jakościowej detekcji wad cieplnych budynków może być z powodzeniem wykorzystana technika termowizyjna [PN-EN 13187]. Termogramy wykonane w warunkach zbliżonych do ustalonego przepływu ciepła mogą posłużyć do wyznaczenia wartości współczynnika przenikania ciepła przez przegrody budowlane.

Ponieważ jakość cieplna budynku jest bardzo ważną jego cechą to kontrole termowizyjne powinny być wykonywane: przy odbiorze nowych budynków, w okresie gwarancyjnym - na wniosek mieszkańców, przed remontem związanym z ociepleniem budynków i po jego wykonaniu, przy szacowaniu wartości budynków.

Upowszechnianie wiedzy o zastosowaniu termowizji w budownictwie powinno przyczynić się do: poszukiwania i stosowania w praktyce rozwiązań projektowych poprawnych pod względem cieplnym; zwiększenia staranności wykonawstwa budowlanego; uwzględniania związku jakości cieplnej budynku z jego wartością.

Opracowanie „katalogu termogramów” typowych dla różnych technologii budownictwa może być cenną pomocą w prawidłowej interpretacji termogramów.

*Niniejszą pracę wykonano w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.150.312*

#### 5. Literatura

- [1] <http://architekci.pl/budownictwo>odbieramy mieszkanie>
- [2] Kisielwicz T., 1997: Termowizyjne badania przegród wewnętrznych budynków mieszkalnych. VI Konferencja Naukowo-Techniczna: Fizyka budowli w teorii i praktyce. Łódź
- [3] PN-EN 13187. Właściwości cieplne budynków – Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku – Metoda podczerwieni
- [4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690).
- [5] Wróbel A., 2000: Termograficzne badanie izolacyjności cieplnej budynków. Materiały V konferencji termografii i termometrii w podczerwieni

**Title:** Use of Thermovision to the control of the residential buildings.

Artykuł recenzowany