



WPŁYW BŁĘDÓW PROJEKTOWYCH I WYKONAWCZYCH NA JAKOŚĆ ENERGETYCZNĄ BUDYNKÓW NA PODSTAWIE BADAŃ TERMOGRAFICZNYCH

dr hab. inż. Henryk Nowak, prof. PWr.

Wrocław, 3-4 listopada 2010

dr hab. inż. Henryk Nowak, prof. PWr.

Kierownik

**Zakładu Fizyki Budowli i Komputerowych Metod
Projektowania**

Instytut Budownictwa

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Politechnika Wrocławska

Pl. Grunwaldzki 11

50-377 Wrocław

Tel. (071) 320 33 01, 320 23 65

Tel./Fax.: (071) 322 14 65

e-mail: henryk.nowak@pwr.wroc.pl

www: www.ib.pwr.wroc.pl/z2

Plan wystąpienia:

- 1. Wprowadzenie**
- 2. Diagnostyka cieplna budynków**
- 3. Błędy projektowe i wykonawcze
w realizacji termicznej obudowy budynków**
- 4. Termograficzne badania budynków**
- 5. Podsumowanie**

1. Wprowadzenie

- **rola diagnostyki cieplnej budynków o różnym przeznaczeniu przy zmieniających się i zaostrzających przepisach z zakresu ochrony cieplnej budynków,**
- **błędy projektowe i wykonawcze realizacji budynków w zakresie ochrony cieplnej budynków,**
- **badania termowizyjne budynków – niezbędne narzędzie diagnostyczne.**

2. Diagnostyka cieplna budynków

Diagnostyka termiczna budynków jest bardzo wyspecjalizowaną dziedziną badawczą opartą głównie na doświadczeniach wynikających z laboratoryjnych metod pomiarowych. Bardzo istotnym elementem w diagnostyce jest doświadczenie zespołu badawczego. Zakres badań i dobór metod pomiarowych zależy od:

- celu badań,
- złożoności badanego obiektu,
- doświadczenia zespołu badawczego,
- dostępności aparatury pomiarowej,
- środków finansowych.

W diagnostyce cieplnej budynków o różnym przeznaczeniu ma zastosowanie duża liczba metod i technik pomiarowych. Większość niezbędnych pomiarów wiąże się z bezpośrednimi pomiarami wielkości fizycznych opisujących:

- izolacyjność cieplną przegród zewnętrznych,
- szczelność obudowy na przenikanie powietrza,
- strumień powietrza wentylacyjnego,
- eksploatacyjną temperaturę powietrza,
- sprawność instalacji wewnętrznej i wymiennika ciepła (lub źródła ciepła w budynku).

Z uwagi na **wymagania komfortu cieplnego i jakości powietrza** istotne znaczenie mają:

- realizowany strumień powietrza wentylacyjnego,
- eksploatacyjna temperatura odczuwalna,
- temperatura powierzchni przegród w pomieszczeniach.

Odpowiednio do występujących powyżej wielkości fizycznych mogą wchodzić w grę różne metody diagnostyki. Przy podejmowaniu decyzji o ewentualnym ich wykorzystaniu należy mieć na uwadze wysoki koszt niektórych badań.

Badania mogą również wiązać się z bezpośrednimi pomiarami wielkości fizycznych opisujących:

- **elementy klimatu zewnętrznego** (temperatura oraz wilgotność względna powietrza, prędkość wiatru),
- **mikroklimat pomieszczeń** (temperatura i wilgotność względna powietrza, prędkość ruchu powietrza ew. skuteczność wentylacji),
- **właściwości cieplno-fizyczne przegród budowlanych** (w tym, między innymi, pomiar gęstości strumienia ciepła (wyznaczanie wartości współczynnika U), badania laboratoryjne pobranych próbek (ρ , λ), itp.),
- **infiltrację powietrza.**

Badania mikroklimatu pomieszczeń mogą być również uzupełnione badaniami innych wielkości, np. akustycznych właściwości przegród i pomieszczeń, promieniowania radonu, itp.

W zagadnieniach związanych z racjonalnym użytkowaniem energii cieplnej w budynkach o różnym przeznaczeniu ważną rolę odgrywa prawidłowe rozpoznanie **stanu istniejącego termicznej obudowy budynków**. Dotyczy to zwłaszcza identyfikacji miejsc występowania i zasięgu liniowych oraz punktowych mostków cieplnych. Ma to istotne znaczenie zwłaszcza w budynkach poddawanych termomodernizacji zarówno na etapie przed jak i po zakończeniu procesu inwestycyjnego, a bardzo pomocne w tym względzie są głównie **termowizyjne badania budynków**.

Bardzo istotnym elementem w ocenie energetycznej budynku jest rzetelna identyfikacja jego cech fizycznych, niezbędnych do przeprowadzenia obliczeń wskaźników energetycznych. Na podstawie wieloletniego doświadczenia ekspertyzowego mogę stwierdzić, że prawidłowa ocena izolacyjnych właściwości przegród budowlanych, z pozoru prosta pod względem obliczeniowym, jest w rzeczywistości zadaniem dosyć kłopotliwym. Często nie dysponujemy dokumentacją projektową budynku i wówczas należy przeprowadzić inwentaryzację wymiarową oraz inwentaryzację układu i grubości warstw poszczególnych przegród.

Należy zwrócić uwagę, że szczegółowa analiza i ocena wszystkich przegród, a w szczególności węzłów konstrukcyjnych, mostków termicznych i miejsc występowania nieciągłości izolacji cieplnej jest w praktyce bardzo trudna lub wręcz niemożliwa.

Nieco łatwiejsze zadanie występuje w przypadku, gdy jest dostępna i zgodna ze stanem faktycznym dokumentacja projektowa. Na podstawie danych zawartych w dokumentacji można oszacować wartości współczynników przenikania ciepła oraz zasięg mostków termicznych, pod warunkiem jednak dysponowania odpowiednim programem komputerowym lub katalogiem mostków termicznych.

Bardzo pomocne w tym względzie są pomiary budynków **kamerą termowizyjną**.

Budowę przegród budowlanych można często ustalić na podstawie znajomości okresu wzniesienia budynku, doświadczeń w realizacji ekspertyz dla tych budynków i wreszcie na podstawie cech charakterystycznych dla budynków danej technologii.

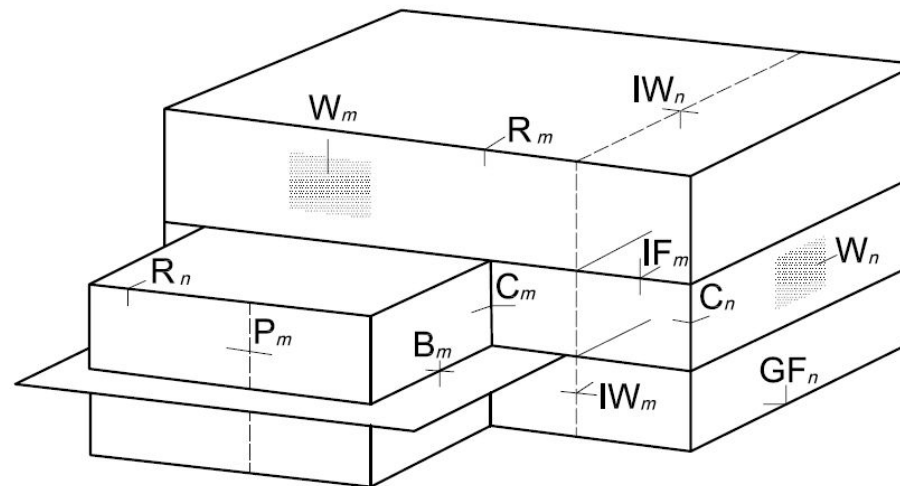
Wymiary liniowe najczęściej przyjmuje się z dokumentacji projektowej i wrywkowo sprawdza się na budynku istniejącym.

Ocena stanu technicznego przegród i budynku.

2. Błędy projektowe i wykonawcze w realizacji termicznej obudowy budynków

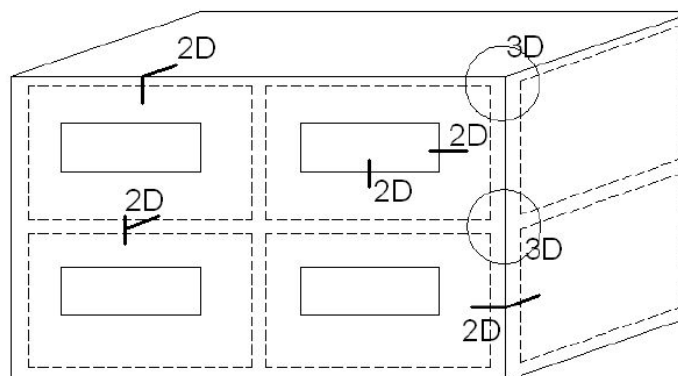
Termiczna obudowa budynku – wszystkie przegrody budowlane ograniczające ogrzewaną kubaturę budynku

Mostki cieplne w budynkach

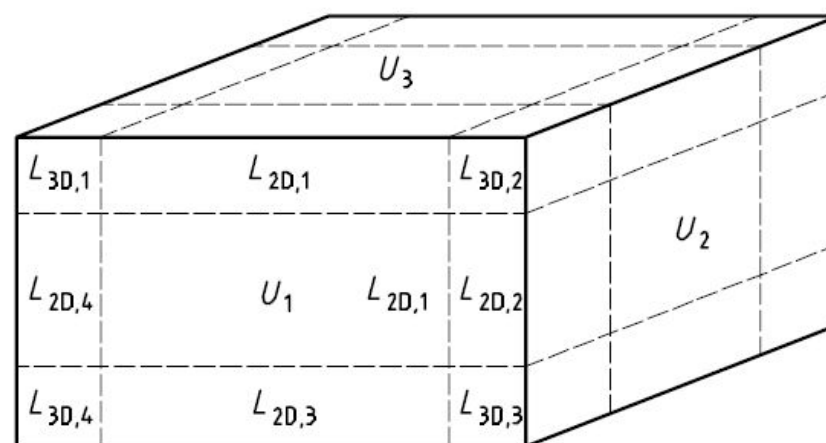


Lokalizacja i typy zwykle występujących mostków cieplnych w budynkach

Oznaczenia: R – dach (ściana zewnętrzna – dach), B – balkony, C – naroża, F – stropy (ściana zewnętrzna – strop), IW – ściany wewnętrzne (ściana wewnętrzna – ściana zewnętrzna), P – słupy, W – otwory okienne i drzwiowe (ościeża).



Przykładowe miejsca występowania dwuwymiarowych (2D) i trójwymiarowych (3D) mostków cieplnych w budynku



Przykłady występowania jedno-, dwu- i trójwymiarowego przepływu ciepła w termicznej obudowie budynku

Po wprowadzeniu w Polsce w roku 1998 nowych (zaostrzonych) wymagań w zakresie ochrony cieplnej budynków zauważono niepokojące zjawisko wydawania pozwoleń na budowę na podstawie projektów budowlanych zawierających szereg braków i błędów w tym zakresie (zjawisko to nagminnie występowało również, gdy obowiązywała poprzednia norma cieplna z roku 1991).

Przykłady najczęściej występujących błędów projektowych i wykonawczych w zakresie ochrony cieplnej budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej.

Analizę przeprowadzono przy okazji wykonywania pomiarów termowizyjnych tych budynków. Były to budynki najczęściej nowe, w trakcie trwania pierwszego lub drugiego sezonu grzewczego.

Najczęściej spotykane błędy projektowe były następujące:

- niekompletne obliczenia cieplno-wilgotnościowe lub brak jakichkolwiek obliczeń dla przegród budowlanych ograniczających ogrzewaną kubaturę budynku, a tym samym przyjęcie grubości izolacji cieplnej dla poszczególnych przegród "na wyczucie" (najczęściej grubość izolacji była za mała), bez sprawdzenia możliwości wystąpienia powierzchniowego kondensacyjnego zawilgocenia przegród,

- przy obliczaniu wartości współczynnika przenikania ciepła U [$W/(m^2K)$] przegród brak uwzględnienia wpływu mostków cieplnych (projekty wykonywane do końca roku 2008),
- złe rozwiązania szczegółów zaizolowania mostków termicznych lub proponowanie błędnych technologicznie rozwiązań, w tym między innymi:
 - złe osadzenie okien i drzwi balkonowych w osi części nośnej ściany warstwowej bez izolacji cieplnej ościeży,
 - złe rozwiązanie zamocowania wspornikowych płyt balkonowych w ścianach warstwowych, bez ciągłości izolacji cieplnej,
 - projektowanie trudnego technologicznie zaizolowania termicznego ścianek kolankowych poddaszy użytkowych, najczęściej izolacja ta nie była wykonywana,

- **brak obliczeń wskaźnika E ($[kWh/(m^3a)]$) sezonowego zapotrzebowania budynku mieszkalnego wielorodzinnego na ciepło w standardowym sezonie ogrzewczym, jedyne kryterium oceny poprawności doboru grubości izolacji cieplnej przegród dla tego rodzaju budynków – to kryterium oceny obowiązywało w Polsce do końca 2008 roku,**
- **brak opisu technologii wykonania izolacji cieplnej ścian zewnętrznych (najczęściej wg metody "lekkiej mokrej", obecnie "bezpoinowego systemu ocieplenia – BSO") lub przynajmniej wskazania stosownej aprobaty technicznej,**
- **niezgodność opisu technicznego z rysunkami,**
- **niewłaściwy dobór oporu dyfuzyjnego paroizolacji w ścianach szkieletowych, na bazie szkieletu drewnianego i z kształtowników zimnogiętych, wypełnionych wełną mineralną oraz w połaciach dachowych,**
- **brak izolacji cieplnej ścian piwnic (mimo że nie są ogrzewane), co powoduje dodatkowe straty ciepła z budynków.**

Najczęściej spotykane błędy wykonawcze i błędy nadzoru budowlanego przy realizacji termicznej obudowy budynków:

- **brak przygotowania zawodowego w tym zakresie osób pełniących samodzielne funkcje w budownictwie oraz z braku szkoleń tych osób,**
- **brak odbiorów technicznych robót częściowych, w tym robót zanikających i ich zgodności z obowiązującymi przepisami prawa budowlanego i dokumentami ITB w zakresie stanu przygotowania podłoża, przyklejania i mocowania warstwy termoizolacji, poprawności wykonania warstwy zbrojonej z włókien szklanych i wykonania cienkowarstwowej wyprawy tynkarskiej czy też poprawności wykonania izolacji cieplnej, paro- i wiatroizolacji w połaci dachowej i ściankach kolankowych poddaszy użytkowych,**

- **brak protokołu odbioru końcowego prac izolacyjnych z uwzględnieniem wpisów do dziennika budowy, protokołów odbiorów robót częściowych i zanikających, sprawdzania jakości wykonanych prac oraz dokumentów świadczących o dopuszczeniu do obrotu i powszechnego stosowania materiałów, z których wykonano warstwy izolacji cieplnej,**
- **po formalnym zakończeniu robót inwestor najczęściej nie dysponował zestawem dokumentów potwierdzających dopuszczenie do obrotu i stosowania w budynkach materiałów zastosowanych do wykonania termicznego zaizolowania budynku (rola inspektora nadzoru budowlanego).**

Skutki - opisane wyżej przykłady niewłaściwego projektowania i wykonywania przegród ograniczających ogrzewaną kubaturę budynków powodowały (i niestety nadal powodują) przede wszystkim:

- powstawanie uciążliwych dla użytkowników mostków cieplnych,
- kondensację pary wodnej na powierzchni przegrody, rozwój grzybów pleśniowych oraz nadmierne wychładzanie pomieszczeń,
- w konsekwencji pogarszały się parametry mikroklimatu pomieszczeń i komfortu cieplnego, zwiększały się straty ciepła z budynku, co oznaczało zwiększenie kosztów eksploatacyjnych.
- w przypadku błędów popełnionych w trakcie realizacji warstwy izolacji termicznej ścian zewnętrznych często pojawiały się spękania, odparzenia, wybrzuszenia i odbarwienia warstwy fakturowej, zacieki oraz nierówności powierzchni ścian.

Pomiary termowizyjne jednoznacznie potwierdziły występowanie wymienionych wyżej nieprawidłowości

Główną przyczyną omawianych problemów były błędne decyzje projektowe – przez wiele lat przyczyny tego stanu były następujące:

- brak przygotowania zawodowego projektantów i niedoceniaenia przez nich wagi problemów z zakresu ochrony cieplnej budynków i obliczeń cieplno-wilgotnościowych,**
- brak praktycznych pomocy dla projektantów w postaci katalogów, poradników, wytycznych i programów komputerowych,**
- brak szkoleń projektantów,**
- opóźniona dystrybucja nowych norm EN do środowiska projektantów, nauczycieli akademickich i studentów, brak komentarzy do norm,**
- brak świadomości inwestorów w zakresie negatywnych skutków złego projektowania i oszczędzania pieniędzy kosztem jakości projektów budowlanych**

Obecnie jednak, po wprowadzeniu w Polsce w styczniu 2009 roku przepisów Dyrektywy UE w sprawie certyfikacji energetycznej budynków oraz przepisów wykonawczych opisane wyżej nieprawidłowości występują w coraz mniejszym stopniu.

4. Termograficzne badania budynków

W zagadnieniach związanych z racjonalnym użytkowaniem energii cieplnej w budynkach o różnym przeznaczeniu ważną rolę odgrywa prawidłowe rozpoznanie stanu istniejącego termicznej obudowy budynków. Dotyczy to zwłaszcza identyfikacji miejsc występowania i zasięgu liniowych oraz punktowych mostków cieplnych. Ma to istotne znaczenie zwłaszcza w budynkach poddawanych termomodernizacji zarówno na etapie przed jak i po zakończeniu procesu inwestycyjnego. **Badania termowizyjne powinny należeć do podstawowych badań budynków i stanowić część procesu inwestycyjnego na etapie odbioru technicznego nowych i termomodernizowanych budynków istniejących.**

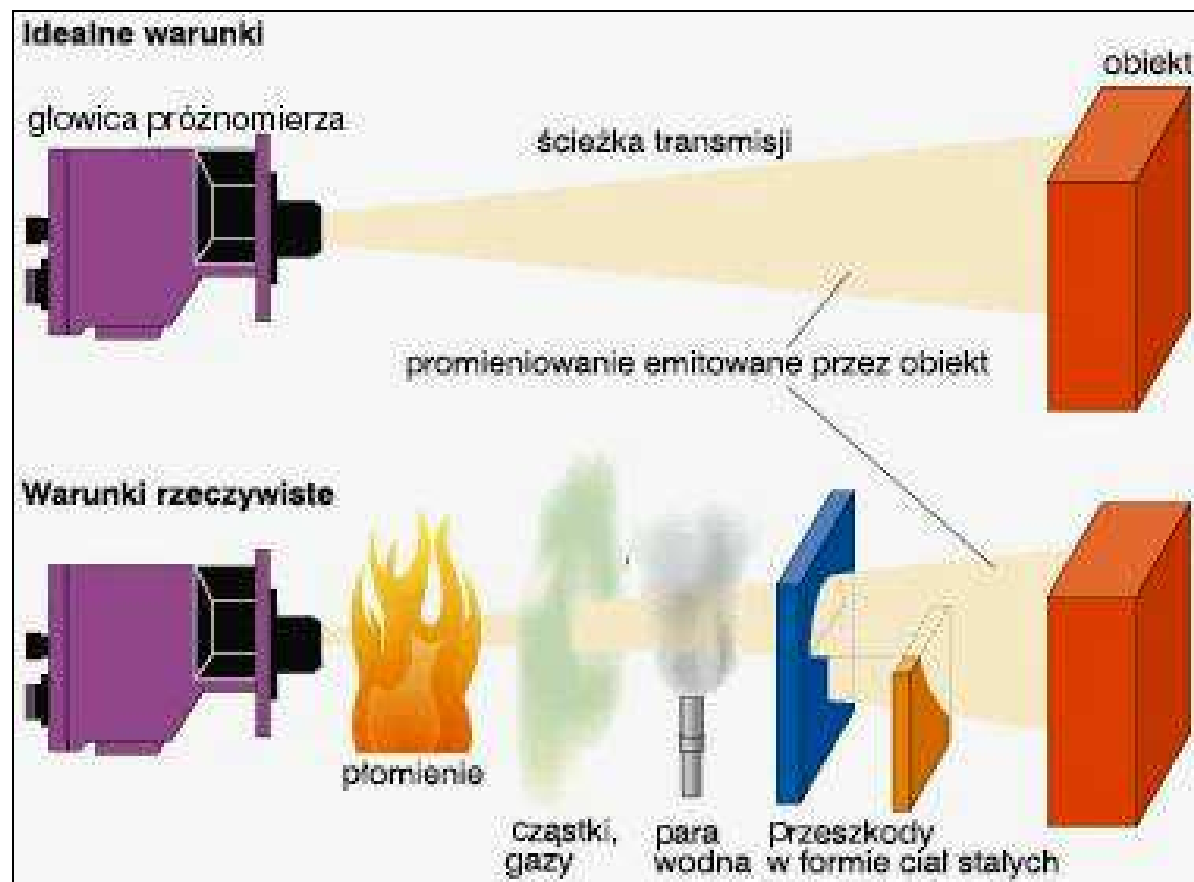
Miejsca nieciągłości lub braku izolacji cieplnej w elementach tworzących termiczną obudowę budynku skutkują różnicami temperatury na powierzchni poszczególnych przegród budowlanych. Rozkład temperatury na analizowanej powierzchni może być zatem wykorzystywany do identyfikacji niejednorodności cieplnych spowodowanych nieciągłością lub brakiem izolacji, zawartością wilgoci w przegrodzie lub infiltracją powietrza przez nieszczelności obudowy budynku. Termografia podczerwona jest metodą pomiaru, na podstawie której jesteśmy w stanie wnioskować o stanie izolacji cieplnej badanej przegrody. Termografia służy do jakościowej oceny przegród budowlanych.

Istota metody badań termowizyjnych

Termografia podczerwona jest bezkontaktową metodą badawczą umożliwiającą **detekcję, wizualizację, rejestrację i przetwarzanie** rozkładu temperatury na powierzchni badanego obiektu poprzez pomiar natężenia promieniowania podczerwonego emitowanego przez obiekt. Metoda ta jest oparta na obserwacji i zapisie rozkładu promieniowania podczerwonego (zwanego również cieplnym, długofalowym lub temperaturowym), emitowanego przez każde ciało, którego temperatura jest wyższa od zera bezwzględnego i przekształceniu tego promieniowania na obraz widzialny. Natężenie emitowanego promieniowania podczerwonego jest funkcją temperatury i współczynnika emisyjności badanej powierzchni, co umożliwia odwzorowanie graficzne tej temperatury w postaci barwnego termogramu.

Jednakże zarejestrowane przez urządzenie termograficzne promieniowanie cieplne zależy nie tylko od temperatury i emisyjności powierzchni, **promieniowanie to pochodzi także z najbliższego otoczenia i jest ono odbijane przez badany obiekt.** Na docierające do detektora kamery termowizyjnej promieniowanie cieplne obiektu i promieniowanie od niego odbite ma także wpływ absorpcja promieniowania przez atmosferę. **Jednak, gdy pomiary termowizyjne budynków są wykonane zgodnie z obowiązującymi zasadami to wpływ promieniowania cieplnego odbitego najczęściej jest pomijalnie mały.**

Czynniki wpływające na zdalny pomiar temperatury

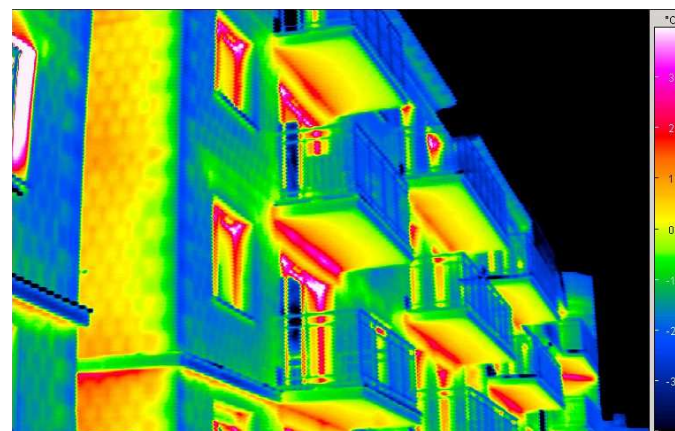
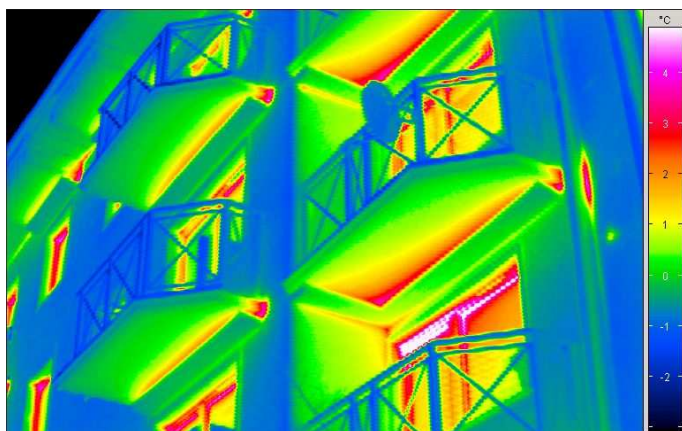


Na ścieżce transmisyjnej IR nie powinny znajdować się żadne przeszkody, zanieczyszczenia czy duże zawilgocenie powietrza (źródło: Internet)

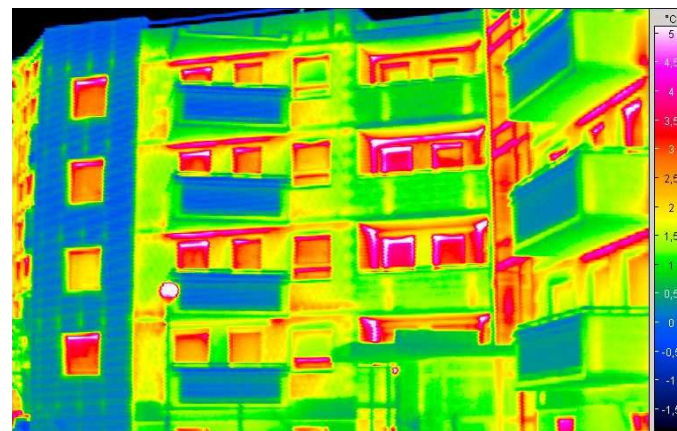
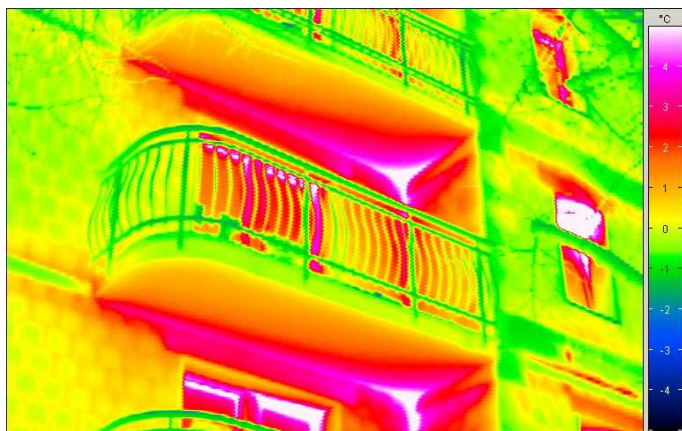
Kamera termowizyjna umożliwia obserwację rozkładu temperatury na badanej powierzchni ukazanej jako obraz termalny zwany termogramem, który jest wynikiem zdalnego i bezkontaktowego pomiaru temperatury wykonanego na podstawie detekcji promieniowania podczerwonego, emitowanego z powierzchni obiektu, np. przez ściany budynku. Termogram jest obrazem dwuwymiarowym rozkładu temperatury w punktach tej powierzchni. Termogram pokazuje rozkład temperatury w szerokim zakresie barw od ciemnogramatowego do jasnożółtego (czasami od czerni do bieli), które korespondują, odpowiednio, z niskimi i wysokimi temperaturami. Jasne i ciemne obszary odnoszą się do temperatury badanego obiektu i są zapisywane w postaci pliku komputerowego i dzięki temu możliwa jest komputerowa analiza rozkładu temperatury na powierzchni badanego obiektu, w wybranym obszarze jak i wzdłuż wybranej linii (przekroju).

Przykłady zastosowania badań termowizyjnych

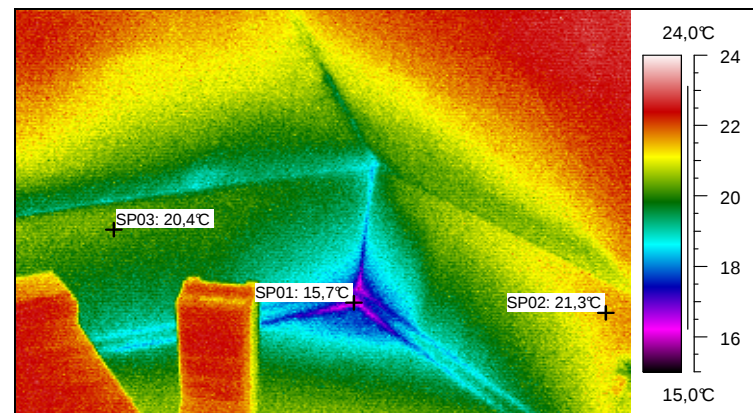
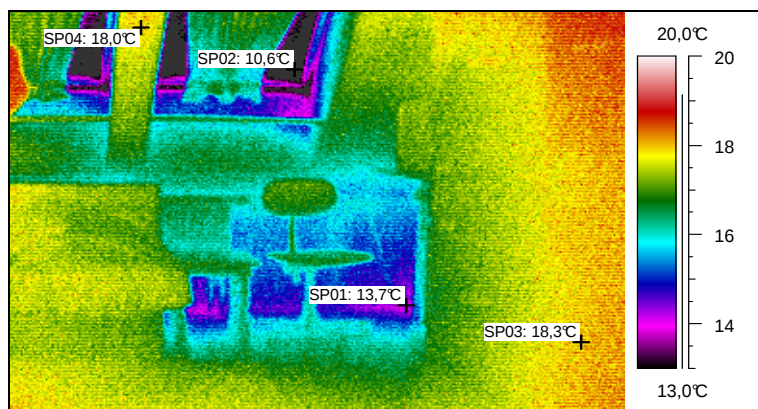
Poniżej zamieszczono przykładowe wyniki termowizyjnych badań przegród zewnętrznych, głównie ścian, wyniki badań posadzki z awarią rur c.o., oraz badań grzejników rurowych, w postaci termogramów z mieszczonymi obok nich skalami temperatury. Izotermom o odpowiednim kolorze przypisane są pokazane na skali temperatur odpowiednie wartości temperatury. **Gdy badania ścian wykonywane są od strony ogrzewanego pomieszczenia miejsca mostków termicznych lub ubytków izolacji cieplnej na termogramach są pokazane jako miejsca o niższej temperaturze.** Natomiast w przypadku, gdy pomiary są wykonywane **od strony zewnętrznej lub od strony pomieszczenia nie ogrzewanego**, miejsca mostków termicznych lub ubytków izolacji cieplnej na termogramach (na elewacjach) są pokazane jako miejsca cieplejsze.



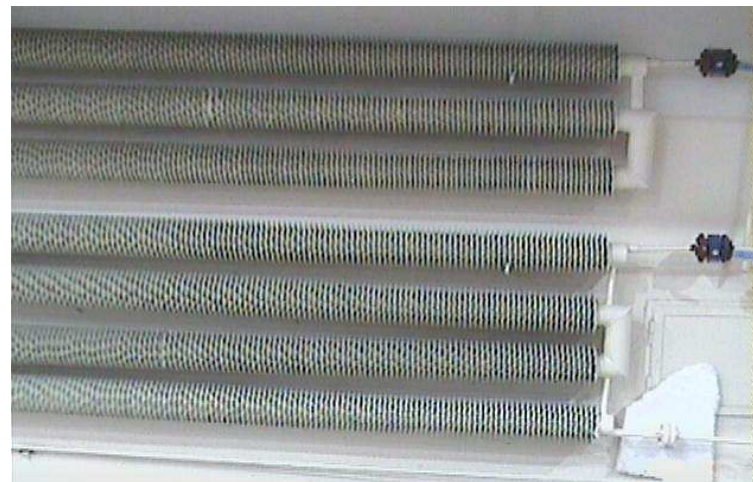
Fragmenty elewacji budynków i odpowiadające im termogramy - widoczne są mostki cieplne w miejscu połączeń żelbetowych płyt balkonowych ze ścianami zewnętrznymi (miejsca cieplejsze), niewłaściwie zaizolowane ciepnie nadproża okienne (prawy termogram) oraz straty ciepła przez okna (pomiar własne).



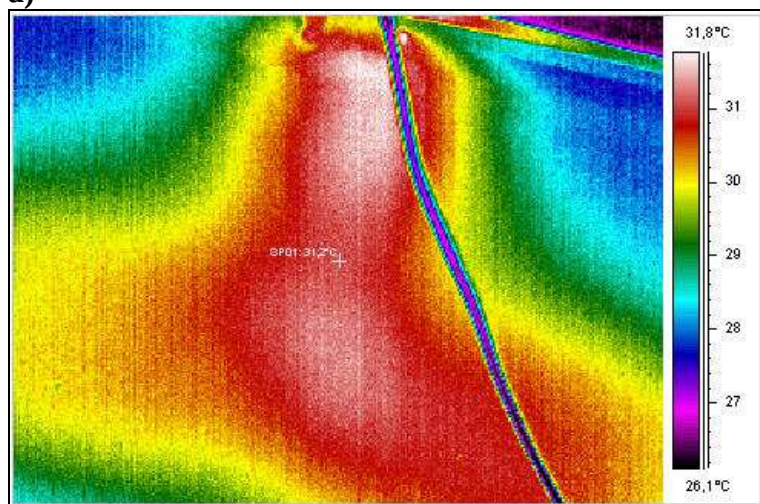
Fragmenty elewacji budynków i odpowiadające im termogramy - widoczne są mostki cieplne w miejscu połączeń żelbetowych płyt balkonowych ze ścianami zewnętrznymi (miejsca cieplejsze), niewłaściwie zaizolowane nadproża okienne i wieńce żelbetowe oraz straty ciepłe przez okna (pomiar własne).



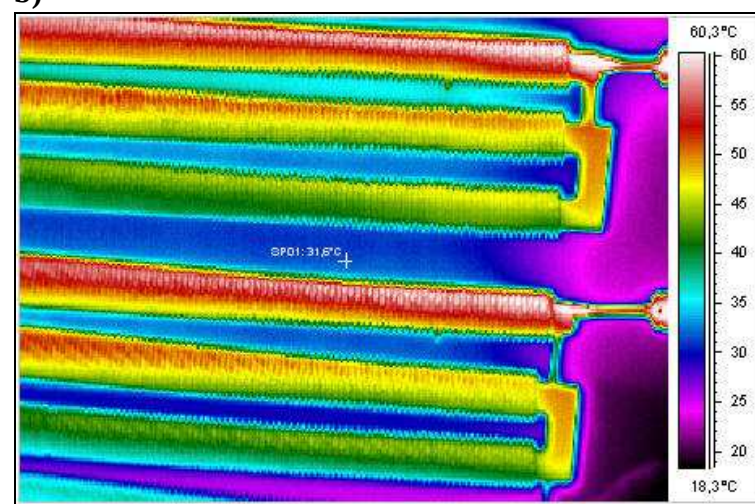
Przykładowe termogramy wykonane od strony pomieszczeń mieszkalnych – miejsca mostków cieplnych widoczne są jako zimniejsze. Ścianki kolankowe mieszkań poddaszowych nie są zaizolowane wełną mineralną i stanowią miejsca znacznie zwiększonych strat ciepła (pomiar własne).



a)



b)

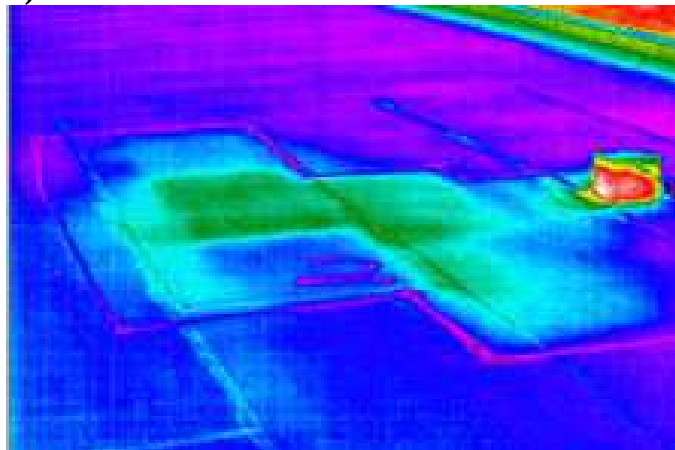


Inne przykłady zastosowania badań termowizyjnych: a) lokalizacja uszkodzenia i przecieku rur centralnego ogrzewania przebiegających w posadzce, b) badanie poprawności działania ogrzewania rurowego typu Favier'a (pomiary własne).

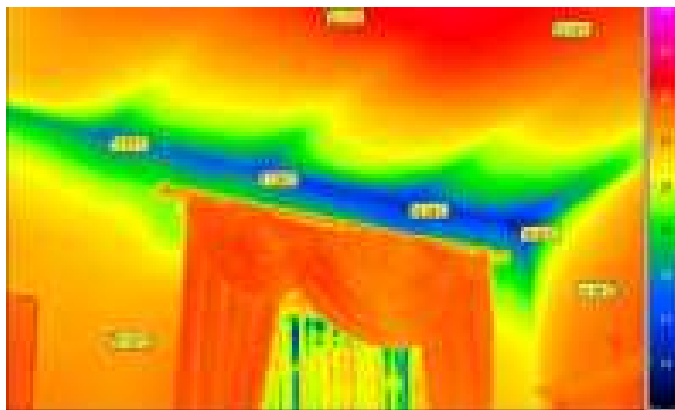
a)



b)



Wyniki badania stropodachu pełnego: a) widok stropodachu ze wskazaniem miejsca występowania zawilgoconej izolacji cieplnej, na podstawie termogramu, b) termogram stropodachu z pokazaniem zróżnicowania temperatury powierzchni zewnętrznej (źródło: Internet).



Przykładowy termogram wykonany od strony pomieszczenia mieszkalnego - widok pokoju pod poddaszem i odpowiadający termogram – miejsca mostków cieplnych widoczne są jako zimniejsze. Fragment stropu poddasza przy ścianie nie jest zaizolowany termicznie i stanowi miejsca znacznie zwiększonych strat ciepła (pomiar własny).

Badania termowizyjne służą głównie do jakościowej oceny przegród budowlanych w zakresie poprawności doboru izolacji cieplnej w przegrodach, tj. do wskazania miejsc nieciągłości lub braku izolacji cieplnej (mostki cieplne), poprzez pomiar wartości temperatury na powierzchni przegrody oraz wskazania zasięgu (obszaru) jej występowania. Możliwa jest również ocena ilościowa przegród budowlanych, np. określenie wartości współczynnika przenikania ciepła U [$W/(m^2 K)$] dla ściany zewnętrznej, ale jedynie dopiero po wykonaniu w tym samym czasie dodatkowych pomiarów innych wielkości związanych z przenikaniem ciepła przez badane przegrody. W badaniach usługowych praktycznie niemal zawsze wykonuje się pomiary termowizyjne mające na celu jakościową ocenę przegród budowlanych.

Podstawowe dane techniczne kamery **ThermaCAM P65** firmy **FLIR Systems** będącej na wyposażeniu w Instytucie Budownictwa Politechniki Wrocławskiej przedstawiono poniżej:

- czułość termiczna: 0,08 °C przy 30 °C,
- zoom elektroniczny: 2 do 8x,
- rodzaj detektora: matryca (FPA) 320x240 pixeli
- zakres widmowy pomiaru: 7,5 ÷ 13 µm,
- zakres temperaturowy pomiaru: -40 do 550 °C,
- zakres temperatury pracy -15 do 50 °C,
- dokładność odczytu: ± 2,0 °C, ± 2,0 % odczytu,
- format plików termowizyjnych: standardowy JPEG,
- wilgotność przy pracy: od 10 do 95 %,
- wyświetlacz zewnętrzny LCD 4 cale,
- interfejsy: USB/RS-232, FireWire, IrDa.

Kamera termowizyjna ThermoCAM P65 firmy FLIR Systems



(Instytut Budownictwa Politechniki Wrocławskiej)

i dla porównania kamera termowizyjna AGA 680 (koniec lat 70-tych)



(Instytut Budownictwa Politechniki Wrocławskiej - od roku 1978)

Przykładowe inne typy kamer termowizyjnych



Pomiarowa kamera termowizyjna V – 20 firmy VIGO System S.A.



Pomiarowa kamera termowizyjna VarioCAM® firmy JENOPTIK GmbH

Zalety badań termowizyjnych

- duża dokładność, szybkość i nieinwazyjność pomiaru (metoda bezkontaktowa),
- pomiar temperatury odbywa się na relatywnie dużej powierzchni,
- mierzone są wartości temperatury poszczególnych obszarów badanej powierzchni oraz identyfikowany jest zasięg obszarów izotermicznych,
- nie ma potrzeby wykwaterowania użytkowników budynku,
- pomiary odbywają się w czasie rzeczywistym oraz
- istnieje możliwość rejestracji termogramów w dużej ilości opcji, np. termogramów kolorowych, w skali szarości, w skali odwróconej, itp.

Wady metody pomiarowej:

- ograniczenie pomiarów budynków mieszkalnych, użyteczności publicznej i produkcyjnych do sezonu ogrzewczego (wymaganie minimalnej różnicy temperatury po obu stronach przegrody 10 K, **absolutne minimum to 5 K**, zaleca się 15-20 K), w przypadku magazynów chłodniczych jest to sezon letni,
- silne uzależnienie przeprowadzania pomiarów od dogodnych warunków pogodowych oraz
- wymaganie dobrego dostępu do budynku (kąt "patrzenia" kamery na badaną przegrodę powinien wynosić do 30°, jednak w wyjątkowych przypadkach nie powinien przekraczać 45°).

Ogólny opis i zakres zastosowania badań termowizyjnych w różnych dziedzinach

Badania termowizyjne znajdują zastosowanie w bardzo wielu dziedzinach, wszędzie tam, gdzie decydującą rolę odgrywa znajomość wartości temperatury badanej powierzchni:

wojsko (zastosowania militarne), przemysł (hutniczy, chemiczny, szklarski, samochodowy,), energetyka, elektronika, badania środowiska, ratownictwo (morskie, górskie, pożarowe), medycyna (chirurgia oparzeń, kardiochirurgia, choroby nowotworowe, stomatologia,, itp.) i oczywiście budownictwo.

Pomiary termowizyjne w budownictwie

Zakres typowych termograficznych badan budynków obejmuje:

- **badania termicznej obudowy budynków** (ściany zewnętrzne, dachy, stropodachy, połączenia balkonów ze ścianami, loggie, wykusze, itp.) w celu określenia rzeczywistego rozkładu temperatury na badanej powierzchni przegrody i ustalenie czy rozkład jest prawidłowy oraz ocenę jakości izolacji termicznej (badania od strony zewnętrznej i od strony wewnętrznej w wybranych pomieszczeniach), badania stropów i podłóg na gruncie z ogrzewaniem podłogowym,

- **analizę i ocenę rodzaju oraz zakresu defektów** spowodowanych np. brakiem lub pocienieniem izolacji termicznej, zawilgoceniem materiałów bądź infiltracją powietrza itp., głównie pod kątem identyfikacji liniowych i punktowych mostków cieplnych,
- **badanie rozkładu temperatury na wybranych elementach instalacji centralnego ogrzewania,** głównie na grzejnikach i przewodach rozprowadzających, w celu określenia prawidłowości działania urządzeń.

Niezależnie od wymienionych wyżej najczęstszych zastosowań w budynkach, metodę badań termograficznych można zastosować do:

- badania budynków zabytkowych, np. w celu identyfikacji materiałów wbudowanych w przegrody różnym okresie,
- wykrywania fragmentów zawilgoconych murów, do wykrywania położenia rur wodnych wewnątrz murów oraz do lokalizacji awarii rur wodnych przebiegających w murach i w posadzkach,
- badania stanu technicznego kominów i kanałów odprowadzających spaliny,
- lokalizacji uszkodzeń i oceny jakości izolacji cieplnej w sieciach grzewczych i wodociągowych,
- lokalizacji podziemnych sieci cieplnych i energetycznych.
- badania mostów i sklepień ceglanych,
- badania nawierzchni dróg, itp.

Zasady wykonywania pomiarów

Najważniejsze zasady wykonywania termograficznych badań budynków:

- minimalna różnica temperatury powietrza po obu stronach badanej przegrody powinna wynosić 10 K (**absolutne minimum to 5 K**). Doświadczenie pomiarowe autora wskazuje jednak, że najdokładniejsze wyniki badań uzyskuje się przy różnicy temperatury w granicach od 15 do 20 K,
- co najmniej na trzy dni przed pomiarami temperatura powietrza zewnętrznego powinna być stabilna i wynosić średnio od około 0 °C do około – 5 °C,
- badania należy wykonywać przy pełnym zachmurzeniu nieba wieczorem i w nocy,
- w czasie pomiarów temperatura powietrza zewnętrznego może się zmieniać nie więcej niż ± 5 °C, natomiast w pomieszczeniu ± 2 °C,
- w czasie pomiarów nie mogą występować opady atmosferyczne, mgła i smog, a prędkość wiatru nie powinna przekraczać 1,0-2,0 m/s.

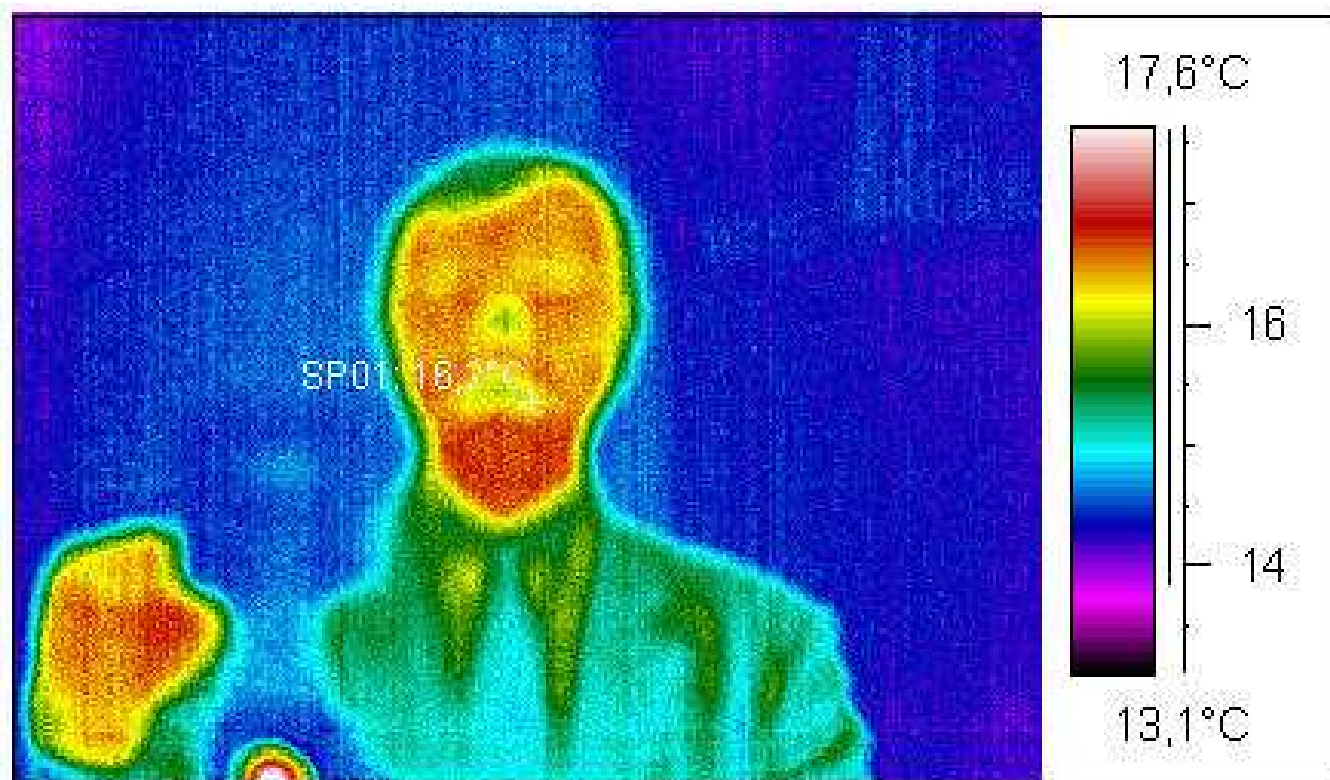
W trakcie pomiarów należy również uwzględnić współczynnik emisyjności badanej powierzchni dla promieniowania niskotemperaturowego, najczęściej odczytywany z tablic. Klasyczna metodyka przeprowadzania termograficznych badań budynków zaleca porównywanie otrzymanych termogramów z termogramami odniesienia, tj. termogramami uzyskanymi w badaniach laboratoryjnych, stanowiącymi wzorzec danego budynku bez wad lub termogramami uzyskanymi z pomiarów terenowych rzeczywistych budynków bez wad. Niestety, jak do tej pory w Polsce nie opracowano katalogu termogramów odniesienia dla budynków o różnej konstrukcji i przeznaczeniu. Interpretacja termogramów wymaga w tym wypadku skonfrontowania otrzymanych termogramów z dokumentacją techniczną budynku.

Interpretacja wyników badań

Bardzo istotnym ważnym elementem w procedurze diagnostyki termowizyjnej jest **właściwa interpretacja termogramów**, co jest głównie związane z **doświadczeniem pomiarowym**. Ma to znaczenie np. w sytuacji gdy badane powierzchnie mają niską emisyjność, gdy temperatura badanej powierzchni jest niższa od temperatury otaczającego powietrza lub gdy badana powierzchnia jest zakrzywiona.

Przy interpretacji termogramów należy również brać pod uwagę:

warunki pomiarów, różnicę temperatury powietrza po obu stronach przegrody, jej zmienność w czasie, dokumentację techniczną, rysunki detali architektonicznych, właściwości radiacyjne badanej powierzchni, informacje uzyskane od zleceniodawcy, od lokatorów, użytkowników budynku, itp.



**Obraz IR osoby wykonującej pomiary termowizyjne odbity od glazury
ściennej**

5. Podsumowanie

Termowizyjne badania budynków od wielu lat stanowią **bardzo precyzyjną i szybką metodę oceny jakościowej** głównie pod kątem lokalizacji wad w termicznej obudowie budynków, wpływających na miejscowe nieuzasadnione **zwiększanie strat ciepła (lub chłodu)**. Metoda badań w podczerwieni pozwala również na identyfikację miejscowych przedmuchów (infiltracji) zimnego powietrza zewnętrznego, powodujących lokalne wychładzanie badanych przegród, zwłaszcza połączeń dachowych. Termografia podczerwona daje bardzo duże możliwości w zakresie oceny strat ciepła z różnego typu budynków i może być z powodzeniem stosowana do ich badań pod kątem kompleksowego rozwiązania problemu oszczędności energii cieplnej w budynkach.

Metoda badań w podczerwieni służy do jakościowej oceny budynków, co oznacza że bez dodatkowych pomiarów, np. gęstości przepływającego przez przegrodę strumienia ciepła i kontaktowego pomiaru temperatury obu powierzchni przegrody, nie możemy wyznaczyć wartości współczynnika przenika ciepła tej przegrody.

Wieloletnie doświadczenie pomiarowe autora, a zwłaszcza badania budynków wykonanych w ciągu ostatnich 8-10 lat, pozwala na stwierdzenie, że termograficzne badania budynków powinny być obligatoryjnie stosowane przy technicznych odbiorach budynków przez inwestora. Dotyczy to zarówno budynków nowych jak i poddawanych procesowi termomodernizacji.