



WOJEWÓDZKI FUNDUSZ
OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ
W GDAŃSKU



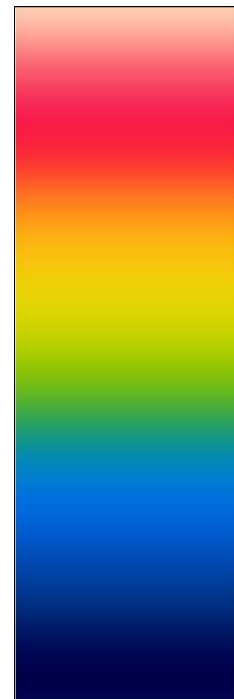
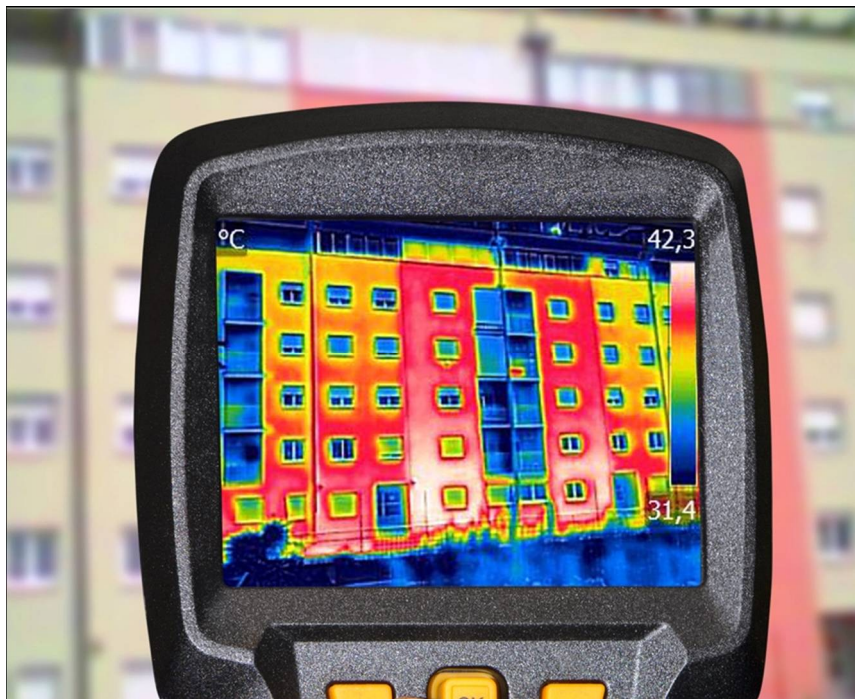
Ministerstwo
Klimatu i Środowiska



Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

DOFINANSOWANE ZE ŚRODKÓW WOJEWÓDZKIEGO FUNDUSZU OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ
W GDAŃSKU ORAZ NARODOWEGO FUNDUSZU OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ

ABC TERMOWIZJI DLA MŁODYCH



Warsztaty:
**Środki i metody oceny jakości energetycznej budynków
oraz ich diagnostyki energetycznej**

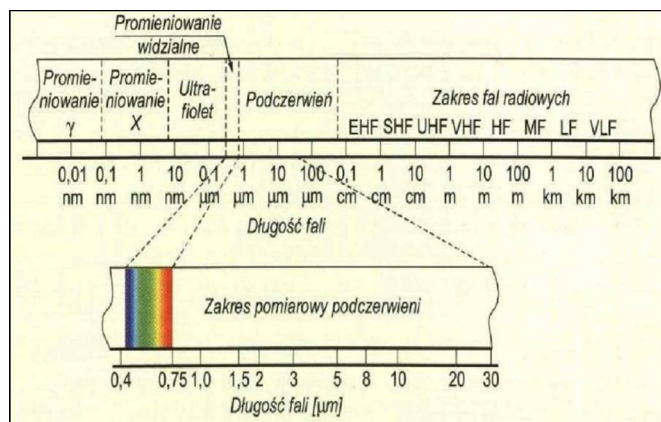
dr inż. Teresa Żurek



GDAŃSK

1. WPROWADZENIE

Promieniowanie elektromagnetyczne występujące w przyrodzie w zależności od długości fali dzieli się na: promieniowanie kosmiczne oraz promieniowanie gamma, promieniowanie typu X, promieniowanie ultrafioletowe, promieniowanie widzialne, promieniowanie podczerwone oraz mikrofałe i fale radiowe. (rys. 1.1).



Rys. 1.1
Podział promieniowania występującego w przyrodzie w zależności od długości fali [2]



Frederic W. Herschel

Początki termowizji sięgają 1800 roku, w którym niemiecki Astronom i konstruktor teleskopów **Frederick William Herschel** przeprowadzając eksperymenty mające na celu modernizację teleskopu, przez przypadek dokonał odkrycia działania promieniowania podczerwonego. Badając poszczególne kolory światła odkrył, że istnieją niewidoczne promieniowanie, które transmituje ciepło. Zostało ono nazwane promieniowaniem podczerwonym

Przez kolejne 100 lat odkrycie to nie znalazło praktycznego zastosowania.

Przyczyną rozwoju termowizji stała się dopiero I wojna światowa. Prace nad technologią jej wykorzystania prowadzone przez wojsko zaowocowały użyciem termowizji do lokalizacji samolotów, gdy przy użyciu tej metody wykrywano samoloty wroga już na odległość 1,5 km.

Termografia zaczęła się stawać bardziej popularna dopiero w drugiej połowie XX wieku. Pierwsza kamera termowizyjna powstała w 1960 r., jednakże ważyła ponad 60 kg i wymagała chłodzenia ciekłym azotem, co utrudniało jej wykorzystanie. Szersze zastosowanie kamer termowizyjnych nastąpiło dopiero w latach 90-tych ubiegłego wieku, kiedy wraz z rozwojem technologii kamery stały się bardziej praktyczne dla zastosowań, co umożliwiło ich wykorzystanie w wielu dziedzinach życia.

2. PODSTAWY TEORETYCZNE POMIARÓW TERMOWIZYJNYCH

Technika termowizyjna wykorzystuje znane zjawisko fizyczne polegające na emitowaniu fal elektromagnetycznych przez każde ciało o temperaturze wyższej niż zero bezwzględne ($0\text{ K} = -273^\circ\text{C}$).

Promieniowanie to nazywane jest:

- ⇒ ze względu na długość fali - promieniowaniem podczerwonym,
- ⇒ ze względu na właściwości - promieniowaniem cieplnym.

Intensywność promieniowania cieplnego jest proporcjonalna do temperatury ciała.

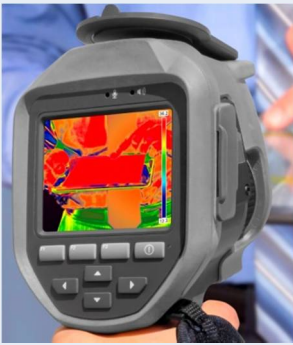

Tworzenie obrazu polega na:

- ⇒ rejestracji przez kamerę termowizyjną promieniowania emitowanego przez obserwowany obiekt,
- ⇒ przetworzeniu zarejestrowanego promieniowania na kolorową mapę temperatur.

Mierząc intensywność promieniowania podczerwone wysłanego przez dane ciało mierzymy pośrednio jego temperaturę. System termowizyjny pozwala więc mierzyć temperaturę na odległość - w wielu miejscach jednocześnie. Obraz, który powstaje w wyniku przetworzenia przez kamerę termowizyjną emitowanego przez dany obiekt promieniowania nosi nazwę termogramu. Termogram pokazuje więc rozkład temperatury na powierzchni badanego obiektu.

Interpretując termogram należy jednakże mieć na uwadze również to, że dany obiekt nie tylko emituje promieniowanie ciepłe, ale również odbija promieniowanie z otoczenia, a kamera termowizyjna tego nie rozróżnia. Należy więc wiedzieć, jaka jest emisyjność danej powierzchni czyli skuteczność, z jaką ciało emituje promieniowanie podczerwone, oraz refleksyjność czyli jak silnie je odbija. Wysokim współczynnikiem emisyjności charakteryzują się dielektryki takie jak guma, ceramika, szkło, natomiast metale (szczególnie polerowane) cechuje duża refleksyjność. Dokładne wartości emisyjności i refleksyjności różnych materiałów znaleźć można w tablicach fizycznych albo w materiałach udostępnianych przez producentów kamer termowizyjnych. Intensywność promieniowania docierającego do detektora podczerwieni w kamerze zależy od warunków atmosferycznych, takich jak nasłonecznienie (które powoduje powstawanie odbłasków i nagrzewa powierzchnie) i wiatr (który chłodzi obiekty) lub intensywne opady. Wpływ warunków atmosferycznych może powodować błędną interpretację i zafałszowanie wyników pomiarów. Dlatego badania należy wykonywać zwracając szczególną uwagę by warunki pogodowe były właściwe. Za właściwe warunki uważa się brak opadów atmosferycznych, mgławki czy mgły. Najlepiej wykonywać badania przy małych prędkościach wiatru. Pogoda winna być ustabilizowana (temperaturowo) w okresie 2-3 dni przed pomiarami jak i w trakcie pomiarów. Najdokładniejsze wyniki uzyskuje się w porze nocnej kilka godzin po zachodzie słońca. Dokładność pomiaru jest też funkcją ustalenia współczynnika emisji obiektu badanego oraz znajomości temperatury promieniowania otoczenia.

3. BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA KAMERY TERMOWIZYJNEJ

	<div style="text-align: right;">  </div> <p>Główne elementy kamery termowizyjnej to:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ detektor podczerwieni, ◆ obiektyw, ◆ procesor do obróbki obrazu.
---	---

Detektor podczerwieni

Detektor podczerwieni dokonuje zamiany promieniowania podczerwonego na sygnał elektryczny. Do tego celu służą odpowiednie przetworniki działające na zasadzie fotodiody.

Obecnie powszechnie stosowane są detektory termiczne (piroelektryczne, bolometryczne - niechłodzone). Do roku 1997 stosowano detektory fotonowe (półprzewodnikowe) - chłodzone.

Wraz ze zmianą temperatury detektora podczerwieni następuje zmiana jego właściwości materiałowych na przykład zmiana polaryzacji elektrycznej w detektorach piroelektrycznych, czy zmiana rezystancji w detektorach bolometrycznych.

Obiektyw kamery termowizyjnej

Układ optyczny podobny jest do zwykłej kamery światła widzialnego, a różni się przede wszystkim rodzajem szkła, z którego jest wykonana soczewka. Soczewka kamery termowizyjnej ma za zadanie przepuszczanie promieniowania podczerwonego, a zatrzymywanie światła widzialnego. W soczewkach tych nie stosuje się tradycyjnego szkła kwarcowego, a szkło wykonane jest z takich materiałów jak german, krzem, selenek cynku, szkło chalcogenidkowe czy szafir.

Zasada działania kamery termowizyjnej

Promieniowanie podczerwone „wpadające” przez obiektyw kamery wywołuje powstawanie rodzaju sygnału elektrycznego na poszczególnych detektorach matrycy. Sygnał ten będzie zmieniać się zależnie od intensywności padania na niego promieniowania podczerwonego.

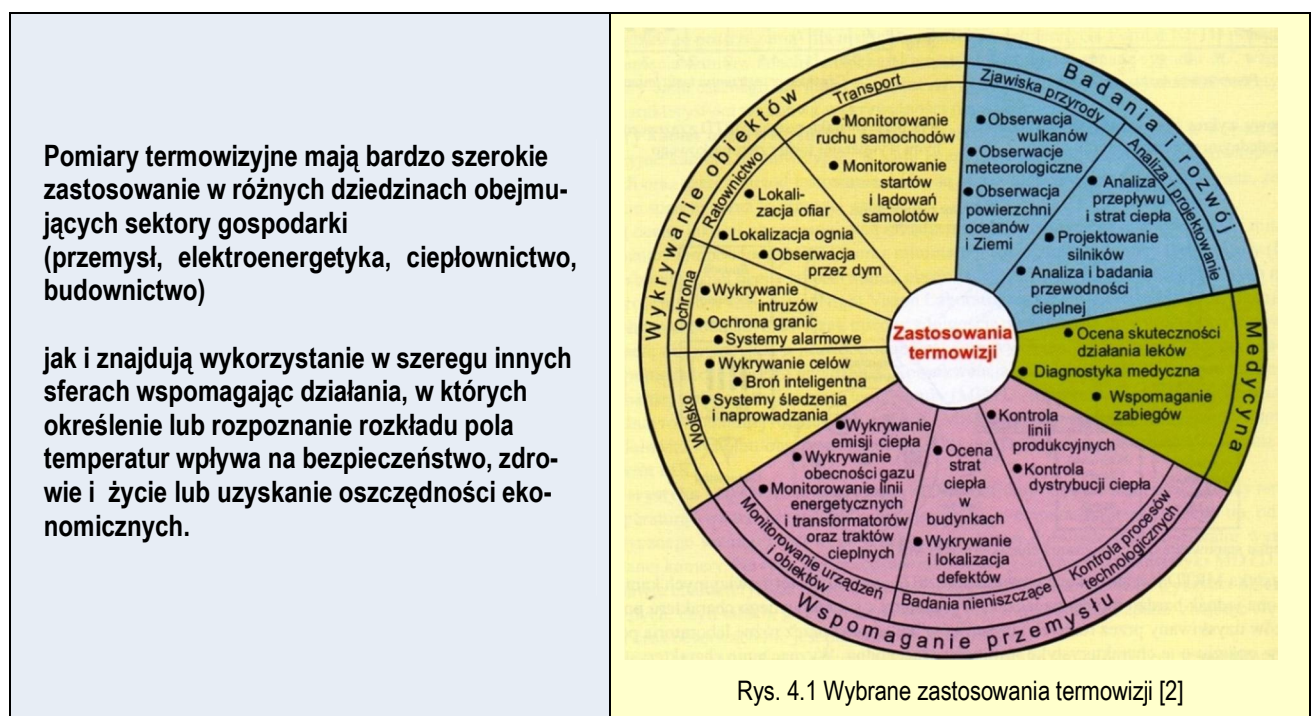
Układ przeszukiwania obrazu (punkt po punkcie, linia po linii) przekształca sygnał ten do postaci cyfrowej i takim widzimy go na wyświetlaczu kamery.

Termowizja jest, więc rodzajem termometru działającego na odległość, który pozwala nam, poprzez rejestrację różnic w poziomie promieniowania podczerwonego badanego obiektu, stworzyć jego obraz temperaturowy, który nazywamy termogramem.

Rozkład temperatury na badanych obiektach przedstawiany jest w postaci barwnych izoterm, gdzie jeden kolor odpowiada punktom o tej samej temperaturze.

System kamery termowizyjnej automatycznie dobiera tzw. skalę temperatur, która jest widoczna na zdjęciu. Najwyższa temperatura odpowiada górnemu końcowi skali a najniższa dolnemu. Paletę użytych barw może sobie użytkownik dobierać według własnych preferencji oraz od warunków w jakich najlepiej jest odwzorowywany obraz termalny badanego obiektu.

4. ZASTOSOWANIA BADAŃ TERMOWIZYJNYCH



Rys. 4.1 Wybrane zastosowania termowizji [2]

Badania termowizyjne umożliwiają między innymi:

- Nieinwazyjne wykrywanie wad technologicznych w budynkach.
- Badanie izolacyjności cieplnej przegród budowlanych (kontrola jakości prac budowlanych, wykrywanie błędów w dociepleniu, mostków cieplnych, zawilgoceń, nieszczelności obudowy budynku).
- Diagnostykę systemów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych w budynkach.
- Wykrywanie wycieków i nieszczelności

- (lokalizacja pęknięć w sieciach grzewczych i wodociągowych).
- Badania izolacji cieplnej rurociągów wodnych i parowych.
- Badania stanu cieplnego kominów i kanałów odprowadzających spaliny.
- Badania ścian kotłów oraz innych urządzeń grzewczych.
- Badania stanu izolacyjności chłodzi przemysłowych.
- Ustalenie lokalizacji podziemnych sieci energetycznych i cieplnych.
- Wykrywanie wadliwie pracujących maszyn i urządzeń (nadmierne przegrzanie).
- Diagnostykę stanu technicznego oraz pracy urządzeń elektrycznych (rozdzielnie, transformatory, linie elektroenergetyczne itp.).
- Kontrolę linii produkcyjnych
- Badania składów węgla (zapobieganie samozapłonom hałd węglowych).
- Zastosowania medyczne (ocena skuteczności działania leków, diagnostyka medyczna, wspomaganie zabiegów).
- Wykrywanie obiektów, w tym:
 - zastosowania wojskowe (wykrywanie celów, broń inteligentna, systemy śledzenia i naprowadzania),
 - ochrona ludzi i mienia (wykrywanie intruzów, ochrona granic, systemy alarmowe),
 - ratownictwo, policja i straż pożarna (lokalizacja ofiar, lokalizacja ognia, odnajdywanie zaginionych lub poszukiwanych osób),
 - transport (monitorowanie ruchu samochodów, startów i lądowań samolotów).
- Zastosowanie w archeologii i ochronie zabytków (uwidacznianie ukrytych pod ziemią traktów, fundamentów, grobowców itp., odkrywanie zakrytych tynkiem przemurowań lub niewidocznej polichromii pod warstwami przemalowań).
- Badania zjawisk przyrody (obserwacje meteorologiczne, obserwacje wulkanów, powierzchni Ziemi i oceanów)

5. DIAGNOSTYKA IZOLACYJNOŚCI CIEPLNEJ BUDYNKÓW

Szczególnym zastosowaniem badań termowizyjnych jest diagnostyka izolacyjności cieplnej budynków.

Stosowanie termowizji umożliwia:

- ⇒ Kontrolę jakości wykonania izolacji termicznej w nowych lub modernizowanych budynkach.
- ⇒ Ocenę stanu ochrony cieplnej budynków istniejących (wykrywanie lokalnych nieprawidłowości termicznych).

Na podstawie zdjęć termowizyjnych dokonuje się bezinwazyjnie jakościowej oceny izolacji, w tym występowania mostków cieplnych, czyli miejsc, w których właściwości termoizolacyjne są gorsze niż pozostałej części przegrody i gdzie ma miejsce wzmożona ucieczka ciepła z wnętrza budynku.

Zdjęcia termowizyjne najlepiej wykonywać jest w okresie zimowym przy temperaturze zewnętrznej nie wyższej niż 5°C.

Kamera umożliwia dobór odpowiedniej palety barw dla oznaczenia różnych temperatur.

Na zdjęciach termowizyjnych wykonanych od zewnątrz obszary „cieplejsze” (o wyższej temperaturze w porównaniu z temperaturą powietrza zewnętrznego) pokazują miejsca, przez które ucieka ciepło (im obszar cieplejszy, tym większe straty ciepła) oraz obszary „zimniejsze” – dobrze zaizolowane.

Robiąc zdjęcia kamerą termowizyjną od wewnątrz budynku poszukujemy najzimniejszych punktów. Zdjęcia termowizyjne wykonane od strony wewnętrznej należy interpretować odwrotnie – obszary zimniejsze świadczą o zwiększonej ucieczce ciepła, cieplejsze – o prawidłowej izolacji termicznej budynku.

Kontrola termograficzna elementów budynku obejmuje:

- oszacowanie typu i stopnia występowania ewentualnych defektów,

- określenie rozkładu temperatury powierzchni elementu przy użyciu detekcji promieniowania podczerwonego,
- stwierdzenie czy ten rozkład temperatury jest prawidłowy/nieprawidłowy

6. PODSTAWY NORMATYWNE I PROCEDURY PROWADZENIA BADAŃ DIAGNOSTYCZNYCH BUDYNKÓW

Sposób i zakres wykonywania badań termowizyjnych jest zawarty w normie:

PN-EN 13187 : 2001

Właściwości cieplne budynków – Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku – Metoda podczerwieni.

Metodę stosuje się do wstępnej identyfikacji zmian właściwości cieplnych części składowych obudowy budynków.

Procedura pomiarowa obejmuje interpretację obrazów cieplnych (termogramów).

- Obraz cieplny** – obraz wytwarzany przez system detekcji promieniowania podczerwonego przedstawiający rozkład pozornej temperatury promieniowania powierzchni.
- Termogram** – zapisany obraz cieplny (fotografia, VHS, DVD, plik).

Wyniki otrzymywane za pomocą termowizji powinny być interpretowane i szacowane przez osoby specjalnie przeszkolone do tego celu.

Uwaga:

***Termowizja nie jest metodą określania współczynnika przenikania ciepła (U) !
Termowizja jest metodą porównawczą do wykrywania wad izolacji cieplnej.***

Badań termowizyjnych nie stosuje się do ilościowego określania izolacyjności termicznej i szczelności na przenikanie powietrza !



Na dokładność pomiarów termograficznych ma wpływ wiele czynników towarzyszących.

Dokładny pomiar rozkładu temperatury wymaga dodatkowych zabiegów mających na celu określenie emisyjności badanej powierzchni, wyeliminowanie wpływu ewentualnych błędów w jej określeniu oraz określenie wpływu otoczenia na wynik pomiaru.

Z powodu tych trudności w termowizyjnych badaniach izolacyjności cieplnej budynków stosuje się podejście jakościowe - lokalizując miejsca o podwyższonej (lub w przypadku pomiarów od wewnątrz – o obniżonej) temperaturze i tym samym o nadmiernych stratach ciepła, ale nie dążąc do wyznaczenia dokładnej wartości temperatury.

Wyniki pomiarów tego typu mają charakter jakościowo-porównawczy.

Zewnętrzne badania termowizyjne budynków należy przeprowadzać w następujących warunkach:

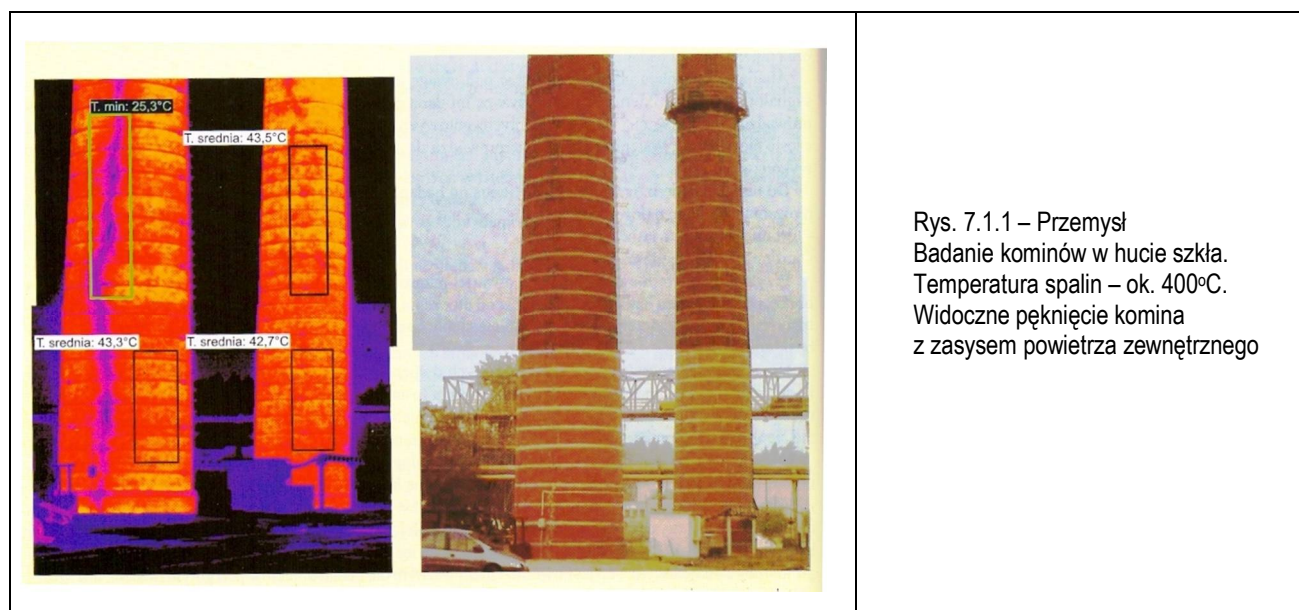
- ⇒ różnica temperatury pomiędzy temperaturą wewnętrzną w pomieszczeniach i temperaturą zewnętrzną nie powinna być mniejsza niż 20K,
- ⇒ pomiary należy przeprowadzać w warunkach braku oświetlenia słonecznego (dzień pochmurny - najlepiej rano lub po zachodzie słońca),
- ⇒ ściany budynku powinny być suche (zawilgocenie ścian powoduje obniżenie temperatury),
- ⇒ budynek powinien być stabilnie nagrzany (wybrać okres ustabilizowanej temperatury zewnętrznej),
- ⇒ okna w budynku powinny być zamknięte.

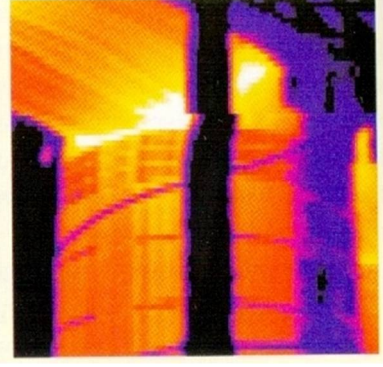
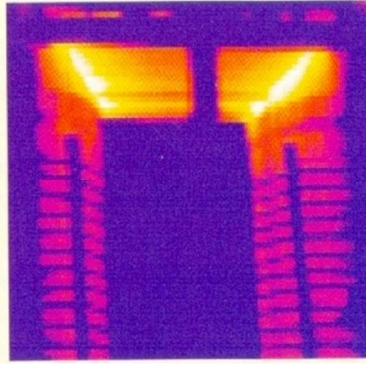
Procedury wymagane przy przeprowadzaniu badań termowizyjnych:

1. Analiza dokumentacji projektowej.
2. Określenie emisyjności materiałów powierzchniowych.
3. Zapis temperatury powietrza zewnętrznego, zachmurzenia, opadów i wilgotności zewnętrznej oraz ocena oddziaływania wiatru.
4. Określenie usytuowania budynku względem stron świata.
5. Określenie ewentualnego wpływu różnicy ciśnień (badania szczelności).
6. Określenie wpływu efektów wytwarzanych przez wentylowane warstwy powietrza w przegrodach budowlanych (np. ściana wentylowana).
7. Określenie wpływu oddziaływania lokalnych źródeł ciepła (ewentualne wyłączenie źródeł ciepła przed badaniami).
Usunięcie poza obszar badań mebli, obrazów – jeśli jest taka konieczność.
8. Określenie temperatury powietrza wewnętrznego i zewnętrznego z dokładnością do +/- 1°C.
9. Określenie przypuszczalnego rozkładu temperatury.
10. Badania termowizyjne – ocena rozkładu temperatury.
11. Porównanie rzeczywistego i spodziewanego rozkładu temperatury.
12. Identyfikacja defektów termicznych.
13. Raport termograficzny.

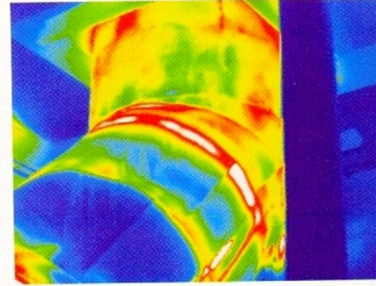
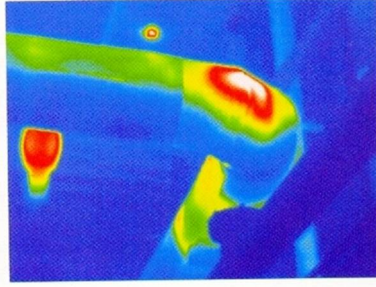
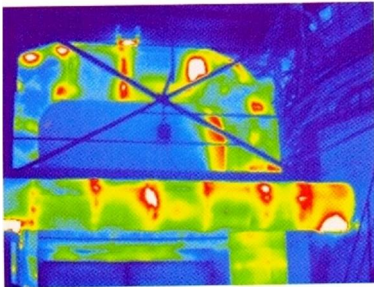
7. PRZYKŁADY TERMOGRAMÓW

7.1 Zdjęcia termowizyjne wykonane od zewnątrz

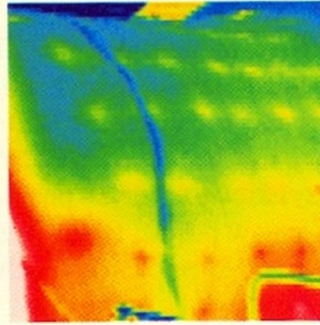
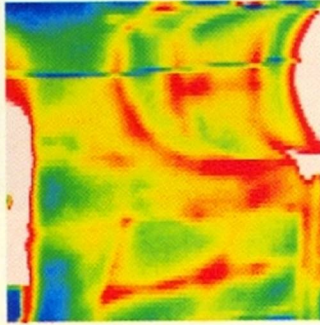




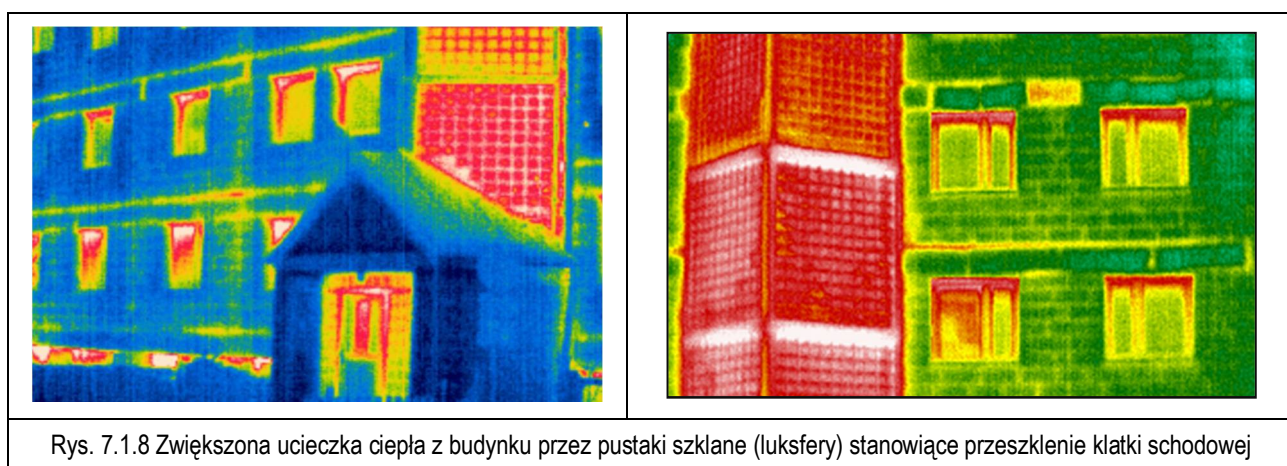
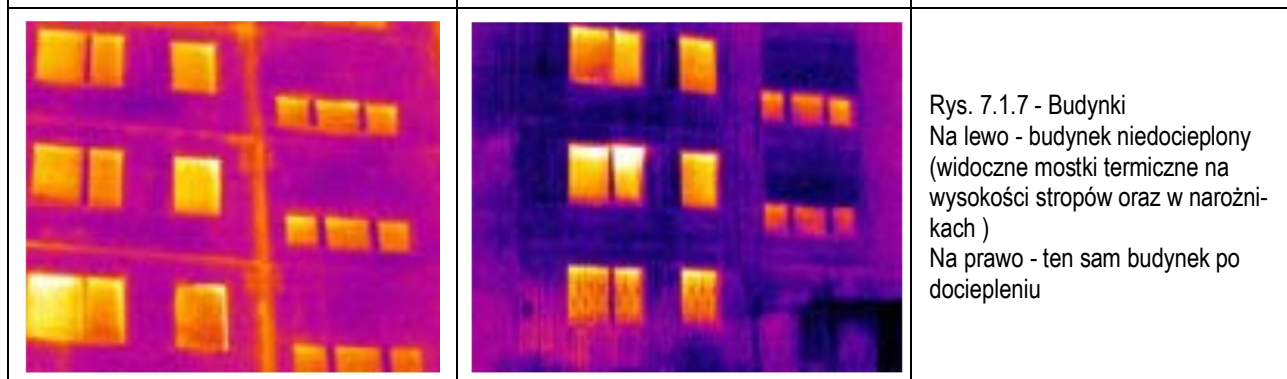
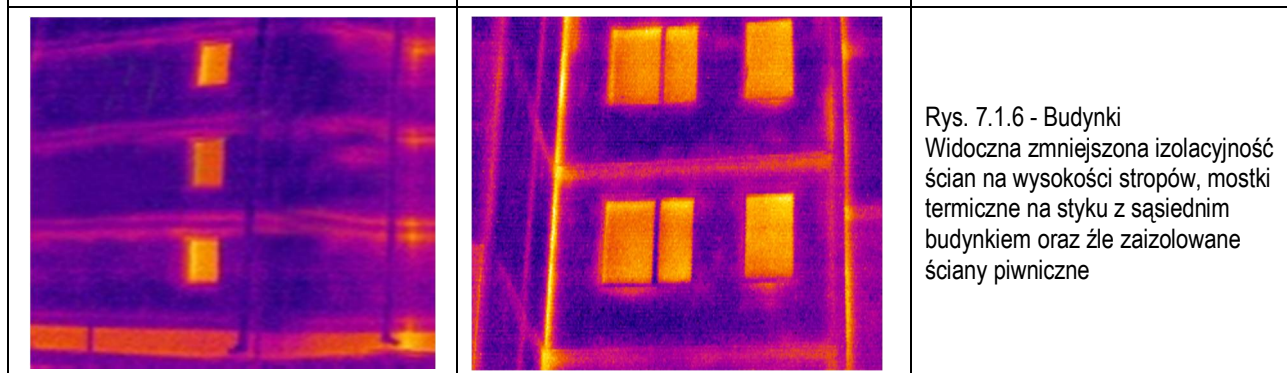
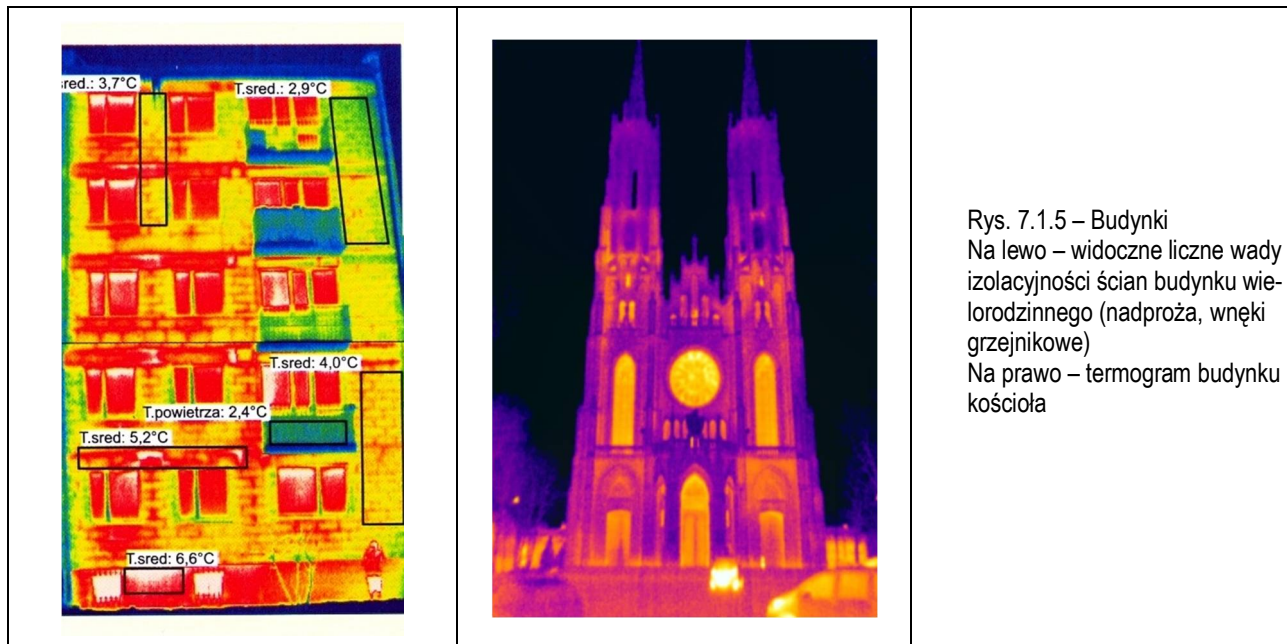
Rys. 7.1.2 - Energetyka
Rozkład temperatury na powierzchni rdzenia transformatora

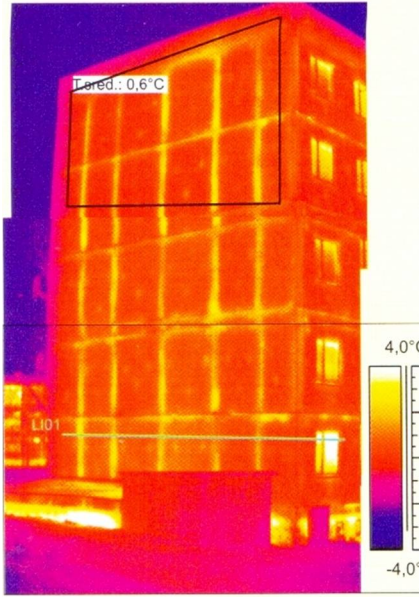
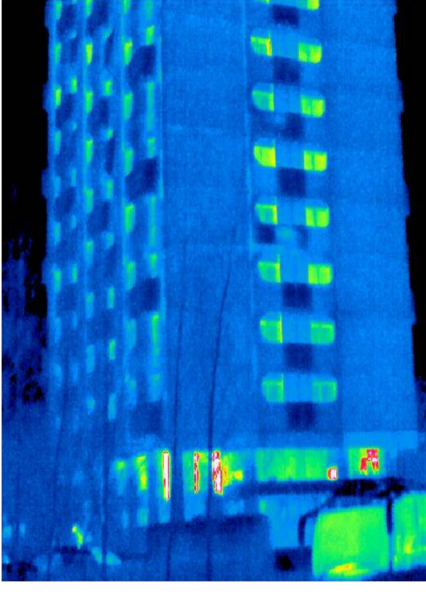
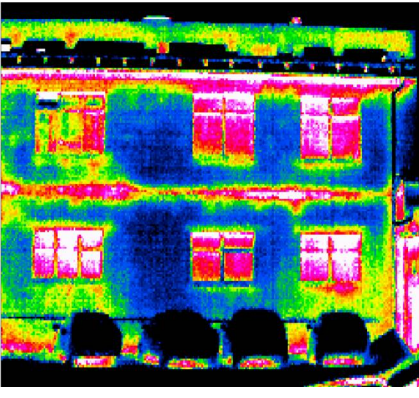
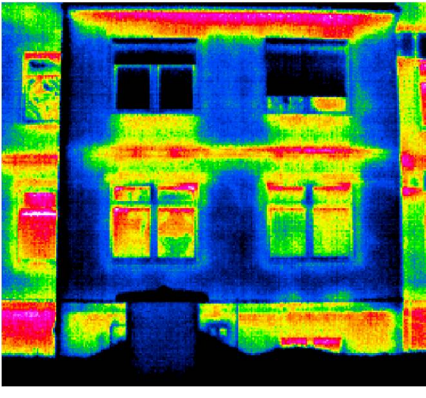

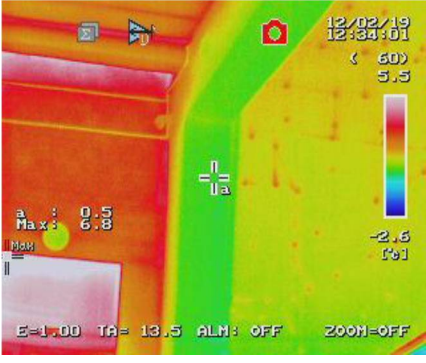

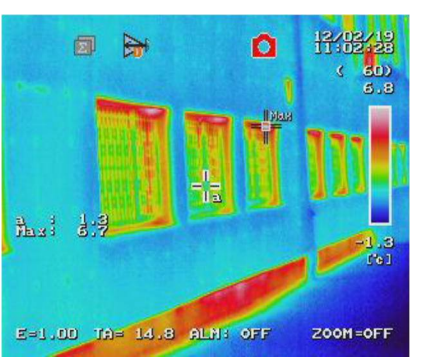


Rys. 7.1.3 – Ciepłownictwo
Badanie rurociągów.
Rozkład temperatury na powierzchni izolacji cieplnej rurociągów – widoczne anomalie temperatury

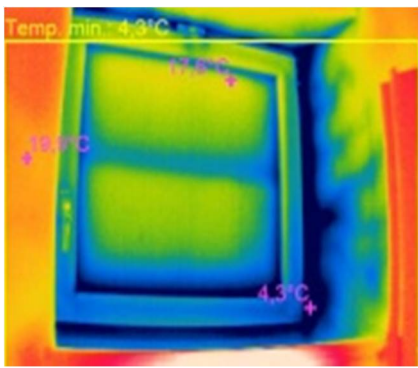
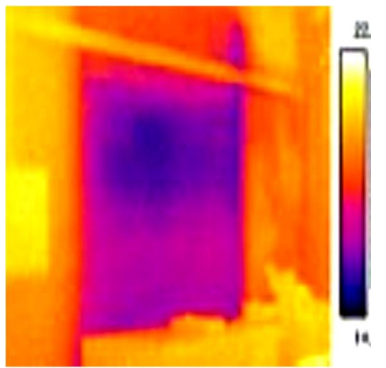
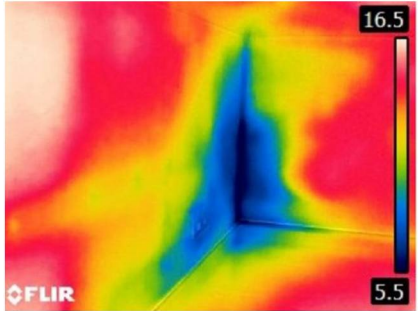



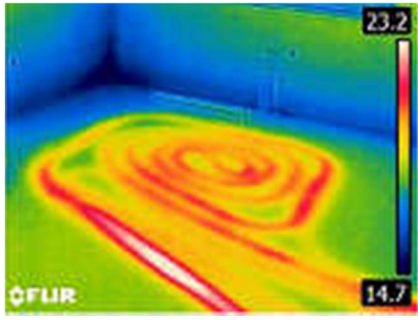
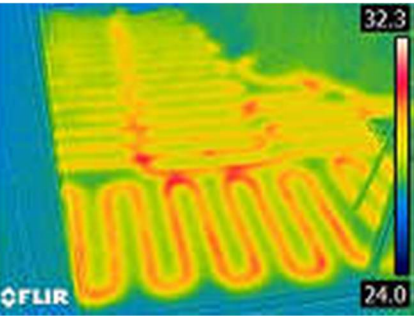
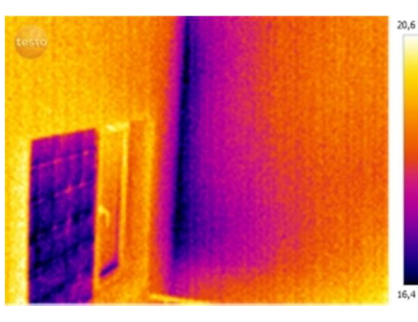
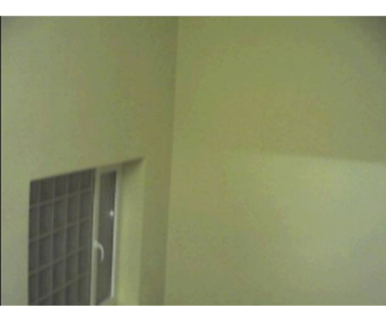


Rys. 7.1.4 – Ciepłownictwo
Badanie turbin
Rozkład temperatury na powierzchni izolacji cieplnej turbiny

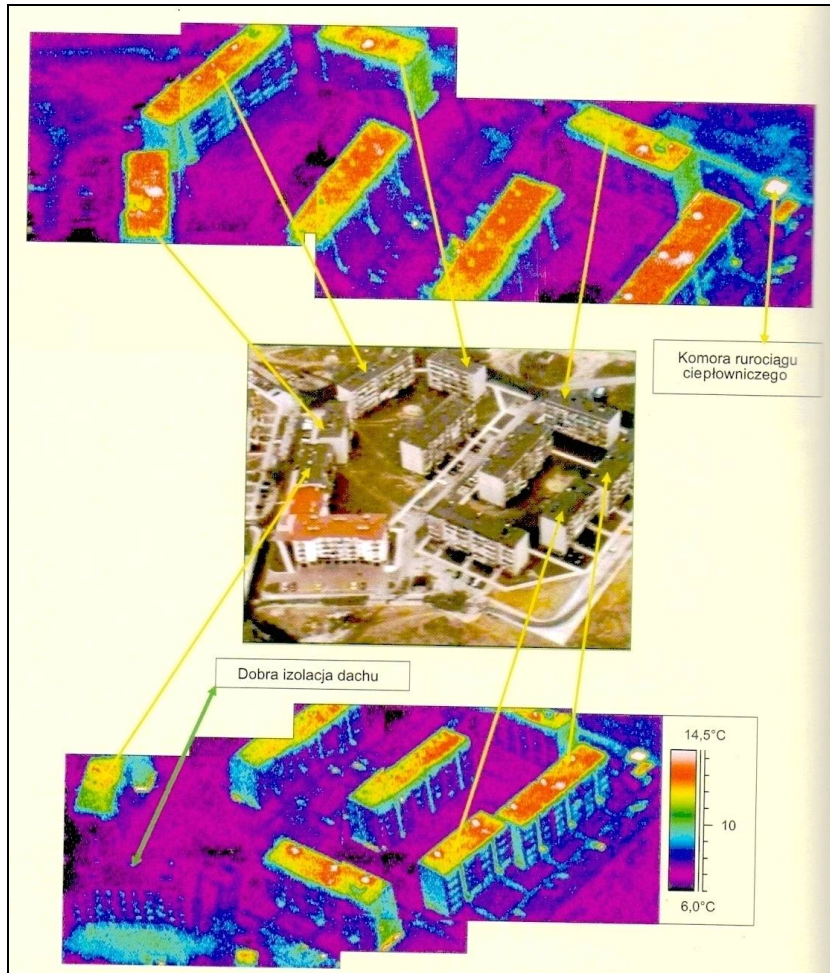


		<p>Rys. 7.1.9 – Budynki</p> <p>Na lewo — typowy obraz termiczny budynku z wielkiej płyty bez termomodernizacji</p> <p>Na prawo – budynek z wielkiej płyty po termomodernizacji</p>
		<p>Rys. 7.1.10 - Budynki</p> <p>Termogramy budynków ze ścianami zewnętrznymi docieplonymi od wewnątrz</p> <p>Widoczne mostki cieplne na fragmentach ścian niedocieplonych na poziomie stropów</p>
	 <p>12/02/19 12:34:01 (60) 5.5</p> <p>Max: 0.5 Min: 0.33</p> <p>U_a</p> <p>-2.6 t_{e1}</p> <p>E=1.00 TA= 13.5 ALM: OFF ZOOM=OFF</p>	<p>Rys. 7.1.11 - Budynki</p> <p>Niedociepłona ściana zewnętrzna i strop w podcieniach przejścia zewnętrznego przez budynek</p>
	 <p>12/02/19 11:02:28 (60) 6.8</p> <p>Max: 1.3 Min: 6.7</p> <p>U_a</p> <p>-1.3 t_{e1}</p> <p>E=1.00 TA= 14.8 ALM: OFF ZOOM=OFF</p>	<p>Rys. 7.1.12 - Budynki</p> <p>Duża ucieczka ciepła przez niedocieploną ścianę piwnicy ogrzewanej</p>

7.2 Badania budynków od wewnątrz

		<p>Rys. 7.2.1 Nieprawidłowo osadzone okno i zamurowane drzwi</p>
		<p>Rys. 7.2.2 Mostek cieplny i przechłodzenie ściany w narożniku</p>
		<p>Rys. 7.2.3 Przechłodzenie ściany i stropu na skutek zawilgocenia</p>
		<p>Rys. 7.2.4 Kontrola ogrzewania podłogowego</p>
		<p>Rys. 7.2.5 Mostek cieplny w narożniku i duże straty ciepła przez pustaki szklane</p>

7.3 Badania termowizyjne wykonywane z samolotu



Rys. 7.3.2
Przykładowy widok termowizyjnej **mapy strat ciepła** dla budynków w Gdyni, Rumii, Redzie i Wejherowie dostępnej na stronie internetowej OPEC Gdynia.
<https://opecgdy.com.pl/>

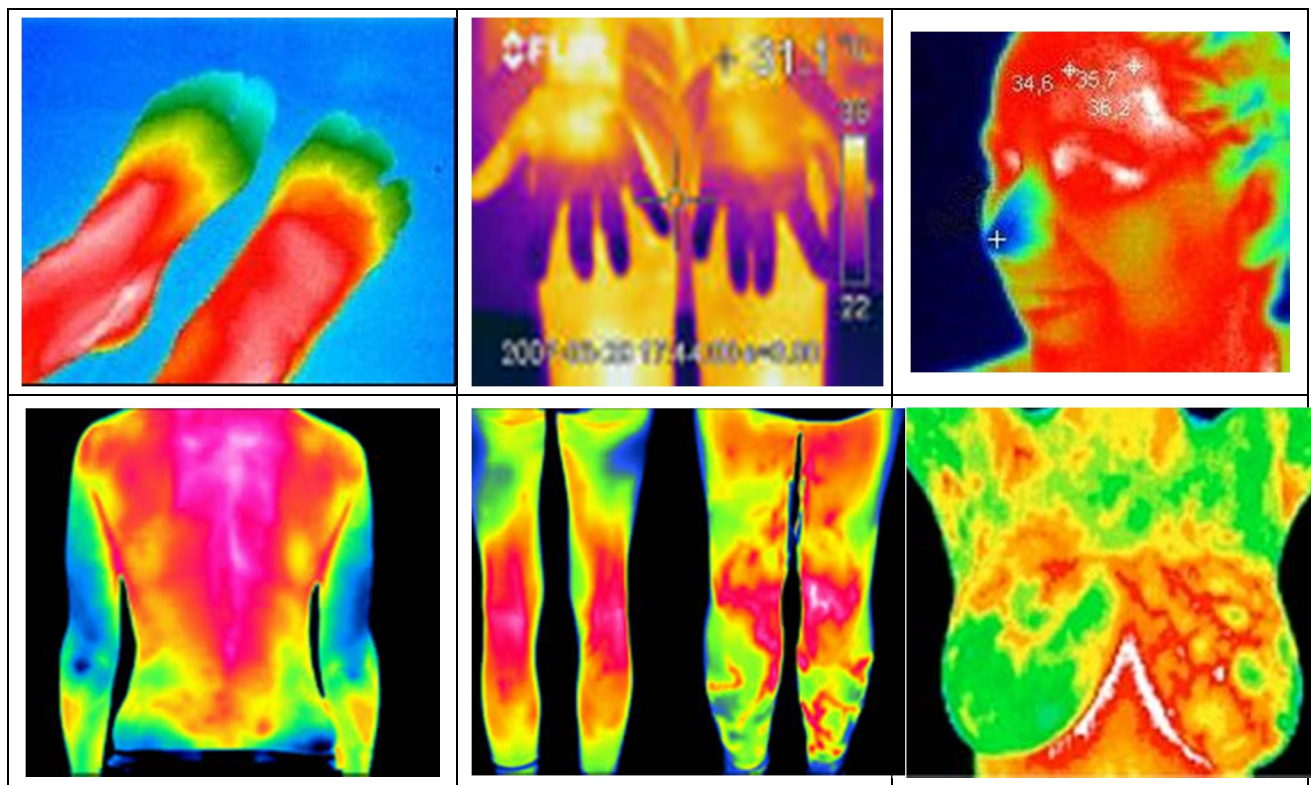


Rys. 7.3.1
Przykładowe badania termograficzne dachów miasta wykonane z powietrza

7.4 Przykłady innych zdjęć termowizyjnych

1. Zastosowania medyczne

Odmrożenia, zaburzenia krążenia, nowotwory



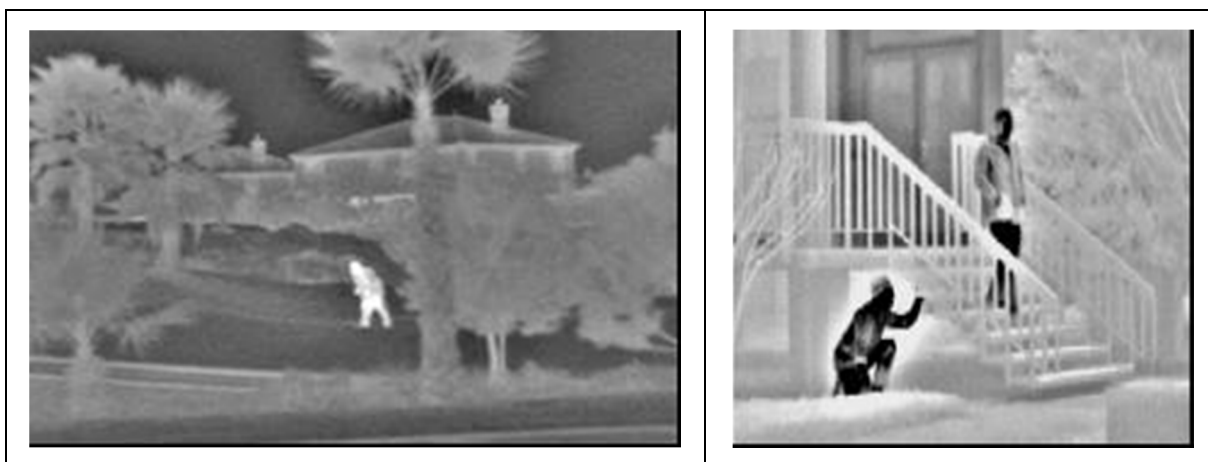
2. Weterynaria



3. Samozapłony hałd węglowych



4. Inne zastosowania – Policja, kryminalistyka



Termowizja jest szczególnie przydatna w poszukiwaniu zakopanych zwłok.

Detekcja jest możliwa w tym przypadku dzięki naruszeniu warstwy ziemi i tym samym zmianie jej pojemności cieplnej, obecności zwłok, co zmienia np. przepuszczalność wody, rozkładowi ciała, szczególnie wytworzeniu gazów gnilnych podnoszących temperaturę, a także pojawieniu się odmiennej flory i fauny.

Duże znaczenie w poszukiwaniu zwłok ma pogoda.

Optymalne wyniki osiąga się przy pogodzie pochmurnej, po deszczu, przy spadku temperatury powietrza, a w dni słoneczne o świcie i po zmierzchu.

Znaczenie ma też pora roku - w zimie udaje się na ogół odnaleźć zwłoki płytko zakopane albo leżące pod ciekłą warstwą śniegu.

Inne zastosowania termowizji to między innymi:

- poszukiwanie osób zaginionych
- wykrywanie obecności osób ukrytych.

W terenie odkrytym można ujawnić obecność człowieka z odległości 500 m, a ukrytego w lesie lub w wodzie z około 50 m.

8. PRZYKŁADY BADAŃ I ANALIZA ZDJĘĆ TERMOWIZYJNYCH

Przykładowa zawartość raportu z przeprowadzenia badań termowizyjnych

1. Rodzaj budynku i lokalizacja obiektu badań

2. Cel badań

Sprawdzenie izolacyjności cieplnej podstawowych przegród budowlanych budynku oraz identyfikacja mostków cieplnych i innych miejsc nadmiernej ucieczki ciepła.

3. Czas badań

Badania wykonano w dniu w godzinach

4. Warunki środowiskowe i techniczne badań

Badania wykonano w następujących warunkach pogodowych:

- temperatura zewnętrzna - ok. +5°C
- wietrzność – wiatr słaby od 5 do 10m/s
- temperatura wewnętrzna pomieszczeń w budynku - ok. + 20°C.

Dostępność optyczna - wystarczająca (miejscowo przysłonięcia drzewami).

5. Metoda i aparatura badawcza

W badaniach zastosowano metodę termograficzną, uzyskując barwne obrazy (termogramy), przedstawiające pole temperatury na obiekcie.

Wykorzystano aparaturę

Działanie aparatury opiera się na detekcji promieniowania podczerwonego (pasmo 8 do 14 mikrometrów) wysyłanego przez obiekt.

Określenie temperatury następuje samoczynnie dla każdego piksela obrazu po przeliczeniu energii i uwzględnieniu założonego przez operatora współczynnika emisyjności.

6. Wyniki badań

Wyniki badań przedstawiono w formie niniejszego sprawozdania zawierającego termogramy powierzchni zewnętrznych wraz z ich analizą.

Interpretacja wyników badań

W interpretacji pola temperatury należy w pierwszym rzędzie uwzględnić „bezwładność cieplną” budynku i przebieg temperatury otoczenia w ostatnich godzinach.

Ze względu na błąd pomiaru temperatury (określany przez wytwórcę aparatury – zwykle na plus minus 1 stopień), nie należy porównywać ze sobą termogramów na różnych stronach a tylko zgrupowane na tej samej stronie i uwzględniać różnicę temperatur między elementami.

W badaniach zewnętrznych dla dobrze izolowanych ścian ($U=0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$) obserwuje się termograficznie różnicę poniżej 1K między temperaturą powietrza a powierzchnią ściany poddaną wiatrowi poniżej 2 m/s.

Narożniki wewnętrzne są zawsze cieplejsze a zewnętrzne zimniejsze od najbliższego sąsiedztwa.

Do właściwej interpretacji wyników badań niezbędna jest znajomość konstrukcji ścian i wszystkich innych przegród ciepłochronnych.

Pole temperatury przedstawione jest w postaci termogramów (na ogół składanych), na których zamieszczone są następujące elementy analizy:

- wzorcowa paleta barw wraz z zakresem temperatur (paleta – tęczą),
- wydzielony obszar analizy (prostokąt, wielokąt lub koło), dla którego podana jest temperatura średnia, minimalna i maksymalna,

- linia wzdłuż której analizowany jest przebieg temperatur oraz określone temperatury minimalne i maksymalne,
- profile temperaturowe (rozkład temperatur) wzdłuż przebiegu linii,
- zaznaczony punkt, dla którego podawana jest temperatura w danym miejscu.

Etykiety towarzyszące zaznaczonym obszarom pomiarowym na termogramach zawierają wartości temperatury.

W przypadku termogramów powierzchni zewnętrznej, podana wartość temperatury jest temperaturą maksymalną zarejestrowaną w zaznaczonym obszarze.

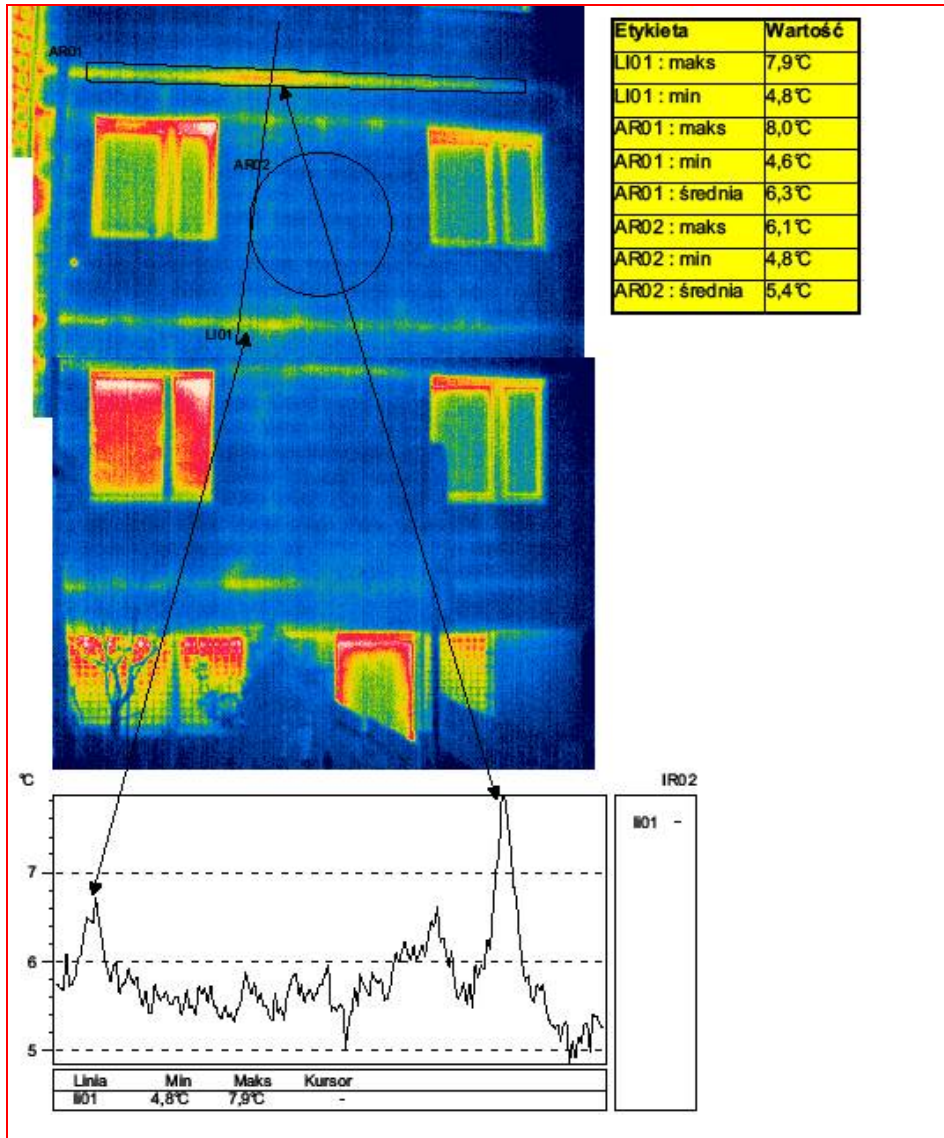
Jeżeli na termogramie przedstawia się powierzchnię wewnętrzną ściany (pomiar wykonywany od wewnątrz), wówczas na etykiecie podawana jest temperatura minimalna występująca w rozpatrywanym obszarze.

W przypadku przekrojów temperaturowych liniami LI(n), początkowi osi odciętych na wykresach rozkładu temperatury przyporządkowany jest koniec linii, który jest bliżej lewej krawędzi termogramu.

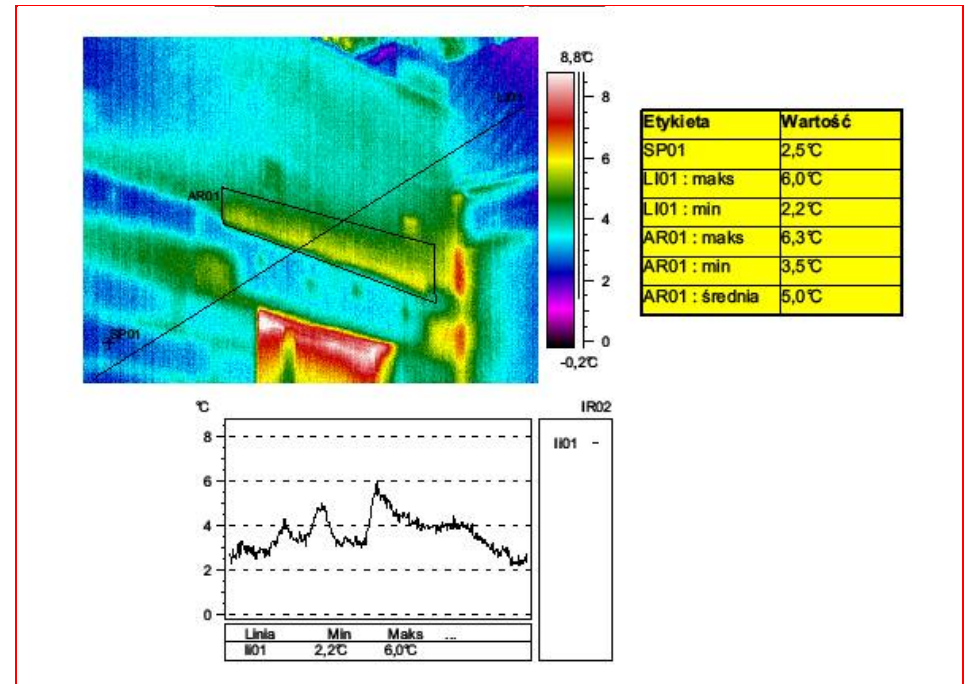
Uwaga:

Poniżej zamieszczono przykłady opracowane w oparciu o zdjęcia termowizyjne i analizy wykonane przez Gdańskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej.

PRZYKŁAD 1

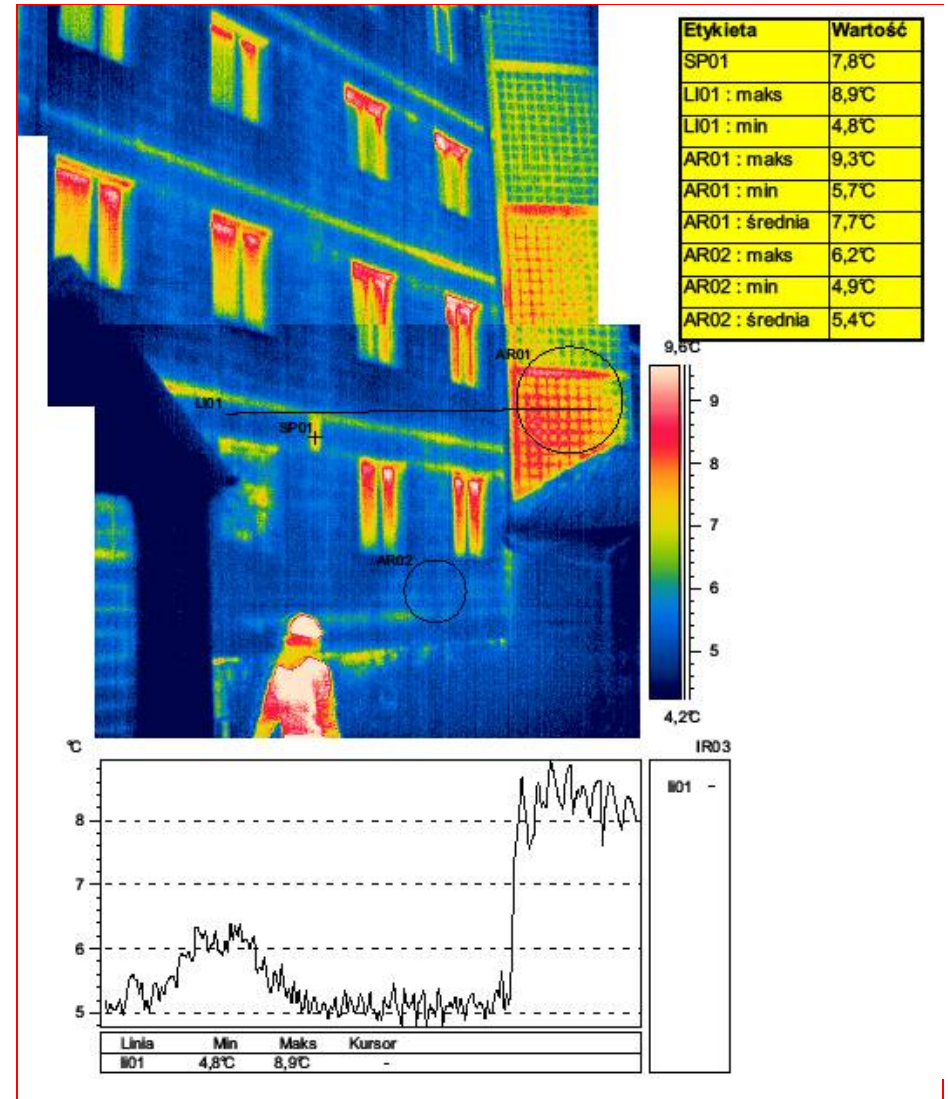
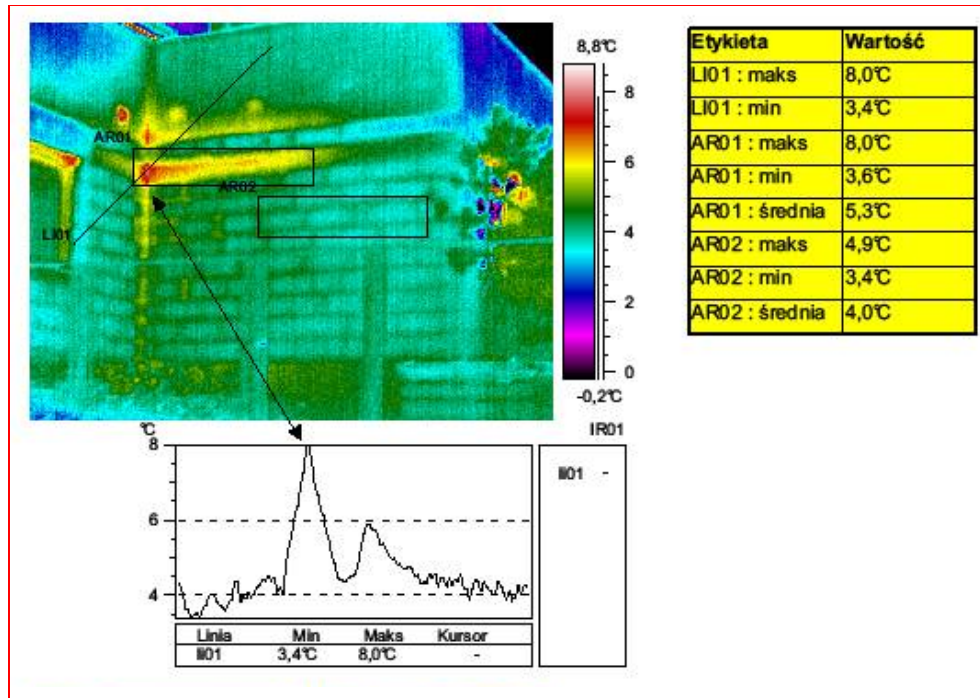


PRZYKŁAD 2

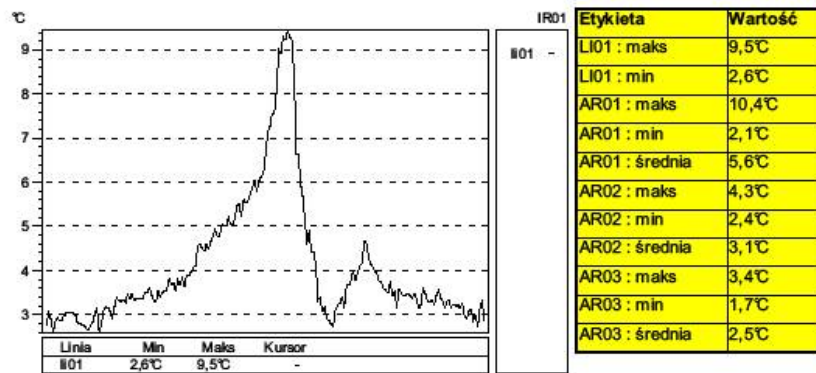
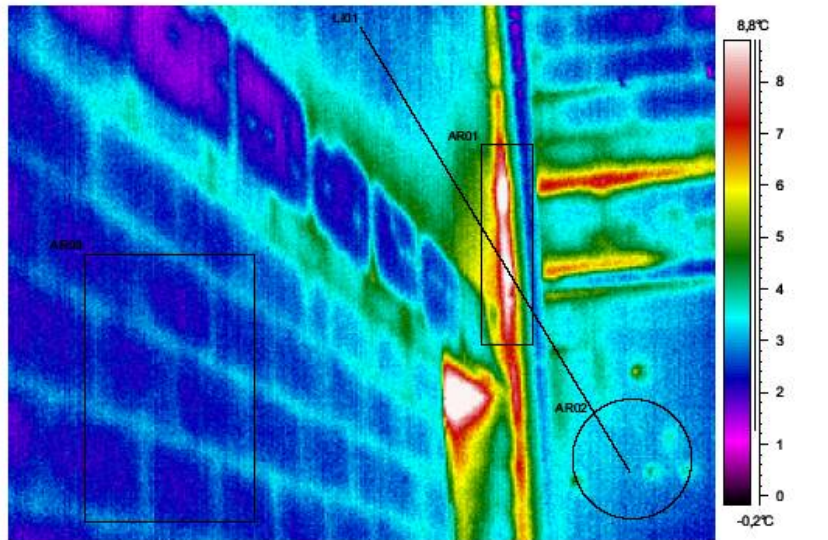


PRZYKŁAD 3

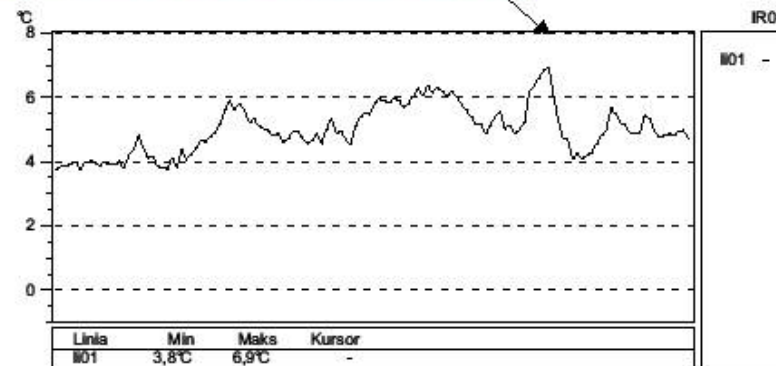
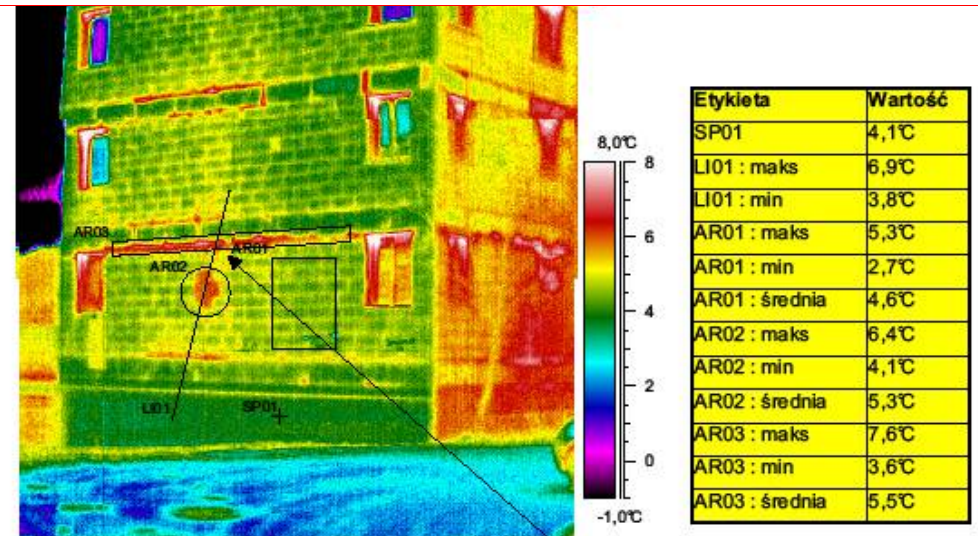
PRZYKŁAD 4



PRZYKŁAD 5



PRZYKŁAD 6



LITERATURA I ŹRÓDŁA

- [1] Norma PN-EN 13187 : 2001 Właściwości cieplne budynków – Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku – Metoda podczerwieni.
- [2] Pomiary termowizyjne w praktyce. Praca zbiorowa pod redakcją Henryka Madury. Agencja Wydawnicza PAKu, luty 2004 r.
- [3] R. Stachniewicz. Ocena stanu technicznego budynku i jego instalacji za pomocą termowizji. Materiały Budowlane, nr 1 – 2021 r.
- [4] R. A. Stachniewicz. Inspekcje termograficzne jako część procesu termomodernizacji. Materiały Budowlane nr 12 – 2022 r.
- [5] T. Kisilewicz. Termowizyjny pomiar izolacyjności termicznej ściany w budynku istniejącym. Materiały Budowlane nr 1 – 2022 r.
- [6] W. Kuźmiński. Mapy strat ciepła. Nowa Energia, nr 4 – 2020 r.
- [7] Termowizja i mapa strat ciepła dla mieszkańców. OPEC Gdynia. <https://opecgdy.com.pl/>
- [8] Zdjęcia termowizyjne udostępnione przez GPEC Gdańsk
- [9] Zdjęcia termowizyjne wykonane przez IMP AN w Gdańsku na potrzeby projektu ActNow.
- [10] Case study – interpretacja obrazu z kamery termowizyjnej. <https://www.inspekcjadomu.pl/porady/interpretacja-obrazu-z-kamery-termowizyjnej/>
- [11] Ciepłe mieszkanie ... czyli jak unikać strat ciepła w domu. <https://cieplemieszkanie.wordpress.com/zdjecia-przyklady/>
- [12] TERMOCERT Badania termowizyjne. <https://www.termocert.com.pl/termowizja-inne-zastosowania/38-termowizja-w-weterynarii.html>
- [13] W.A. Minkina, P. Rutkowski, W. A. Wild. Podstawy pomiarów termowizyjnych. Część I – Istota termowizji i historia jej rozwoju i Część II – Współczesne rozwiązania systemów termowizyjnych, błędy i metody. Agencja Wydawnicza PAKu I/2000.
- [14] W.A. Minkina. Podstawy pomiarów termowizyjnych. Część III – Problemy meteorologiczne, interpretacja wyników i Część IV - Pomiar temperatury ciał półprzezroczystych i poprzez te ciała. Agencja Wydawnicza PAKu 11/2001 i 4/2002
- [15] P.Rutkowski, W. Minkina, Pomiary termowizyjne – przyrządy i metody. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa – 2004 r.
- [16] W. Minkina, S. Dudzik. Termografia w podczerwieni – błędy i niepewności. PAK vol. 55, nr 11/2009.
- [17] K. Kaczyński, G. Dymny. Inspekcja instalacji elektrycznych za pomocą kamer termowizyjnych. Electro Info nr 3 - 2020 r.
- [18] F. Ratkowski, K. Szuchnik. Nowoczesne metody termografii w systemie monitorowania stanu sieci przesyłowych. Wiadomości Elektrotechniczne nr 9 – 2020 r.
- [19] K. Baran. Mobilna termografia w monitorowaniu zdrowia. Problemy Współczesnej Inżynierii. Wybrane zagadnienia elektrotechniki i elektroniki przemysłowej. Politechnika Lubelska - 2020
- [20] A. Szarek. Wykorzystanie zjawiska termografii do diagnostyki medycznej. Aktualne Problemy Biomechaniki, nr 4/2010.
- [21] A. Modrzejewska, M. Parafiniuk. Zastosowanie termografii w medycynie – przegląd literatury. Polska Platforma Medyczna – wrzesień 2020 r.
- [22] Termotesty.pl. Termowizja budynków zabytkowych. <https://termotesty.pl/tag/termowizja-budynkow-zabytkowych/>
- [22] J. Żurawski. Optymalizacja energetyczna budynków. Technologie poprawy efektywności energetycznej istniejących budynków. XXXIV Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji, Szczyrk – marzec 2019 r.