

dr hab. inż. Szymon Firląg<sup>1)\*</sup>

ORCID: 0000-0002-6276-3666

dr inż. Agnieszka Kaliszuk-Wietecha<sup>1)</sup>

ORCID: 0000-0003-2476-6951

dr inż. Artur Miszczuk<sup>1)</sup>

ORCID: 0000-0002-1743-1451

# Plan dekarbonizacji budynków w Warszawie – badania termowizyjne

## *Decarbonisation plan of buildings in Warsaw – thermal imaging studies*

DOI: 10.15199/33.2023.03.07

**Streszczenie.** Artykuł prezentuje wyniki pierwszego etapu prac nad planem dekarbonizacji budynków w Warszawie, co przyczyni się do poprawy zdrowia i komfortu życia jej mieszkańców, a jednocześnie przez zmniejszenie zapotrzebowania na energię do zminimalizowania problemu ubóstwa energetycznego. Celem tego etapu było wytypowanie budynków i ocenienie ich stanu technicznego pod kątem ochrony cieplnej za pomocą badań termowizyjnych.

**Słowa kluczowe:** potencjał termomodernizacyjny; dekarbonizacja; zmniejszenie zapotrzebowania na energię; budynki zero-emisyjne.

**Abstract.** This article presents the results of the first phase of work on a plan to decarbonise buildings in Warsaw, which will both improve the health and well-being of its inhabitants and, by reducing energy demand, minimise energy poverty. The first stage of this work was to select buildings and assess their technical condition in terms of thermal protection using thermographic researches.

**Keywords:** renovation potential; decarbonisation; energy demand reduction; zero emission buildings.

Warszawa, jako stolica Polski i jednocześnie największe polskie miasto, wciąż boryka się z problemem ogromnego zanieczyszczenia powietrza. Jest on związany z problemami komunikacyjnymi, ale przede wszystkim z budynkami, które na etapie eksploatacji charakteryzują się bardzo dużym zużyciem nieodnawialnej energii pierwotnej, a w efekcie ogromną emisją CO<sub>2</sub> i pyłów oraz innych zanieczyszczeń. Bardzo istotne jest zaplanowanie szybkiej drogi prowadzącej do poprawy parametrów energetycznych, a w konsekwencji minimalizowania emisji zanieczyszczeń [1]. Są to działania wpisujące się w koncepcję zrównoważonego rozwoju, zmierzające do tego, aby użytkowanie budynków na cele mieszkaniowe, biurowe i usługowe jak najmniej oddziaływało na środowisko naturalne. Podejście takie wpisuje się w proponowane przez Komisję Europejską zmiany w dyrektywie o charakterystyce energetycznej budynków w ramach „Fit for 55”. Najprawdopodobniej jej nowelizacja będzie kładła duży nacisk na roz-

sądne gospodarowanie istniejącymi zasobami budowlanymi i wspierała proces ich termomodernizacji. W ramach proponowanych zmian w dyrektywie wszystkie nowe budynki mają być zero-emisyjne od 2030 r. (budynki nowe będące własnością organów publicznych od 2028 r.), a wszystkie istniejące budynki powinny być w takie przekształcone do 2050 r. [2]. Będzie to ogromne wyzwanie dla Polski. Po pierwsze ze względu na miks energetyczny, w którym (w rozliczeniu rocznym) zero-emisyjne źródła wciąż stanowią mniej niż 20%, a reszta to paliwa kopalne. Po drugie ze względu na stan istniejących zasobów budowlanych. Znaczna ich część charakteryzuje się izolacyjnością cieplną przegród zewnętrznych niespełniającą obecnych wymagań [3] oraz małą efektywnością energetyczną systemów technicznych.

### Charakterystyka projektu

Projekt mający na celu opracowanie szczegółowego planu dekarbonizacji budynków Warszawy rozpoczął się we wrześniu 2021 r. Został zainaugurowany podpisaniem czterostronnego porozumienia pomiędzy Ambasadą Królestwa Danii w Warszawie, Miastem Stołecznym Warszawa, Politechniką War-

szawską i firmą Danfoss Poland. Obliczenia i analizy pokazujące jak zmniejszyć emisję dwutlenku węgla zostaną przeprowadzone przez studentów Politechniki Warszawskiej pod kierunkiem pracowników naukowych. Chęć uczestnictwa w projekcie potwierdziło ponad trzydziestu studentów z Wydziałów: Inżynierii Łądowej; Architektury oraz Instalacji Budowlanych; Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska. Pozwoliło to na stworzenie trzech interdyscyplinarnych zespołów pracujących nad wybraną grupą budynków mieszkalnych. Cały projekt został podzielony na dwa etapy: wykładowo-szkoleniowy oraz obliczeniowo-wdrożeniowy.

W ramach pierwszego etapu studenci odbyli wiele szkoleń uzupełniających ich wiedzę z dziedziny zrównoważonego rozwoju, adaptacji do zmian klimatycznych, rozwiązań dotyczących modernizacji systemów grzewczych, przygotowania c.w.u. i wentylacji oraz prowadzenia badań termowizyjnych. Zwieńczeniem tej części projektu był trzydniowy wyjazd studyjny do Danii, który obejmował zwiedzanie obiektów referencyjnych prezentujących najbardziej zaawansowane technologie zwiększające efektywność energetyczną. Organizatorem wyjazdu była firma

<sup>1)</sup> Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Łądowej

<sup>\*)</sup> Adres do korespondencji: szymon.firlag@pw.edu.pl

Danfoss posiadająca praktyczne doświadczenia w dekarbonizacji własnych obiektów. Dobrym przykładem jest niemal zeroemisyjna siedziba firmy w duńskim Nordborgu, która już w przyszłym roku będzie całkowicie neutralna klimatycznie. Wiedza i doświadczenie zdobyte na tym etapie zostaną wykorzystane w drugiej części projektu.

Każda z grup przygotowuje plan dekarbonizacji innych budynków. Analizowane obiekty obejmują budynki nowe wznoszone na przestrzeni ostatnich lat, budynki istniejące poddane częściowej termomodernizacji lub będące pod opieką konserwatora zabytków oraz budynki niepoddane żadnym działaniom termomodernizacyjnym. Wszystkie zostaną ocenione wg tych samych kryteriów obejmujących:

### 1) ocenę stanu istniejącego, w tym:

- analizę wizualną dotyczącą stanu elewacji, usytuowania względem stron świata, potencjału wykorzystania energii słonecznej, narażenia na przegrzewanie;
- opis otoczenia ze wskazaniem, co wymaga poprawy, identyfikację wyzwań społecznych, np. występowanie terenów sprzyjających integracji, rozwiązania zwiększające dostępność dla grup wrażliwych (niepełnosprawni, seniorzy, dzieci itp.);
- ocenę efektywności instalacji oraz stanu i możliwości dalszego użytkowania;
- ocenę przegród pod kątem izolacyjności cieplnej wg wymagań wynikających z Warunków Technicznych;
- raport z badań termowizyjnych obejmujący opis zdjęć termowizyjnych, analizę stanu przegród i identyfikację mostków cieplnych, określenie możliwych błędów montażowych i wykonawczych;
- określenie zużycia energii na potrzeby ogrzewania, przygotowania c.w.u. i pracy urządzeń pomocniczych w odniesieniu do obowiązujących europejskich, polskich i duńskich przepisów;
- określenie emisji CO<sub>2</sub> i zanieczyszczeń pyłowych w przypadku budynków z wykorzystaniem wskaźników publikowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, porównanie uzyskanych wielkości;

### 2) propozycje usprawnień dotyczących:

- przegród zewnętrznych – wymianę stolarki, docieplenie ścian i ościeży, izolację dachów i poddaszy, podpiwniczenia z uwzględnieniem wymagań dotyczących budynków zabytkowych;
- instalacji c.o. i c.w.u. pod kątem konieczności wymiany/modernizacji, zasadności zmiany źródła ciepła, możliwości i potencjału wykorzystania OZE, np. instalacja PV z pompą ciepła;
- strategii adaptacji do zmian klimatu, obejmującej możliwość wykonania zielonych ścian/dachów, dobudowy balkonów w celu zmniejszenia uciążliwości upałów, wykorzystania małej retencji wody (określenie potencjału gromadzenia deszczówki) oraz paneli PV jako elementów zacieniających;
- architektury i zagospodarowania terenu – zmiany w elewacji oraz możliwości zastosowania małej architektury, np. stojaków na rowery, zagospodarowania dostępnej przestrzeni i rozwiązań „prospołecznych”;

### 3) określenie efektów proponowanych usprawnień w odniesieniu do:

- redukcji zużycia energii i emisji CO<sub>2</sub> na bazie wykonanych modeli numerycznych wybranych budynków; prezentacja redukcji całkowitej i w przypadku poszczególnych usprawnień;
  - zmniejszenia kosztów ogrzewania, przygotowania c.w.u. oraz wyznaczenie szacunkowych kosztów inwestycyjnych;
  - istniejących planów modernizacji sieci ciepłowniczych w Warszawie – porównanie potencjału redukcji emisji wynikającej z modernizacji budynków oraz zmiana źródeł ciepła;
  - zasobów budowlanych Warszawy przez skalowanie efektów projektu uzyskanych w przypadku poszczególnych grup na pozostałe budynki mieszkalne.
- Pierwszym i niezmiernie ważnym działaniem z punktu widzenia całego projektu było wykonanie badań termowizyjnych trzech grup budynków, których wyniki przedstawiono w artykule.

## Badania termowizyjne jako narzędzie pierwszej kontroli

Termografia w podczerwieni, inaczej termowizja, pozwala zobrazować i zarejestrować pole temperatury powierzchni

ni badanych obiektów dzięki detekcji promieniowania podczerwonego, które jest przez nie emitowane. Efektem badania jest tzw. termogram, czyli obraz, na którym w wybranej paletce barw lub w odcieniach szarości przedstawione jest pole temperatury. Należy jednak pamiętać, że otrzymany obraz temperatury nie jest bezpośrednim przełożeniem gęstości strumienia emisji promieniowania od badanego obiektu, lecz zależy również od emisyjności powierzchni. Jest on sumą promieniowania podczerwonego emitowanego przez badany obiekt oraz promieniowania odbitego pochodzącego od innych obiektów i zależy od panujących warunków atmosferycznych, ponieważ część promieniowania podczerwonego może zostać pochłonięta przez dwutlenek węgla i wodę. Z tego powodu, w celu uzyskania dokładnych wartości temperatury, należy wykonywać badania w ściśle określonych warunkach oraz każdorazowo sprawdzić takie parametry, jak m.in. wilgotność względna powietrza, odległość kamery od obiektu, temperatura czy emisyjność powierzchni [4]. Nie powinno się wykonywać badań podczas słonecznych dni lub w nocy po nich. Ta nieinwazyjna i bezstykowa metoda badań wykorzystywana w budownictwie pozwala m.in. na:

- ocenę jakościową i ilościową izolacyjności cieplnej oraz jej elementów;
- wykrywanie defektów w obudowie zewnętrznej, liniowych i punktowych mostków termicznych;
- wykrywanie miejsc zawilgocenia przegród budowlanych;
- detekcję nieszczelności (miejsc infiltracji powietrza) w obudowie zewnętrznej;
- kontrole jakości wykonanych prac oraz jakości elementów, takich jak np. stolarka okienna;
- lokalizację przebiegu instalacji c.o. i c.w.u., elektrycznej oraz miejsc ich awarii.

Skala temperatury jest dobierana automatycznie na podstawie najwyższej i najniższej zarejestrowanej temperatury, dlatego też nie należy porównywać między sobą kolorów. Zmiana wartości temperatury na powierzchni konstrukcyjnych i geometrycznych mostków termicznych (niższa od pozostałych fragmentów przegród na powierzchni we-

wewnętrznej oraz wyższa od pozostałych fragmentów przegród na powierzchni zewnętrznej) jest związana z zaburzeniem/zmianą gęstości strumienia ciepłego w stosunku do pozostałej części przegrody [7]. Miejsca takie są bardzo niekorzystne nie tylko ze względu na zwiększoną stratę ciepła [8] oraz obniżenie komfortu użytkowania pomieszczenia (temperatura odczuwalna różna od temperatury powietrza wewnętrznego), ale również na obniżenie temperatury na wewnętrznej powierzchni mostka i ryzyko wystąpienia kondensacji powierzchniowej, a w jej efekcie rozwój grzybów pleśniowych groźnych dla mieszkańców budynku.

## Badanie i charakterystyka istniejących zasobów budowlanych

Opisany charakter badań termowizyjnych powoduje, że są one bardzo przydatne w ocenie parametrów cieplnych budynku i mogą stanowić punkt wyjścia do oceny stanu przegród obudowy zewnętrznej oraz całych obiektów zarówno starych, jak i nowo wznoszonych.

Pierwszy etap projektu obejmował badania pilotażowe wybranych kilkunastu budynków w Warszawie, podzielonych na 3 grupy:

■ **grupa 1** – budynki najnowsze, których projekty były wykonywane w ciągu ostatnich kilku lat, zgodnie z zastrzonymi wymaganiami dotyczącymi izolacyjności cieplnej przegród;

■ **grupa 2** – budynki wzniesione przed 1945 r., w których prowadzono działania termomodernizacyjne w ciągu ostatnich 20 lat, dzięki czemu poprawiono ich parametry w porównaniu ze stanem pierwotnym, ale odbiegają one znacznie od obecnych wymagań i standardów;

■ **grupa 3** – budynki wzniesione przed 1945 r., niepoddawane dotychczas żadnym procesom modernizacyjnym.

**Budynki z grupy pierwszej** znajdują się w nowym osiedlu, oddanym do użytkowania w 2021 r. Projekty budynków wykonano wg standardów WT 2017. Zaprojektowane zostały w konstrukcji monolitycznej żelbetowej. Ściany żelbetowe ocieplone ekspandowanym polistyrenem EPS o grubości

ok. 17 cm. Budynki pozyskują ciepło z węzła cieplnego o mocy powyżej 100 kW i są wyposażone w centralne ogrzewanie wodne, dwururowe.

**Budynki z grupy drugiej** znajdują się na Powiślu i Pradze. Zostały wybudowane w latach trzydziestych i czterdziestych XX wieku. Ich ściany wykonane są najczęściej z cegły ceramicznej pełnej i otynkowane tynkiem cementowo-wapiennym, stropy typu Kleina lub żelbetowe, a nad piwnicami stropy Kleina. W konstrukcji dachu występuje poddasze nieogrzewane lub stropodach wentylowany z niewielką przestrzenią (20 – 60 cm). Ściany zostały docieplone najczęściej styropianem EPS grubości 8 – 12 cm. Ściany nieogrzewanych piwnic są nieocieplone lub ocieplone styropianem grubości ok. 3 cm. Stropy pod poddaszami lub przestrzenie stropodachów są docieplone materiałem termoizolacyjnym o niewielkiej grubości w postaci mat lub granulatu. Okna w budynkach zostały najczęściej wymienione na zespolone z PVC lub drewniane. Źródłem ogrzewania jest instalacja centralnego ogrzewania zasilana z sieci miejskiej lub indywidualne kotłownie zasilane gazem ziemnym.

**Budynki z grupy trzeciej** znajdują się również na Powiślu i Pradze. Zostały wybudowane w latach trzydziestych ubiegłego wieku, a ich przegrody nie są docieplone. Konstrukcja budynków tradycyjna – fundamenty oraz konstrukcja nośna wykonane z pełnej cegły ceramicznej, ściany dwustronnie otynkowane tynkami cementowo-wapiennymi, które w większości obiektów są miejscami odspojone, brak jakiegokolwiek docieplenia. Konstrukcje stropów są typu Kleina na belkach stalowych, podobnie jak konstrukcja balkonów, a konstrukcje dachu najczęściej drewniane z pokryciem z papy termozgrzewalnej. Okna zostały najczęściej wymienione w ostatnich latach na nowe z PVC. Źródłem ciepła jest zazwyczaj indywidualny dwufunkcyjny kocioł gazowy na potrzeby c.o. i c.w.u.

## Wyniki badań termowizyjnych

Prawidłowa ocena stanu istniejącego obudowy termicznej budynku (przegrody zewnętrznych) odgrywa główną

rolę w racjonalnym wykorzystaniu energii niezbędnej do ogrzania budynku. Identyfikacja miejsc występowania oraz zasięgu liniowych i punktowych mostków ciepła jest szczególnie ważna w budynkach poddawanych termomodernizacji zarówno na etapie przed, jak i po zakończeniu procesu inwestycyjnego.

Miejsca nieciągłości lub braku izolacji cieplnej w elementach tworzących termiczną obudowę budynku skutkują różnicą wartości temperatury na powierzchni poszczególnych przegród. Od strony zewnętrznej przegrody występowanie mostków cieplnych widoczne jest na termogramach jako obszar o podwyższonej temperaturze. Rozkład wartości 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 [5].

Zwiększenie straty ciepła z pomieszczenia nie jest jedynym mankamentem mostków cieplnych. Obniżenie temperatury na powierzchni mostka może bowiem powodować kondensację pary wodnej, osiadanie kurzu i rozwój szkodliwych dla zdrowia grzybów pleśniowych, szczególnie w pomieszczeniach niewłaściwie wentylowanych [6].

Badania termowizyjne analizowanych budynków zostały przeprowadzone zgodnie z zaleceniami normy PN-EN 13187 [4]. Badanie przeprowadzono na początku 2022 r. kamerą termowizyjną. Podczas wykonywania pomiarów występowała zakładana różnica temperatury po obu stronach przegród zewnętrznych, zapewniająca optymalne warunki do prowadzenia badań termowizyjnych zimą i pozwalająca uzyskać dokładne wyniki badań. W ciągu 24 godzin poprzedzających badanie odnotowano wahania temperatury zewnętrznej nieprzekraczające zalecanego zakresu +/- 10 K. W dniach przeprowadzania badań nie wystąpiły opady atmosferyczne, a zachmurzenie było duże.

W pierwszej kolejności analizie poddano budynki z zabudową wielorodzinną etap III „Jaśminowy Mokotów”,



w przypadku których wykonano inspekcję termowizyjną kilka miesięcy po oddaniu osiedla do użytkowania (tj. w 2021 r.). Budowę osiedla rozpoczęto w 2019 r. Obowiązywały wtedy standardy techniczne dotyczące izolacyjności przegród budowlanych z 1.01.2017 r. Wymagania dotyczące współczynnika przenikania ciepła w przypadku większości przegród (w tym ścian zewnętrznych) zostały spełnione. Jedyne nieliczne przegrody mają współczynnik  $U$  różniący się o ok.  $0,03 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  od obowiązującego wtedy standardu. Wykonane zdjęcia pogrupowano pod kątem znalezionych potencjalnych usterek, zlokalizowanych w różnych elementach budynku.

**Elewacje i boniowania.** Analizując poszczególne elewacje budynków, zauważono liniowe mostki termiczne na połączeniach płyt EPS oraz w miejscach boniowania elewacji. Na fotografiach 1 i 2 widoczne są w podczerwieni poziome oraz pionowe boniowania, prawdopodobnie wykonane z zastosowa-

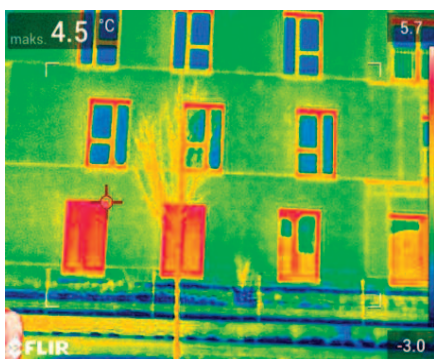
waniem izolacji termicznej. „Placki ciepła” na powierzchni elewacji mogą świadczyć o nieprawidłowym mocowaniu płyt izolacji termicznej do ścian (zbyt duża liczba nieregularnie rozmieszczonych kotew z „talerzykami” licowanymi/wgniecionymi w powierzchnię izolacji).

**Połączenia płyt stropowych ze ścianami.** Zidentyfikowano liniowe mostki termiczne w miejscach połączenia płyt balkonowych ze ścianą budynku. Na fotografiach 3 i 4 w podczerwieni widoczne są liniowe mostki termiczne wzdłuż styku płyty balkonowej/loggii ze ścianą zewnętrzną (wyższa o co najmniej  $1 \text{ K}$  temperatura względem pozostałej części elewacji). Dodatkowo można zauważyć punktowe źródło ciepła, najprawdopodobniej jest to pocienienie izolacji termicznej lub jej nieciągłość/nieszczelność.

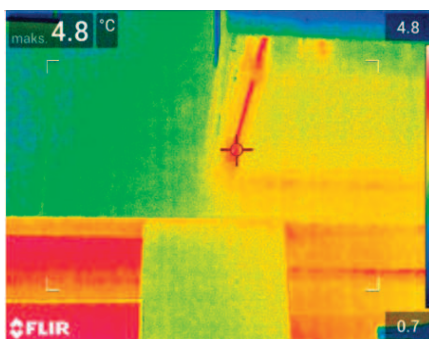
**Obrzeża okienne i drzwiowe.** Analizując zdjęcia termowizyjne stolarki okiennej i drzwiowej, zauważono istotne różnice wartości temperatury oscylujące wokół  $2,7 \text{ K}$  w przypadku okien

oraz  $5,2 \text{ K}$  w przypadku drzwi w porównaniu z temperaturą pozostałej powierzchni elewacji. Wystąpienie mostków cieplnych może być spowodowane niepoprawnym osadzeniem stolarki podczas budowy obiektu. Stwierdzono niewystarczający poziom izolacyjności ram okiennych i niewłaściwy sposób montażu (brak „ciepłego montażu” lub/i niewystarczające wyprowadzenie izolacji termicznej na ramę stolarki zewnętrznej). Na fotografii 5 w podczerwieni widoczny jest liniowy mostek termiczny na elewacji wzdłuż styku płyty balkonowej ze ścianą oraz nieprawidłowo wykonane obrzeża okienne, a na fotografii 6 liniowy mostek termiczny wynikający z nieprawidłowego montażu drzwi wejściowych do budynku.

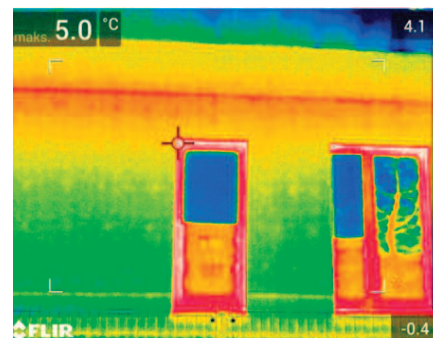
**Zawilgocenia.** Oprócz występujących mostków liniowych i punktowych na przegrodach poszczególnych budynków zauważono miejsca zawilgocenia przegród. Na fotografiach termowizyj-



Fot. 1. Zdjęcie termowizyjne elewacji północno-wschodniej budynku A  
Photo 1. Thermovision image of the north-eastern facade of building A



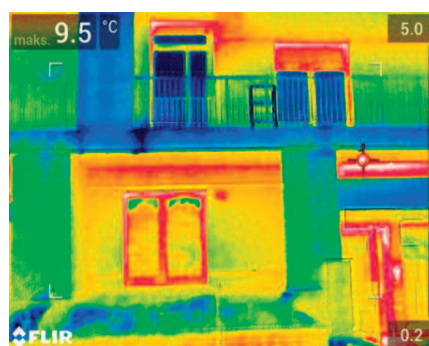
Fot. 3. Zdjęcie termowizyjne elewacji budynku D  
Photo 3. Thermovision image of the facade of building D



Fot. 5. Zdjęcie termowizyjne elewacji północno-zachodniej budynku A  
Photo 5. Thermovision image of the north-west facade of building A



Fot. 2. Zdjęcie termowizyjne elewacji południowo-zachodniej budynku F  
Photo 2. Thermovision image of the south-western facade of building F

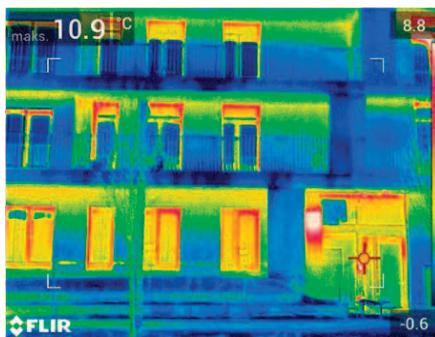


Fot. 4. Zdjęcie termowizyjne elewacji południowo-wschodniej budynku D  
Photo 4. Thermovision image of the south-eastern facade of building D

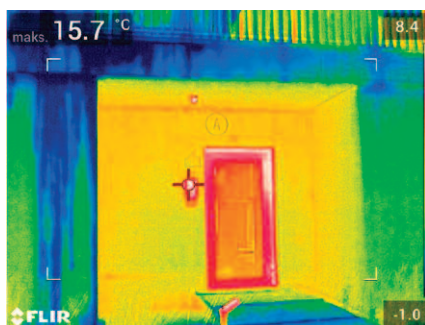


Fot. 6. Zdjęcie termowizyjne drzwi wejściowych umiejscowionych na elewacji południowo-wschodniej budynku D  
Photo 6. Thermovision image of the entrance door located on the south-eastern facade of building D

nych 7 i 8 widoczne są zacieki na szczytach płyt balkonowych. Zjawisko to mogło powstać na skutek opadów atmosferycznych, ale bardziej prawdopodobne jest występowanie nieszczelnych odwodnień poprowadzonych w izolacji płyt balkonowych i/lub niewystarczające wyprowadzenie obróbek blacharskich poza lico balkonu.



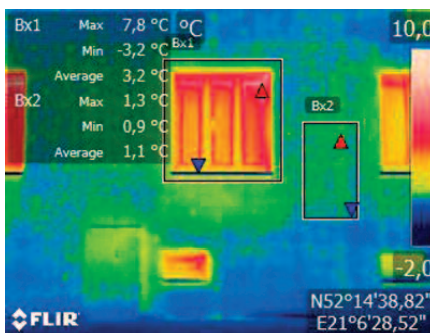
**Fot. 7. Zdjęcie termowizyjne elewacji północno-wschodniej budynku B**  
Photo 7. Thermovision image of the north-eastern facade of building B



**Fot. 8. Zdjęcie termowizyjne elewacji południowo-wschodniej budynku A**  
Photo 8. Thermovision image of the south-eastern facade of building A

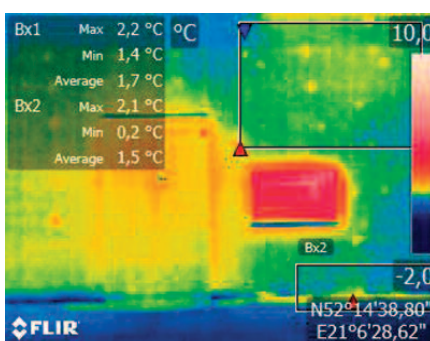
W drugiej kolejności analizie poddano istniejące budynki wielorodzinne zlokalizowane na warszawskiej Pradze i w Śródmieściu. Część z nich posiada ocieplone ściany zewnętrzne, ale ich parametry nie spełniają obecnie obowiązujących wymagań WT 2021 ( $U \leq 0,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ). Wykonane zdjęcia pogrupowano pod kątem znalezionych potencjalnych usterek, zlokalizowanych w różnych elementach budynku.

**Elewacje.** Widoczna na fotografii 9 ocieplona ściana frontowa budynku ma niejednorodny rozkład temperatury, co najprawdopodobniej oznacza zastosowanie różnego rodzaju płyt izolacyjnych. Mostek liniowy przy otworze okiennym (fotografie 9, 10) jest naj-



**Fot. 9. Pierwsze termowizyjne zdjęcie elewacji północnej budynku przy ul. Osowskiej 25**

Photo 9. The first thermovision image of the northern facade of the building at Osowska street 25

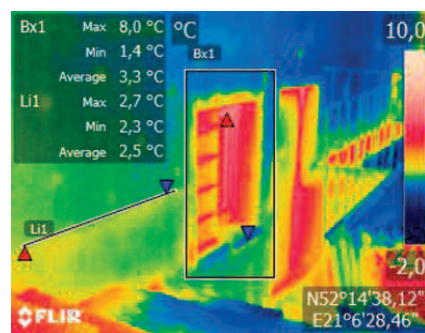


**Fot. 10. Drugie termowizyjne zdjęcie elewacji północnej budynku przy ul. Osowskiej 25**

Photo 10. The second thermovision image of the northern facade of the building at Osowska street 25

prawdopodobniej spowodowany niedostatecznym ociepleniem węgaraka, a widoczny obszar o podwyższonej temperaturze to skrzynka przyłączeniowa. Podobnie jak w przypadku osiedla zlokalizowanego na Mokotowie, na powierzchni elewacji widoczne są „placki ciepła”, świadczące o nieprawidłowym mocowaniu do ścian płyt izolacji termicznej oraz jej nieciągłości.

**Stolarka okienna i obrzeża okienne.** Na fotografiach 11 i 12 widoczne jest ocieplenie ściany zewnętrznej bez wywinięcia na węgarek okienny. Występuje również zmiana materiału izolacyjnego w połowie okna piwnicznego; materiał izolacji ściany „wyciągnięty” jest w dół na wysokość ok. 8 cm poniżej stropu parteru. Fotografia 11 pokazuje „mostkowanie schodków” spowodowane tym, że dochodzą one do ściany (bez zastosowania przekładki z izolacji termicznej). Dodatko-

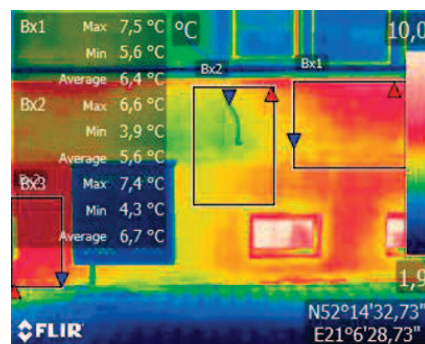


**Fot. 11. Zdjęcie termowizyjne elewacji południowej budynku przy ul. Osowskiej 25**

Photo 11. Thermovision image of the southern facade of the building at Osowska street 25

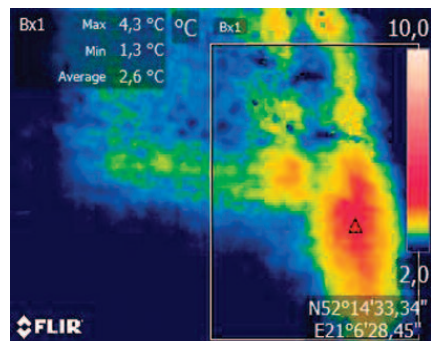
wo zauważono, że okna piwnicy (fotografia 12) odznaczają się gorszymi parametrami izolacyjnymi niż okna wyższych kondygnacji.

**Instalacje wewnętrzne.** Kolejnym problemem uwidocznionym z wykorzystaniem termografii (fotografia 13) są prawdopodobnie zwiększone straty



**Fot. 12. Zdjęcie termowizyjne elewacji wschodniej budynku przy ul. Osowskiej 25**

Photo 12. Thermovision image of the eastern elevation of the building at Osowska street 25



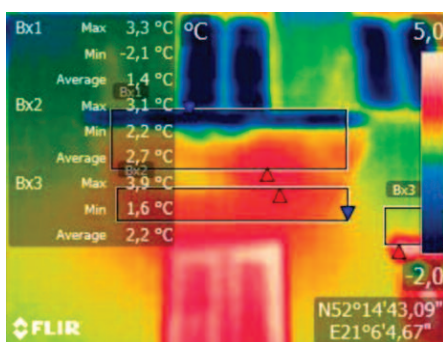
**Fot. 13. Zdjęcie termowizyjne elewacji północnej budynku przy ul. Osowskiej 25**

Photo 13. Thermovision image of the facade north of the building at Osowska street 25



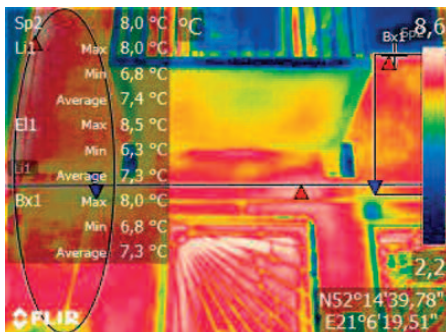
ciepła spowodowane prowadzeniem instalacji i lokalizacją grzejników pod oknami. Może to wskazywać na instalację centralnego ogrzewania prowadzoną na ścianie zewnętrznej lub w bruzdach.

**Płyty balkonowe.** Na fotografii 14 widoczna jest niejednorodna struktura ściany oraz płyty balkonowej, która nie została ocieplona. Balkony po przeprowadzonym remoncie/termomodernizacji (fotografia 15) mają lepsze parametry termiczne, ale nadal charakteryzują się wysoką liniową stratą ciepła w miejscu ich połączenia ze ścianą.



**Fot. 14. Zdjęcie termowizyjne elewacji wschodniej budynku przy ul. Lubartowskiej 21**

Photo 14. Thermovision image of façade at Lubartowska street 21

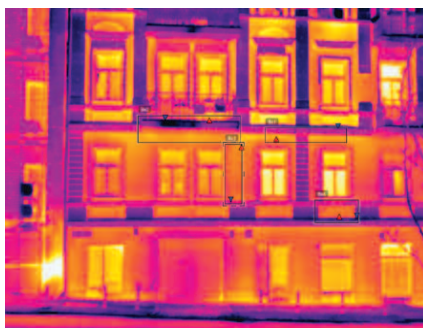


**Fot. 15. Zdjęcie termowizyjne elewacji zachodniej budynku przy ul. Zana 16**

Photo 15. Thermovision image of the western facade of the building located at Zana street 16

Wykonane badania ponownie wskazały na mostki ciepłe wokół otworów okiennych (fotografie 14 i 15) oraz na istnienie okien o różnych parametrach izolacyjności cieplnej. Widoczne są również znaczne uszkodzenia i ubytki tynku oraz zawilgocenie płyty balkonowej. Podwyższona temperatura powierzchni występuje w miejscu nadproży okiennych.

W budynkach nieocieplonych widoczną jest zmiana gęstości strumienia ciepła wynikająca ze zmieniającej się grubości elewacji oraz liniowe mostki termiczne przy płytach balkonowych, a także otworach okiennych (fotografia 16).



**Fot. 16. Zdjęcie termowizyjne elewacji odnowionego budynku przy ul. Kopernika 23**

Photo 16. Thermovision image of the facade of the renovated building at Copernicus street 23

## Wnioski

W przypadku budynków wzniesionych w ciągu ostatnich lat (grupa pierwsza) występują jedynie lokalne wady na powierzchni elewacji oraz w miejscach osadzenia stolarki (izolacja nie nachodzi na ramę okienną). Są to najczęściej liniowe mostki termiczne, których współczynniki przenikania ciepła nie odbiegają znacznie od miejsc sąsiednich, ale mogą być istotne ze względu na ich dużą liczbę i długość. Zjawiskiem, które również jest widoczne, są liniowe mostki termiczne na połączeniach płyt balkonowych ze ścianami budynków. Nie dotyczy to jednak wszystkich takich połączeń w nowo wznoszonych budynkach.

Przegrody zewnętrzne budynków wzniesionych przed 1945 r. (badane budynki na warszawskiej Pradze) charakteryzują się licznymi mostkami termicznymi w miejscach takich, jak połączenia płyt balkonowych ze ścianami zewnętrznymi, nadproża, naroża ścian zewnętrznych. Widoczne są zwiększone straty ciepła przez otwory okienne oraz brak ocieplenia ścian zewnętrznych lub ich ocieplenie bez zaizolowania węgar. Dodatkowo, stropy nad piwnicą nie zostały ocieplone, co generuje dodatkowe straty w miejscu ich łączenia ze ścianami zewnętrznymi.

Mostkami termicznymi o największym znaczeniu z punktu widzenia strat ciepła w budynkach, w których dotychczas nie przeprowadzono termomodernizacji, są połączenia płyty balkonowej z ścianą zewnętrzną oraz stropu parturu z ścianą piwnicy (cokoły). Należy również zwrócić uwagę na niewłaściwą izolacyjność termiczną okien, które znacznie odbiegają parametrami od współczesnych standardów, co przekłada się nie tylko na znaczne straty ciepła, ale również na komfort użytkownika pomieszczeń w takich budynkach.

Przeprowadzone badania termowizyjne były pierwszym etapem oceny istniejącego stanu budynków. Są one pomocne w procesie planowania dekarbonizacji ze względu na identyfikację występujących problemów oraz ocenę stosowanych rozwiązań dotyczących ocieplania ścian zewnętrznych.

## Literatura

- [1] Załącznik nr 1 do Uchwały nr LXII/1667/2018 Rady m.st. Warszawy z 1 marca 2018 r., „Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta stołecznego Warszawy ze zmianami”.
- [2] Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the energy performance of buildings (recast), COM/2021/802 final
- [3] Rozporządzenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- [4] PN-EN 13187 Właściwości cieplne budynków. Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku. Metoda podczerwieni.
- [5] Heim D, Miszczyk A. Modelling building infiltration using the airflow network model approach calibrated by air-tightness test results and leak detection. Building Services Engineering Research & Technology. 2020; DOI: 10.1177/0143624420904344.
- [6] Firląg Sz, Miszczyk A. Działanie wentylacji grawitacyjnej w ocenie mieszkańców. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja. 2017. DOI: 10.15199/9.2017.8.7.
- [7] Nowak H, Nowak Ł, Noszczyk P. Nieniszczące badania przegród budowlanych za pomocą termografii aktywnej. Materiały Budowlane. 2015. DOI 10.15199/33.2015.10.19.
- [8] Stachniewicz R. Ocena stanu technicznego budynku i jego instalacji za pomocą termowizji. Materiały Budowlane. 2021. DOI 10.15199/33.2021.01.03.

Przyjęto do druku: 17.01.2023 r.