



Ludomir Duda

05-552 Magdalenka ul. Polna 15
NIP 123-071-09-29 REGON 141646017
dudalud@gmail.com tel. +48 509 850 255
Autoryzacja KAPE 0001

**Termomodernizacja budynków
wielorodzinnych, wpisanych do Rejestru
Zabytków indywidualnie lub poprzez wpis
obszaru, na którym się znajdują lub wpis do
Gminnej Ewidencji Zabytków na Pradze
Północ**

LUDOMIR DUDA

Ludomir Duda
ul. Polna 15
05-506 Magdalenka
NIP 123 071 09 29

Warszawa, grudzień 2016 r.

Spis treści

I. Słowniczek pojęć, wykaz symboli, jednostek i skrótów.....	3
1. Słowniczek pojęć.....	3
2. Wykaz symboli.....	5
3. Wykaz Skrótów.....	6
II. Akty prawne i normy związane z opracowaniem	8
1. Dyrektywy Europejskie.....	8
2. Ustawy i Rozporządzenia.....	8
3. Normy.....	9
III. Termomodernizacja budynków wielorodzinnych wybudowanych przed rokiem 1967	10
1. Technologie budowlane stanu wyjściowego.....	10
2. Wybrane uwarunkowania społeczne i środowiskowe procesów termomodernizacji ..	10
3. Termomodernizacja budynków objętych nadzorem Konserwatora Zabytków.....	11
IV. Metodologia określania zmiany standardu energetycznego.....	12
1. Audyt Energetyczny.....	12
2. Założenia do obliczeń.....	12
V. Analiza potencjału oszczędności ciepła i jego kosztów w budynkach wielorodzinnych....	14
1. Standard przegród budowlanych w budynkach wielorodzinnych.....	14
2. Analiza potencjału oszczędności ciepła w wyniku modernizacji przegród	15
2.1. Ocieplenie ścian zewnętrznych.....	15
2.2. Analiza kosztów ciepła przenikającego przez 1 [m ²] ściany zewnętrznej w zależności od współczynnika przenikania ciepła ściany ocieplanej	16
2.3. Ocieplenie stropodachów i dachów	18
2.4. Ocieplenie ścian fundamentowych piwnic	19
2.5. Wymiana okien	19
3. Analiza potencjału oszczędności w wyniku modernizacji instalacji wentylacyjnych w budynkach wielorodzinnych.....	21
4. Analiza potencjału oszczędności energii, wody i kosztów w wyniku modernizacji instalacji ciepłej wody użytkowej (CWU) w budynkach wielorodzinnych	22
5. Oszacowanie kosztów głębokiej termomodernizacji	24
VI. Analiza wariantów termomodernizacji na przykładzie Siedleckiej 25	26
VII. Podsumowanie.....	29

I. Słowniczek pojęć, wykaz symboli, jednostek i skrótów

1. Słowniczek pojęć

Audytor OZC – Programy z serii Audytor OZC, w zależności od wersji służą do wspomagania obliczania projektowego obciążenia cieplnego pomieszczeń, określania sezonowego zapotrzebowania na energię cieplną i chłodniczą budynków oraz wykonywania Świadectw Energetycznych budynków i ich części. Programy wykonują również analizę wilgotnościową przegród budowlanych.

Głęboka termomodernizacja – Inwestycja zmniejszająca zapotrzebowanie budynku na energię, w ramach której realizowane są wszystkie technicznie możliwe i ekonomicznie racjonalne przedsięwzięcia termomodernizacyjne.

Kogeneracja także skojarzona gospodarka energetyczna lub CHP – (*Combined Heat and Power*) – proces technologiczny jednoczesnego wytwarzania energii elektrycznej i użytkowego ciepła w elektrociepłowni. Ze względu na mniejsze zużycie paliwa, zastosowanie kogeneracji daje duże oszczędności ekonomiczne i jest korzystne pod względem ekologicznym – w porównaniu z odrębnym wytwarzaniem ciepła w klasycznej ciepłowni i energii elektrycznej w elektrowni kondensacyjnej.

Okna ościeżnicowe „polskie” – zbudowane były z ościeżnicy, do której mocowane są podwójne skrzydła okienne (jedno otwierane na zewnątrz pomieszczenia, drugie do środka). Stosowane były zwłaszcza w budownictwie wiejskim i w miastach na najniższych kondygnacjach.

Okna skrzynkowe – rama okienna złożona jest z ościeżnicy i krosna, do niej mocowane są podwójne skrzydła okienne otwierane do środka. Skrzydła zewnętrzne zawsze mają nieco mniejszy wymiar niż skrzydła wewnętrzne. Odmianą okien skrzynkowych są okna półskrzynkowe. Ich rama złożona jest z ościeżnicy i poziomych elementów krosna zwanych krośniakami. Skrzydła okien półskrzynkowych są tej samej szerokości, lecz różnej wysokości.

Okna zespolone „szwedzkie” – posiadają podwójne skrzydła połączone ze sobą za pomocą śrub. Zawieszane są na ramie okna na wspólnym zawiasie. Stosowane w Polsce od ponad czterdziestu lat.

Przedsięwzięcia termomodernizacyjne – pojedyncze ulepszenia elementu budynku mające wpływ na jego bilans energetyczny takie jak: ocieplenie zewnętrznej przegrody budowlanej, modernizacja systemu wentylacyjnego, modernizacja instalacji centralnego ogrzewania lub ciepłej wody użytkowej, modernizacja źródła ciepła, modernizacja oświetlenia wbudowanego.

Regeneracyjna centrala wentylacyjna – centrala wentylacyjna posiadająca wymiennik ciepła powietrze - powietrze umożliwiający odzysk wilgoci z powietrza wywiewanego.

Rekuperacja – wymiana ciepła pomiędzy strumieniem powietrza usuwanego i nawiewanego do pomieszczenia lub budynku wyposażonych w instalację wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej.

Liczba Stopniodni – miara ostrości sezonu grzewczego dana wzorem

$$Sd = \sum (t_i - t_e(m)) * Ld(m)$$

gdzie:

Sd liczba stopniodni [K*doba]

Ld(m) liczba dni ogrzewania w m-tym miesiącu,

t_i temperatura wewnętrzna eksploatacyjna [°C]

t_e(m) średnia wieloletnia temperatura powietrza zewnętrznego w m-tym miesiącu [°C]

Systemy klimatyzacyjne VRF – ze zmiennym przepływem czynnika chłodniczego umożliwia regulację przepływu tego czynnika w zależności od zapotrzebowania klimatyzowanego obiektu na chłód lub ciepło. Innymi słowy, układ dopasowuje wydajność chłodniczą lub grzewczą do rzeczywistych, wymaganych w danej chwili warunków eksploatacji. Dopasowanie wydajności chłodniczej i grzewczej możliwe jest dzięki zastosowaniu w jednostce zewnętrznej inwertera, który steruje napięciem, prądem i częstotliwością zasilania sprężarki – serca klimatyzatora, przez co umożliwia gładką, liniową zmianę prędkości obrotowej i wydajności tego urządzenia.

Wentylacja nawiewno-wywiewna – najskuteczniejszy system wentylacji, powszechny w budownictwie, charakteryzuje się kontrolowanymi ilościami powietrza nawiewanego oraz wywiewanego, zapewniając komfort w całym budynku.

Wydawnictwo Sekocenbud – Firma Ośrodek Wdrożeń Ekonomiczno-Organizacyjnych Promocja Sp. z o.o. zajmująca się gromadzeniem, przetwarzaniem i publikowaniem informacji o cenach i wskaźnikach w budownictwie, przeznaczonych do sporządzania wszelkiego typu kalkulacji, opracowań i analiz.

XPS (ekstrudowana pianka polistyrenowa) - nowoczesny materiał, powszechnie stosowany na całym świecie w budownictwie do termoizolacji fundamentów, piwnic, dachów odwróconych i miejsc narażonych na stały kontakt z wilgocią, posiada także wiele zastosowań w sektorze reklamy. Materiał cechuje się zamknięto-komórkową, jednorodną strukturą w całej swojej masie, co gwarantuje utrzymanie jego właściwości izolacyjnych w długim okresie. XPS posiada doskonały współczynnik przenikania ciepła λ' i bardzo wysoką wytrzymałość na ściskanie, zależną od jego klasy. Płyty te spieniane są dwutlenkiem węgla, w związku z czym są ekologiczne i przyjazne dla środowiska naturalnego. Produkowane w Europie płyty mają nazwę między innymi Styrodur.

Powierzchnia ogrzewana obiektu – powierzchnia o regulowanej temperaturze w rozumieniu Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej. Dz.U. 2015.376

2. Wykaz symboli

A/V [1/m]	współczynnik zwartości bryły budynku
gdzie:	
A [m^2]	suma pól powierzchni wszystkich przegród oddzielających część ogrzewaną budynku od powietrza zewnętrznego, gruntu i przyległych pomieszczeń nieogrzewanych, liczona po obrysie zewnętrznym
V [m^3]	kubatura ogrzewanej części budynku pomniejszona o podcienie, balkony, loggie, galerie itp., liczona po obrysie zewnętrznym.
dżul [J]	jednostka strumienia energii w układzie SI
EP [kWh/ m^2 /rok]	wskaźnik zapotrzebowania na energię pierwotną
EK [kWh/ m^2 /rok]	wskaźnik zapotrzebowania na energię końcową
EU [kWh/ m^2 /rok]	wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową
H_{tr} [W/K]	współczynnik strat mocy cieplnej przez przenikanie przez przegrody zewnętrzne
H_{ve} [W/K]	współczynnik strat mocy cieplnej na wentylację
M_{CO_2} [Mg]	masa dwutlenku węgla – potencjał redukcji emisji
N_u [zł/ m^2]	nakłady na jednostkę powierzchni
N [zł]	nakłady
n [1/h]	ilość wymian powietrza na godzinę
R [$(m^2 \cdot K) / W$]	opór cieplny - stosunek grubości warstwy materiału do współczynnika przewodnictwa cieplnego rozpatrywanej warstwy materiału
Q_p [kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną dla ogrzewania i wentylacji, przygotowania ciepłej wody
$Q_p = Q_{pH} + Q_{pw} + Q_{pve}$	
gdzie:	
Q_{pH} [kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną dla ogrzewania
Q_{pw} [kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną dla przygotowania ciepłej wody
Q_{pve} [kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną dla wentylacji
Q_k [kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla ogrzewania i wentylacji, przygotowania ciepłej wody
$Q_k = Q_{kH} + Q_{kw} + Q_{kve}$	
gdzie:	

Wytyczne w zakresie podniesienia efektywności energetycznej w obiektach użyteczności publicznej na bazie wybranych budynków oświatowych m.st. Warszawy

Q_{kH} [kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla ogrzewania
Q_{kw} [kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla przygotowania ciepłej wody
Q_{kve} [kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla wentylacji
Q_u [kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię użytkową dla ogrzewania, przygotowania ciepłej wody i wentylacji,
$Q_u = Q_{uH} + Q_{uw} + Q_{uve}$	
gdzie:	
Q_{uH} [kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię użytkową dla ogrzewania
Q_{uw} [kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię użytkową dla przygotowania ciepłej wody
Q_{uve} [kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię użytkową dla wentylacji
Q_0 [kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię przed termomodernizacją
Q_1 [kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię po termomodernizacji
ΔO_r [zł]	oszczędność kosztów energii
R_{em} [Mg CO₂]	redukcja emisji CO ₂
U [W/(m² *K)]	współczynnik przenikania ciepła
U_K [W/(m² *K)]	współczynnik przenikania ciepła uwzględniający mostki cieplne
U_0 [W/(m² *K)]	współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją
U_1 [W/(m² *K)]	współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji
P_{REel} [kWh]	potencjał redukcji energii elektrycznej
W [wat]	jednostka mocy w układzie SI
λ [W/(m*K)]	współczynnik przewodzenia ciepła; wyraża wielkość przepływu ciepła przez jednostkową powierzchnię z materiału o danej grubości, jeśli różnica temperatur między dwiema jego stronami wynosi 1 Kelwin
η [%]	sprawność średnio sezonowa urządzeń wentylacyjnych
η_{totw}	sprawność całkowita systemu ciepłej wody użytkowej
K	stopnie Kelwina - jednostka temperatury
GWh	gigawatogodziny - jednostka energii = 10 ⁹ Wh

3. Wykaz skrótów

CWU	ciepła woda użytkowa
CO	centralne ogrzewanie

LED	dioda elektroluminescencyjna, dioda świecąca (ang. <i>light-emitting diode</i> , LED) – dioda zaliczana do półprzewodnikowych przyrządów optoelektronicznych, emitujących promieniowanie w zakresie światła widzialnego, podczerwieni i ultrafioletu
NPV	różnica pomiędzy zdyskontowanymi przepływami pieniężnymi a nakładami początkowymi
OZE	odnawialne źródła energii
SCOP	współczynnik Sezonowej Efektywności – oznacza sezonową wydajność w trybie grzania
SEER	sezonowy Współczynnik Efektywności Energetycznej – oznacza sezonową ocenę efektywności energetycznej w trybie chłodzenia
SPBT [lata]	prosty czas zwrotu nakładów

II. Akty prawne i normy związane z opracowaniem

1. Dyrektywy Europejskie

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/72/WE z dnia 13 lipca 2009 r. dotycząca wspólnych zasad rynku wewnętrznego energii elektrycznej i uchylająca dyrektywę 2003/54/WE (Dz. U. UE L 09.211.55)

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 10 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (Dz. U. UE L 153)

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy (Dz. U. UE L 153/1)

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchylecia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE (Dz. U. UE L 315/1)

2. Ustawy i Rozporządzenia

Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane Dz.U.2013.1409. Brzmienie od dnia 8 marca 2016 r.

Ustawa z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów – Dz.U. Nr 223, poz.1459

Ustawa z dnia 15 kwietnia 2011 r. o efektywności energetycznej – Dz.U.Nr 94, poz. 551

Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii – Dz.U.2015.478

Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków – Dz.U.2014.1200

Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami Dz.U. z 2014 poz. 1446

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690

Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lipca 2015 r w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. poz 1422

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego. Dz.U. 2009 nr 43 poz. 346

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej,

wzoru karty audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii. Dz.U. 2012.962

Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej. Dz.U. 2015.376

Rozporządzenie Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego z dnia 14 października 2015 r. w sprawie prowadzenia prac konserwatorskich, prac restauratorskich, robót budowlanych, badań konserwatorskich, badań architektonicznych i innych działań przy zabytku wpisanym do rejestru zabytków oraz badań archeologicznych i poszukiwań zabytków Dz.U. 2015 nr 0 poz. 1789

3. Normy

PN-EN 16247:2014 Audity energetyczne część 1: wymagania ogólne

PN-EN 16247:2014 Audity energetyczne część 2: budynki

PN-EN 12464-1-2012 Światło i oświetlenie

PN-EN 50001:2009 System Zarządzania energią

PN-EN ISO 13790:2008 Obliczanie zapotrzebowania na energię na potrzeby ogrzewania, wentylacji i chłodzenia metodą bilansów miesięcznych.

PN-EN 12524:2003 Materiały i wyroby budowlane – Właściwości cieplno-wilgotnościowe – Stabelaryzowane wartości obliczeniowe

PN-EN ISO 6946:2004 Komponenty budowlane i elementy budynku – Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metoda obliczania

PN-EN ISO 10211-1:2005 Mostki cieplne w budynkach – Obliczanie strumieni cieplnych i temperatury powierzchni – Część 1: Metody ogólne

PN-EN ISO 10211-2:2002 Mostki cieplne w budynkach – Obliczanie strumieni cieplnych i temperatury powierzchni – Część 2: Liniowe mostki cieplne

PN-EN ISO 13370:2001 Ciepłne właściwości użytkowe budynków – Wymiana ciepła przez grunt – Metoda obliczania

PN-EN ISO 10077:2002 Ciepłne właściwości użytkowe okien, drzwi i okiennic – Obliczanie współczynnika przenikania ciepła – Część 1: Metoda uproszczona

PN-EN ISO 13789:2001 Ciepłne właściwości użytkowe budynków – Współczynnik strat ciepła przez przenikanie – Metoda obliczania

PN-EN ISO 14683:2001 Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne

PN-83/B-03430 Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – wymagania

III. Termomodernizacja budynków wielorodzinnych wybudowanych przed rokiem 1967

1. Technologie budowlane stanu wyjściowego

Budynki wielorodzinne wybudowane przed rokiem 1967 charakteryzują się bardzo podobnymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi i instalacyjnymi. Ściany zewnętrzne tych budynków wznoszone były z cegły czerwonej, dachy, dwu lub czterospadowe, miały konstrukcję drewnianą nieocieploną a stropy między kondygnacyjne, drewnianej konstrukcji, wypełniane były polepami. Okna konstrukcji drewnianej w budynkach wzniesionych przed 1945 okna „polskie” i skrzynkowe po wojnie okna „szwedzkie”, od końca lat 90 sukcesywnie wymieniane były na okna jednoramowe z szybami zespolonymi drewniane i z PVC.

Ogrzewanie mieszkań realizowane było przy użyciu indywidualnych pieców na paliwo stałe a posiłki przygotowywane były na kuchniach węglowych. Z biegiem czasu w budynkach niepodłączonych do systemów zdalczynnych centralnego ogrzewania wprowadzano kuchnie elektryczne, kuchnie na gaz płynny a do przygotowania CWU elektryczne podgrzewacze pojemnościowe.

2. Wybrane uwarunkowania społeczne i środowiskowe procesów termomodernizacji

Rewitalizacja i termomodernizacja budynków wielorodzinnych w miastach jest jednym z najważniejszych problemów społecznych związanych z ubóstwem energetycznym i środowiskowym, a także związanych z niską emisją i jakością powietrza przed jakimi stają samorządy. Niestety rzadko znajduje się to w centrum ich zainteresowań. Jest tak prawdopodobnie dlatego, że samorządy w niewielkim stopniu są właścicielami budynków wielorodzinnych i w związku z tym nie mają bezpośrednich instrumentów oddziaływania na stan budownictwa mieszkaniowego. Wieloletnie zaniedbania w konserwacji budynków mieszkalnych spowodowały, że ich niski, z historycznych względów, standard energetyczny jest jeszcze niższy, w wyniku degradacji praktycznie wszystkich elementów budynku, mających wpływ na jego energochłonność. Wysoka energochłonność budynków obciąża budżety domowe mieszkańców, którzy w konsekwencji nie mają środków na inwestycje remontowe i termomodernizacyjne, co zamyka krąg przyczyn i skutków powodując stałe narastanie problemów społecznych i środowiskowych w wyniku spalania palnych odpadów i niskiej jakości węgla w piecach. Niski standard energetyczny budynków i ich archaiczne systemy grzewcze jest przyczyną skandalicznej jakości powietrza w miastach. Wysokie straty ciepła pokrywane z nisko sprawnych źródeł ciepła powodują ogromne zapotrzebowanie na opał. To jest przyczyną, dla której mieszkańcy szukają najtańszego paliwa, jakim są opakowania, palne odpady oraz najniższej jakości węgiel. Akcje samorządów, ukierunkowane na poprawę sprawności kotłów na paliwo lub zastąpienia paliwa stałego gazem, są nieporozumieniem. Wymiana taka prowadzi do znacznego podniesienia kosztów ogrzewania, które już dzisiaj są dla wielu gospodarstw domowych trudnym do udźwignięcia wyzwaniem. Jedyną racjonalną odpowiedzią na to wyzwanie jest połączenie inwestycji w podniesienie standardu energetycznego z modernizacją źródeł energii, w szczególności z uwzględnieniem udziału w pokrywaniu strat ciepła OZE.

III. Termomodernizacja budynków wielorodzinnych wybudowanych przed rokiem 1967

1. Technologie budowlane stanu wyjściowego

Budynki wielorodzinne wybudowane przed rokiem 1967 charakteryzują się bardzo podobnymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi i instalacyjnymi. Ściany zewnętrzne tych budynków wznoszone były z cegły czerwonej, dachy (dwu lub czterospadowe), miały konstrukcję drewnianą nieocieploną, a stropy między kondygnacyjne, drewnianej konstrukcji, wypełniane były polepami. Okna były konstrukcji drewnianej: w budynkach wzniesionych przed 1945 były montowane okna „polskie” i skrzynkowe, po wojnie okna „szwedzkie”, które od końca lat 90. sukcesywnie wymieniane były na okna jednoramowe z szybami zespolonymi drewniane i z PVC.

Ogrzewanie mieszkań realizowane było przy użyciu indywidualnych pieców na paliwo stałe, a posiłki przygotowywane były na kuchniach węglowych. Z biegiem czasu w budynkach niepodłączonych do systemów zdalczynnych centralnego ogrzewania wprowadzano kuchnie elektryczne, kuchnie na gaz płynny a, do przygotowania CWU elektryczne podgrzewacze pojemnościowe.

2. Wybrane uwarunkowania społeczne i środowiskowe procesów termomodernizacji

Rewitalizacja i termomodernizacja budynków wielorodzinnych w miastach jest jednym z najważniejszych problemów socjalnych związanych z ubóstwem energetycznym i środowiskowym, a także związanych z niską emisją i jakością powietrza przed jakimi stoją samorządy. Niestety rzadko znajduje się to w centrum ich zainteresowań. Jest tak prawdopodobnie dlatego, że samorządy w niewielkim stopniu są właścicielami budynków wielorodzinnych i w związku z tym nie mają bezpośrednich instrumentów oddziaływania na stan budownictwa mieszkaniowego. Wieloletnie zaniedbania w konserwacji budynków mieszkalnych spowodowały, że ich niski, z historycznych względów, standard energetyczny, w wyniku degradacji praktycznie wszystkich elementów budynku, mających wpływ na jego energochłonność stał się jeszcze niższy. Wysoka energochłonność budynków obciąża budżety domowe mieszkańców, którzy w konsekwencji nie mają środków na inwestycje remontowe i termomodernizacyjne, co zamyka krąg przyczyn i skutków, powodując stałe narastanie problemów społecznych i środowiskowych w wyniku spalania palnych odpadów i niskiej jakości węgla w piecach. Niski standard energetyczny budynków i ich archaiczne systemy grzewcze są przyczyną skandalicznej jakości powietrza w miastach. Wysokie straty ciepła pokrywane ze źródeł ciepła o niskiej sprawności powodują ogromne zapotrzebowanie na opał. Jest to przyczyną, dla której mieszkańcy szukają najtańszego paliwa, jakim są opakowania, palne odpady oraz najniższej jakości węgiel. Akcje samorządów, ukierunkowane na poprawę sprawności kotłów na paliwo lub zastąpienia paliwa stałego gazem, są nieporozumieniem. Wymiana taka prowadzi bowiem do znacznego podniesienia kosztów ogrzewania, które już dzisiaj są dla wielu gospodarstw domowych trudnym do udźwignięcia wyzwaniem. Jedyną racjonalną odpowiedzią na nie jest połączenie inwestycji w podniesienie standardu energetycznego z modernizacją źródeł energii, w szczególności z uwzględnieniem udziału w pokrywaniu strat ciepła za pomocą OZE.

Kompleksowa termomodernizacja wymaga znacznych nakładów finansowych. Są one istotnie wyższe od nakładów na wymianę samych źródeł ciepła. Należy jednak zauważyć diametralnie różną naturę tych wydatków. O ile wymiana źródła ciepła na opalane szlachetniejszym paliwem z reguły prowadzi do wzrostu kosztów utrzymania, to kompleksowa termomodernizacja istotnie te koszty obniża. Tylko takie działanie rozwiązuje problem ubóstwa energetycznego i jakości powietrza w optymalny. Wtedy możemy mówić o czasie zwrotu poniesionych nakładów. Na szczęście nakłady te są zgodne z głównymi założeniami polityki Unii Europejskiej i chętnie przez nią współfinansowane.

Obecne regulacje, dotyczące finansowania inwestycji ograniczających zużycie energii i tym samym ograniczających emisje CO₂, wynikają z podjętej przez Radę Europejską w 2007 r. decyzji dotyczącej przeciwdziałania zmianie klimatu. Znalazła ona wyraz w przedstawionym przez Komisję Europejską w 2008 r. pakiecie dokumentów, głównie legislacyjnych, stanowiących tzw. Pakiet klimatyczno-energetyczny.

3. Termomodernizacja budynków objętych nadzorem Konserwatora Zabytków

Osobnym zagadnieniem jest rewitalizacja i termomodernizacja budynków wielorodzinnych wpisanych do Rejestru Zabytków lub objętych nadzorem Konserwatora Zabytków poprzez wpis obszaru, na którym się znajdują lub wpis do Gminnej Ewidencji Zabytków.

Bez względu na to, jaki jest status budynku objętego nadzorem Konserwatora Zabytków, wprowadza on istotne ograniczenia zakresu i sposobu realizacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych. Ograniczenia te dotyczą prac związanych z podnoszeniem oporów cieplnych przegród budowlanych. Dla ocieplenia ścian zewnętrznych ograniczenia te dotyczą grubości warstwy ocieplającej na ścianach z oknami i rodzaju zastosowanego materiału izolacyjnego. Dla elewacji frontowej jest to wymóg zastosowania tynku ciepłochronnego, dla elewacji podwórkowej sztywnej pianki rezolowej o grubości max 5cm. Na wymianę okien nałożone jest ograniczenie w postaci odtworzenia historycznych podziałów w oknach i zastosowania stolarki drewnianej.

Konsekwencją tych ingerencji jest wysoki koszt modernizacji i ograniczona redukcja strat ciepła. Ściany zewnętrzne ocieplone zgodnie z wytycznymi Konserwatora Zabytków nie spełniają wymogów określonych w *Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. z dnia 17 lipca 2015 poz. 1422.*

IV. Metodologia określania zmiany standardu energetycznego

1. Audyt Energetyczny

Podniesienie efektywności energetycznej w budynkach wielomieszkaniowych wymaga podjęcia inwestycji polegających na: podniesieniu oporu cieplnego przegród budowlanych i likwidacji mostków cieplnych, modernizacji systemu wentylacyjnego, w tym uszczelnienia budynku, poprawienia sprawności źródeł ciepła oraz systemów: grzewczego, przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz oświetlenia wbudowanego w częściach wspólnych. Wybór każdego z wymienionych wyżej przedsięwzięć termomodernizacyjnych i ich optymalizacja dla konkretnego obiektu są przedmiotem znormalizowanej procedury Audytu Energetycznego (*Norma PN EN 16 247*).

Wyżej wymieniona Norma ma uniwersalny charakter. Oprócz niej w polskim prawie obowiązuje, na mocy rozporządzeń wykonawczych do kilku ustaw, szereg szczegółowych wytycznych co do formy Audytu Energetycznego. Ponieważ zakres niniejszego opracowania nie odpowiada literalnie żadnej z tych ustaw, a zawarte w rozporządzeniach do nich formaty Audytu nie są sprzeczne z zapisami *Normy PN EN 16 247*, przyjęto procedurę z tej Normy.

2. Założenia do obliczeń

Na potrzeby oszacowania potencjału oszczędności energii w budynkach wielomieszkaniowych poddawanych rewitalizacji przyjęto jako model budynek z roku 1920 położony w Warszawie przy ulicy Siedleckiej 25. Konieczne było przyjęcie szeregu założeń.

Pierwszym z nich był wybór docelowego standardu energetycznego każdego z elementów obiektu mogącego podlegać termomodernizacji tak, by w sposób optymalny pod względem kosztów spełniał wymagania dotyczące charakterystyki energetycznej.

Przyjęto, że minimalny standard energetyczny przegród budowlanych po termomodernizacji, powinien spełniać wymagania stawiane przez *Rozporządzenie o warunkach technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* po roku 2021 lub wyższe, jeśli podwyższenie tych wymagań będzie charakteryzować się dodatnią wartością różnicy pomiędzy zdyskontowanymi przepływami pieniężnymi, a nakładami ($NPV > 0$), czyli będzie opłacalne ekonomicznie. Obliczenie efektywności zwiększenia oporu cieplnego przegród budowlanych i kosztów inwestycyjnych zostało przeprowadzone dla trzech rodzajów ścian zewnętrznych. Pierwsza, potencjalnie najgorsza przegroda występująca w budynkach wielorodzinnych ma współczynnik przenikania ciepła $U = 1,9$ [$W/(m^2K)$]. Druga najpopularniejsza w budynkach budowanych do lat 70tych ściana „na dwie cegły” o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,16$ [$W/(m^2K)$]. Trzecia to ściana o granicznej z punktu widzenia efektywności ekonomicznej termomodernizacji ściana o współczynniku przenikania ciepła $U = 0,5$ [$W/(m^2K)$] jaki obowiązywał dla ścian jednorodnych do roku 2008, kiedy to zmiana *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*, wprowadziła jedną wartość współczynnika przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych $U = 0,3$ [$W/(m^2K)$].

Dla systemów wentylacji przyjęto normatywną ilość powietrza wentylacyjnego dla budynków mieszkalnych, zawartą w *Normie PN-83/B-03430 Wentylacja w budynkach mieszkalnych*,

Wytyczne w zakresie podniesienia efektywności energetycznej w obiektach użyteczności publicznej na bazie wybranych budynków oświatowych m.st. Warszawy

zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – Wymagania. Taki też strumień powietrza wentylacyjnego przyjęto przy wyliczeniu efektywności energetycznej termomodernizacji i nakładów inwestycyjnych.

Dla instalacji ciepłej wody użytkowej (CWU), z braku jakichkolwiek danych o rzeczywistym zapotrzebowaniu, przyjęto zużycie ciepłej wody 1,6[l./m²/dzień] jako wyjściowy aktualny wskaźnik zużycia ciepłej wody w budynkach wielorodzinnych określony w *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej*. Jest to niewątpliwie założenie bardzo ostrożne i dla takiego zużycia wyliczono oszczędności i nakłady na modernizację instalacji CWU.

Dla budynków objętych nadzorem Konserwatora zabytków przyjęto zgodnie z wytycznymi dla budynku przy Siedleckiej 25 ocieplenie elewacji frontowej i przejazdu 2-cm grubości warstwą tynku ciepłochronnego o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda=0,066$ [W/m/K]. Ocieplenie elewacji od strony oficyny 5 cm sztywnej pianki rezolowej $\lambda=0,020$ [W/m/K]. Wymianę okien na drewniane z szybą dwukomorową.

Na bazie takich założeń zostały wyliczone średnie koszty dla głębokiej termomodernizacji przeliczone na jednostkową powierzchnię ogrzewaną budynków wielorodzinnych zasilanych z miejskiej sieci ciepłowniczej, etażowej instalacji gazowej, pomp ciepła w systemie VRF i indywidualnych pieców węglowych.

V. Analiza potencjału oszczędności ciepła i jego kosztów w budynkach wielorodzinnych

1. Standard przegród budowlanych w budynkach wielorodzinnych.

Budynki wybudowane przed wojną miały ściany z cegły czerwonej o grubości od 0,27 m do 0,75 lub więcej na najniższej kondygnacji. Współczynnik przewodzenia ciepła kształtował się odpowiednio od $U=1,93$ [W/(m²K)] do $U=0,90$ [W/(m²K)]. Dachy nad nieogrzewanymi poddaszami nie miały żadnej izolacji termicznej, a stropy nad ostatnią kondygnacją o konstrukcji drewnianej miały wypełnienie pomiędzy belkami w postaci polepy glinianej. Współczynnik przenikania ciepła dla takich stropów ma wartość około $U=1$ [W/(m²K)]. Taki sposób budowania panował do roku 1966. W latach 1967–1976 obowiązywała dla ścian zewnętrznych norma $U_k \leq 1,16$ [W/(m²K)], co odpowiada grubości muru na dwie cegły 55 cm z tynkami i dla dachów $U \leq 0,87$ [W/(m²K)]. W latach 1976–1983 nowa norma podniosła wymagania dotyczące dachów do $U \leq 0,7$ [W/(m²K)]. Kolejne zaostwienie norm miało miejsce w roku 1983 i obowiązywało do roku 1992. Ściany zewnętrzne wg tej regulacji miały mieć $U_k \leq 0,75$ [W/(m²K)] i stropodachy $U \leq 0,45$ [W/(m²K)]. Od roku 1992 do 1997 odpowiednie wartości współczynników przenikania ciepła wynosiły $U_k \leq 0,55$ [W/(m²K)] i $U \leq 0,3$ [W/(m²K)]. Kolejna zmiana norm dokonana została w roku 1998 i obowiązywała do 2008 roku. Odpowiednio wymagania dla ścian zewnętrznych jednorodnych $U_k \leq 0,5$ [W/(m²K)] i dla ścian wielowarstwowych $U_k \leq 0,3$ [W/(m²K)], stropodachów $U \leq 0,3$ [W/(m²K)].

W roku 2008 podniesiono wymagania dla stropodachów do $U \leq 0,25$ [W/(m²K)] i zlikwidowano rozróżnienie między ścianami wielo- i jednowarstwowymi, łagodząc wymagania dla ścian niejednorodnych przez usunięcie indeksu „k”, który oznaczał konieczność uwzględniania wpływu mostków ciepła.

Jak wynika z powyższej analizy, ściany zewnętrzne budynków wielorodzinnych mają współczynniki przenikania ciepła od $U=1,9$ [W/(m²K)] do $U=0,3$ [W/(m²K)], a dachy od $U=1,0$ [W/(m²K)] do $U=0,25$ [W/(m²K)].

Praktycznie nie ociepla się podłóg na gruncie, głównie ze względów technicznych – zmniejszenie wysokości pomieszczeń – i ekonomicznych ze względu na wysokie koszty wykończenia podłóg.

W przypadkach występowania nieogrzewanych piwnic ociepla się od spodu stropy nad piwnicą, przy czym często grubość warstwy ocieplającej jest limitowana wysokością piwnicy.

Nieco innymi prawami rządzi się podnoszenie izolacyjności przegród przezroczystych, czyli wymiana okien. Związane jest to ze znacznie rozbudowaną funkcją okien, które przede wszystkim mają zapewnić kontakt wzrokowy z otoczeniem i dostarczać do pomieszczenia światło dzienne, a w przypadku wentylacji grawitacyjnej dostarczać szczelinami świeże powietrze do pomieszczeń. Realizacja tych funkcji ogranicza własności ciepłochronne okien, skutkiem czego ich własności izolacyjne są kilkukrotnie gorsze niż przegród nieprzezroczystych.