

EKSPERTYZA NA TEMAT:

**PRZEGLĄD PRZEPISÓW OKREŚLAJĄCYCH MINIMALNE
WYMAGANIA DOTYCZĄCE CHARAKTERYSTYKI
ENERGETYCZNEJ BUDYNKÓW**

Zespół naukowy:

prof. dr hab. inż. Tadeusz Tatara-Rektor PK ds. nauki

dr inż. Małgorzata Fedorczyk-Cisak

dr inż. arch. Marcin Furtak

mgr inż. Maciej Surówka

dr inż. Tomasz Steidl

mgr inż. Katarzyna Knap-Miśniakiewicz

mgr inż. Ewa Kozak

mgr inż. Wiktor Kawalec

Konsultacje:

dr inż. Bogusław Maludziński

dr hab. inż. Tomasz Kisilewicz, prof. PK

dr inż. Agnieszka Leśniak

mgr inż. Maciej Muzyczuk



Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki

Małopolskie Centrum
Budownictwa Energooszczędnego



SPIS TREŚCI

A Streszczenie	7
B Wprowadzenie	11
C Opis przebiegu oraz sposobu realizacji ekspertyzy	12
D Definicje i symbole występujące w opracowaniu	15
E Treść właściwa	22
Rozdział I	22
EWOLUCJA, ANALIZA PORÓWNAWCZA I OCENA STANU OBOWIĄZUJĄCYCH PRZEPISÓW TECHNICZNO-BUDOWLANYCH DOTYCZĄCYCH OCHRONY CIEPLNEJ I ENERGOCHŁONNOŚCI BUDYNKÓW W POLSCE.	22
I/1. Ocena implementacji Dyrektywy 2010/31/UE w Polsce na podstawie analizy obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych dotyczących ochrony cieplnej i energochłonności budynków.	22
I/1.1. Ewolucja wymagań energetycznych dla budynków w Polsce	22
I/1.1.1. Ogólna charakterystyka polskich regulacji prawnych dotyczących charakterystyki energetycznej budynków na tle przepisów Unii Europejskiej.	51
I/1.1.2. Ogólna charakterystyka obowiązujących przepisów energetycznych dla budynków zawartych w [R10]	54
I/1.1.3. Aktualnie obowiązujące wymagania Warunków Techniczno-Budowlanych dotyczące efektywności energetycznej.	56
I/1.1.3.1. Wymagania szczegółowe dotyczące izolacyjności przegród zewnętrznych wyrażonych współczynnikiem przenikania ciepła $U_{C(max)}$ [W/(m ² K)].	56
I/1.1.3.2. Wymagania ogólne wyrażone przy użyciu wskaźnika EP	62
I/1.1.3.3. Wymagania dodatkowe dotyczące efektywności energetycznej	65
I/1.1.3.3.1. Wymaganie dotyczące izolacyjności obwodowej podłogi na gruncie.	65
I/1.1.3.3.2. Wymaganie dotyczące izolacji cieplnej przewodów rozdzielczych i komponentów w instalacjach.	65
I/1.1.3.3.3. Wymaganie dotyczące pola powierzchni okien A_{0max}	65
I/1.1.3.3.4. Wymagania dotyczące współczynnika przepuszczalności energii całkowitej promieniowania słonecznego okien i przegród szklanych i przezroczystych.	68
I/1.1.3.3.5. Wymaganie dotyczące zabezpieczenia przed powierzchnią kondensacja pary wodnej.	68
I/1.1.3.3.6. Wymaganie dotyczące zapewnienia szczelności na przenikanie powietrza.	69
I/1.1.3.4. Kategoryzacja budynków	69
I/1.1.4. Ocena spełnienia wymagań ochrony cieplnej i efektywności energetycznej dla reprezentatywnej grupy obiektów.	70

I/1.1.4.1 Ocena spełnienia wymagań szczegółowych izolacyjności cieplnej przegród, wyrażonej poprzez współczynnik przenikania ciepła $U_{C(max)}$ dla reprezentatywnej grupy obiektów.	70
I/1.1.4.2 Ocena spełnienia wymagań ogólnych wyrażonych poprzez wskaźnik EP [kWh/(m ² rok)] dla reprezentatywnej grupy obiektów.	76
I/1.1.4.3 Ocena spełnienia dodatkowych wymagań wpływających na zużycie energii - szczelność na przenikanie powietrza dla reprezentatywnej grupy budynków.	78
I/1.2. Ocena spełnienia wymagań polskich przepisów budowlanych w zakresie oszczędności energii i izolacyjności cieplnej – praktyka projektowa	81
I/1.3. Ocena porównawcza stopnia implementacji Dyrektywy 31/2010/UE do przepisów krajowych, w Polsce i wybranych krajach UE.	89
I/1.3.1. Założenia implementacji Dyrektywy 31/2010/UE do przepisów krajowych, krajów członkowskich UE.	89
I/1.3.2. Porównanie przepisów efektywności energetycznej budynków obowiązujących w Polsce z przepisami obowiązującymi w wybranych krajach europejskich.	91
Wybór krajów UE do oceny	92
I/1.3.3. Charakterystyka aktualnych przepisów dotyczących ochrony cieplnej i efektywności energetycznej w wybranych krajach UE	93
I/1.3.3.1. Przepisy obowiązujące w Niemczech	93
I/1.3.3.2. Przepisy obowiązujące w Austrii	99
I/1.3.3.3. Przepisy obowiązujące na Słowacji	102
I/1.3.3.4. Przepisy obowiązujące w Czechach	105
I/1.3.3.5. Przepisy obowiązujące w Norwegii	108
I/1.3.3.6. Przepisy obowiązujące w Danii	111
Rozdział II	118
ANALIZA POSTĘPU RYNKU MATERIAŁÓW I TECHNOLOGII BUDOWLANYCH W ASPEKCIE ZMIAN PRZEPISÓW ENERGETYCZNYCH W POLSCE	118
II/1. Wprowadzenie	118
II/2. Analiza zmian dotyczących wprowadzaniu na rynek materiałów i technologii polepszających efektywność energetyczną budynków.	120
II/2.1. Materiały i elementy budynku o określonym współczynniku przewodzenia ciepła oraz oporze cieplnym.	120
II/2.1.1. Aktualnie najczęściej stosowane i najlepsze dostępne rozwiązania techniczne elementów budynków w zakresie jakości cieplnej	122
II/2.2. Systemy techniczne instalacyjne zasilające budynek w ciepło, chłód.	137
II/2.3. Systemy wentylacyjne	138
II/2.4. Oświetlenie wbudowane	138

Rozdział III	139
OBLICZENIE OPTIMALNEGO POD WZGLĘDEM KOSZTÓW POZIOMU WYMAGAŃ MINIMALNYCH DOTYCZĄCYCH CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ BUDYNKÓW.	139
III/1. Założenia i dane do określenia optymalnego pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych dotyczących charakterystyki energetycznej budynków.	139
III/1.1. Wprowadzenie	139
III/1.1.1 Aktualne koszty energii i jej nośników	140
III/1.2. Ogólne zasady obliczania kosztów całkowitych w przypadku obliczania finansowego	140
III/1.3. Założenia i dane do określania optymalnego pod względem kosztów poziomu wymagań dla budynków	140
III/1.3.1 Aktualne koszty energii i jej nośników	140
III/2.2. Analiza energetyczna budynków o różnym przeznaczeniu	140
III/2.2.1 Budynek mieszkalny jednorodzinny, wolnostojący parterowy dom z poddaszem użytkowym o współczynniku zwartości $A/V_e > 0,5 \text{ m}^{-1}$	142
III/2.2.2. Budynek mieszkalny jednorodzinny, wolnostojący dwukondygnacyjny $A/V_e > 0,5 \text{ m}^{-1}$	151
III/2.2.4. Budynek mieszkalny wielorodzinny, trzykondygnacyjny z dziewięcioma lokalami mieszkalnymi o współczynniku zwartości $A/V_e > 0,5 \text{ m}^{-1}$	172
III/2.2.5. Budynek mieszkalny wielorodzinny, pięciokondygnacyjny o 75 lokalach mieszkalnych o współczynniku zwartości $A/V_e < 0,5 \text{ m}^{-1}$	182
III/2.2.7. Budynek użyteczności publicznej – szkoła	203
III/2.2.8. Budynek użyteczności publicznej – przychodnia	214
III/2.2.9. Budynek użyteczności publicznej – biurowiec	225
III/2.2.9. Budynek użyteczności publicznej – biurowiec czterokondygnacyjny wraz z parterową częścią sportową	236
III/2.2.10. Budynek użyteczności publicznej – obiekt sportowy	247
III/2.3. Ramy metodologii porównawczej do celów obliczania optymalnego pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych dotyczących charakterystyki energetycznej budynków i elementów budynków.	257
III/2.3.1 Założenia przyjęte do obliczeń dla określenia optymalnego pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych dotyczących charakterystyki energetycznej budynku wraz z systemami Technicznymi.	257
Rozdział IV	467
WYNIKI EKSPERTYZY	468
IV/1. Sformułowanie pytań badawczych oraz udzielone odpowiedzi	468
IV/1.1. Czy wymagania określone w przepisach właściwie uwzględniają poziom rozwoju	468

IV/1.2. Czy sposób sformułowania wymagań minimalnych nie ogranicza swobody w doborze rozwiązań projektowych?	468
IV/1.3. Czy aktualnie obowiązujące przepisy umożliwiają uwzględnienie czynników takich jak lokalne warunki klimatyczne, projektowana funkcja oraz kategoria budynku?	469
IV/1.4. Czy określone wymagania pozwalają na osiągnięcie optymalnych pod względem kosztów parametrów budynku zarówno w odniesieniu do ogrzewania, chłodzenia, ochrony pomieszczeń przed przegrzewaniem i jakości powietrza wewnątrz budynku?	469
IV/1.5. Czy sposób podziału budynków na kategorie pozwala na adekwatne określenie wymagań minimalnych wobec poszczególnych rodzajów budynków?	470
IV/1.6. Czy przyjęta metodologia obliczania wartości poszczególnych współczynników pozwala uwzględnić wpływ powszechnie stosowanych technologii (np. wpływ sposobu mocowania izolacji do ściany na jej współczynnik przenikania ciepła) i uzyskiwać miarodajne wyniki?	471
IV/1.7. Czy wpływ mostków cieplnych spowodowanych np. mocowaniem izolacji do ściany jest wystarczająco uwzględniony w przepisach?	471
IV/1.8. Czy aktualne przepisy w wystarczający sposób uwzględniają problem przegrzewania powietrza?	476
IV/1.9. Zagadnienia dodatkowe	482
Rozdział V	495
PODSUMOWANIE	496
Rozdział VI	498
LITERATURA	499

A Streszczenie

STRESZCZENIE

W niniejszym opracowaniu dokonano obowiązkowego dla krajów członkowskich Unii Europejskiej przeglądu przepisów dotyczących minimalnych wymagań w zakresie charakterystyki energetycznej budynków. Czynność ta wykonywana okresowo zgodnie z art. 4 ustęp 1, akapit 6 Dyrektywy 2010/31/UE służy dostarczeniu informacji na temat celowości aktualizacji obecnie stosowanych przepisów z uwagi na uwzględnienie postępu technicznego w sektorze budowlanym i osiągnięcia poziomów optymalnych pod względem kosztów. Metodologię obliczania optymalnego pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych regulują dokumenty: Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012 r. uzupełniające dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE oraz wytyczne uzupełniające Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012 r.

Osiągnięcie niezależności energetycznej przez kraje UE oraz podniesienie jakości życia na skutek redukcji emisji gazów cieplarnianych, wiąże się z koniecznością wykorzystywania energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych oraz ze zwiększeniem efektywności energetycznej w budownictwie i transporcie, tj. sektorach o najwyższych wskaźnikach energochłonności. Cele te zostały sformułowane w Dyrektywie 2002/91/WE oraz 31/2010/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków i są implementowane do prawodawstwa krajowego poprzez dokonywane aktualizacje przepisów ustawodawczych i wykonawczych.

W Polsce najważniejsze zmiany w omawianym zakresie przełożyły się na nowelizację przepisów techniczno-budowlanych dotyczących ochrony cieplnej i energochłonności budynków. Aktualnie obowiązujące wymagania w zakresie charakterystyki energetycznej budynków znajdują się w dziale X oraz załączniku nr 2 do „Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” (Dz.U.2015, poz.1422).

Analizę podzielono na dwie główne części. Część pierwsza (Rozdziały I-III) stanowi przegląd przepisów obowiązujących w Polsce oraz w wybranych krajach europejskich, a także opis postępu technicznego w sektorze budowlanym. Część druga (Rozdziały IV-V) jest podstawą do wypełnienia zobowiązań krajów UE, zawartych w Artykule nr 5 Rozporządzenia Delegowanego Komisji (UE) nr 244/2012. Państwa członkowskie mają obowiązek dokonać przeglądu swoich obliczeń optymalnych kosztów przed przeglądem swoich minimalnych wymagań dotyczących charakterystyki energetycznej, o którym mowa w art. 4 ust. 1 dyrektywy 2010/31/UE. Ocenę krajowych minimalnych wymagań dotyczących charakterystyki energetycznej odniesiono do wyniku obliczeń optymalnych kosztów otrzymanych w ramach obliczenia stosowanego, jako krajowy poziom odniesienia.

Podstawą przeprowadzonej analizy polskich przepisów były dostępne źródła: normy, rozporządzenia i raporty. Zagadnienia implementacji Dyrektywy 2010/31/UE w wybranych krajach UE opisano na podstawie raportu „Implementing the Energy Performance of Buildings Directive 2016 – Featuring Country Reports” opublikowanego w ramach Intelligent Energy Europe Programme of the European Union a także na podstawie norm i dokumentów wdrażających postanowienia Dyrektywy do prawodawstwa każdego z analizowanych krajów UE. Ocenę spełnienia krajowych

wymagań oparto na danych zawartych w charakterystykach energetycznych zgromadzonych przez zespół opracowujący analizę, w tym danych udostępnionych przez BuildDesk. W zakresie ustalenia aktualnego poziomu technologicznego dla materiałów budowlanych, systemów technicznego wyposażenia budynków, systemów oświetlenia wbudowanego, automatyki budynkowej oraz aktualnych cen rynkowych skorzystano z danych udostępnionych przez producentów oraz baz sekocenbud. W zakresie ustalania parametrów do oceny ekonomicznej oparto się na materiałach dostępnych w biuletynach branżowych URE oraz pozyskanych raportach.

W wyniku przeprowadzenia ekspertyzy zostały udzielone odpowiedzi na sformułowane pytania badawcze w odniesieniu do analizowanego zbioru danych. Dotyczył on dziesięciu budynków o różnym przeznaczeniu umiejscowionych w różnych strefach klimatycznych Polski. Określono budynki reprezentatywne i przeprowadzono symulacje wg WT2014, WT2017, WT2021 dla ośmiu źródeł ciepła i trzech źródeł ciepłej wody użytkowej.

SUMMARY

In this study an obligatory for the European Union member countries review of the regulations referring to minimal requirements in the energy characteristics of the buildings has been carried out. The aim of the task carried out periodically in agreement with art. 4 section 1, para. 6 of the Directive 2010/31/EU is to provide information on the purposefulness of updating regulations in effect today, taking into consideration technological progress in the building sector and achieving optimal level as far as costs are concerned. Methodology of calculating optimal in respect of costs level of minimal requirements is regulated by documents: Commission Delegated Regulation (EU) No. 24/2012 from 16th January 2012 supplementing the directive of the European Parliament and Council 2010/31/EU and the supplementary guidelines of Commission Delegated Regulation (EU) No. 244/2012 from 16th January 2012.

Achieving energy independence by the European Union countries and improving the quality of living due to reduction of greenhouse gas emission is connected with the necessity of making use of the energy coming from the renewable sources and with the increase of energy efficiency in building and transport, that is the sectors having the highest rates of energy consumption. These aims were formulated in Directive 2002/91/EC and 31/2010/EU on the energy performance of buildings and are implemented into national legislation by updating laws and regulations.

In Poland the most important changes in this sphere translated into amendment of technological and building regulations referring to thermal protection and energy consumption of buildings.

Present requirements referring to energy performance of buildings can be found in section X and in annex No. 2 of “Minister of Infrastructure Regulation from 12 April 2002 on technological conditions to be met by buildings and their location” (Law Gazette 2015, pos. 1422).

The analysis is divided into two main parts. Part One (Chapters I – III) is a review of regulations in force in Poland and in chosen European countries, it also contains description of technological progress in the building sector. Part Two (Chapters IV –V) forms the basis for the fulfillment of the EU countries’ obligations, included in Article No.5 of Commission Delegated Regulation (EU) No. 244/2012. The member countries

are obliged to review the calculations of their optimal costs before reviewing their minimal requirements concerning energy performance discussed in art.4 section 1 of the directive 2010/31/EU.

The assessment of the National minimal requirements on energy performance referred to the result of optimal cost calculations obtained as part of the calculation used as the national reference level.

The basis of the carried out analysis of the Polish regulations were accessible sources: standards, directives and reports. The implementation problems of Directive 2010/31/EU in chosen European Union countries were described on the basis of the report “Implementing the Energy Performance of Buildings Directive 2016 – Featuring Country Reports” publishes within Intelligent Energy Europe Programme of the European Union, as well as on the basis of standards and documents implementing decisions of the Directive into legislation of each of the analyzed EU countries. Assessment of meeting national requirements was based on data included in energy performance collected by the team preparing the analysis, among them data made available by BuildDesk. In determining the current technological level for the building materials, technological equipment systems of the buildings, built-in lighting, building automation and current market prices the data provided by the producers were made use of as well as SECOCENBUD bases. When setting parameters for economic evaluation, materials available in URE branch bulletins and obtained reports were taken into consideration.

In result of the expertise answers were obtained to the study questions referring to the analyzed data set. It referred to ten buildings fulfilling different purposes and located in different climate zones of Poland. Representative buildings were determined and simulations were carried out according to WT2014, WT2017, and WT2021 for eight heat sources and three sources of DHW (domestic hot water).

STRESZCZENIE POSZCZEGÓLNYCH CZĘŚCI

Opracowanie zostało podzielone na następujące części:

Część **A** stanowi streszczenie opracowania.

Część **B** stanowi wstęp do opracowania głównego, przedstawiający tło wykonanej analizy oraz akty prawne, będące podstawą przeglądu obowiązujących krajowych przepisów określających minimalne wymagania dotyczące charakterystyki energetycznej budynków pod kątem ich ewentualnej aktualizacji przy uwzględnieniu postępu technicznego w sektorze budowlanym.

Część **C** zawiera opis przebiegu oraz sposób realizacji ekspertyzy, z wskazaniem źródeł pozyskiwania materiału.

Część **D** zawiera definicje i symbole występujące w opracowaniu, dla ujednolicenia i przejrzystości części opisowej.

Część **E** to opracowanie główne, zawierające następujące rozdziały:

Rozdział I, który stanowi wprowadzenie do tematu. Rozdział ten zawiera analizy i przegląd przepisów obowiązujących w Polsce dotyczących ochrony cieplnej i energooszczędności budynków na przestrzeni lat. W tej części przedstawiono ewolucję oraz tendencje zmian w przepisach oraz dostosowanie przepisów krajowych do wymagań stawianych przez Unię Europejską. W rozdziale I przedstawiono również aktualne przepisy i przeprowadzono ocenę spełniania wymagań na reprezentatywnej próbie

budynków. Dodatkowo rozdział I zawiera analizę implementacji Dyrektywy 2010/31/UE [D2] w wybranych krajach europejskich i porównanie krajowych wymagań z wymaganiami obowiązującymi w Polsce.

Rozdział II. W tym rozdziale przeprowadzono analizę rynku materiałów i technologii budowlanych, w odniesieniu do zmian przepisów energetycznych w Polsce. W tej części została dokonana analiza materiałów dostępnych na rynku polskim, szczególnie materiałów mających wpływ na poziom efektywności energetycznej budynków. Przeprowadzono analizę trendu wprowadzania nowych materiałów w zależności od zmian w przepisach dotyczących ochrony cieplnej i energooszczędności budynków.

Rozdział III to obliczenie optymalnego pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych dotyczących charakterystyki energetycznej budynków. Ta część wynika z art. 5 ust. 2 i 3 Dyrektywy 2010/31/UE [D2], na mocy którego każde państwo członkowskie zobowiązuje się obliczyć optymalny pod względem kosztów poziom wymagań minimalnych dotyczących charakterystyki energetycznej, przy użyciu ram metodologii porównawczej określonych w Rozporządzeniu delegowanym nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012 r. [D3] uzupełniającym Dyrektywę 2010/31/UE, z uwzględnieniem indywidualnych dla danego państwa parametrów jak warunki klimatyczne i praktyczna dostępność infrastruktury energetycznej. Państwa członkowskie UE mają obowiązek złożyć Komisji sprawozdania z obliczeń optymalnego pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych dotyczących charakterystyki energetycznej oraz z wyników tych obliczeń, w regularnych odstępach czasu nieprzekraczających 5 lat.

Rozdział IV zawiera podsumowanie analizy oraz przedstawienie wniosków. W rozdziale tym zawarto odpowiedzi na pytania:

- Czy wymagania określone w przepisach właściwie uwzględniają poziom rozwoju techniki w sektorze budowlanym (czy powszechnie dostępne wyroby budowlane, urządzenia oraz stosowane technologie pozwalają spełnić wymagania stawiane w przepisach lub pozwalają te wymagania zaostrzyć)?
- Czy sposób sformułowania wymagań minimalnych nie ogranicza swobody w doborze rozwiązań projektowych?
- Czy aktualnie obowiązujące przepisy umożliwiają uwzględnienie czynników takich jak lokalne warunki klimatyczne, projektowana funkcja oraz kategoria budynku?
- Czy określone wymagania pozwalają na osiągnięcie optymalnych pod względem kosztów parametrów budynku zarówno w odniesieniu do ogrzewania, chłodzenia, ochrony pomieszczeń przed przegrzewaniem i jakości powietrza wewnątrz budynku?
- Czy sposób podziału budynków na kategorie pozwala na adekwatne określenie wymagań minimalnych wobec poszczególnych rodzajów budynków?
- Czy przyjęta metodologia obliczania wartości poszczególnych współczynników pozwala uwzględnić wpływ powszechnie stosowanych technologii (np. wpływ sposobu mocowania izolacji do ściany na jej współczynnik przenikania ciepła) i uzyskiwać miarodajne wyniki?
- Czy wpływ mostków cieplnych spowodowanych np. mocowaniem izolacji do ściany jest wystarczająco uwzględniony w przepisach?
- Czy istnieje potrzeba uwzględnienia budynków poddawanych głębokiej modernizacji w przepisach?
- Czy aktualne przepisy w wystarczający sposób uwzględniają problem przegrzewania powietrza?

- Inne wnioski

W **Rozdziale V** przedstawiono wykaz źródeł, z których korzystano przy opracowywaniu dokumentu.

B Wprowadzenie

Począwszy od lat 70-tych idea zrównoważonego rozwoju rozwija się z różną, zależną od uwarunkowań politycznych, społecznych i ekonomicznych intensywnością.

Liczne spotkania, wymiana myśli politycznej na szczeblu państwowym [4] [5] [6] zaowocowały podpisaniem wielu zobowiązań, dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych, zwiększeniu ilości energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii oraz zwiększeniu efektywności energetycznej w sektorach o najwyższych wskaźnikach energochłonności, takich jak budownictwo i transport [7] [8].

Wynikiem rozmów międzynarodowych było zdefiniowanie głównych celów strategii „Europa 2020” [9] na rzecz inteligentnego i trwałego wzrostu gospodarczego.

Dążenie do zapewnienia niezależności energetycznej na odpowiednim poziomie oraz ograniczenie emisji szkodliwych dla człowieka substancji, zostały wyrażone poprzez podpisanie wielu zobowiązań, w tym Dyrektywy 2002/91/WE [D1] w sprawie charakterystyki energetycznej budynków oraz jej wersji przekształconej, nazwanej w uproszczeniu RECAST (Dyrektywa 31/2010/UE [D2]).

Podjęte działania, służące ograniczeniu zużycia energii równocześnie sprzyjające wzrostowi udziału energii ze źródeł odnawialnych, pozwoliłyby krajom Unii na realizację postanowień protokołu z Kioto [7] do Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (UNFCCC) [4].

Obniżenie zużycia energii w sektorze budownictwa oraz zwiększenie wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych mają szczególnie duże znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii oraz wspierania rozwoju technicznego.

Kraje członkowskie UE zobowiązane zostały do implementacji Dyrektywy w sprawie charakterystyki energetycznej budynków [D2] do prawodawstwa krajowego. Wiąże się to z nowelizacją przepisów wykonawczych [R12-R16], wykonawczych oraz z opracowaniem aktów prawnych [R11] wdrażających zobowiązania wynikające z zapisów Dyrektywy [D2].

W Polsce najważniejsze zmiany w przedmiotowym zakresie przełożyły się na nowelizację przepisów techniczno-budowlanych dotyczących ochrony cieplnej i energochłonności budynków [R9] [R10].

Niniejsza analiza nowelizacji przepisów techniczno-budowlanych, które weszły w życie w 2014 roku, dotyczy oceny przepisów ochrony cieplnej i energochłonności budynków zawartych w dziale X oraz załączniku nr 2 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. „W sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z późniejszymi zmianami” (Dz.U.2015, poz.1422) [R10].

Celem analizy jest przeprowadzenie przeglądu obowiązujących krajowych przepisów określających minimalne wymagania dotyczące charakterystyki energetycznej budynków pod kątem ich ewentualnej aktualizacji przy uwzględnieniu postępu technicznego w sektorze budowlanym, zgodnie z art. 4 ust. 1 akapit 6 dyrektywy 2010/31/UE [D2].

Okresowy przegląd przepisów wynika ze zobowiązania krajów członkowskich do regularnego przeglądu minimalnych wymagań dotyczących charakterystyki energetycznej oraz, w razie potrzeby, uaktualniania ich w celu uwzględnienia postępu technicznego w sektorze budowlanym.

Metodologię obliczania optymalnego pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych regulują dokumenty: Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012 r. [D3] uzupełniające dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE [D2] oraz Wytyczne uzupełniające Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012 r [D4].

C Opis przebiegu oraz sposobu realizacji ekspertyzy

W celu jak najrzetelniejszego wykonania analizy dotyczącej przeprowadzenia przeglądu obowiązujących krajowych przepisów określających minimalne wymagania dotyczące charakterystyki energetycznej budynków pod kątem ich ewentualnej aktualizacji przy uwzględnieniu postępu technicznego w sektorze budowlanym, zgodnie z art. 4 ust. 1 akapit 6 dyrektywy 2010/31/UE, zespół naukowy, opracowujący analizę opierał się na dostępnych źródłach będących podstawą do przeprowadzenia niniejszej analizy

Jako podstawę do opracowania przeglądu przepisów dotyczących efektywności energetycznej budynków w Polsce w ujęciu historycznym, przeanalizowano normy i rozporządzenia w tym obszarze tematycznym, obowiązujące w Polsce na przestrzeni lat. Zostały przeanalizowane następujące normy:

- PN/B-02405:53 [N1]
- PN/B-02405:57 [N2]
- PN-64/B-03404 [N8]
- PN-74/B-03404 [N9]
- PN-82/B-02020 [N10]
- PN-91/B-02020 [N11]
- PN-EN-ISO 6946:1999 [N5]
- PN-EN-ISO 6946:2004 [N6]
- PN-EN-ISO 6946:2008 [N7]

oraz rozporządzenia:

- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 września 1997 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie WT jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R5]
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2002 r. nr 75, poz. 690 z późn. zm.) [R6]
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R8]
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R9]
- 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 [R10]

W celu porównania aktualnych wymagań dotyczących efektywności energetycznej będących wynikiem implementacji Dyrektywy 2010/31/UE [D2] do prawodawstwa wybranych krajów europejskich, zostały przeanalizowane następujące dokumenty:

- STN 73 0540-2:2012 -Tepelná ochrana budov Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konstrukcií a budov Časť 2: Funkčné požiadavky [N26]
- ČSN 73 0540-2 (změna Z1/2012) Tepelná ochrana budov. Část 2: Funkční požadavky [N29]
- TNI 73 0331 vstupní hodnoty energetického hodnocení [N28]
- ČSN EN ISO 13790 Energetická náročnost budov - Výpočet potřeby energie na vytápění a chlazení
- TNI 73 0329 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění - Rodinné domy [N31]
- TNI 73 0330 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění - Bytové domy [N32]
- Novela Zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií platnost od 1.7.2015 (změny v zákoně 103/2015 Sb.) novely souvisejících vyhlášek [R24]
- 78/2013 o energetické účinnosti budov v přípravě novela vyhlášky [R25]
- 118/2013 o energetických specialistech novela je ve sbírce zákonů [R26]
- 480/2012 o energetickém auditu a energetickém posudku [R27]
- Zbierka zákonov č. 364/2012, VYHLÁŠKA Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky z 12. novembra 2012 ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov [R23]
- 406/2000 Sb. ZÁKON ze dne 25. října 2000 o hospodaření energií [R30]
- 103 ZÁKON ze dne 10. dubna 2015 kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů [R31]
- 441 VYHLÁŠKA ze dne 5. prosince 2012 o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie [R33]
- (Forskrift om tekniske krav til byggverk - Byggeteknisk forskrift) [R34]

Pełny zakres analizowanych dokumentów znajduje się w Rozdziale V – Literatura.

W celu zebrania informacji dotyczących oceny spełnienia wymagań polskich przepisów budowlanych w zakresie oszczędności energii i izolacyjności cieplnej oparto się na materiałach udostępnionych przez firmy współpracujące z Politechnika Krakowską, co daje gwarancję poziomu pozyskanych danych.

W zakresie analizy szczelności powietrznej obudowy budynków oparto się o badania wykonane przez naukowców Politechniki Krakowskiej oraz firmy:

- PRUDIS S. PRUS (<http://www.prus.co>)
- Tremocent (<http://www.termocent.com>)

W zakresie spełnienia wymagań minimalnych określonych przez współczynniki przenikania ciepła U oraz wskaźnik EP dla budynków oddanych do użytkowania po wprowadzeniu nowelizacji przepisów techniczno-budowlanych w 2014 roku na reprezentatywnej grupie budynków, oparto się na danych udostępnionych przez:

- BuildDesk (<http://www.builddesk.pl>) oraz danych pochodzących z wykonanych świadectw charakterystyki energetycznej budynków oddanych do użytkowania po 2014 roku, czyli po wprowadzeniu nowelizacji Rozporządzenia [R10]

W zakresie ustalenia aktualnego poziomu technologicznego dla materiałów budowlanych, systemów technicznego wyposażenia budynków, systemów oświetlenia wbudowanego, automatyki budynkowej oraz aktualnych cen rynkowych skorzystano z danych udostępnionych przez:

- SEKOCENBUD
- Portale internetowe producentów
- Wywiady z producentami

W zakresie analizy rozwoju rynku materiałów budowlanych oraz systemów technicznego wyposażenia budynków, systemów oświetleniowych i automatyki budynkowej skorzystano z informacji handlowych dostępnych na stronach producentów, oraz informacji uzyskanych od producentów między innymi:

- Austrotherm
- STO
- PAROC
- ZDANIA
- Ursa

W zakresie ustalania parametrów do oceny ekonomicznej zgodnej z [D3], oparto się na materiałach dostępnych w biuletynach branżowych Urzędu Regulacji Energii URE [18] Informacja (nr 45/2016) w sprawie średniej ceny sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym w II kwartale 2016 roku oraz dokumencie „Założenia do planu zaopatrzenia w ciepło elektryczną i paliwa gazowe” [19].

Stopę dyskonta do obliczeń makroekonomicznych wyznaczono w oparciu o dostępne informacje publikowane na stronach Komisji Europejskiej „Base rates for the 28 Member States as of 1.11.2016” [20]

Ceny paliw oraz prognozowany wzrost cen energii oszacowano w oparciu o dane udostępnione przez redakcję miesięcznika Murator oraz dostępne opracowania [21] [22].

W opracowaniu wykorzystywano również raporty publikowane przez Instytut Ekonomii Środowiska [23] [24] [25] oraz raport dotyczący przeglądu obowiązujących krajowych przepisów określających minimalne wymagania dotyczące charakterystyki energetycznej budynków pod kątem ich ewentualnej aktualizacji przy uwzględnieniu postępu technicznego w sektorze budowlanym z roku 2011 wykonany przez Instytut Techniki Budowlanej [26].

D Definicje i symbole występujące w opracowaniu

Zrównoważony rozwój – Inne definicje to Zrównoważony Rozwój, Trwały Rozwój, Trwały i Zrównoważony rozwój, Ekorozwój – doktryna ekonomii, zakładająca jakość życia na poziomie, na jaki pozwala obecny rozwój cywilizacyjny, w przeciwieństwie do „żelaznej reguły ekonomii” Malthusa. Ideę zrównoważonego rozwoju streszcza pierwsze zdanie raportu WCED z 1987 r. – „Nasza Wspólna Przyszłość”: *Na obecnym poziomie cywilizacyjnym możliwy jest rozwój zrównoważony, to jest taki rozwój, w którym potrzeby obecnego pokolenia mogą być zaspokojone bez umniejszania szans przyszłych pokoleń na ich zaspokojenie* [1].

Budynek o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię (NZEB) – zgodnie z definicją zawartą w Dyrektywie 2010/31/UE [D2] budynek o niemal zerowym zużyciu energii oznacza budynek o bardzo wysokiej charakterystyce energetycznej (określonej zgodnie z załącznikiem 1. Niemal zerowa lub bardzo niska ilość wymaganej energii powinna pochodzić w bardzo wysokim stopniu z energii ze źródeł odnawialnych, w tym energii ze źródeł odnawialnych wytwarzanej na miejscu lub w pobliżu.

Poziom optymalny pod względem kosztów – zgodnie z [D2] oznacza optymalny poziom charakterystyki energetycznej charakteryzujący się najlepszym wynikiem ekonomicznym uzyskanym w trakcie szacunkowego ekonomicznego cyklu życia budynku lub jego elementu.

Budynek referencyjny – budynek przyjęty na potrzeby metodologii obliczania optymalnych kosztów, zgodnie z załącznikiem III do dyrektywy 2010/31/UE i załącznikiem I pkt. 1 do Rozporządzenia Delegowanego Komisji (UE) nr 244/2012 z dn. 16 stycznia 2012 r. Głównym celem określenia budynków referencyjnych jest reprezentowanie typowych i średnich budynków w danym państwie członkowskim.

Obiekt budowlany – budynek, budowla bądź obiekt małej architektury, wraz z instalacjami zapewniającymi możliwość użytkowania obiektu zgodnie z jego przeznaczeniem, wzniesiony z użyciem wyrobów budowlanych. [R1]

Budynek – obiekt budowlany, który jest trwale związany z gruntem, wydzielony przestrzeni za pomocą przegród budowlanych oraz posiada fundamenty i dach. [R1]

Budynek mieszkalny jednorodzinny – (domek jednorodzinny, willa, dom jednorodzinny wolnostojący, dom jednorodzinny w zabudowie bliźniaczej, bliźniak) – budynek wolnostojący albo budynek w zabudowie bliźniaczej, szeregowej lub grupowej, służący zaspokajaniu potrzeb mieszkaniowych, nowiący konstrukcyjnie samodzielną całość, w którym dopuszcza się wydzielenie nie więcej niż dwóch lokali mieszkalnych albo jednego lokalu mieszkalnego i lokalu użytkowego o powierzchni całkowitej nieprzekraczającej 30% powierzchni całkowitej budynku. [R1]

Budynek mieszkalny wielorodzinny – budynek mieszkalny inny niż budynek mieszkalny jednorodzinny w rozumieniu ustawy o Prawie Budowlanym. [R1]

Budynek zamieszkania zbiorowego – budynek przeznaczony do okresowego pobytu ludzi, w szczególności hotel, motel, pensjonat, dom wypoczynkowy, dom wycieczkowy, schronisko młodzieżowe, schronisko, internat, dom studencki, budynek koszarowy, budynek zakwaterowania na terenie zakładu karnego, aresztu śledczego, zakładu poprawczego, schroniska dla nieletnich, a także budynek do stałego pobytu ludzi, w szczególności dom dziecka, dom rencistów i dom zakonny. [R1]

Budynek użyteczności publicznej – budynek przeznaczony na potrzeby administracji publicznej, wymiaru sprawiedliwości, kultury, kultu religijnego, oświaty, szkolnictwa wyższego, nauki, wychowania, opieki zdrowotnej, społecznej lub socjalnej, obsługi bankowej, handlu, gastronomii, usług, w tym usług pocztowych lub telekomunikacyjnych, turystyki, sportu, obsługi pasażerów w transporcie kolejowym, drogowym, lotniczym, morskim lub wodnym śródlądowym, oraz inny budynek przeznaczony do wykonywania podobnych funkcji; za budynek użyteczności publicznej uznaje się także budynek biurowy lub socjalny.

Budynek gospodarczy – budynek przeznaczony do niezawodowego wykonywania prac warsztatowych oraz do przechowywania materiałów, narzędzi, sprzętu i płodów rolnych służących mieszkańcom budynku mieszkalnego, budynku zamieszkania zbiorowego, budynku rekreacji indywidualnej, a także ich otoczenia, a w zabudowie zagrodowej przeznaczony również do przechowywania środków produkcji rolnej i sprzętu oraz płodów rolnych.

Świadectwo charakterystyki energetycznej – dokument, który określa wielkość zapotrzebowania na energię niezbędną do zaspokojenia potrzeb związanych z użytkowaniem budynku lub części budynku, czyli energii na potrzeby ogrzewania i wentylacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej, chłodzenia, a w przypadku budynków niemieszkalnych również oświetlenia. Obowiązek posiadania w określonych sytuacjach świadectwa charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku wynika z prawa europejskiego.

Efektywność energetyczna – stosunek uzyskanej wielkości efektu użytkowego danego obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, w typowych warunkach ich użytkowania lub eksploatacji, do ilości zużycia energii przez ten obiekt, urządzenie techniczne lub instalację, albo w wyniku wykonanej usługi niezbędnej do uzyskania tego efektu; definicja zawarta w Ustawie o Efektywności Energetycznej z dn. 20.05.2016 r.

Budynek energooszczędny – pojęcie umowne, nie mające odzwierciedlenia w przepisach prawnych czy normach. Różne organizacje, próbują wprowadzić parametry opisujące budynki energooszczędne. Na przykład Stowarzyszenie na rzecz Zrównoważonego Rozwoju wprowadziło klasy energetyczne budynków, gdzie sklasyfikowano budynki pod kątem wskaźnika EA [kWh/(m²rok)] określającego zapotrzebowanie na energię do ogrzewania. W tej klasyfikacji budynki energooszczędne są w grupie $45 < EA < 80$ [kWh/(m²rok)] [2]. Inaczej zdefiniowano budynek energooszczędny w Małopolskim Certyfikacie Budynków Energooszczędnych, gdzie podano poziomy wymagań minimalnych dla budynków energooszczędnych w zależności od stref klimatycznych i użytkowania budynków [3].

Energochłonność budynku – energochłonność to ilość energii zużywanej na eksploatację budynku w ciągu roku, przy czym jako zużywaną energię rozumiemy dopływ z zewnątrz do budynku wszelkiego rodzaju energii, dostarczanej bądź wytwarzanej, w tym słonecznej oraz pochodzącej od mieszkańców i eksploatowanych urządzeń, za miarę energochłonności budynku można przyjąć sezonowe zapotrzebowanie na energię potrzebną do ogrzania 1m^2 powierzchni albo 1m^3 kubatury, czyli wskaźnik zapotrzebowania ciepła E wyrażony w $[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{rok})]$ lub w $[\text{kWh}/(\text{m}^3\text{rok})]$.

Izolacyjność cieplna – stopień ochrony budynku przed stratami ciepła przez przegrody wyrażony przez współczynnik przenikania ciepła U (również k , K) $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$.

Ciepło – to jedna z form przekazywania energii pomiędzy układem a otoczeniem na skutek istniejącej pomiędzy nimi różnicy temperatury.

Energia cieplna – jedna z form energii, która zmagazynowana jest w atomach lub cząsteczkach ciała poruszających się bezładnym ruchem. Energią cieplną zasilane są systemy techniczne w budynku służące do ogrzewania oraz chłodzenia, przygotowania cwu oraz wentylacji.

Energia elektryczna – energia zdolnych do wykonania pracy ładunków elektrycznych zawartych w ciele. Energia elektryczna zasila systemy techniczne w budynku służące do ogrzewania oraz chłodzenia, przygotowania cwu oraz wentylacji a także urządzenia pomocnicze.

Źródło energii – źródło, z którego może być wyprodukowana lub odzyskana użyteczna energia, bezpośrednio lub poprzez proces konwersji lub transformacji.

Nośnik energii – substancja lub zjawisko, które mogą zostać wykorzystane do wytwarzania pracy mechanicznej lub ciepła lub w celu realizacji procesów chemicznych lub fizycznych.

Granica systemu – granica obejmująca wszystkie obszary związane z budynkiem (zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz budynku), w których zużywana lub produkowana jest energia.

Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania lub chłodzenia – ciepło, które musi być dostarczone lub usunięte, aby w pomieszczeniu o regulowanych parametrach utrzymać określoną temperaturę w danym okresie czasu.

Zapotrzebowanie na energię do przygotowania ciepłej wody użytkowej – ciepło, które musi być dostarczone na potrzeby niezbędnej ilości ciepłej wody, aby podnieść jej niską temperaturę sieciową do ustalonej wcześniej temperatury dostawy w punkcie odbioru.

Zużycie energii na ogrzewanie lub chłodzenie pomieszczeń lub w celu przygotowania ciepłej wody – energia dostarczona do systemu grzewczego, systemu chłodzenia lub systemu gorącej wody w celu zaspokojenia zapotrzebowania na energię niezbędną do, odpowiednio, ogrzewania, chłodzenia lub przygotowania ciepłej wody.

Zużycie energii na wentylację – energia elektryczna dostarczona do systemu wentylacji w celu przemieszczania powietrza i odzyskiwania ciepła (nie licząc energii dostarczonej w celu wstępnego ogrzania powietrza).

Zużycie energii na oświetlenie – energia elektryczna dostarczona do systemu oświetlenia.

Energia eksportowana – energia, wyrażona dla każdego nośnika energii, dostarczona przez system techniczny budynku przez granice systemu i wykorzystana poza granicą systemu.

Energia pierwotna – jest to energia użyta do wytworzenia energii dostarczanej do budynku. Oblicza się ją na podstawie dostarczonych i eksportowanych ilości nośników energii, z wykorzystaniem współczynników konwersji energii pierwotnej. Energia pierwotna obejmuje energię nieodnawialną i energię odnawialną. Jeśli uwzględnia się obydwa rodzaje energii, można ją nazwać całkowitą energią pierwotną.

EP [kWh/(m²rok)] – wskaźnik, który wyraża wielkość rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną niezbędną do zaspokajania potrzeb związanych z użytkowaniem budynku, odniesioną do 1 m² powierzchni użytkowej, podaną w kWh/(m²rok). Zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną określa efektywność całkowitą budynku. Uwzględnia ona obok energii końcowej, dodatkowe nakłady nieodnawialnej energii pierwotnej na dostarczenie do granicy budynku każdego wykorzystanego nośnika energii (np. oleju opałowego, gazu, energii elektrycznej, energii odnawialnych itp.).

EK [kWh/(m²rok)] – Wskaźnik EK wyraża zapotrzebowanie na energię końcową dla ogrzewania. Wskaźnik wyraża energię cieplną, elektryczną i energię pomocniczą, które należy dostarczyć do granicy systemu grzewczego (budynek) o danej sprawności, aby pokryć zapotrzebowanie na ciepło użyteczne do ogrzewania i wentylacji pomieszczeń oraz niezbędne do potrzeb bytowych, higienicznych i gospodarskich.

EU [kWh/(m²rok)] – Wskaźnik rocznego jednostkowego zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji. Określa energię cieplną, elektryczną do ogrzewania, chłodzenia, cwu i wentylacji, oraz dla budynków użyteczności publicznej - oświetlenia wbudowanego, bez względu na rodzaj i sprawność urządzenia grzewczego.

U – (U , również symbol – k , K) [W/(m²K)] – współczynnik określany dla przegród, umożliwiający obliczanie ciepła przenikającego przez przegrodę, a także porównywanie własności cieplnych przegród budowlanych. Im niższa wartość współczynnika, tym lepszy poziom izolacji.

R_t [m^2K/W] – opór cieplny, odwrotność współczynnika przenikania ciepła U . Opór cieplny kilku warstw materiałów przylegających do siebie (bez pustki powietrznej), jest sumą oporów cieplnych poszczególnych warstw materiałów.

λ [$W/(m\cdot K)$] – współczynnik przewodzenia ciepła, określający własności cieplne materiałów budowlanych.

Kondensacja międzywarstwowa, krytyczna wilgotność powierzchni - WT 2008 określają wymagania mówiące o tym, że na wewnętrznej powierzchni nieprzezroczystej przegrody zewnętrznej nie może występować kondensacja pary wodnej umożliwiającą rozwój grzybów pleśniowych, oraz we wnętrzu przegrody nie może występować narastające w kolejnych latach zawilgocenie spowodowane kondensacją pary wodnej. Sprawdzenie tych warunków przeprowadza się według PN-EN ISO 13788:2003 [N16]. Nie dotyczy to przegród, w odniesieniu, do których praktyka wykazała, że zjawisko kondensacji wewnętrznej w tych przegrodach nie występuje, jak na przykład murowane ściany jednowarstwowe.

W celu zachowania warunku dotyczącego powierzchniowej kondensacji pary wodnej w odniesieniu do przegród zewnętrznych budynków mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej i produkcyjnych, rozwiązania przegród zewnętrznych i ich węzłów konstrukcyjnych powinny charakteryzować się współczynnikiem temperaturowym f_{Rsi} o wartości nie mniejszej niż wymagana wartość krytyczna, obliczona zgodnie z PN-EN ISO 13788:2003 [N16]. Wymagana wartość krytyczna współczynnika temperaturowego f_{Rsi} w pomieszczeniach ogrzewanych do temperatury co najmniej $20^\circ C$ w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy określać według rozdziału 5 PN-EN ISO 13788:2003 [N16], przy założeniu, że średnia miesięczna wartość wilgotności względnej powietrza wewnętrznego jest równa $\varphi = 50\%$, przy czym możliwe jest przyjmowanie wymaganej wartości tego współczynnika równej 0,72. Dopuszcza się kondensację pary wodnej wewnątrz przegrody w okresie zimowym, o ile struktura przegrody umożliwi wyparowanie kondensatu w okresie letnim i nie nastąpi przy tym degradacja materiałów budowlanych przegrody na skutek tej kondensacji.

WT94 – Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 14 grudnia 1994 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R4]

WT97 – Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 września 1997 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie WT jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.[R5]

WT02 – Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2002 r. nr 75, poz. 690)[R6]

WT04 – Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 kwietnia 2004 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R7]

WT08 – Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R8]

WT13 – Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R9]

WT15 – 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 [R10]

ETICS – (ang. External Thermal Insulation Composite System), system izolacji ścian zewnętrznych budynku polegający na wykonaniu na odpowiednio przygotowanym podłożu (ścianie) warstw ze współpracujących i kompatybilnych materiałów, będących termoizolacją oraz warstwą elewacyjną [36]

Wartości i jednostki użyte w opracowaniu

Tabl. 1 Wykaz jednostek i symboli

Lp	Symbol	Jednostka	Nazwa
1.	U	[W/(m ² K)]	Współczynnik przenikania ciepła
2.	k	[W/(m ² K)]	Współczynnik przenikania ciepła
3.	K	[W/(m ² K)]	Współczynnik przenikania ciepła
4.	λ	[W/(mK)]	Obliczeniowy współczynnik przewodzenia ciepła
5.	R	[m ² K/W]	Opór cieplny
6.	EP	[kWh/(m ² rok)]	Wskaźnik nieodnawialnej energii pierwotnej
7.	EU	[kWh/(m ² rok)]	Wskaźnik energii użytkowej
8.	EK	[kWh/(m ² rok)]	Wskaźnik energii końcowej
9.	A _f	[m ²]	Powierzchnia użytkowa ogrzewana budynku
10.	A _{f,C}	[m ²]	Powierzchnia użytkowa chłodzona budynku
11.	g	[-]	Współczynnik przepuszczalności energii całkowitej promieniowania słonecznego okien oraz przegród szklanych i przezroczystych
12.	g _n	[-]	Współczynnik całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego dla typu oszklenia

13.	f_c	[-]	Współczynnik redukcji promieniowania ze względu na zastosowane urządzenia przeciwsłoneczne, w okresie letnim
14.	n_{50}	[1/h]	Krotność wymiany powietrza dotycząca całego budynku wynikająca z różnicy ciśnień między wnętrzem a otoczeniem równiej 50 Pa

E Treść właściwa

Rozdział I

EWOLUCJA, ANALIZA PORÓWNAWCZA I OCENA STANU OBOWIĄZUJĄCYCH PRZEPISÓW TECHNICZNO-BUDOWLANYCH DOTYCZĄCYCH OCHRONY CIEPLNEJ I ENERGOCHŁONNOŚCI BUDYNKÓW W POLSCE.

I/1. Ocena implementacji Dyrektywy 2010/31/UE w Polsce na podstawie analizy obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych dotyczących ochrony cieplnej i energochłonności budynków.

I/1.1. Ewolucja wymagań energetycznych dla budynków w Polsce

Przepisy związane z ochroną cieplną budynków w Polsce zostały wprowadzone w latach 50-tych. Wówczas po raz pierwszy w polskich normach pojawiły się uregulowania, dotyczące ochrony cieplnej obudowy budynku. Były one podyktowane dbałością o trwałość przegród zewnętrznych i komfort użytkownika pomieszczeń narażonych na powstawanie wilgoci na powierzchniach wewnętrznych przegród. Powodem takiego zjawiska był niski opór cieplny przegród i zjawisko występowania krytycznej wilgotności a nawet temperatury punktu rosy na powierzchniach wewnętrznych. Zjawisko to zachodziło w przegrodach stykających się ze środowiskiem zewnętrznym przy niskich temperaturach zewnętrznych [N1] [N2].

Od czasu wprowadzenia uregulowań normowych dotyczących ochrony cieplnej obudowy budynku, wymagania w tym zakresie ulegały transformacjom, zapewniając coraz lepszą ochronę przed przenikaniem strumienia ciepła przez przegrody zewnętrzne, co oczywiście wiązało się z zwiększaniem poziomu energooszczędności budynków i przekładało na mniejsze koszty eksploatacyjne.

Kolejne nowelizacje przepisów miały bezpośredni wpływ na rynek materiałów budowlanych, instalacji technicznego wyposażenia budynków oraz technologii budowania.

Zaostrzające się przepisy ochrony cieplnej były impulsem do ulepszania parametrów materiałów, wprowadzania nowych o lepszych właściwościach cieplnych. Aby zapewnić wyższą efektywność energetyczną budynków, na rynek wprowadzano również systemy technicznego wyposażenia budynków, charakteryzujące się większą sprawnością wytwarzania energii.

W szczególności dotyczy to rynku materiałów termoizolacyjnych, okien, czy systemów technicznego wyposażenia budynków, oświetlenia i automatyki budynkowej.

W tabeli 1 zostały zestawione uregulowania prawne obowiązujące w prawodawstwie polskim, dotyczące ochrony cieplnej budynków od 1955 roku [opracowane do roku 2021](#).

Wymagania minimalne izolacyjności cieplnej przegród określone były symbolem k [$W/(m^2K)$] do 1998 r. Wprowadzenie normy PN-EN 6946:2008 [N7], będącą polską wersją normy międzynarodowej EN ISO 6946:1996 [N4], wiązało się ze zmianą symbolu

określającego współczynnik przenikania ciepła jako U [W/m^2K], zgodny z metodologią obowiązująca w krajach europejskich.

Od roku 1998 wymagania izolacyjności cieplnej i inne wymagania związane z oszczędnością energii w budynkach zostały przeniesione z normy PN-91/B-02020 - Ochrona cieplna budynków - Wymagania i obliczenia [N40] do Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R5]. Metodologia obliczenia współczynnika przenikania ciepła U została zawarta w PN-EN ISO 6946: 1999 [N5].

Wymagania dotyczące współczynnika przenikania ciepła

W tabl. 2 oraz tabl. 3 przeanalizowano zmiany dotyczące izolacyjności cieplnej ścian zewnętrznych, stropodachów dla budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego oraz innych parametrów wpływających na efektywność energetyczną budynków.

W tabl. 3 zawarto wybrane minimalne wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej ścian i dachów/stropodachów określone dla budynków mieszkalnych jednorodzinnych w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi ($t_i > 16^\circ C$).

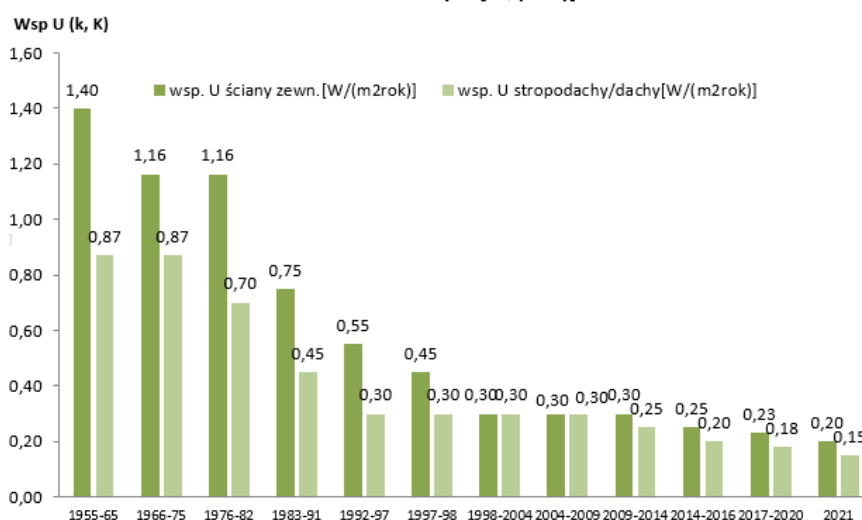
Tabl.2. Wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej obudowy budynków w Polsce. Analizowano wymagania dla ścian zewnętrznych i stropodachów

lata	Normy/rozporządzenia	Symbol	Wymagania izolacyjności cieplnej ścian zewnętrznych i stropodachów	
			k_{max}/U_{max} (ściany zewnętrzne) $W/(m^2K)$	k_{max}/U_{max} (stropodach) $W/(m^2K)$
do 1954	-		-	-
1955 – 65	PN/B-02405:53 [N1] PN/B-02405:57 [N2]	k_{max} [kcal/m ² h ^o C]	$k \leq 1,16$ [kcal/m ² h ^o C] (środk. i wsch. Polska)	$k \leq 0,87$ [kcal/m ² h ^o C]
1966 – 75	PN-64/B-03404 [N8]		$k \leq 1,42(1,47)$ [kcal/m ² h ^o C] (zach. Polska)	
1976 – 82	PN-74/B-03404 [N9]		$k \leq 1,16$ [kcal/m ² h ^o C]	$k \leq 0,70$ [kcal/m ² h ^o C]
1983 – 91	PN-82/B-02020 [N10]	K_{max} [W/m ² K]	$K \leq 0,75$ [W/(m ² K)]	$K \leq 0,45$ [W/(m ² K)]
1992 – 97	PN-91/B-02020 [N11]		$K \leq 0,55$ [W/(m ² K)]	$K \leq 0,30$ [W/(m ² K)]
1998 - 2004	PN-EN-ISO 6946:1999 [N5]		Metodologia obliczania współczynnika U [W/m ² K]	
1997 - 2002	Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 września 1997 r. zmieniające	K_{max}/U_{max} [W/m ² K]	$K \leq 0,30$ – ściany warstwowe z izolacją z materiału o wsp. $\lambda \leq 0,05 W/(mK)$ $K \leq 0,50$ – ściany pozostałe;	$K \leq 0,30$

	rozporządzenie w sprawie WT jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R5]			
2004-2008	PN-EN-ISO 6946:2004 [N6]	$U_{k(max)}$ [W/(m ² K)]	Metodologia obliczania współczynnika U [W/m ² K]	
2002-2008	Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2002 r. nr 75, poz. 690 z późn. zm.) [R6]		$U_{k(max)} \leq 0,30$ –ściany warstwowe z izolacją z materiału o wsp. $\lambda \leq 0,05$ W/(mK) $U_{k(max)} \leq 0,50$ – ściany pozostałe;	$U_{k(max)} \leq 0,30$
2008-2016	PN-EN-ISO 6946:2008 [N7]	$U_{(max)}$ [W/(m ² K)]	Metodologia obliczania wsp. U [W/(m ² K)]	
2008-2013	Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R8]		$U_{(max)} \leq 0,3$	$U_{(max)} \leq 0,25$
2013-2016	Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R9] Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lipca 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury	$U_{C(max)}$ [W/(m ² K)]	$U_{C(max)} \leq 0,25$	$U_{C(max)} \leq 0,20$

	w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R10]		
2017-2020	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 [R10]	$U_{C(max)} \leq 0,23$	$U_{C(max)} \leq 0,18$
2021	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 [R10]	$U_{C(max)} \leq 0,20$	$U_{C(max)} \leq 0,15$

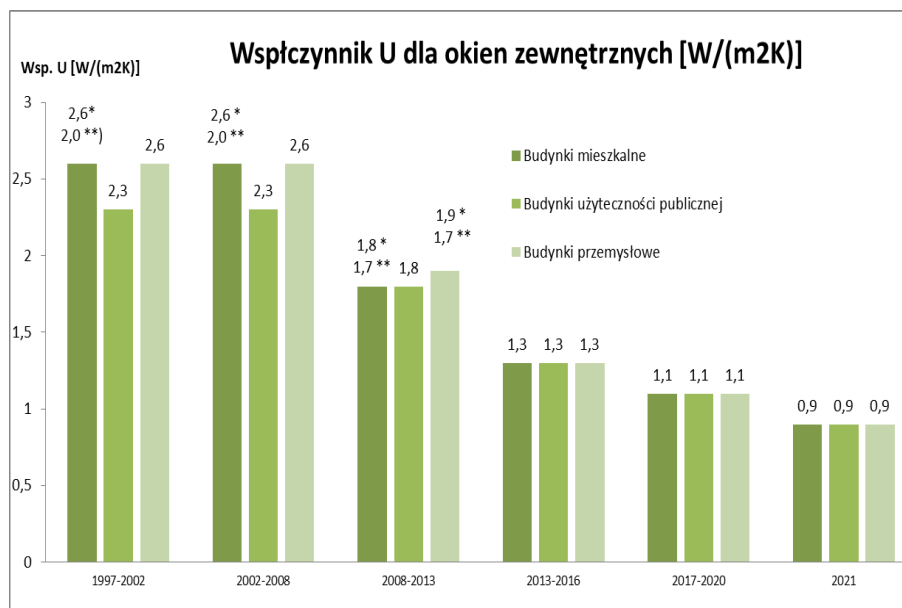
Współczynnik U (k,K) dla ścian zewnętrznych i stropodachów/dachów budynków mieszkalnych [W/(m²K)]



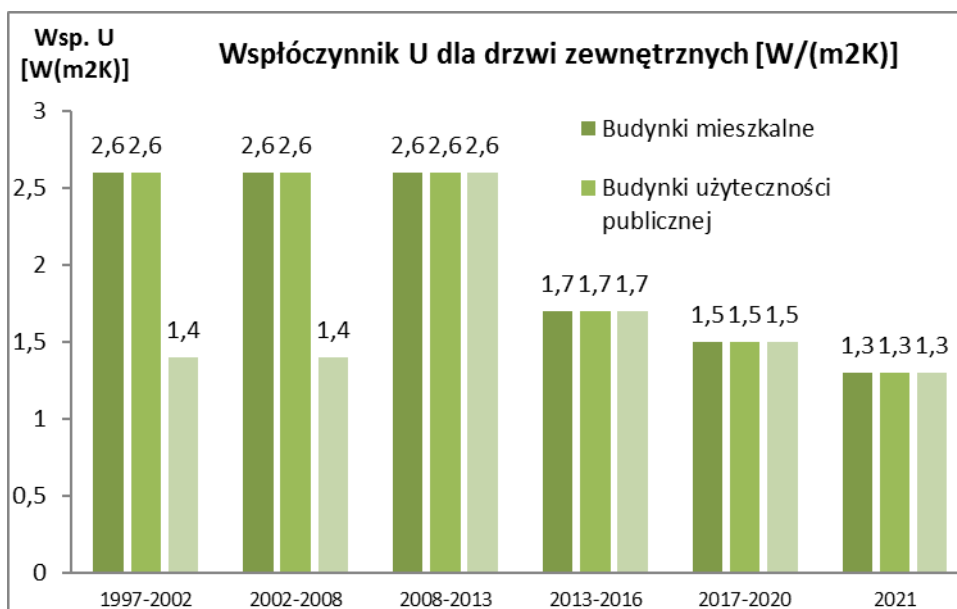
Rys.1. Zmieniające się na przestrzeni lat wartości współczynnika U [W/(m²K)] dla ścian zewnętrznych i stropodachów/dachów.

Tabl.3. Wybrane wymagania izolacyjności cieplnej dla okien i drzwi dla budynków mieszkalnych, w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi ($t_i > 16^\circ\text{C}$).

Okres	Rozporządzenie	Współczynnik przenikania ciepła U_{\max} (K_{\max}) [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]	
		Okna zewnętrzne	Drzwi zewnętrzne
1997-2002	Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 września 1997 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie WT jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R5]	I,II,III strefa klimatyczna $K_{\max} \leq 2,6$ IV, V strefa klimatyczna $K_{\max} \leq 2,0$	$K_{\max} \leq 2,6$
2002-2008	Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2002 r. nr 75, poz. 690 z późn. zm.) [R6],	I,II,III strefa klimatyczna $U_{k(\max)} \leq 2,6$ IV, V strefa klimatyczna $U_{k(\max)} \leq 2,0$	$U_{k(\max)} \leq 2,6$
2008-2013	Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R8]	I,II,III strefa klimatyczna $U_{(\max)} \leq 1,8$ IV, V strefa klimatyczna $U_{(\max)} \leq 1,7$	$U_{(\max)} \leq 2,6$
2013-2016	Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R9] 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 [R10]	$U_{(\max)} \leq 1,3$	$U_{(\max)} \leq 1,7$
2017-2020	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 [R10]	$U_{(\max)} \leq 1,1$	$U_{(\max)} \leq 1,5$
2021	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 [R10]	$U_{(\max)} \leq 0,9$	$U_{(\max)} \leq 1,3$



Rys.2. Zmieniające się parametry dotyczące izolacyjności cieplnej okien zewnętrznych wyrażonej przez współczynnik przenikania ciepła U (K) [W/(m²K)], dla okien w budynkach mieszkalnych, użyteczności publicznej oraz innych, w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi ($t_i > 16^{\circ}\text{C}$). Oznaczenia * - I, II, III strefa klimatyczna Polski, ** - IV, V strefa klimatyczna Polski



Rys.3. Zmieniające się parametry dotyczące izolacyjności cieplnej wyrażonej przez współczynnik przenikania ciepła U (K) [W/(m²K)] dla drzwi zewnętrznych w budynkach mieszkalnych, użyteczności publicznej oraz innych, w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi ($t_i > 16^{\circ}\text{C}$)

Wymagania określone w dokumentach [R5], [R6], [R8] uzależniały wielkość współczynnika przenikania ciepła U dla okien zewnętrznych budynków mieszkalnych od strefy klimatycznej w jakiej zlokalizowany był obiekt.

Od 2015 roku obowiązują WT15 (tekst jednolity) [R10]. W wymaganiach tych określonych do 2021 roku nie występuje rozgraniczenie na budynki o różnym przeznaczeniu (budynki mieszkalne, użyteczności publicznej, gospodarcze itp).

WT15 [R10] dopuszczają jednak możliwość odstępstwa od przyjętych wartości minimalnych wymagań nałożonych na współczynnik przenikania ciepła U [$W/(m^2K)$] dla budynków produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych, jeżeli uzasadnia to rachunek efektywności ekonomicznej inwestycji, obejmujący koszty budowy i eksploatacji budynku.

Wymagania dotyczące zużycia energii przez budynek.

Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku E [$kWh/(m^3rok)$] oraz wskaźnik rocznego obliczeniowego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP [$kWh/(m^2rok)$].

W Rozporządzeniu Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 14 grudnia 1994 roku (WT94) [R4] w Dziale X zostały określone wymagania dotyczące oszczędności energii i izolacyjności cieplnej jako alternatywne spełnienie minimalnych wymagań dotyczących wartości wskaźnika E_0 [kWh/m^2rok], określającego obliczeniowe zapotrzebowanie energii końcowej do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym, wyrażone w ilości energii przypadającej w ciągu roku na $1 m^2$ powierzchni użytkowej ogrzewanej części budynku

lub

spełnienie minimalnych wartości izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych budynku. Jednak sposób wyznaczania wskaźnika E_0 oraz wymagań cieplnych miał zostać określony na drodze odrębnego zarządzenia.

W Rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 września 1997 roku [R5], będącego nowelizacją WT94 zostały wprowadzone uszczegółowienia zapisów dotyczących oszczędności energii i izolacyjności cieplnej.

Określono wymagania w zależności od użytkowania budynków:

- budynki mieszkalne wielorodzinne i zamieszkania zbiorowego $E \leq E_0$ [$kWh/(m^3rok)$]

- budynki mieszkalne jednorodzinne $E \leq E_0$ [$kWh/(m^3rok)$] lub $U \leq U_{max}$ [$W/(m^2K)$] oraz inne wymagania zamieszczone w Załączniku do Rozporządzenia

- budynki użyteczności publicznej $U \leq U_{max}$ [$W/(m^2K)$] oraz inne wymagania zamieszczone w Załączniku do Rozporządzenia Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 września 1997 roku (WT97). [R5]

Wartości graniczne wskaźnika E_0 zostały określone w zależności od współczynnika kształtu A/V . Metodologia obliczania wskaźnika E została umieszczona w normie PN-B-02025:1998 [N18].

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 [R6], (WT02) wprowadziło następujące zmiany

- budynki mieszkalne wielorodzinne i zamieszkania zbiorowego $E \leq E_0$ [$kWh/(m^3rok)$] oraz $U < U_{max}$ [$W/(m^2K)$] oraz inne wymagania zamieszczone w Załączniku do Rozporządzenia [R6],

- budynki jednorodzinne $E \leq E_0$ [kWh/(m³rok)] lub $U \leq U_{\max}$ [W/(m²K)] oraz inne wymagania zamieszczone w Załączniku do Rozporządzenia [R6],

- budynki użyteczności publicznej oraz produkcyjne $U \leq U_{k(\max)}$ [W/(m²K)] oraz inne wymagania zamieszczone w Załączniku do Rozporządzenia [R6].

Wartości graniczne wskaźnika E_0 zostały określone w zależności od współczynnika kształtu A/V . Metodologia obliczania wskaźnika E została umieszczona w normie PN-B-02025:2001 [N20].

Wskaźnik E określał obliczeniowe zapotrzebowanie na energię końcową do ogrzewania budynku w sezonie ogrzewczym odniesione do 1 m³ kubatury ogrzewanej budynku. Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku obliczany był jako bilans strat ciepła przez przegrody nieprzeźroczyste, przeźroczyste, wentylację, cwu oraz zysków słonecznych i bytowych.

Nowelizacja Warunków Technicznych w 2004 roku [R7] nałożyła obligatoryjny obowiązek spełnienia obydwu wymagań, zarówno wskaźnika E jak i minimalnych wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej przegród dla budynków mieszkalnych wielorodzinnych oraz zamieszkania zbiorowego.

Kolejna nowelizacja Warunków Technicznych, z dnia 6 listopada 2008 r. [R8], będąca implementacją Dyrektywy 2002/91/WE [D1], wprowadziła do przepisów polskich po raz pierwszy wskaźnik EP [kWh/(m²rok)], określający roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz chłodzenia.

Wymagania dotyczące oszczędzania energii oraz izolacyjności cieplnej uznaje się za spełnione jeżeli:

- dla budynków mieszkalnych $U \leq U_{\max}$ [W/(m²K)] lub $EP \leq EP_{\max}$ [kWh/(m²rok)] oraz jeżeli spełnione zostaną inne wymagania zamieszczone w Załączniku do Rozporządzenia [R8].

- dla budynków użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych $U \leq U_{\max}$ [W/(m²K)] lub $EP \leq EP_{\max}$ [kWh/(m²rok)]

oraz spełnione zostaną inne wymagania zamieszczone w Załączniku do Rozporządzenia [R8].

Maksymalne wartości wskaźnika EP [kWh/m²rok] zostały uzależnione od współczynnika kształtu A/V_e .

W budynkach mieszkalnych bez chłodzenia wyznaczano wskaźnik EPH+W określający roczny wskaźnik obliczeniowy zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania cwu.

W budynkach mieszkalnych z instalacją chłodzenia wyznaczano wskaźnik EPHC+W określający roczny wskaźnik obliczeniowy zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji, przygotowania cwu oraz chłodzenia.

W budynkach zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej i produkcyjnych z instalacją chłodzenia lub bez wyznaczano wskaźnik EPH(C)+W+L określający roczny wskaźnik obliczeniowy zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji, przygotowania cwu, (chłodzenia) oraz oświetlenia wbudowanego.

Wejście w życie dnia 1.01.2014 WT13 [R9] wiąże się z wymaganiem równoczesnego spełnienia warunków szczegółowych dotyczących granicznych wartości określających minimalne współczynniki przenikania ciepła U [W/(m²K)]. Wymagane jest także

spełnienie warunku globalnego dotyczącego minimalnych wskaźników EP [kWh/m²rok]-określających nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz chłodzenia. Dokument [R10] reguluje również wymagania dotyczące ochrony cieplnej i efektywności energetycznej, które będą obowiązywać w Polsce do roku 2021, kiedy zgodnie z postanowieniami międzynarodowymi [D2] zostanie wdrożony standard budynków o „niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię” NZEB

Tabl.4. Wymagania dotyczące efektywności energetycznej budynków w Polsce wyrażone przez zużycie energii.

Lata	Norma/Rozporządzenie	Wartość, której dotyczy
Metodyka obliczania		
1996-2016	PN-EN-ISO 6946:1996 [N4] PN-EN-ISO 6946:1999 [N5] PN-EN-ISO 6946:2004 [N6] PN-EN-ISO 6946:2008 [N7]	Współczynnik przenikania ciepła U [W/(m ² K)]. Metodologia obliczania.
1998 - 2002	PN-B -02025/1998 [N18] PN-B -02025/1999 [N19] PN-B -02025/2001 [N20]	Wskaźnik E [kWh/(m ² rok)]. Metodologia obliczania.
2008-2016	Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej (Dz. U. Nr 201, poz. 1240) [R17] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3 czerwca 2014 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej [R18]	Wskaźnik EP [kWh/(m ² rok)]. Metodologia obliczania.
Wymagania		
1994-1997	Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 14 grudnia 1994 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny	Wymagania dotyczą: współczynnika przenikania ciepła $k[W/(m^2K)] \leq k_{max}[W/(m^2K)]$ lub

	odpowiadać budynki i ich usytuowanie. [R4]	$E \text{ [kWh/(m}^2\text{rok)}] \leq E_0 \text{ [kWh/(m}^2\text{rok)}]$ Rozporządzenie [R4] nie podaje wymagań
1997-2002	Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 września 1997 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 1997 nr 132, poz. 878 [R5]	Wymagania dotyczą: współczynnika przenikania ciepła $k \text{ [W/(m}^2\text{K)}]$ określonego dla przegród, podłóg na gruncie, okien i drzwi $k \leq K_{\max}$ lub wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków $E \text{ [kWh/(m}^3\text{rok)}] \leq E_0 \text{ [kWh/(m}^3\text{rok)}]$ Określonego w zależności od współczynnika kształtu A/V Wymagania określono dla: - budynków mieszkalnych wielorodzinnych i zamieszkania zbiorowego - budynków mieszkalnych w zabudowie jednorodzinnej - budynków użyteczności publicznej, przemysłowych
2002-2004	Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2002 r. nr 75, poz. 690 z późn. zm. [R6])	Wymagania dotyczą: wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków $E \text{ [kWh/(m}^3\text{rok)}]$ $E \leq E_0$ lub współczynnika przenikania ciepła $U_k \text{ [W/(m}^2\text{K)}]$ $U_k \leq U_{k(\max)}$ Wymagania określono dla: - budynków wielorodzinnych i zamieszkania zbiorowego - budynków jednorodzinnych - budynków użyteczności publicznej - budynków produkcyjnych
2004-2008	Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 kwietnia 2004 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać	Wymagania dotyczą: wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków $E \text{ [kWh/(m}^3\text{rok)}]$ $E \leq E_0$

	budynki i ich usytuowanie. [R7]	<p>a także</p> <p>współczynnika przenikania ciepła U_k [W/(m²K)]</p> $U_k \leq U_{k(max)}$ <p>Wymagania określono dla:</p> <ul style="list-style-type: none"> - budynków wielorodzinnych i zamieszkania zbiorowego - budynków jednorodzinnych - budynków użyteczności publicznej - budynków produkcyjnych
2008-2013	Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R8]	<p>Wymagania dotyczą:</p> <p>wskaźnika EP [kWh/(m²rok)] określającego obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji, przygotowania cwu oraz chłodzenia, określonego dla budynków w zależności współczynnika kształtu A/V</p> $EP \leq EP_{H+W}$ (budynki mieszkalne bez chłodzenia) $EP \leq EP_{HC+W}$ (budynki mieszkalne z chłodzeniem) $EP \leq EP_{HC+W+L}$ (budynki zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej i produkcyjne z chłodzeniem) <p>lub</p> <p>współczynnika przenikania ciepła U [W/(m²K)]</p> $U \leq U_{(max)}$ <p>Wymagania określono dla:</p> <ul style="list-style-type: none"> - budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego - budynków użyteczności publicznej - budynków produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych
2013-2016	Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa I Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R9] Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lipca 2015 r. w sprawie	<p>Wymagania dotyczą:</p> <p>Wskaźnika EP [kWh/(m²rok)] określającego roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania i wentylacji, chłodzenia oraz przygotowania cwu i oświetlenia wbudowanego, określonego w zależności od użytkowania obiektu</p> $EP \leq EP_{H+W}$ (budynki bez chłodzenia) $EP \leq EP_{H+W} + \Delta EP_C$ (budynki

	ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R10]	<p>mieszkalne z chłodzeniem) $EP \leq EP_{H+W} + \Delta EP_C^* + \Delta EP_L$ (budynki użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjne, gospodarcze, magazynowe *z/bez chłodzenia)</p> <p>oraz współczynnika przenikania ciepła U_C [W/(m²K)]</p> $U_C \leq U_{C(max)}$
2017-2020	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 [R10]	<p>Wymagania określono dla: - wszystkich rodzajów budynków</p> <p>Wymagania dotyczą: Wskaźnika EP [kWh/(m²rok)] określającego roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania i wentylacji, chłodzenia oraz przygotowania cwu i oświetlenia wbudowanego, określonego w zależności od użytkowania obiektu $EP \leq EP_{H+W}$ (budynki bez chłodzenia) $EP \leq EP_{H+W} + \Delta EP_C$ (budynki mieszkalne z chłodzeniem) $EP \leq EP_{H+W} + \Delta EP_C^* + \Delta EP_L$ (budynki użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjne, gospodarcze, magazynowe *z/bez chłodzenia)</p> <p>oraz współczynnika przenikania ciepła U_C [W/(m²K)]</p> $U_C \leq U_{C(max)}$
2021	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 [R10]	<p>Wymagania dotyczą: Wskaźnika EP [kWh/(m²rok)] określającego roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania i wentylacji, chłodzenia oraz przygotowania cwu i oświetlenia wbudowanego, określonego w zależności od użytkowania obiektu $EP \leq EP_{H+W}$ (budynki bez chłodzenia) $EP \leq EP_{H+W} + \Delta EP_C$ (budynki mieszkalne z chłodzeniem)</p>

		$EP \leq EP_{H+W} + \Delta EP_C^* + \Delta EP_L$ (budynki użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjne, gospodarcze, magazynowe *z/bez chłodzenia) oraz współczynnika przenikania ciepła U_C [W/(m ² K)] $U_C \leq U_{C(max)}$ Wymagania określono dla: - wszystkich rodzajów budynków
--	--	--

Tabl.5. Wymaganie dotyczące wartości granicznych wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków E [kWh/(m³rok)]

Okres	Rozporządzenie	Wartości E_0
1994-1997	Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 14 grudnia 1994 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. [R4]	Nie podano
1997-2002	Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 września 1997 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 1997 nr 132, poz. 878 [R5]	$E_0 = 29 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{rok})$ przy $A/V \leq 0,20$ $E_0 = 26,6 + 12 A/V$ kWh/(m ³ rok) przy $0,20 < A/V < 0,90$ $E_0 = 37,4 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{rok})$ przy $A/V \geq 0,90$
2002-2008	Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2002 r. nr 75, poz. 690 z późn. zm. [R6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 kwietnia 2004 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. [R7]	$E_0 = 29 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{rok})$ przy $A/V \leq 0,20$ $E_0 = 26,6 + 12 A/V$ kWh/(m ³ rok) przy $0,20 < A/V < 0,90$ $E_0 = 37,4 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{rok})$ przy $A/V \geq 0,90$

Tabl. 6. Wartości graniczne EP_{H+W} , określające roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania i wentylacji oraz przygotowania cwu.

Okres	Rozporządzenie	Wartości EP	
2008-2013	Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R8]	W budynkach mieszkalnych: a) $A/Ve < 0,2$; $EP_{H+W} = 73 + \Delta EP$ b) $0,2 < A/Ve < 1,05$; $EP_{H+W} = 55 + 90 \cdot (A/Ve) + \Delta EP$ c) $A/Ve > 1,05$ $EP_{H+W} = 149,5 + \Delta EP$; gdzie: $\Delta EP = \Delta EP_{PW}$ – dodatek na jednostkowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do przygotowania ciepłej wody użytkowej w ciągu roku,	
2013-2016	Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R9] 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 [R10]	Budynek mieszkalny jednorodzinny	120
		Budynek mieszkalny wielorodzinny	105
		Budynek zamieszkania zbiorowego	95
		Budynek użyteczności publicznej – opieki zdrowotnej	390
		Budynek użyteczności publicznej – pozostałe	65
		Budynek magazynowy i produkcyjny	110
2017-2020	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 [R10]	Budynek mieszkalny jednorodzinny	95
		Budynek mieszkalny wielorodzinny	85
		Budynek zamieszkania zbiorowego	85
		Budynek użyteczności publicznej – opieki zdrowotnej	290
		Budynek użyteczności publicznej – pozostałe	60
		Budynek magazynowy i produkcyjny	90
2021	Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lipca 2015 r. w sprawie	Budynek mieszkalny jednorodzinny	70
		Budynek mieszkalny	65

ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R10]	wielorodzinny	
	Budynek zamieszkania zbiorowego	75
	Budynek użyteczności publicznej – opieki zdrowotnej	190
	Budynek użyteczności publicznej – pozostałe	45
	Budynek magazynowy i produkcyjny	70

Wskaźnik nieodnawialnej energii pierwotnej EP oprócz wartości zestawionych w tabl.6 określa również zapotrzebowanie na energię do chłodzenia w przypadku budynków z instalacją klimatyzacyjną oraz w przypadku budynków użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjnych, gospodarczych, magazynowych również energię wydatkowaną na oświetlenie wbudowane.

Reasumując, wymagania dotyczące ochrony cieplnej i efektywności energetycznej budynków zostały sformułowane, w latach 50-tych i mają kształtować się docelowo do 31.12.2020 roku, kiedy to zostanie osiągnięty standard budynków „niemal zero energetycznych”.

W nowelizacjach przepisów wymagania ochrony cieplnej określane były poprzez zapewnienie spełnienia wymagań minimalnych określających:

1. Izolacyjność cieplną przegród budowlanych, wyrażoną przez współczynnik przenikania ciepła obudowy budynku U [$W/(m^2K)$]. Graniczny współczynnik U określony jest dla przegród takich jak ściany zewnętrzne, okna, okna połaciowe, drzwi zewnętrzne, stropodachy, dachy, podłogi na gruncie, jak również elementów oddzielających strefy o różnych temperaturach. W latach 1955-1998 był określany symbolem k_{max} , od roku 1998 symbolem U_{max} .
2. Współczynnik E , określający obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku w sezonie grzewczym, wyrażone ilością energii przypadającej w ciągu roku na $1 m^3$ kubatury ogrzewanej części budynku [R4-R7]. Wymaganie to odnosi się do budynków mieszkalnych wielorodzinnych i zamieszkania zbiorowego.
3. Wskaźnika nieodnawialnej energii pierwotnej EP [$kWh/(m^2rok)$] określającego roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania i wentylacji, chłodzenia oraz przygotowania cwu i oświetlenia wbudowanego, określonego w zależności od użytkowania obiektu [R8 – R10].
4. Innych (uzupełniających) przepisów związanych z oszczędnością energii, które zostały opisane poniżej.

Odstępstwa od wymagań dotyczących minimalnych wartości izolacyjności przegród budowlanych oraz wskaźników E i EP

Zapisy WT97 [R5] pozwalały na odstępstwa od wartości określonych dla współczynnika przenikania ciepła k [$W/(m^2K)$] w przypadku budynków przemysłowych, jeśli rachunek efektywności ekonomicznej inwestycji (koszty budowy i eksploatacji) to uzasadniał.

WT02 [R6] wprowadzały również przepis odnośnie odstępstw od określonych w Załączniku 2 wartości U_k określony dla budynków produkcyjnych jeśli rachunek efektywności ekonomicznej inwestycji (koszty budowy i eksploatacji) to uzasadniał.

WT08 [R8] dopuszczały odstępstwa dla budynków przebudowywanych, mieszkalnych i użyteczności publicznej oraz zamieszkania zbiorowego, produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych, które mogły spełniać do 15% wyższe współczynniki przenikania ciepła osłony budynku niż określone w Załączniku 2 do Rozporządzenia oraz do 15% wyższe wartości EP niż określone w Załączniku 2 do Rozporządzenia.

Dla budynków produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych dopuszczone były większe wartości współczynnika przenikania ciepła jeśli uzasadniałby to rachunek efektywności ekonomicznej inwestycji (koszty budowy i eksploatacji).

Równocześnie WT08 [R8] określały, że wraz ze spełnieniem wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej przegród obudowy, budynek musi spełniać wymaganie dotyczące powierzchni okien, a alternatywnie spełniając wymaganie dotyczące wartości wskaźnika EP, budynek musi spełniać wymagania dotyczące zabezpieczenia przed kondensacją pary wodnej na powierzchniach wewnętrznych.

Aktualnie obowiązujące Rozporządzenie [R10] dopuszcza odstępstwo dotyczące minimalnych wymagań izolacyjności cieplnej przegród wyrażonego przez współczynnik przenikania ciepła $U_C(\max)$ – dla przegród nieprzeźroczystych oraz $U(\max)$ – dla okien i drzwi [$W/(m^2K)$] dla budynku produkcyjnego, magazynowego i gospodarczego jeżeli uzasadnia to rachunek efektywności ekonomicznej inwestycji, obejmujący koszty budowy i eksploatacji budynku.

Uzupełniające wymagania związane z oszczędnością energii regulowane zapisami w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

Wymagania ogólne

W Rozporządzeniu WT94 [R4] zostały sformułowane wymagania, że budynek i jego instalacje grzewcze, wentylacyjne i klimatyzacyjne powinny być zaprojektowane i wykonane z należytą dokładnością w taki sposób aby zapewnić zużycie energii cieplnej wydatkowanej w czasie eksploatacji budynku na racjonalnie niskim poziomie.

Zapis ogólny został przeniesiony do WT02 [R6],

W Rozporządzeniu WT08 [R8] do ogólnych wymagań sformułowanych jak w [R6] dodano również zapis o oświetleniu i minimalizacji zużycia energii elektrycznej.

W aktualnych warunkach technicznych w § 328 określono, że dla budynków muszą być spełnione wymagania minimalne dotyczące rocznego obliczeniowego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną, obliczoną według przepisów dotyczących obliczania charakterystyki energetycznej budynku oraz wymagania

minimalne izolacyjności cieplnej przegród określonej przez współczynnik przenikania ciepła U [$W/(m^2K)$]. Minimalne wymagania dla EP [$kWh/(m^2rok)$] zostały zawarte w § 329, natomiast minimalne wymagania dla współczynnika U [$W/(m^2K)$] w pkt. 2.1. załącznika nr 2 do rozporządzenia.

Pzepis § 328 odnosi się również do budynków podlegających przebudowie. Dla takich budynków wymagania uznaje się za spełnione, jeżeli przegrody oraz wyposażenie techniczne budynku podlegającego przebudowie odpowiadają wymaganiom minimalnym określonym w załączniku 2 do rozporządzenia oraz są spełnione wymagania dotyczące powierzchni okien.

Wymagania ogólne sformułowane w Rozporządzeniu [R10] odnoszą się również do problemu związanego z ograniczeniem ryzyka przegrzewania budynku w okresie letnim.

Izolacja podłogi na gruncie i ścian stykających się z gruntem

W dokumencie WT97 [R5] dla budynków mieszkalnych jednorodzinnych, użyteczności publicznej, przemysłowych zostało sformułowane wymaganie dotyczące izolacji podłogi na gruncie dodatkową izolacją cieplną w postaci pasów pionowych lub poziomych o szerokości co najmniej 1,0 m usytuowanych wzdłuż linii styku podłogi ze ścianą zewnętrzną. Określono minimalne wartości sumy oporów cieplnych dla podłóg układanych na gruncie oraz minimalne wartości oporów cieplnych ścian stykających się z gruntem.

Podobne wymagania przeniesione zostały do WT02 [R6]

Warunki Techniczne z 2008 [R8] określały konieczność stosowania izolacji cieplnej obwodowej dla budynków mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej oraz produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych, przy czym określono wartość oporu cieplnego materiału zastosowanego do izolacji obwodowej na poziomie 2,0 [m^2K/W]. Rozporządzenie wskazywało normę polską do obliczeń oporu cieplny warstw podłogowych [N30].

Aktualnie obowiązujące Rozporządzenie [R10] powieliło zapisy Rozporządzenia [R8].

Powierzchnia okien

W dokumencie WT97 [R5] został podany wzór na maksymalną wartość pola powierzchni okien oraz przegród szklanych i przezroczystych o współczynniku przenikania ciepła nie mniejszym niż 2,0 [$W/(m^2K)$].

Dla budynków mieszkalnych jednorodzinnych oraz dla budynków użyteczności publicznej jeśli nie było to sprzeczne z warunkami odnośnie zapewnienia odpowiedniego oświetlenia światłem dziennym, maksymalna powierzchnia okien nie powinna przekraczać:

$$A_{0max} = 0,15 A_z + 0,03 A_w \quad (1)$$

gdzie:

A_z – suma pól powierzchni rzutu poziomego wszystkich kondygnacji nadziemnych (w zewnętrznym obrysie budynku) w pasie o szerokości 5 m wzdłuż ścian zewnętrznych

A_w – suma pól powierzchni pozostałej części rzutu poziomego wszystkich kondygnacji po odjęciu A_z

WT97 określały również dla budynków przemysłowych łączne pole powierzchni okien i ścian szklanych w stosunku do powierzchni całej elewacji.

Wymagania sformułowane w WT97 [R5] zostały powtórzone w WT02 [R6].

Warunki techniczne WT08 [R8] stanowią również wymagania, obowiązujące w poprzednich Rozporządzeniach. Zmiana dotyczy współczynnika przenikania ciepła U [W/(m²K)] z wartości 2,0 do wartości 1,5 [W/(m²K)]. Wymaganie dotyczące maksymalnej powierzchni okien o wsp. $U > 1,5$ [W/(m²K)] liczonej zgodnie ze wzorem (1). Wymaganiem objęto budynki użyteczności publicznej, z zastrzeżeniem, że nie byłoby to sprzeczne z warunkami dotyczącymi zapewnienia niezbędnego oświetlenia światłem dziennym.

Aktualne Rozporządzenie [R10] powtarza w zakresie obliczania A_{0max} wymagania zawarte WT08. Wymaganie to skierowane jest jednak do budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego. Zmiana dotyczy również współczynnika przenikania ciepła U [W/(m²K)] z wartości 1,5 do wartości 0,9 [W/(m²K)]. Zawarto również zapis, że dla budynku użyteczności publicznej pole powierzchni A_0 , nie może być większe niż wartość A_{0max} jeżeli nie jest to sprzeczne z warunkami dotyczącymi zapewnienia niezbędnego oświetlenia światłem dziennym.

Jednocześnie dla budynków produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych określono wymagania procentowego udziału łącznego pola powierzchni okien oraz ścian szklanych w stosunku do powierzchni całej elewacji.

Przegrzewanie pomieszczeń

Po raz pierwszy problem związany z przegrzewaniem pomieszczeń został sformułowany w WT08 [R8]. W dokumencie tym podano zalecenie, iż budynek powinien być zaprojektowany i wykonany w sposób ograniczający ryzyko jego przegrzewania w okresie letnim. Wprowadzono wymóg określenia współczynnika g_c - przepuszczalności energii całkowitej okna oraz przegród szklanych i przezroczystych. Dla wszystkich rodzajów budynków wartość współczynnika nie może być większa niż 0,5 z wyłączeniem okien oraz przegród szklanych i przezroczystych, w których udział powierzchni okien oraz przegród szklanych w powierzchni ściany jest większy niż 50%. Wprowadzony współczynnik g_c uwzględnia urządzenia przeciwsłoneczne.

$$c = f_c g_g \quad (2)$$

gdzie:

f_c – współczynnik przepuszczalności energii całkowitej dla rodzaju oszklenia określony zgodnie z pkt. 2.1.6 [R8].

g_g - współczynnik korekcyjny redukcji promieniowania ze względu na zastosowane urządzenie przeciwsłoneczne, określony zgodnie z pkt. 2.1.5 [R8].

Aktualne wymagania Rozporządzenia [R10] wprowadziły ograniczenia dotyczące współczynnika przepuszczalności energii całkowitej promieniowania słonecznego okien oraz przegród szklanych i przezroczystych $g \leq 0,35$, obliczanego zgodnie ze wzorem:

$$g = f_c g_n \quad (3)$$

gdzie:

g_n – współczynnik całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego dla typu oszklenia,

f_c – współczynnik redukcji promieniowania ze względu na zastosowane urządzenia przeciwsłoneczne, w okresie letnim.

Równocześnie w Rozporządzeniu [R10] zostały ujęte wartości tabelaryczne współczynników g_n oraz f_c .

Z wymagania wyłączono powierzchnie pionowe oraz nachylone więcej niż 60 stopni do poziomu, skierowane w kierunkach od północno-zachodniego do północno-wschodniego (kierunek północny ± 45 stopni), okna chronione przed promieniowaniem słonecznym elementem zacieniającającym, oraz okna o powierzchni mniejszej niż $0,5 \text{ m}^2$.

Punkt rosy i krytyczna wilgotność powierzchni przegród

Zapisy WT97 [R5] określały dla budynków mieszkalnych, użyteczności publicznej oraz przemysłowych wymaganie dotyczące uniknięcia wykraplania się pary wodnej na powierzchniach przegród zewnętrznych. Przegrody musiały być zaprojektowane w taki sposób, aby na powierzchniach wewnętrznych utrzymywana była temperatura o 1°C wyższa od temperatury punktu rosy. Obliczenia wilgotności względnej należało obliczać zgodnie z Polską Normą.

Wymagania sformułowane w WT97 [R5] zostały powtórzone w WT02 [R6].

Rozporządzenie [R8] z 2008 roku zmieniło podejście do problemu wykraplania pary wodnej na powierzchniach wewnętrznych obudowy budynku. Zostało wprowadzone pojęcie współczynnika temperaturowego f_{Rsi} obliczanego zgodnie z Polską Normą [N16]. Współczynnik temperaturowy f_{Rsi} określa warunki w których wilgotność względna na powierzchni wewnętrznej obudowy budynku osiąga wartość powyżej 80%, co przyczynia się do rozwoju pleśni i grzybów na powierzchni przegrody. Wartość współczynnika temperaturowego zgodnie z Rozporządzeniem [R8] należy obliczać dla przegrody oraz mostków cieplnych. Dla mostków cieplnych należy obliczenia przeprowadzać przy zastosowaniu przestrzennego modelu przegrody lub metodą uproszczoną, korzystając z katalogu mostków cieplnych. Sprawdzenie warunku dotyczącego uniknięcia wystąpienia krytycznej wilgotności na powierzchni wewnętrznej obudowy budynków można nie sprawdzać dla przegród, w odniesieniu do których praktyka wykazała, że zjawisko kondensacji wewnętrznej nie występuje.

Kondensację pary wodnej wewnątrz przegrody zawarte w Rozporządzeniu [R8] dopuszczało pod warunkiem wyparowania kondensatu w bilansie rocznym i nie doprowadzeniu do degradacji materiałów budowlanych na skutek tej kondensacji.

Aktualne Rozporządzenie [R10] w stosunku do budynków mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej, produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych podaje wymagania dotyczące współczynnika temperaturowego

f_{Rsi} obliczonego dla przegród zewnętrznych i ich węzłów konstrukcyjnych. Wartość krytyczną współczynnika temperaturowego f_{Rsi} powinno obliczać się zarówno dla przegrody jak i dla mostków cieplnych zgodnie z Polskimi Normami [N16] przywołanymi w Rozporządzeniu [R10].

Izolacja cieplna przewodów rozdzielczych i komponentów w instalacjach centralnego ogrzewania, cwu, instalacji chłodu i ogrzewania powietrznego.

W 2008 roku w przepisach dotyczących izolacyjności cieplnej i oszczędności energii w roku pojawiły się wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej przewodów i komponentów, które zawarte zostały w Załączniku 2 do Rozporządzenia [R8]. Wprowadzony zapis przyczynił się istotnie do ograniczenia przesyłowych strat ciepła w instalacjach centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej. Na rynek wprowadzono otuliny o zróżnicowanych grubościach, średnicach oraz parametrach termoizolacyjnych dostosowanych do rodzaju czynnika roboczego krążącego w danej instalacji. W projektach budowlanych branży instalacji sanitarnych podawano wymagania dotyczące grubości izolacji oraz warunki ich montażu.

Aktualnie obowiązujące Rozporządzenie [R10], podobnie jak Rozporządzenie [R8] określa wymagania związane z izolacją cieplną przewodów rozdzielczych i komponentów instalacji centralnego ogrzewania, cwu (w tym przewodów cyrkulacyjnych), instalacji chłodu i ogrzewania powietrznego. W tabeli w pkt 1.5 Załącznika 2, aktualnego Rozporządzenia [R10] określono minimalną grubość izolacji cieplnej wykonanej z materiału o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035$ [W/(m·K)] dla przewodów rozdzielczych i komponentów.

Szczelność na przenikanie powietrza

Warunki Techniczne WT97 [R5] określały w sposób bardzo ogólny szczelność obudowy na przenikanie powietrza. Zagadnienie to było sformułowane dla budynków użyteczności publicznej, budynków przemysłowych, dla których nakładano obowiązek zapewnienia całkowitej szczelności na przenikanie powietrza.

Współczynnik infiltracji powietrza dla otwieranych okien i drzwi balkonowych w pomieszczeniach, w których napływ powietrza zewnętrznego zapewniony był przez nawiewniki okienne był określony na poziomie $0,3 \text{ m}^3/(\text{mhdaPa}^{2/3})$, dla innych przypadków pomiędzy $0,5$ a $1,0 \text{ m}^3/(\text{mhdaPa}^{2/3})$,

Warunki Techniczne WT 2002 [R6] podtrzymywały te wymagania, równocześnie rozszerzając je na budynki mieszkalne i zamieszkania zbiorowego.

Warunki Techniczne WT 2008 [R8] stawiały wymaganie ogólne dotyczące całkowitej szczelności przegród zewnętrznych nieprzeźroczystych, złącz między przegrodami i częściami przegród oraz połączeń okien z ościeżami. Równocześnie w WT 2008 po raz pierwszy pojawił się zapis dotyczący zalecenia przeprowadzenia badania szczelności powietrznej budynku. Wymaganą szczelność określono na poziomie:

- budynki z wentylacją grawitacyjną, próba $n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$
- budynki z wentylacją mechaniczną, próba $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$

gdzie:

współczynnik n_{50} oznacza liczbę wymiany powietrza całej objętości budynku w czasie 1 godziny, przy różnicy ciśnień wewnętrznego i zewnętrznego w wysokości 50Pa.

Warunek dotyczący infiltracji powietrza dla otwieranych okien i drzwi balkonowych określono na poziomie $0,3 \text{ m}^3/(\text{mhdaPa}^{2/3})$.

Obecnie obowiązujące Warunki Techniczne WT2015 [R10] określają dla budynków mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej i produkcyjnych, wymaganie ogólne dotyczące zapewnienia całkowitej szczelności dotyczącej projektowania i wykonawstwa przegród zewnętrznych nieprzezroczystych, złączy między przegrodami i częściami przegród (między innymi połączenie stropodachów lub dachów ze ścianami zewnętrznymi), przejść elementów instalacji (takie jak kanały instalacji wentylacyjnej i spalinowej przez przegrody zewnętrzne) oraz połączeń okien z ościeżami.

Warunki techniczne obowiązujące w latach 2008-2015 określają poziom szczelności na przenikanie powietrza dla budynków w zależności od rodzaju wentylacji, dla:

- budynki z wentylacją grawitacyjną lub hybrydową, próba $n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$
- budynki z wentylacją mechaniczną lub klimatyzacją, próba $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$

Przy czym w WT 2015 zawarto zalecenie, wykonania próby szczelności po zakończeniu budowy dla budynków mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej oraz produkcyjnych.

W aktualnym Rozporządzeniu [R10] sformułowane zostało nowe wymaganie dotyczące przepuszczalności powietrza dla budynków niskich, średniowysokich i wysokich. Przepuszczalność powietrza dla okien i drzwi balkonowych przy ciśnieniu równym 100 Pa powinna wynosić nie więcej niż $2,25 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$ w odniesieniu do długości linii stykowej lub $9 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ w odniesieniu do pola powierzchni (co odpowiada klasie 3 Polskiej Normy dotyczącej przepuszczalności powietrza okien i drzwi). Dla okien i drzwi balkonowych w budynkach wysokościowych przepuszczalność powietrza przy ciśnieniu równym 100 Pa powinna wynosić nie więcej niż $0,75 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$ w odniesieniu do długości linii stykowej lub $3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ w odniesieniu do pola powierzchni, co odpowiada klasie 4 Polskiej Normy dotyczącej przepuszczalności powietrza okien i drzwi [N23].

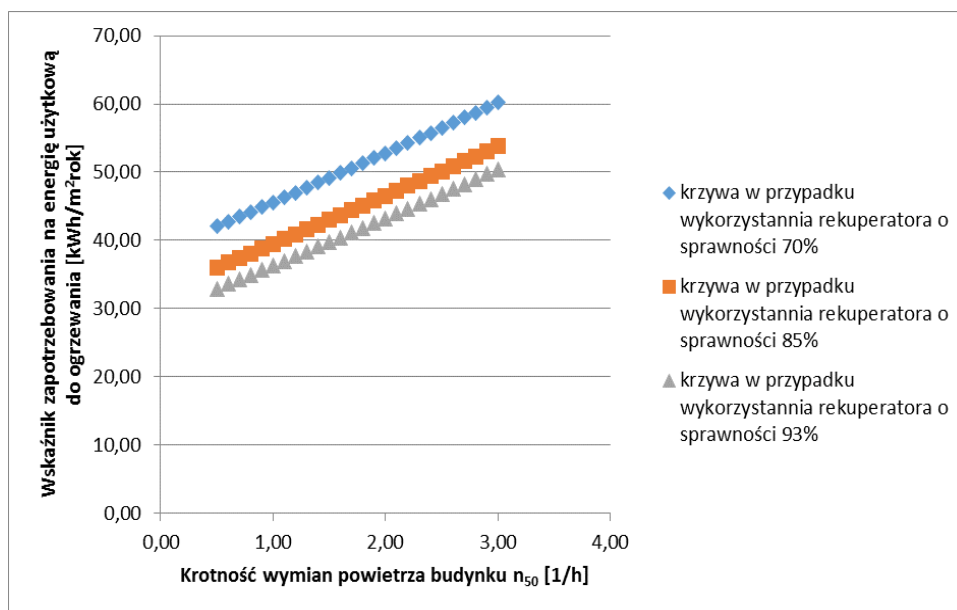
Zapewnienie szczelności na przenikanie powietrza obudowy budynków jest zagadnieniem bardzo ważnym. Szczelność obudowy na przenikanie powietrza bezpośredni sposób wpływa na zużycie energii do ogrzewania i chłodzenia.

Warunki techniczne obowiązujące w latach 2008-2015 określają poziom szczelności na przenikanie powietrza dla budynków w zależności od rodzaju wentylacji, dla:

- budynków z wentylacją grawitacyjną, próba $n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$
- budynków z wentylacją mechaniczną, próba $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$

Sugerowany poziom szczelności powinien być nie tylko wartością projektowaną, ale również egzekwowaną na poziomie wykonawstwa i oddania budynku do użytkowania.

Poniżej przeanalizowano jak zmienia się wartość wskaźnika zapotrzebowania na energię użytkową w budynku z instalacją wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła o danej sprawności w zależności od krotności wymiany powietrza n_{50} budynku.



Rys. 4 Wpływ krotności wymiany powietrza n_{50} budynku na wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania. [F1]

Tabl.7 Zestawienie dodatkowych wymagań związanych z oszczędnością energii na przestrzeni zmieniających się Rozporządzeń w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

Rozporządzenie	Dodatkowe wymagania ochrony cieplnej budynków dotyczące zagadnienia:				
	Ochrona podłogi na gruncie i ścian przyległych do gruntu	Powierzchnia okien	Punkt rosy/ f_{Rsi}	Szczelność na przenikanie powietrza	Infiltracja powietrza dla okien drzwi
WT94	nie	nie	nie	nie	nie
WT97	tak	tak	tak - PR	tak - w sposób ogólny	tak
WT02	tak	tak (dla okien $U > 2,0$ [W/(m²K)])	tak - PR	tak - w sposób ogólny	tak
WT08	tak	tak (dla okien $U > 1,5$ [W/(m²K)])	tak - f_{Rsi}	tak – podano wartości n_{50}	tak
WT15	tak	tak (dla okien o wsp. $U > 0,9$ [W/(m²K)])	tak - f_{Rsi}	tak – podano wartości n_{50} oraz dodatkowe wymagania	tak

Uwzględnienie mostków cieplnych przy obliczeniach minimalnych wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej przegród w przepisach.

Spełnienie wymagań minimalnych dotyczących izolacyjności cieplnej przegród, wyrażone współczynnikiem przenikania ciepła U [$W/(m^2K)$], oparte jest na obliczeniowych wartościach wyznaczanych zgodnie z metodologią zawartą w normie PN-EN 6946 „Komponenty budowlane i elementy budynku - Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła - Metoda obliczania” [N4] EN ISO 6946:1996. Aktualizacje normy PN-EN-ISO 6946 były przeprowadzane kilkakrotnie w: 1996 [N3], 1999 [N5], 2004 [N6] oraz 2008 [N7] roku.

Przed 1996 rokiem obowiązywała norma **PN-91/B-02020** [N11], zarówno pod względem metodologii obliczania jak i wymagań w zakresie współczynników przenikania ciepła dla przegród zewnętrznych przezroczystych (okien i drzwi balkonowych) oraz nieprzezroczystych, (pozostałe przegrody zewnętrzne).

PN-91/B-02020 [N11]

Norma nakazywała obliczenia liniowego i punktowego współczynnika przenikania ciepła eksperymentalnie lub z użyciem programów numerycznych, jednocześnie dopuszczała uproszczony sposób określania wpływu mostków cieplnych.

Zgodnie z normą obowiązywał współczynnik przenikania ciepła k [$W/(m^2K)$], obecnie U , liczony metodą dokładną lub uproszczoną.

W metodzie uproszczonej :

$$k = k_0 + \Delta k_0 \quad (4)$$

gdzie :

k_0 - współczynnik przenikania ciepła bez uwzględniania wpływu mostków termicznych liniowych i punktowych,

Δk_0 - dodatek do współczynnika k_0 wyrażający wpływ mostków termicznych. Dodatek podany był w tabeli zawartej w normie:

Tabl. 8 Dodatek do współczynnika k_0 wyrażający wpływ mostków termicznych w zależności od wielkości mostka.

L.P.	Rodzaj przegrody	Δk_0 [$W/(m^2K)$]
1.	Ściany zewnętrzne bez okien i drzwi balkonowych, stropy poddasza, stropodachy, stropy pod piwnicami	0,10
2.	Ściany zewnętrzne z oknami	0,15
3.	Ściany zewnętrzne z oknami i drzwiami balkonowymi lub wejściowymi do budynku	0,20
4.	Ściany zewnętrzne z wspornikami balkonowymi przenikającymi przez ścianę	0,25

W metodzie dokładnej :

Współczynnik przenikania ciepła k $W/(m^2K)$ przegród z mostkami termicznymi liniowymi i punktowymi określano ze wzoru :

$$k = k_o + \sum_i \frac{k_{Li} L_i}{A} + \sum_j \frac{k_{pj}}{A} \quad (5)$$

k_o - współczynnik przenikania ciepła bez uwzględniania wpływu mostków termicznych liniowych i punktowych

k_{Li} - liniowy współczynnik przenikania ciepła mostka liniowego o numerze i ,

L_i - długość , m, mostka liniowego o numerze i ,

k_{pj} - punktowy współczynnik przenikania ciepła W/m , mostka punktowego o numerze j ,

A - pole powierzchni przegrody w świetle przegród do niej prostopadłych z potrąceniem pola powierzchni ewentualnych okien i drzwi balkonowych, obliczonego w świetle ościeży, m^2

Uwagi :

Mostki liniowe uwzględniano w formie poprawki Δk_o .

W normie podano definicję liniowego i punktowego mostka cieplnego wraz z przykładem wymiarowania przegród i otworów w przegrodach.

PN-EN ISO 6946:1996 [N3]

W normie [N3] procedura obliczeń całkowitego współczynnika przenikania ciepła U_k uwzględniała zarówno poprawki z uwagi na szczelności w warstwie termoizolacji oraz dla strat ciepła z uwagi na stropodach o odwróconym układzie warstw tzw. „stropodach odwrócony”, jak również poprawki występujące z uwagi na liniowe mostki ciepła.

Całkowity współczynnik przenikania ciepła U_k [$W/(m^2K)$];, obliczany był za pomocą wzoru:

$$U_k = U_c + \sum_i (\psi_i l_i/A_i) \quad (6)$$

Gdzie:

U_c - współczynnik przenikania ciepła przegrody z uwzględnieniem poprawek na przebiciaw warstwie termoizolacji oraz stropodach o odwróconym układzie warstw, bez uwzględnienia wpływu liniowych mostków cieplnych, [$W/(m^2K)$],

ψ_i - liniowy współczynnik przenikania ciepła, i -tego liniowego mostka cieplnego, [$W/(mK)$],

l_i - długość i -tego mostka cieplnego, [m],

i - liczba liniowych mostków cieplnych w przegrodzie.

A_i – pole powierzchni w metrach kwadratowych, przegrody w osiach przegród do niej prostopadłych, pomniejszone o pole powierzchni ewentualnych okien i drzwi balkonowych, obliczone w świetle ościeży [m^2].

U_c - współczynnik przenikania ciepła z uwzględnieniem poprawek na nieszczelności przebiecia (kotwy) w warstwie termoizolacji oraz z uwagi na straty ciepła w stropodachu odwróconym oblicza się według wzoru:

$$U_c = U + \Delta U \quad (7)$$

gdzie:

U – współczynnik przenikania ciepła dla przegrody, bez uwzględnienia poprawek obliczony zgodnie z metodą podaną w [N3].

ΔU – poprawka doliczana do wartości U , uwzględniająca przebiecia w warstwie termoizolacji oraz straty ciepła spowodowane kolejnością ułożenia warstw w stropodachu odwróconym.

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r \quad (8)$$

gdzie:

ΔU_g – poprawka z uwagi na pustki powietrzne obliczona zgodnie z załącznikiem D.2 [N3].;

ΔU_f – poprawka z uwagi na łączniki mechaniczne obliczona zgodnie z załącznikiem D.3 [N3].;

ΔU_r – poprawka z uwagi na dach o odwróconym układzie warstw obliczona zgodnie z załącznikiem D.4 [N3].

Norma [N3] zalecała dokładne obliczenia liniowego współczynnika przenikania ciepła z użyciem programów numerycznych, lub wykorzystaniem katalogów mostków cieplnych, jednocześnie dopuszczała uproszczony sposób określania wpływu mostków cieplnych na wartość U_k , polegający na stosowaniu dodatków do współczynnika $U_c - \Delta U$

$$U_k = U_c + \Delta U \text{ [W/(m}^2\text{K)]} \quad (9)$$

ΔU – dodatek z uwagi na mostki cieplne do współczynnika U_c wyrażający wpływ mostków cieplnych, podany wg tablicy NA1 [N7].

Uproszczony dodatek z uwagi na mostki cieplne ΔU , zgodnie z [N3] wynosił:

$\Delta U = 0,00 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$, w przypadku ścian zewnętrznych pełnych,

$\Delta U = 0,05 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$, w przypadku ścian zewnętrznych z otworami okiennymi i drzwiowymi,

$\Delta U = 0,15 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$, w przypadku jw. oraz płytami balkonów lub loggii przenikających ścianę zewnętrzną.

PN-EN ISO 6946:1999 [N5]

W Warunkach Technicznych [R7] znajdują się minimalne parametry izolacyjności cieplnej przegród na podstawie metodologii zawartej w normie PN-EN ISO 6946:1999 [N5]. Norma [N5] jest tłumaczeniem EN ISO 6946:1966 i zastąpiła – w części obliczeń cieplnych normę PN-91/B-02020. Dokument ten [N5] jest podstawową normą dotyczącą obliczenia współczynnika przenikania ciepła U oraz skorygowanego współczynnika

przenikania ciepła U_C uwzględniającego wpływ nieszczelności ułożenia izolacji, mostków cieplnych punktowych i opadów atmosferycznych w przypadku stropodachów odwróconych. Norma nie ujmuje przypadku mostków cieplnych liniowych. Ponieważ zakres przedmiotowy PN-91/B-02020 był szerszy niż EN ISO 6946:1966 przy jej zastępowaniu zaistniała potrzeba wprowadzenia do normy załączników krajowych, uwzględniających między innymi cieplne mostki liniowe (Załącznik krajowy NA). Po wycofaniu załączników krajowych, sposób uwzględniania liniowych mostków cieplnych został zdefiniowany przez następujące normy: PN-EN 10211-1 [N12], PN-EN ISO 10211-2 [N13], PN-EN ISO 14683 [N14]. Zgodnie z wymienionymi normami wprowadzony został współczynnik sprzężenia cieplnego L [WK^{-1}] – który określał całkowity strumień cieplny z budynku lub przegrody do środowiska, przenikający w ciągu 1 godziny przez powierzchnię A i odniesiony do różnicy temperatur zewnętrznej i wewnętrznej $\Delta K = 1K$.

Współczynnik sprzężenia cieplnego L był wyznaczany ze wzoru:

$$L = \sum U_i A_i + \sum \psi_k l_k + \sum \chi_j \quad [WK^{-1}] \quad (10)$$

gdzie:

U_i – współczynnik przenikania ciepła zewnętrznych przegród budowlanych [$W/(m^2K)$]

A_i – pole powierzchni przegród uczestniczących w przenikaniu [m^2]

ψ_k - liniowy współczynnik przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego [$W/(mK)$]

l_k – długość liniowego mostka cieplnego [m]

χ_j – punktowy (przestrzenny) współczynnik przenikania ciepła punktowego mostka cieplnego [W/K]

Norma PN-EN ISO 14683 [N14], reguluje dostępne metody określania liniowych mostków cieplnych, podając dokładność każdej z metod.

Tabl.9 Dostępne metody określania ψ według PN-EN ISO 14683[N14]

Metody	Oczekiwana niepewność
Obliczenia komputerowe	+/- 5%
Katalogi mostków cieplnych	+/- 20%
Obliczenia wzorami przybliżonymi	+/- 20%
Wartość orientacyjna według PN-EN ISO 14683	0% do +50%

Największą dokładność można uzyskać określając liniowe mostki cieplne na podstawie obliczeń komputerowych w odniesieniu do zaprojektowanych detali.

Gotowe katalogi mostków mogą być pomocne projektantowi jako dobre przykłady przed ostatecznym zaprojektowaniem detali.

Bardziej elastyczne są katalogi elektroniczne, pozwalające przyjmować dokładne wymiary i materiały.

W normie PN-EN ISO 14683 podano orientacyjne, mocno przeszacowane wartości mostków liniowych. Można je stosować w przypadkach gdy nie jest znana rzeczywista wartość ψ lub gdy brak jest szczegółów konkretnego mostka cieplnego [10].

PN-EN ISO 6946:2008 [N7]

Aktualizacja normy PN-EN ISO 6946 w 2008 roku określa sposób obliczeń wartości współczynnika przenikania ciepła U_C [W/(m²K)] uwzględniającego występowanie poprawki z uwagi na:

- pustki powietrzne w warstwie izolacji;
- łączniki mechaniczne przechodzące przez warstwę izolacyjną;
- opady na dach o odwróconym układzie warstw.

Całkowity współczynnik przenikania ciepła z uwzględnieniem poprawek oblicza się według wzoru:

$$U_C = U + \Delta U \quad (11)$$

gdzie:

U – współczynnik przenikania ciepła dla przegrody, bez uwzględnienia poprawek obliczony zgodnie z metodą podaną w [N7].

ΔU – poprawka doliczana do wartości U , uwzględniająca przebicia w warstwie termoizolacji oraz straty ciepła spowodowane kolejnością ułożenia warstw w stropodachu odwróconym.

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r \quad (12)$$

gdzie:

ΔU_g – poprawka z uwagi na pustki powietrzne obliczona zgodnie z załącznikiem D.2 [N7];

ΔU_f – poprawka z uwagi na łączniki mechaniczne obliczona zgodnie z załącznikiem D.3 [N7].;

ΔU_r – poprawka z uwagi na dach o odwróconym układzie warstw obliczona zgodnie z załącznikiem D.4 [N7].

Warunki Techniczne [R10] nakładają obowiązek spełnienia minimalnych wymagań ochrony cieplnej przegród z uwzględnieniem ww. poprawek.

Norma [N7] nie ujmuje poprawek z uwagi na liniowe mostki cieplne.

Tabl.10 Zestawienie obowiązujących norm dotyczących metodologii obliczania współczynnika ciepła U dla nowelizacji Warunków Technicznych wraz z zestawieniem dodatków uwzględnianych w metodologii obliczania współczynnika przenikania ciepła U [$W/(m^2K)$]

Lp.	Warunki Techniczne	Norma	Dodatek z uwagi na nieszczelności i przebicia w warstwie termoizolacji oraz z uwagi na straty ciepła w stropodachu odwróconym $\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$ [W/m^2K]	Liniowe mostki ciepła ψ [W/m^2]	Punktowe mostki ciepła χ [W/m]
	Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 września 1997 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 1997 nr 132, poz. 878 [R5]	PN EN ISO 6946:1996 [N3]	tak	tak	nie
	Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2002 r. nr 75, poz. 690 z późn. zm. [R6]	PN EN ISO 6946:1999 [N5]	tak	tak/normy powoływane [N12-N14]	tak/normy powoływane [N12-N14]
	Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 kwietnia 2004 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. [R7]	PN EN ISO 6946:2004 [N6]	nie	tak	tak
	Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r.	PN EN ISO 6946:2008 [N7]	tak	nie	nie

	zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R8]				
	Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R9]	PN EN ISO 6946:2008 [N7]	tak	nie	nie
	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 [R10]	PN EN ISO 6946:2008 [N7]	tak	nie	nie

Uwaga:

Poza Warunkami Technicznymi do celów projektowania grubości izolacji cieplnych w systemach ETICS ma zastosowanie instrukcja ITB nr 447/2009 [11] - Złożone systemy izolacji cieplnych ETICS. Zasady projektowania i wykonywania.

Dla izolacji cieplnej ścian zewnętrznych docieplanych w metodzie ETICS (dawniej metoda lekka mokra BSO), wzór na współczynnik przenikania ciepła przyjmie więc postać:

$$U_c = U_0 + \Delta U_f \quad (13)$$

Wartość poprawki należy obliczyć stosując procedurę dokładną lub uproszczoną. Przez procedurę dokładną należy rozumieć metody numeryczne zgodne z PN – EN - ISO 10211 [N12].

Stosując te metody można wyznaczyć wartość χ W/K, zwaną punktowym współczynnikiem przenikania ciepła. Znając punktowy współczynnik przenikania ciepła możemy obliczyć wartość poprawki ΔU_f zgodnie ze wzorem :

$$\Delta U_f = \chi n \quad (14)$$

gdzie:

χ - punktowy współczynnik przenikania ciepła,
 n – ilość łączników na 1 m² powierzchni przegrody.

W instrukcji tej istotny nacisk położono na sprawę uwzględniania mostków punktowych spowodowanych łącznikami mechanicznymi. Poprawkę uwzględniającą łączniki mechaniczne uwzględnia się analogicznie jak w normie PN-EN-ISO 6946 [N7]. Norma stanowi, iż łączników w obliczeniach współczynnika przenikania ciepła U można nie uwzględniać jeśli współczynnik przewodzenia ciepła łącznika λ jest mniejszy niż 1 W/mK. Producenci nie podają wartości przewodzenia ciepła łączników w związku z powyższym dla celów projektowania podano w instrukcji trzy wartości punktowego mostka cieplnego χ_p jakie zaleca się stosować przy obliczeniach poprawki tj.:

- $\chi_p = 0,002$ W/K dla łączników wykonanych ze stali nierdzewnej z główką pokrytą tworzywem sztucznym oraz łączników ze szczeliną powietrzną przy główce śruby,
- $\chi_p = 0,004$ W/K dla łączników wykonanych ze stali galwanizowanej z główką przykrytą tworzywem sztucznym,
- $\chi_p = 0,008$ W/K w przypadku pozostałych łączników metalowych.

Jeżeli nie jest znana wartość punktowego współczynnika przenikania ciepła, można też zgodnie z normą zastosować przybliżoną metodę oceny wpływu łączników mechanicznych, takich jak kotwy ścienne między warstwami muru, łączniki dachowe lub łączniki w złożonych systemach paneli ściennych. W metodzie tej dodatek uwzględniający takie łączniki obliczamy zgodnie ze wzorem:

$$\Delta U_f = \alpha \frac{\lambda_f A_f n_f}{d_0} \left(\frac{R_1}{R_{Th}} \right)^2 \quad (15)$$

gdzie :

$\alpha = 0,8$, jeżeli łącznik przebija całkowicie warstwę izolacji (np. dla dachów płaskich z podłożem z blachy fałdowej za wyjątkiem łączników teleskopowych),

$\alpha = 0,8 d_0/d_1$, jeżeli łącznik jest wpuszczony w podłoże (np. kotwy ścienne w murze lub podłoże betonowe w przypadku dachów płaskich)

λ_f – współczynnik przewodzenia ciepła łącznika,

n_f – ilość łączników na 1 m² powierzchni,

A_f – pole powierzchni przekroju poprzecznego jednego łącznika w m²,

d_0 - grubość warstwy izolacji zawierającej łącznik w m,

d_1 - długość łącznika, który przebija warstwę izolacji w m,

R_1 – opór cieplny warstwy izolacji przebijanej przez łączniki,

R_{Th} – całkowity opór cieplny komponentu z pominięciem wszystkich mostków cieplnych obliczany zgodnie z PN – EN- ISO 6946: 2008 [N7].

I/1.1.1. Ogólna charakterystyka polskich regulacji prawnych dotyczących charakterystyki energetycznej budynków na tle przepisów Unii Europejskiej.

Dyrektywa w sprawie charakterystyki energetycznej budynków oraz jej implementacja do przepisów krajowych.

Dyrektywa 2002/91/WE Parlamentu Europejskiego i Rady [D1] oraz jej wersja przekształcona - Dyrektywa 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków [D2] były podstawą nowelizacji przepisów krajowych i wprowadzenia nowych dostosowanych do wymagań powyższych Dyrektyw.

Mechanizm implementacji postanowień Dyrektyw [D1] [D2] odbywa się poprzez przyjęcie lub nowelizację przepisów obowiązujących w Polsce, przez Ministra odpowiedzialnego za przedmiotowe zmiany legislacyjne.

W Polsce odpowiedzialnym organem do wdrożenia postanowień dyrektywy był Minister właściwy do spraw budownictwa, planowania i zagospodarowania przestrzennego i mieszkalnictwa. W celu transpozycji Dyrektywy 2002/91/WE [D1] zostały znowelizowane następujące akty prawne:

- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki oraz ich usytuowanie¹¹,
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego

Przyjęto nowe rozporządzenia:

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 21 stycznia 2008 r. w sprawie przeprowadzania szkolenia oraz egzaminu dla osób ubiegających się o uprawnienie do sporządzania świadectwa charakterystyki energetycznej budynku, lokalu mieszkalnego oraz części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową,
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej
- Rozporządzenie Ministra Finansów z dnia 28 grudnia 2009 r. w sprawie obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej osoby sporządzającej świadectwa charakterystyki energetycznej budynku, lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową.

Aktualnie obowiązująca Dyrektywa 2010/31/UE [D2], będąca nowelizacją Dyrektywy 2002/91/WE [D1] wprowadziła kolejne zmiany w prawodawstwie obowiązującym w Polsce.

Największą zmianą w stosunku do Dyrektywy 2002/91/WE jest opracowanie przepisów tak, aby było możliwe wdrożenie standardu budynków o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię w terminie podanym w artykule 9 Dyrektywy [D2], czyli:

Artykuł 9 Dyrektywy [D2]:

- **od dnia 31 grudnia 2020 r.** wszystkie nowe budynki powinny być budynkami o niemal zerowym zużyciu energii;
- **oraz po dniu 31 grudnia 2018 r.** nowe budynki zajmowane przez władze publiczne oraz będące ich własnością powinny być budynkami o niemal zerowym zużyciu energii.

W celu transpozycji Dyrektywy [D2] do prawodawstwa polskiego przeprowadzono nowelizację następujących dokumentów:

- WT02 poprzez wydane WT13 - obowiązuje od 1 stycznia 2014 r.
- Znowelizowany zakres i forma projektu budowlanego (Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2012, poz. 462), - obowiązuje od 3 października 2014 r.
- Znowelizowana metodyka sporządzania świadectw (Rozporządzenie Ministra infrastruktury i Rozwoju z dnia 3 czerwca 2014 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej) - obowiązuje od 3 października 2014 r.

Do prawodawstwa wprowadzono nowe dokumenty:

- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R9]

- Ustawa o charakterystyce energetycznej budynków (Dz. U. z 2014 r. poz. 1200 , z późn. zm.) – obowiązuje od 9 marca 2015 r. [R3]

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lutego 2015 r. W sprawie wzorów protokołów z kontroli systemu ogrzewania lub systemu klimatyzacji – obowiązuje od 9 marca 2015 r. [R14]

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lutego 2015 r. W sprawie sposobu dokonywania i szczegółowego zakresu weryfikacji świadectw charakterystyki energetycznej oraz protokołów z kontroli systemu ogrzewania lub systemu klimatyzacji – obowiązuje od 9 marca 2015 r. [R15]

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r., w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej – obowiązuje od 19 kwietnia 2015 r. [R16]

- Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R9] oraz ogłoszenie tekstu jednolitego w postaci Obwieszczenia 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.2015, poz.1422) [R10] do polskiego porządku prawnego został transponowany art. 4 Dyrektywy 2010/31/UE wymagający od państw członkowskich ustalenia minimalnych wymagań dotyczących charakterystyki energetycznej budynków lub modułów budynków w celu osiągnięcia poziomów optymalnych pod względem kosztów.

Państwa członkowskie powinny określić minimalne wymagania dotyczące charakterystyki energetycznej budynków i elementów budynków (motyw 10 preambuły [D2]), a następnie zapewnić, aby nowe budynki lub budynki poddawane ważniejszemu renowacjom spełniały te minimalne wymagania (motyw 16 preambuły [D2]).

Poziomy optymalne pod względem kosztów wymagań minimalnych, określone w [R10] regulują dokumenty będące uzupełnieniem Dyrektywy 2010/31/UE:

- Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012 r. [D3].
- Wytyczne uzupełniające Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012 r [D4].
- Minimalne wymagania dotyczące charakterystyki energetycznej powinny być poddawane przeglądowi w regularnych odstępach czasu, nie dłuższych niż pięć lat, oraz w razie potrzeby, uaktualniane w celu uwzględnienia postępu technicznego w sektorze budowlanym.
- Transpozycja artykułu 4 Dyrektywy – Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [R9], [R10].

I/1.1.2. Ogólna charakterystyka obowiązujących przepisów energetycznych dla budynków zawartych w [R10]

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie w brzmieniu obowiązującym od 1.01.2014 r. zawiera wymagania wynikające z regulacji zawartych w dyrektywach 2002/91/WE [D1] oraz 2010/31/UE [D2] w sprawie charakterystyki energetycznej budynków.

Nowelizacja przepisów techniczno budowlanych kładzie nacisk na:

- minimalizację zużycia energii cieplnej i elektrycznej do ogrzewania, chłodzenia budynków, poprzez wymagania minimalne dotyczące izolacyjności przegród zewnętrznych wyrażonych współczynnikiem przenikania ciepła U [$W/(m^2K)$].
- minimalizację zużycia energii cieplnej i elektrycznej do ogrzewania, chłodzenia, cwu oraz wentylacji i oświetlenia wbudowanego, poprzez wymagania minimalne dotyczące wskaźnika EP [$kWh/(m^2rok)$].

- zapewnienia odpowiedniego mikroklimatu w pomieszczeniach oraz komfortu użytkownika pomieszczeń, poprzez sformułowanie innych wymagań dotyczących: powierzchni okien, wilgotności, szczelności powietrznej obudowy budynku, zabezpieczenia przed przegrzewaniem pomieszczeń.

System oceny energetycznej budynków obejmuje wymagania związane ze spełnieniem minimalnych wymagań dotyczących rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP, obliczoną według przepisów obejmujących metodologię obliczania charakterystyki energetycznej budynku [R13] oraz spełnienie wymagań minimalnych w zakresie izolacyjności cieplnej przegród określonej przez

współczynnik przenikania ciepła U [$W/(m^2K)$], obliczony zgodnie z normą [N7]. Minimalne wymagania dla EP [$kWh/(m^2rok)$] zostały zawarte w § 329 Rozporządzenia [R10], natomiast minimalne wymagania dla współczynnika U [$W/(m^2K)$] w pkt 2.1. załącznika nr 2 do Rozporządzenia [R10].

Rozporządzenie odnosi się również do budynków podlegających przebudowie. W przypadku budynków przebudowywanych wymagania charakterystyki energetycznej są również obligatoryjne. Zatem uznaje się je za spełnione, jeżeli przegrody oraz wyposażenie techniczne budynku podlegającego przebudowie odpowiadają wymaganiom minimalnym określonym w załączniku 2 do Rozporządzenia oraz są spełnione wymagania dotyczące powierzchni okien.

Wymagania dotyczące spełnienia minimalnych wartości dla wskaźnika EP oraz współczynnika U dotyczą wszystkich budynków, bez wprowadzonego podziału na kategorie (np. odrębne wymagania dla budynków jednorodzinnych, wielorodzinnych, użyteczności publicznej itp.).

Skutkiem konieczności spełnienia wymagań minimalnych dotyczących współczynnika przenikania ciepła U przegród budowlanych jest brak powszechnej możliwości zastosowania niektórych rozwiązań budowlanych (ściana zewnętrzna jednowarstwowa). W porównaniu do okresu obowiązywania wymagań minimalnych dotyczących osiągnięcia odpowiedniej wartości wskaźnika EP lub wartości współczynnika przenikania ciepła U nastąpiło pewne ograniczenie swobody doboru rozwiązań projektowych.

Minimalne wymagania dotyczące wskaźnika EP określone zostały dla następujących rodzajów budynków:

- mieszkalnych jedno i wielorodzinnych bez systemu chłodzenia $EP = EP_{H+W}$ [$kWh/(m^2 rok)$]
- mieszkalnych jedno i wielorodzinnych z systemem chłodzenia $EP = EP_{H+W} + \Delta EP_C$ [$kWh/(m^2 rok)$]
- użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjnych, gospodarczych i magazynowych bez systemu chłodzenia $EP = EP_{H+W} + \Delta EP_L$ [$kWh/(m^2 rok)$]
- użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjnych, gospodarczych i magazynowych z systemem chłodzenia $EP = EP_{H+W} + \Delta EP_C + \Delta EP_L$ [$kWh/(m^2 rok)$]

gdzie:

EP_{H+W} – cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej, [$kWh/(m^2 rok)$]

ΔEP_C – cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby chłodzenia, [$kWh/(m^2 rok)$]

ΔEP_L – cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby oświetlenia. [$kWh/(m^2 rok)$]

Wymagania minimalne dotyczące wartości współczynnika przenikania ciepła U_c ścian, dachów, stropów i stropodachów uwzględniające poprawki ze względu na pustki powietrzne w warstwie izolacji, łączniki mechaniczne przechodzące przez warstwę izolacyjną oraz opady na dach o odwróconym układzie warstw, obliczone mają być zgodnie z Polską Normą [N7] zostały określone dla wszystkich rodzajów budynków, bez podziału na kategorie wynikające ze sposobu użytkowania.

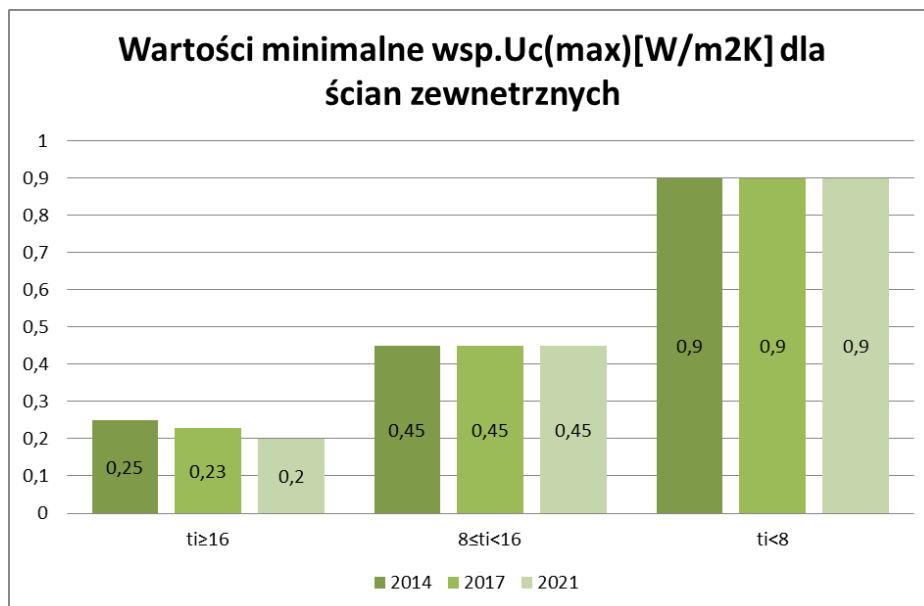
I/1.1.3. Aktualnie obowiązujące wymagania Warunków Techniczno-Budowlanych dotyczące efektywności energetycznej.

I/1.1.3.1. Wymagania szczegółowe dotyczące izolacyjności przegród zewnętrznych wyrażonych współczynnikiem przenikania ciepła $U_{C(max)}$ [$W/(m^2K)$].

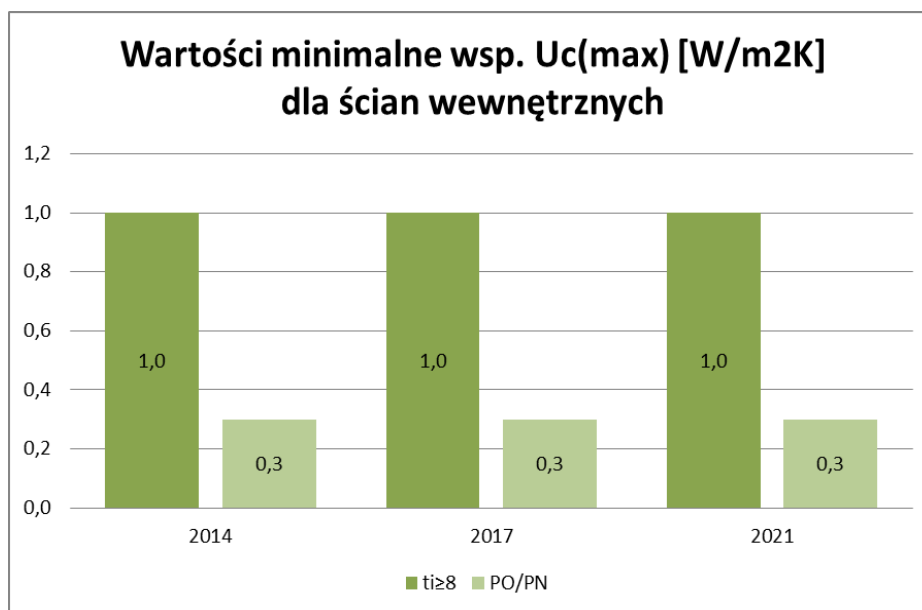
Wymagania szczegółowe dotyczą zapewnienia minimalnych wartości współczynnika przenikania ciepła U przegród obudowy budynku, obliczanego zgodnie z PN-EN ISO 6946:2008 [N7].

Ponieważ przepisy techniczno - budowlane mają docelowo określić standard budynków o niskim zapotrzebowaniu na energię, który będzie obowiązywał dla nowych budynków od 31.12.2020 roku a w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będące ich własnością po dniu 31 grudnia 2018 r., został wprowadzony system stopniowego zaostrzania wymagań, zarówno w przypadku wymagań szczegółowych dotyczących współczynnika przenikania ciepła U [$W/(m^2K)$] jak i w przypadku wymagań ogólnych określonych wskaźnikiem EP [$kWh/(m^2rok)$]. Na wykresach rys. 5-15 przedstawiono aktualne wartości minimalnych wymagań w odniesieniu do różnych kategorii budynków oraz dla pomieszczeń w zależności od wewnętrznej temperatury projektowej.

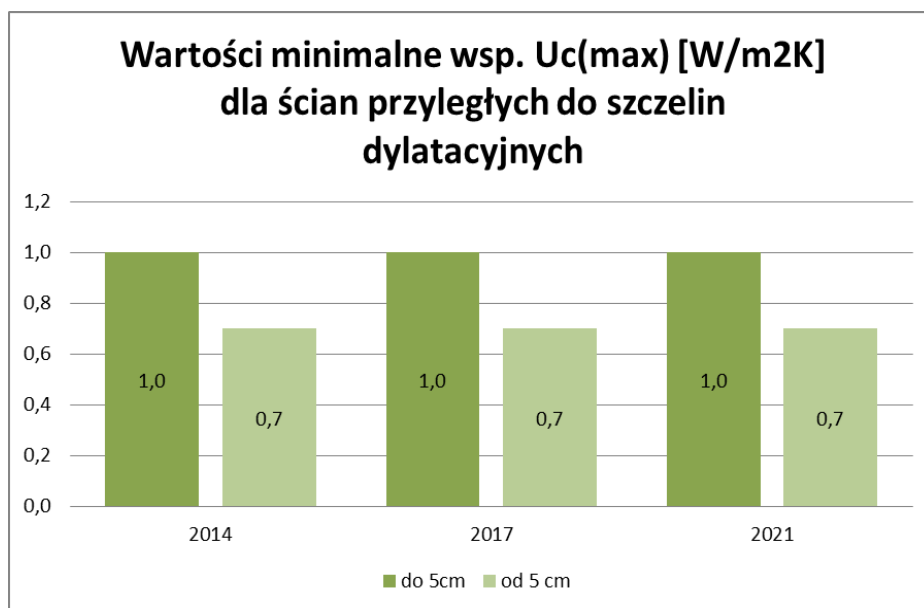
Wartości $U_{C(max)}$ dla przegród nieprzeźroczystych



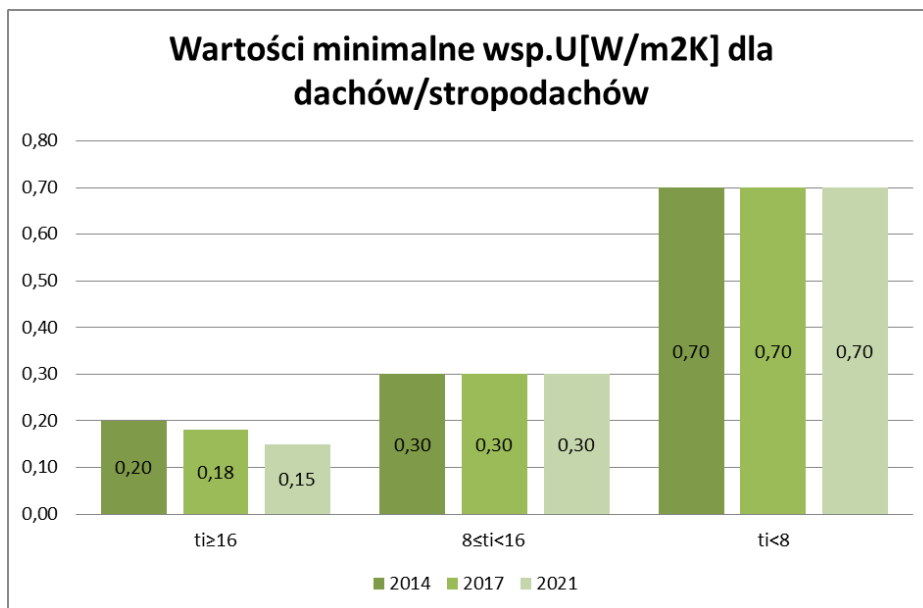
Rys.5. Wartości minimalnych wymagań dla wsp. $U_{C(max)}$ dla ścian zewnętrznych wszystkich rodzajów budynków, w zależności od temperatury wewnętrznej pomieszczeń oraz roku wprowadzenia.



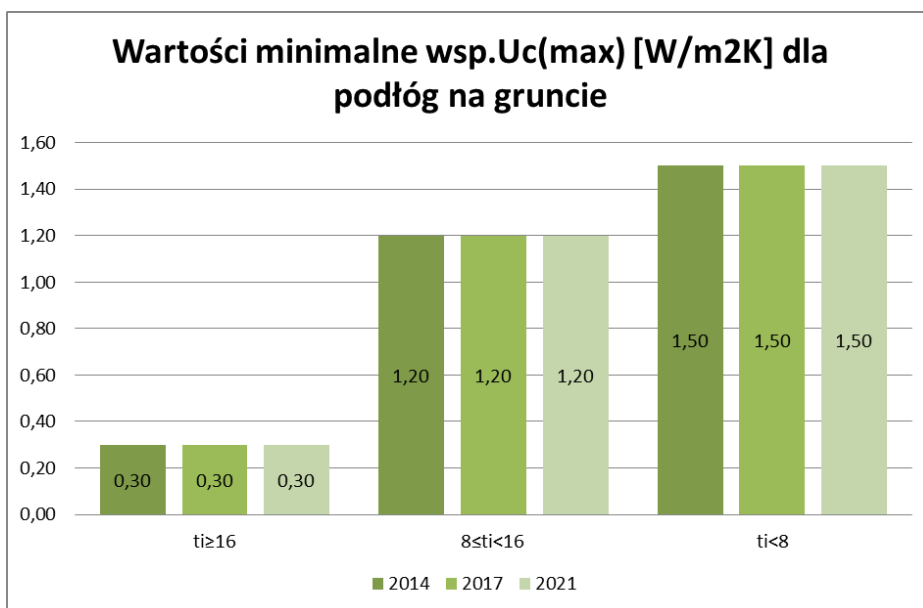
Rys.6. Wartości minimalnych wymagań dla wsp. $U_{C(max)}$ dla ścian wewnętrznych wszystkich rodzajów budynków. Objaśnienie PO/PN – oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego.



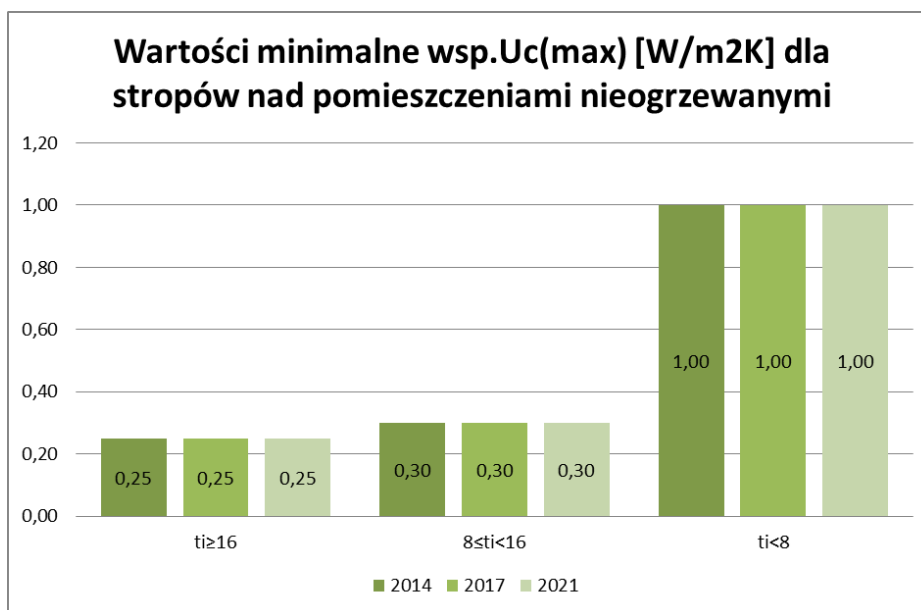
Rys.7. Wartości minimalnych wymagań dla wsp. $U_{C(max)}$ dla ścian przyległych do szczelin dylatacyjnych o szerokości jak na rys. wszystkich rodzajów budynków.



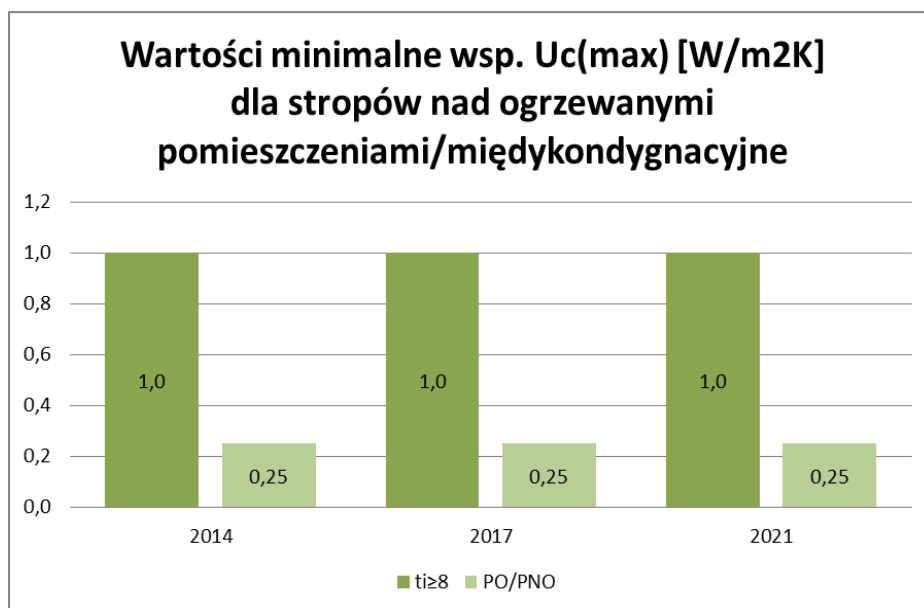
Rys.8. Wartości minimalnych wymagań dla wsp. $U_{C(max)}$ dla dachów/stropodachów wszystkich rodzajów budynków, w zależności od temperatury wewnętrznej pomieszczeń oraz roku wprowadzenia.



Rys.9. Wartości minimalnych wymagań dla wsp. $U_{C(max)}$ dla podłóg na gruncie wszystkich rodzajów budynków, w zależności od temperatury wewnętrznej pomieszczeń oraz roku wprowadzenia.



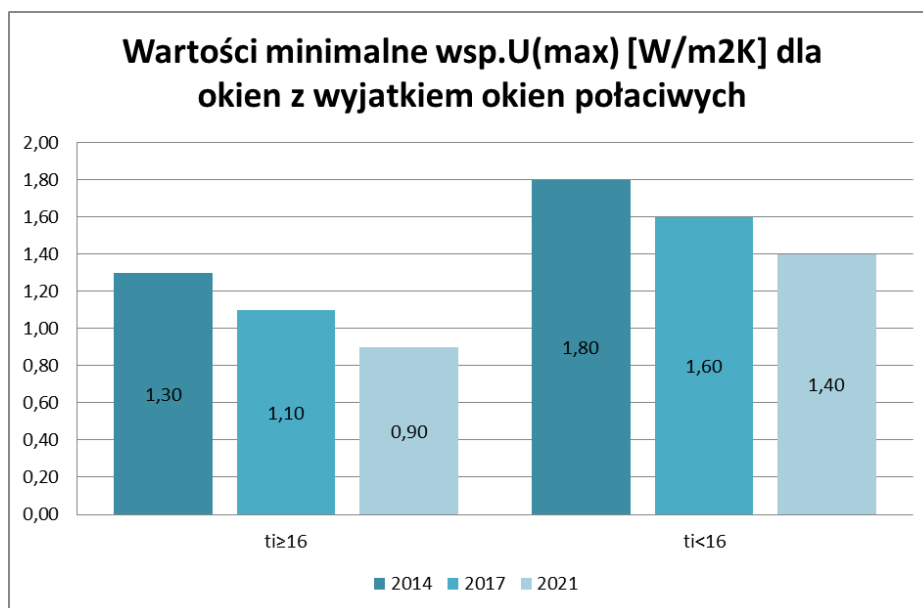
Rys.10 Wartości minimalnych wymagań dla wsp. $U_{C(max)}$ dla stropów nad pomieszczeniami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi wszystkich rodzajów budynków, w zależności od temperatury wewnętrznej pomieszczeń oraz roku wprowadzenia.



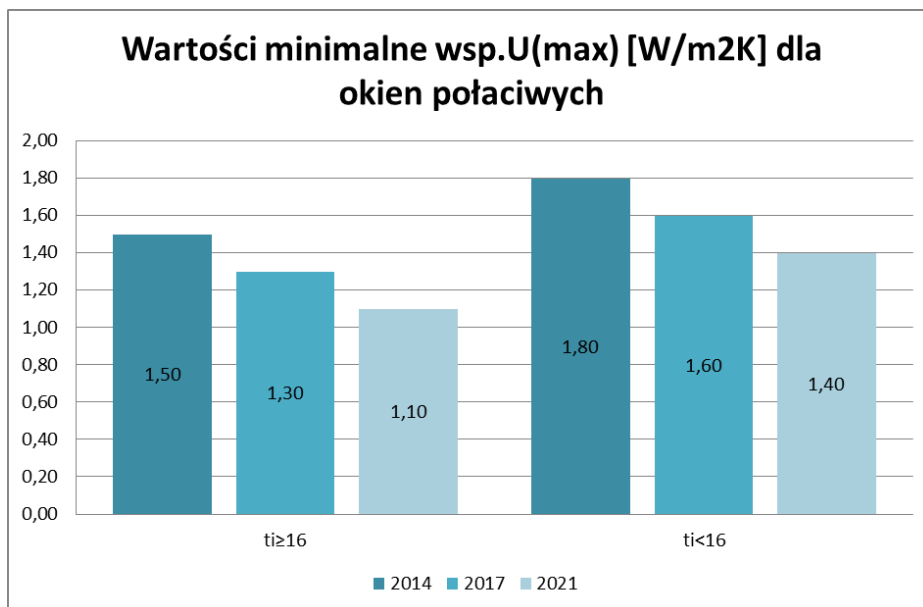
Rys.11. Wartości minimalnych wymagań dla wsp. $U_{C(max)}$ dla stropów nad pomieszczeniami ogrzewanymi podziemnymi oraz stropów międzykondygnacyjnych wszystkich rodzajów budynków, w zależności od temperatury wewnętrznej pomieszczeń oraz roku wprowadzenia. Objaśnienie PO/PN – oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego.

Warunki Techniczne [R10] dopuszczają w przypadku budynków produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych możliwość przyjmowania większych wartości współczynnika U niż $U_{C(max)}$ oraz $U_{(max)}$.

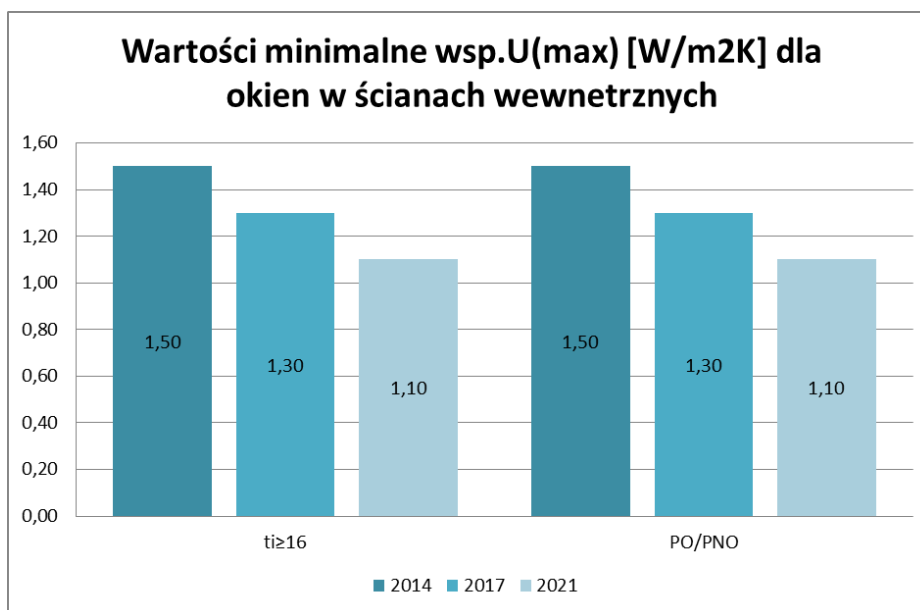
Wartości $U_{(max)}$ dla okien i drzwi



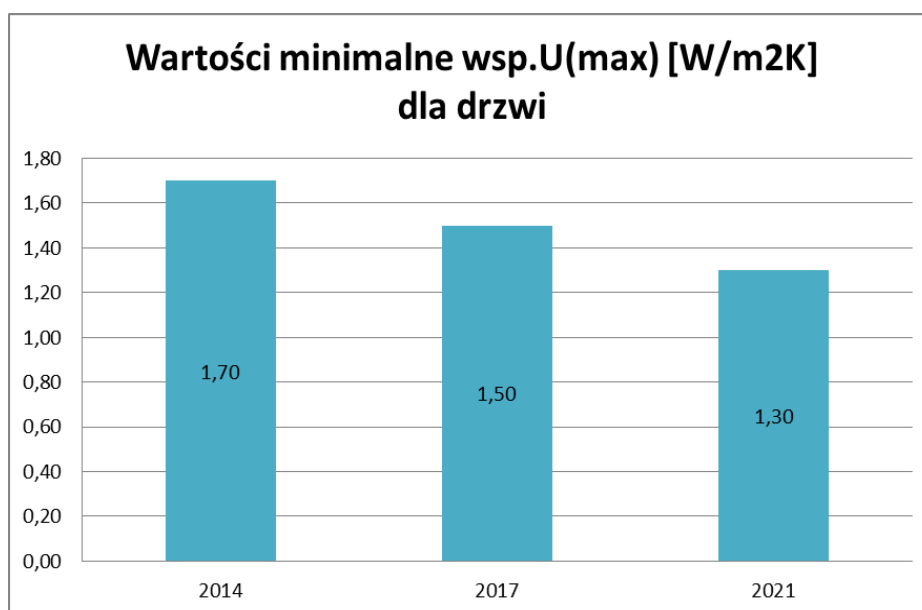
Rys.12. Wartości minimalnych wymagań dla wsp. $U_{(max)}$ dla okien z wyjątkiem okien połaciowych, drzwi balkonowych i powierzchni przezroczystych nieotwieranych wszystkich rodzajów budynków, w zależności od temperatury wewnętrznej pomieszczeń oraz roku wprowadzenia.



Rys.13. Wartości minimalnych wymagań dla wsp. $U_{(max)}$ dla okien połaciowych, dla wszystkich rodzajów budynków, w zależności od temperatury wewnętrznej pomieszczeń oraz roku wprowadzenia.



Rys.14. Wartości minimalnych wymagań dla wsp. $U_{(max)}$ dla okien w ścianach wewnętrznych, dla wszystkich rodzajów budynków, w zależności od temperatury wewnętrznej pomieszczeń oraz roku wprowadzenia. Objasnienie PO/PN – oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego. Przy $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$ Rozporządzenie nie nakłada wymagań.



Rys.15. Wartości minimalnych wymagań dla wsp. $U_{(max)}$ dla drzwi zewnętrznych lub drzwi w przegrodach między pomieszczeniami ogrzewanymi i nieogrzewanymi, dla wszystkich rodzajów budynków w zależności od temperatury wewnętrznej pomieszczeń oraz roku wprowadzenia.

Rozporządzenie [R10] nie nakłada wymagań w odniesieniu do okien i drzwi w przegrodach zewnętrznych pomieszczeń nieogrzewanych.

Rozporządzenie [R10] dopuszcza w przypadku budynków produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych możliwość przyjmowania większych wartości współczynnika U niż $U_{(max)}$ dla okien i drzwi.

I/1.1.3.2. Wymagania ogólne wyrażone przy użyciu wskaźnika EP

Minimalne wymagania ogólne określone w Warunkach Technicznych [R10] wyrażone są poprzez wskaźnik nieodnawialnej energii pierwotnej EP [kWh/(m²rok)]. Podobnie jak w przypadku wymagań szczegółowych w Warunkach Technicznych wprowadzono wymagania, które ulegają zaostrzeniu w 2014, 2017 oraz 2021 roku.

Ostateczne wartości, które będą obowiązywać od 31.12.2020 roku, będą definiowały standard budynków o niemal zerowym zużyciu energii.

Wymagania, zostały zdefiniowane dla:

- budynków mieszkalnych jednorodzinnych,
- budynków mieszkalnych wielorodzinnych,
- budynków zamieszkania zbiorowego,
- budynków użyteczności publicznej - opieki zdrowotnej,
- budynków użyteczności publicznej – pozostałych,
- budynków gospodarczych, magazynowych i produkcyjnych.

Standard budynków o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością będzie obowiązywał od 1 stycznia 2019 r.

Na wartość wskaźnika EP określającego roczne obliczeniowe zapotrzebowanie budynku na nieodnawialną energię pierwotną składają się następujące człony:

- dla budynków mieszkalnych bez instalacji chłodzenia

$EP = EP_{H+W}$ [kWh/(m² · rok)] – cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej,

- dla budynków mieszkalnych z instalacją chłodzenia:

$EP = EP_{H+W} + \Delta EP_C$ [kWh/(m²·rok)] - cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, chłodzenia, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej

- dla budynków użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjnych, gospodarczych i magazynowych bez instalacji chłodzenia:

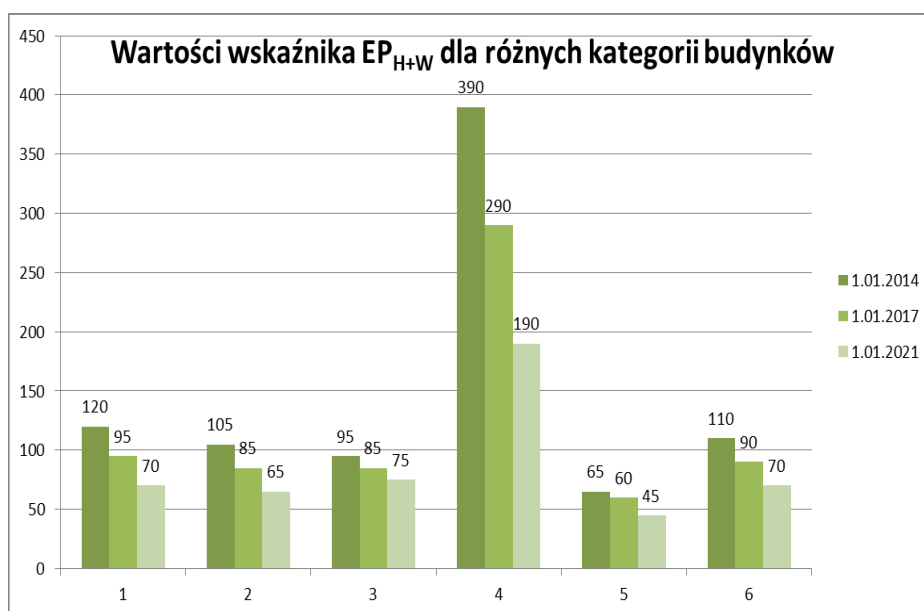
$EP = EP_{H+W} + \Delta EP_L$; [kWh/(m²·rok)] – cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, wentylacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz do oświetlenia wbudowanego.

- dla budynków użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjnych, gospodarczych i magazynowych z instalacją chłodzenia:

$EP = EP_{H+W} + \Delta EP_C + \Delta EP_L$; [kWh/(m²·rok)] – cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, chłodzenia, wentylacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz do oświetlenia wbudowanego.

Wartość wskaźnika EP obliczona według przepisów dotyczących metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynków [R13], musi być mniejsza od wartości obliczonej zgodnie ze wzorem, o którym mowa w § 329 ust. 1 lub 3, przy uwzględnieniu cząstkowych maksymalnych wartości wskaźnika EP, o których mowa w § 329 ust. 2;

Cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP_{H+W} [kWh/(m²·rok)] na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej



Rys.16. Wykres przedstawiający wartość wskaźnika cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP_{H+W} [kWh/(m²·rok)] na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej. 1 – budynek mieszkalny jednorodzinny, 2 – budynek mieszkalny wielorodzinny, 3 – budynek zamieszkania zbiorowego, 4 – budynek użyteczności publicznej – opieki zdrowotnej, 5 – budynek użyteczności publicznej – pozostałe, 6 - budynek gospodarczy, magazynowy.

Częstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, chłodzenia ΔEP_C

Tabl. 11. Częstkowe maksymalne wartości wskaźnika ΔEP_C na potrzeby chłodzenia

Lp.	Rodzaj budynku	Częstkowe maksymalne wartości wskaźnika ΔEP_C na potrzeby chłodzenia [kWh/(m ² rok)]		
		od 1 stycznia 2014 r.	od 1 stycznia 2017 r.	od 1 stycznia 2021 r.
1.	Budynek mieszkalny: a) jednorodzinny b) wielorodzinny	$\Delta EP_C = 10 \cdot A_{f,C}/A_f$	$\Delta EP_C = 10 \cdot A_{f,C}/A_f$	$\Delta EP_C = 5 \cdot A_{f,C}/A_f$
2.	Budynek zamieszkania zbiorowego	$\Delta EP_C = 25 \cdot A_{f,C}/A_f$	$\Delta EP_C = 25 \cdot A_{f,C}/A_f$	$\Delta EP_C = 25 \cdot A_{f,C}/A_f$
3.	Budynek użyteczności publicznej: a) opieki zdrowotnej b) pozostałe			
4.	Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny			

gdzie:

A_f – powierzchnia użytkowa ogrzewana budynku [m²],

$A_{f,C}$ – powierzchnia użytkowa chłodzona budynku [m²].

*) Jeżeli budynek posiada instalację chłodzenia, w przeciwnym przypadku $\Delta EP_C = 0$ kWh/(m²·rok).

**) Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością.

Częstkowe maksymalne wartości wskaźnika ΔEP_L na potrzeby oświetlenia [kWh/(m²rok)] w zależności od czasu działania oświetlenia w ciągu roku t_0 [h/rok]

Tabl. 12 Częstkowe maksymalne wartości wskaźnika ΔEP_L na potrzeby oświetlenia wbudowanego.

Lp.	Rodzaj budynku	Częstkowe maksymalne wartości wskaźnika ΔEP_C na potrzeby chłodzenia [kWh/(m ² rok)] ^{*)}		
		od 1 stycznia 2014 r.	od 1 stycznia 2017 r.	od 1 stycznia 2021 r. ^{**)}
1.				
2.	Budynek mieszkalny: a) jednorodzinny b) wielorodzinny	$\Delta EP_L = 0$		
3.	Budynek zamieszkania zbiorowego	dla $t_0 < 2500$ $\Delta EP_L = 50$ dla $t_0 \geq 2500$ $\Delta EP_L = 100$	dla $t_0 < 2500$ $\Delta EP_L = 50$ dla $t_0 \geq 2500$ $\Delta EP_L = 100$	dla $t_0 < 2500$ $\Delta EP_L = 25$ dla $t_0 \geq 2500$ $\Delta EP_L = 50$
4.	Budynek użyteczności publicznej: a) opieki zdrowotnej b) pozostałe			
5.	Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny			

*) Jeżeli w budynku należy uwzględnić oświetlenie wbudowane, w przeciwnym przypadku $\Delta EP_L = 0$ kWh/(m² · rok).

**) Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością.

I/1.1.3.3. Wymagania dodatkowe dotyczące efektywności energetycznej

I/1.1.3.3.1. Wymaganie dotyczące izolacyjności obwodowej podłogi na gruncie.

Wymaganie określone dla budynków mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej, magazynowych i gospodarczych jest zawarte w pkt. 1.4 Załącznika 2 do Rozporządzenia [R10].

Wymaga się w tego typu budynkach aby podłoga na gruncie w ogrzewanych pomieszczeniach miała izolację cieplną obwodową z materiału izolacyjnego o oporze cieplnym co najmniej $R_T \geq 2,0$ [m^2K/W]. Wg autorów warunek ten jest powszechnie możliwy do spełnienia z uwagi na dostępność materiałów izolacyjnych w przypadku budynków nowobudowanych.

Opór cieplny warstw podłogi należy obliczać zgodnie z normą polską. [N30]

I/1.1.3.3.2. Wymaganie dotyczące izolacji cieplnej przewodów rozdzielczych i komponentów w instalacjach.

W pkt. 1.5. Załącznika 2 do Rozporządzenia [R10] zawarto wymaganie dotyczące izolacyjności cieplnej przewodów rozdzielczych i komponentów w instalacjach centralnego ogrzewania, ciepłej wody użytkowej (w tym przewodów cyrkulacyjnych), instalacji chłodu i ogrzewania powietrznego.

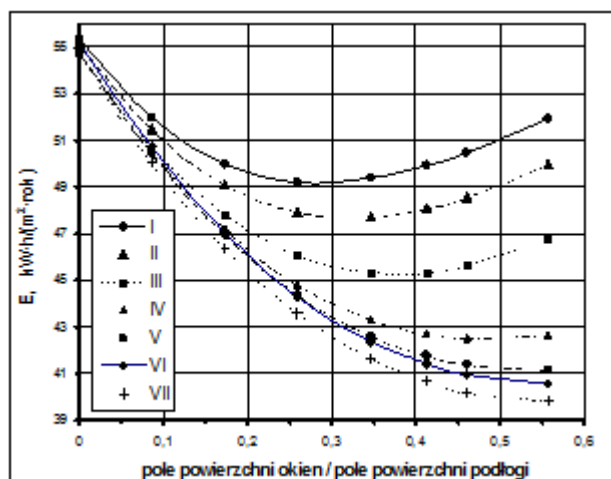
Izolacja przewodów i komponentów powinna być wykonana z materiału o współczynniku $\lambda \leq 0,035$ [$W/(m \cdot K)$] o grubości uzależnionej od średnicy wewnętrznej przewodów. W przypadku materiału izolacyjnego o innych parametrach ($\lambda < 0,035$ [$W/(m \cdot K)$]), grubość izolacji może ulec zmianie, stosownie do odpowiednich przeliczeń przeprowadzanych np. wg normy PN-B-02421: 2000 pt.: „Izolacja cieplna przewodów, armatury i urządzeń”. Wg autorów w projektach budowlanych instalacji sanitarnych przytaczane są zapisy podane w pkt. 1.5. Załącznika 2 do Rozporządzenia [R10]. Autorzy nie zaobserwowali powszechnego zastosowania materiałów izolacyjnych o współczynniku przewodzenia poniżej $\lambda < 0,035$ [$W/(m \cdot K)$]. Po przeanalizowaniu materiałów powszechnie dostępnych na rynku większość produktów wykonanych jest z materiałów termoizolacyjnych o współczynniku przewodzenia ciepła λ na poziomie $0,035$ [$W/(m \cdot K)$]. Autorzy niniejszego opracowania zwracają uwagę, że w WT15 nie podano do jakiej temperatury otoczenia odnosi się wartość $\lambda = 0,035$ [$W/(m \cdot K)$]. Uwaga ta wynika z faktu, iż otuliny stykają się z czynnikiem roboczym o bardzo zróżnicowanych temperaturach co ma wpływ na wartość współczynnika λ .

I/1.1.3.3.3. Wymaganie dotyczące pola powierzchni okien A_{0max}

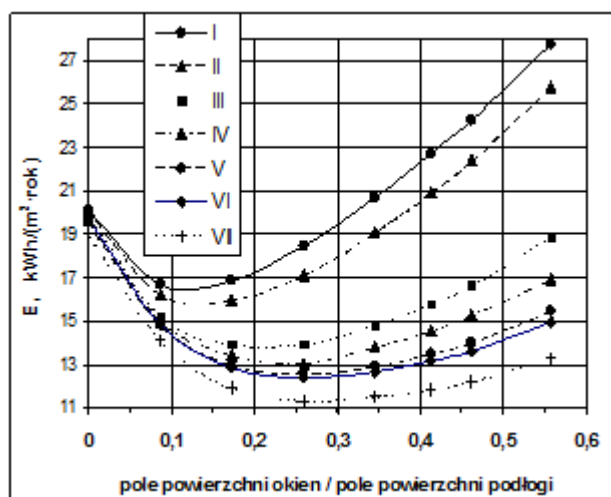
Z uwagi na ograniczenie strat ciepła przez przenikanie przez okna przy równoczesnym zachowaniu zasady zapewnienia niezbędnego oświetlenia światłem dziennym w punkcie 2 Załącznika 2 do WT15 [R10], zawarto wymagania dotyczące pola powierzchni A_{0max} dla okien, przegród szklanych i przezroczystych

o wsp. $U \geq 0,9$ [W/(m²K)]. A_{0max} obliczane jest ze wzoru (1). Zawarto również zapis, że dla budynku użyteczności publicznej pole powierzchni A_0 , nie może być większe niż wartość A_{0max} jeżeli nie jest to sprzeczne z warunkami dotyczącymi zapewnienia niezbędnego oświetlenia światłem dziennym.

Jednocześnie dla budynków produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych określono wymagania procentowego udziału łącznego pola powierzchni okien oraz ścian szklanych w stosunku do powierzchni całej elewacji, podając wymagania dla budynków jednokondygnacyjnych i wielokondygnacyjnych.



Rys. 14. Strefa południowa. Zapotrzebowanie na ogrzewanie w zależności od wielkości południowego oszklenia oraz pojemności cieplnej. Budynek o podwyższonej izolacyjności termicznej z częściowym odzyskiem ciepła, podwójne oszklenie spektralnie selektywne.



Rys. 15. Strefa południowa. Zapotrzebowanie na ogrzewanie w zależności od wielkości południowego oszklenia oraz pojemności cieplnej. Standard izolacyjny budynku pasywnego z wysokosprawnym odzyskiem ciepła. Podwójne oszklenie niskoemisyjne wypełnione ksenonem.

W analizie opartej na symulacjach przeprowadzonych w programie „Energy Plus”, dotyczącej wpływu wielkości przeszklenia na sezonowe zapotrzebowanie na energię do ogrzewania południowo-zachodniej strefy budynku, przedstawiono wyniki dla budynku spełniającego wymagania normatywne WT14 z zastosowanym oszkleniem selektywnym o niskiej przepuszczalności promieniowania (rys. 14) oraz dla budynku zaprojektowanego w standardzie pasywnym z zastosowaniem szyb niskoemisyjnych (rys. 15). W obu budynkach zastosowano odzysk ciepła z powietrza wentylacyjnego.

Przeanalizowano budynki o zróżnicowanej pojemności cieplnej wnętrza budynku (zwiększająca się pojemność cieplna wnętrza warianty od I do VII).

W obydwu analizowanych przypadkach (budynek normatywny oraz pasywny) dla budynków o lekkiej obudowie, powiększanie pola powierzchni okna od pewnej wartości (minimum na wykresach) wiąże się z wzrostem zapotrzebowania na ogrzewanie.

Przeprowadzona analiza wskazuje, że w przypadku budynków o niskim zapotrzebowaniu na energię decyzje projektowe, prowadzące do uzyskania optymalnych efektów energetycznych i inwestycyjnych są zależne od wielu zmiennych, takich jak pojemność cieplna budynku, orientacja, parametry oszklenia. Jednocześnie wielkość przeszklenia ma bardzo duże znaczenie dla całkowitego bilansu energetycznego budynków niskoenergetycznych.

Niezależnie od zdolności akumulacyjnych przegród w każdym przypadku istnieje pewna optymalna wartość proporcji powierzchni okien i podłogi. Jej przekroczenie generuje dodatkowe koszty inwestycyjne, a jednocześnie podwyższa koszty eksploatacji budynku.

Analiza, wskazuje, że nie jest możliwe, żeby sformułować jednoznaczne zalecenia projektowe lub podać w przepisach budowlanych proste wskaźniki, które gwarantowałyby uzyskanie racjonalnych pod względem energetycznym i ekonomicznym rozwiązań oraz dobrą jakość środowiska wewnętrznego w oderwaniu od klimatu, orientacji okien, rodzaju oszklenia, izolacyjności i zdolności akumulacyjnych obudowy itp.

Racjonalne projektowanie budynków niskoenergetycznych, zorientowane na minimalizację zużycia energii, przy jednoczesnym utrzymaniu komfortu cieplnego we wnętrzu budynku, wymaga w takim razie precyzyjnych, dynamicznych narzędzi obliczeniowych i wieloparametrowych analiz o charakterze optymalizacyjnym. [62][63][64]

Sformułowane w warunkach technicznych wymaganie dotyczące maksymalnego pola powierzchni przegród przeszklonych A_{0max} uzależnione jest od wartości współczynnika przenikania U (odniesione jest do okien o współczynniku przenikania ciepła nie mniejszym niż $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$).

Zdaniem autorów, równie ważne jest uzależnienie tego parametru od przepuszczalności promieniowania przez zastosowane oszklenie, pojemności cieplnej budynku czy orientacji. Jednak wymaga to skomplikowanych analiz, które nie są przedmiotem niniejszego opracowania. Autorzy jedynie wskazują problem dotyczący doboru wielkości przeszklenia w budynkach o niskim zapotrzebowaniu na energię.

Dobór wielkości przeszklenia jest również istotny z punktu widzenia przegrzewania budynku. Nawet przy ograniczonej przepuszczalności promieniowania dobrze izolujących okien i dodatkowych zasłonach, zyski cieplne przewymiarowanych przeszkleń pomieszczeń mogą być duże.

Oprócz wyżej wymienionych negatywnych skutków nadmierna powierzchnia jakichkolwiek przeszkleń jest źródłem dodatkowych kosztów inwestycyjnych oraz

oddziaływania środowiskowego budynku, poprzez zwiększenie zapotrzebowania na energię oraz wysoką energochłonność szkła.

I/1.1.3.3.4. Wymagania dotyczące współczynnika przepuszczalności energii całkowitej promieniowania słonecznego okien i przegród szklanych i przezroczystych.

W pkt 2.1.4. Załącznika 2 Rozporządzenia [R10] zawarte jest wymaganie, dotyczące przegrzewania pomieszczeń w okresie letnim. Wymaganie nałożone jest na współczynnik przepuszczalności energii całkowitej promieniowania słonecznego dla okien, przegród szklanych i przezroczystych – g , liczony zgodnie ze wzorem (3). Wzór (3) to iloczyn współczynnika współczynnik całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego dla typu oszklenia – g_n zestawionego tabelarycznie w pkt 2.1.5. Załącznika 2, oraz współczynnika redukcji promieniowania ze względu na zastosowane urządzenia przeciwsłoneczne, w okresie letnim – f_c zestawionego tabelarycznie w pkt 2.1.6. Załącznika 2

Wymaganie to nie ma zastosowania w odniesieniu do powierzchni pionowych oraz powierzchni nachylonych więcej niż 60 stopni do poziomu, skierowanych w kierunkach od północno-zachodniego do północno-wschodniego (kierunek północny +/- 45 stopni), okien chronionych przed promieniowaniem słonecznym elementem zacieniającym, spełniającym powyższe wymagania, oraz do okien o powierzchni mniejszej niż 0,5 m².

I/1.1.3.3.5 Wymaganie dotyczące zabezpieczenia przed powierzchniową kondensacją pary wodnej.

W punkcie 2.2. Załącznika 2 do Rozporządzenia [R10] zawarto wymaganie, które zabezpiecza przegrody zewnętrzne oraz węzły konstrukcyjne przed osiągnięciem krytycznej wilgotności na powierzchni wewnętrznej. Metodologia obliczania krytycznej wilgotności powierzchni jest opisana w normie polskiej [N33]. Norma ta podaje również metodologię obliczania kondensacji międzywarstwowej. Rozporządzenie [R10] podaje dane do obliczeń zgodnie z normą [N33] - średnia miesięczna wartość wilgotności względnej powietrza wewnętrznego jest równa $\phi = 50\%$, przy czym dopuszcza się przyjmowanie wymaganej wartości współczynnika $f_{Rsi} = 0,72$.

Wartość współczynnika f_{Rsi} zgodnie z [R10] należy obliczyć:

- dla przegrody – według Polskiej Normy [N33]
- dla mostków cieplnych przy zastosowaniu przestrzennego modelu przegrody – według Polskiej Normy [N25].

Kondensacja pary wodnej wewnątrz przegrody jest dopuszczalna, o ile struktura przegrody umożliwi wyparowanie kondensatu w okresie letnim i nie nastąpi przy tym degradacja materiałów budowlanych przegrody na skutek tej kondensacji. W tym celu należy sporządzić bilans roczny kondensacji pary wodnej dla analizowanej przegrody.

I/1.1.3.3.6. Wymaganie dotyczące zapewnienia szczelności na przenikanie powietrza.

W punkcie 2.3. Załącznika 2 do Rozporządzenia [R10] zawarto wymagania dotyczące zapewnienia całkowitej szczelności na przenikanie powietrza. Wymagania zostały sformułowane dla budynków mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej i produkcyjnych. Dotyczą one projektowania oraz wykonawstwa przegród zewnętrznych nieprzezroczystych, złączy między przegrodami i częściami przegród (między innymi połączenie stropodachów lub dachów ze ścianami zewnętrznymi), przejść elementów instalacji (takie jak kanały instalacji wentylacyjnej i spalinowej przez przegrody zewnętrzne) oraz połączeń okien z ościeżami.

Zalecane wymagania dotyczące zapewnienia odpowiedniej szczelności na przenikanie powietrza, zostały określone na poziomie:

- dla budynków z wentylacją grawitacyjną lub hybrydową, próba $n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$
- dla budynków z wentylacją mechaniczną lub klimatyzacją, próba $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$

Przy czym w Rozporządzeniu [R10] zawarto zalecenie, wykonania próby szczelności po zakończeniu budowy dla budynków mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej oraz produkcyjnych.

W aktualnym Rozporządzeniu [R10] sformułowane zostało również wymaganie dotyczące przepuszczalności powietrza dla budynków niskich, średniowysokich i wysokich przepuszczalność powietrza dla okien i drzwi balkonowych przy ciśnieniu równym 100 Pa powinna wynosić nie więcej niż $2,25 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$ w odniesieniu do długości linii stykowej lub $9 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ w odniesieniu do pola powierzchni (co odpowiada klasie 3 Polskiej Normy dotyczącej przepuszczalności powietrza okien i drzwi).

Dla okien i drzwi balkonowych w budynkach wysokościowych przepuszczalność powietrza przy ciśnieniu równym 100 Pa powinna wynosić nie więcej niż $0,75 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$ w odniesieniu do długości linii stykowej lub $3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ w odniesieniu do pola powierzchni, co odpowiada klasie 4 Polskiej Normy dotyczącej przepuszczalności powietrza okien i drzwi [N23].

I/1.1.3.4. Kategoryzacja budynków

W tabeli 13 przeanalizowano czy wymagania zawarte w [R10] dotyczące efektywności energetycznej budynków są przypisane do poszczególnych kategorii budynków.

Tabl. 13. Wymagania efektywności energetycznej w rozbiciu na kategorie budynków.

Lp.	Wymaganie dotyczące:	podziału na kategorie budynków
	Wskaźnik EP	Tak, w zależności od: - Budynek mieszkalny jednorodzinny - budynek mieszkalny wielorodzinny - budynek zamieszkania zbiorowego - budynek użyteczności publicznej (opieki zdrowotnej) - budynek użyteczności publicznej (pozostałe) - budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny
	wsp. $U_{C(\max)}$	Nie.

	wsp. $U_{(max)}$	Wymaganie określone dla wszystkich typów budynków wspólnie. Dopuszczono odstępstwo dla budynków produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych, polegające na wyznaczeniu wsp. $U_{C(max)}$ oraz $U_{(max)}$ w oparciu o rachunek efektywności ekonomicznej.
	Izolacja obwodowa podłogi na gruncie	Nie Wymaganie jednolite dla wszystkich typów budynków.
	Izolacja cieplna przewodów i komponentów	Nie Wymaganie jednolite dla wszystkich typów budynków.
	Zbiorowego pola powierzchni okien A_{0max}	Tak Wymaganie dotyczące A_{0max} jest określone dla budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego. Dla budynków użyteczności publicznej nakazuje się sprawdzić warunki niezbędne zapewnienia koniecznego oświetlenia światłem dziennym (§ 57 R10). Dla budynków produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych podano oddzielne wymagania.
	Współczynnika przepuszczalności energii całkowitej promieniowania słonecznego g	Nie Wymaganie jednolite dla wszystkich typów budynków.
	Zabezpieczenia przed powierzchniową kondensacją pary wodnej	Nie Wymaganie jednolite dla wszystkich typów budynków.
	Zapewnienia szczelności na przenikanie powietrza	Tak Wymaganie obejmuje budynki mieszkalne, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej i produkcyjne. Nie obejmuje budynków magazynowych i gospodarczych.

I/1.1.4. Ocena spełnienia wymagań ochrony cieplnej i efektywności energetycznej dla reprezentatywnej grupy obiektów.

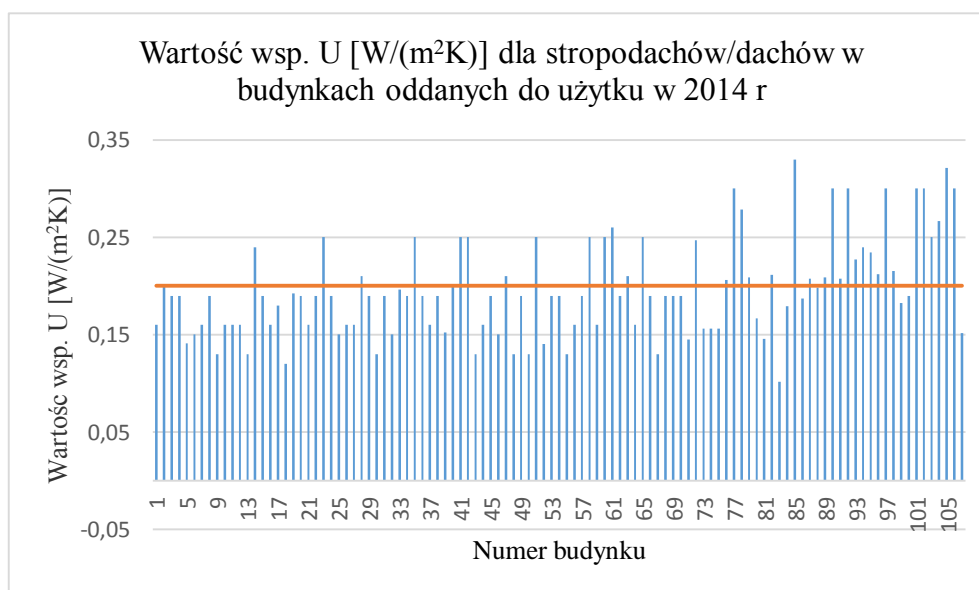
I/1.1.4.1 Ocena spełnienia wymagań szczegółowych izolacyjności cieplnej przegród, wyrażonej poprzez współczynnik przenikania ciepła $U_{C(max)}$ dla reprezentatywnej grupy obiektów.

Przeprowadzono analizę danych uzyskanych z obliczeń wykonywanych na potrzeby sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej.

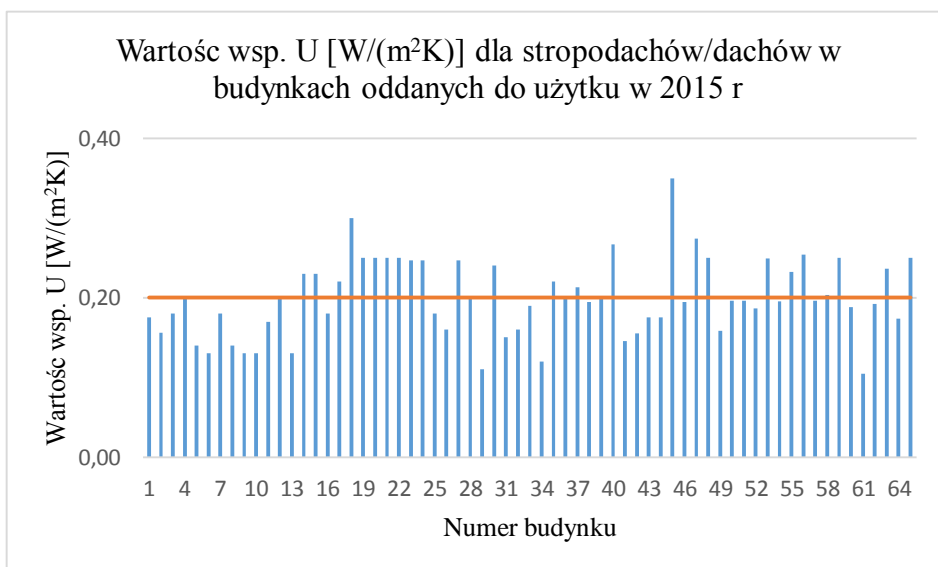
Przeanalizowano dane zgromadzone dla 191 obiektów wybudowanych w latach 2014 - 2016. Dane te pochodzą z bazy BuildDesk oraz z baz danych wybranych biur architektonicznych [F7]. Przy doborze budynków do analizy kierowano się ich przeznaczeniem (największy udział w całości próby miały budynki mieszkalne jednorodzinne wybudowane w latach 2014-2016).

Należy zwrócić uwagę na możliwość popełnienia błędów przy wprowadzaniu danych poszczególnych przegród budowlanych do programu przez osobę sporządzającą świadectwa charakterystyki energetycznej.

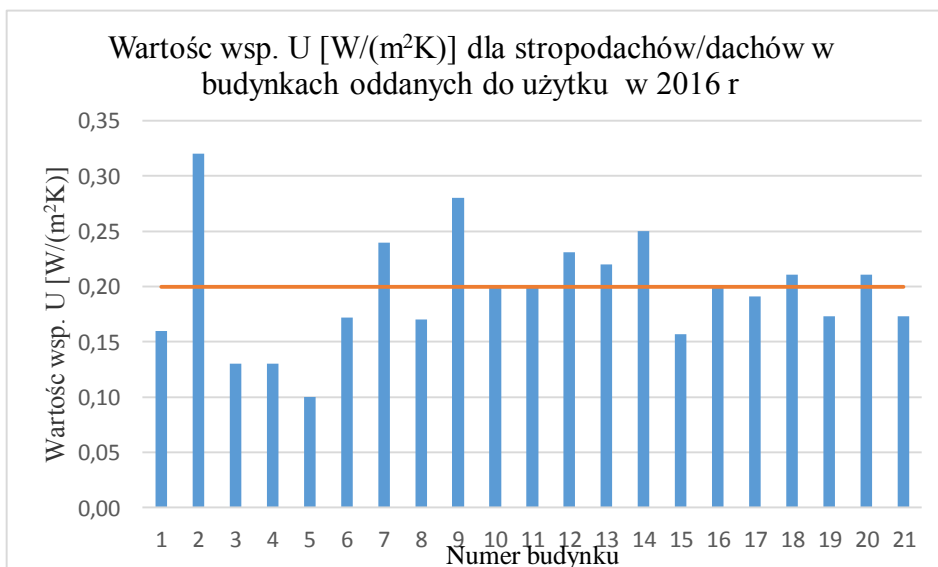
Z rysunków 16-18 wynika, że w większości przypadków wartości współczynnika przenikania ciepła U [$W/(m^2K)$] dla stropodachów/dachów spełniają minimalne wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej przegród, zdefiniowane w Warunkach Technicznych [R10] dla roku 2014. Przekroczenie minimalnych wartości współczynnika U może wynikać z faktu, że część budynków mogła uzyskać pozwolenie na budowę we wcześniejszych latach, według wcześniejszych (mniej ostrych) wymagań.



Rys. 16. Ocena spełnienia wymagań minimalnych dotyczących wsp. U dla stropodachów w budynkach oddanych do użytku w 2014 r.

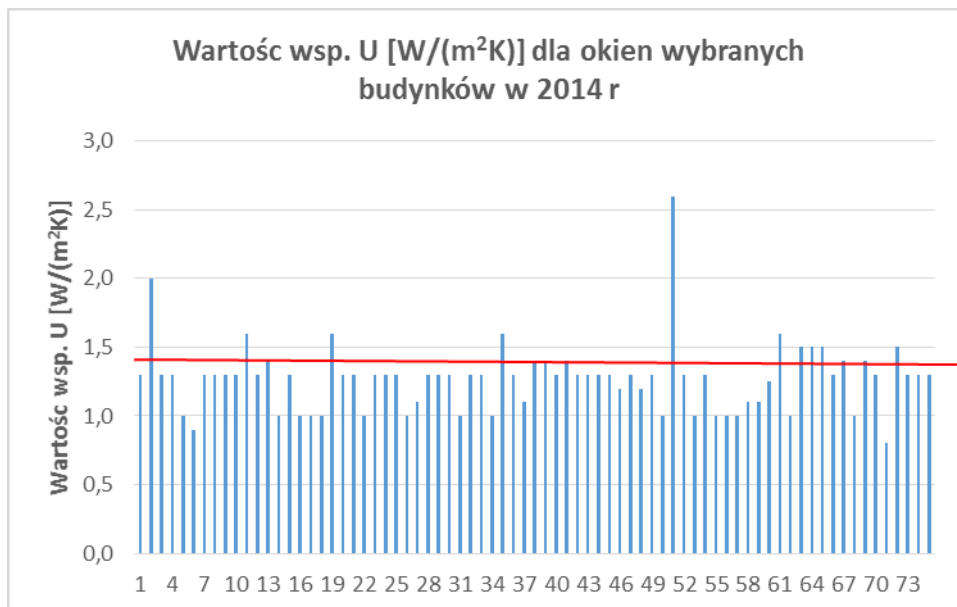


Rys. 17. Ocena spełnienia wymagań minimalnych dotyczących wsp. U dla stropodachów w budynkach oddanych do użytku w 2015.

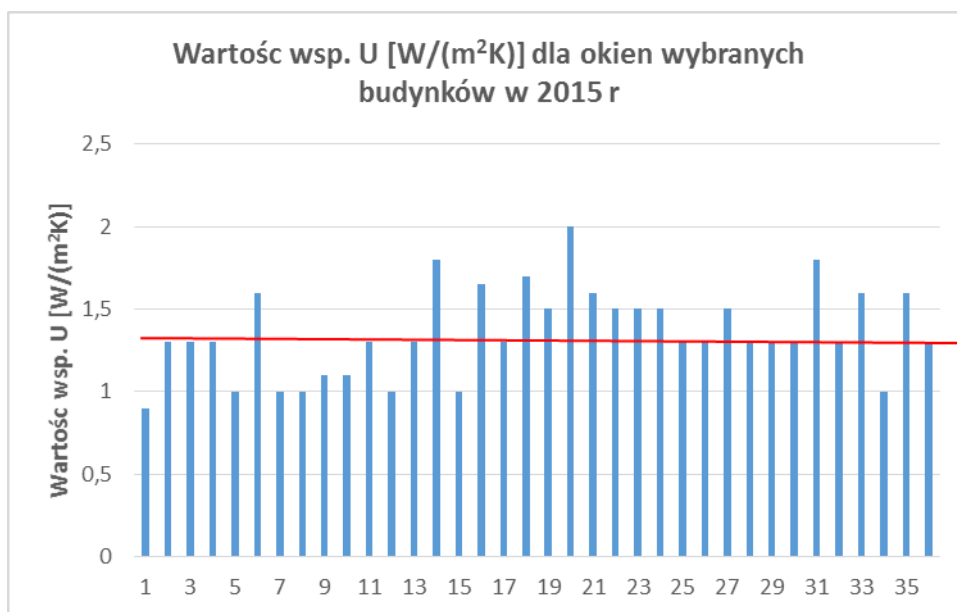


Rys. 18. Ocena spełnienia wymagań minimalnych dotyczących wsp. U dla stropodachów w budynkach oddanych do użytku w 2015.

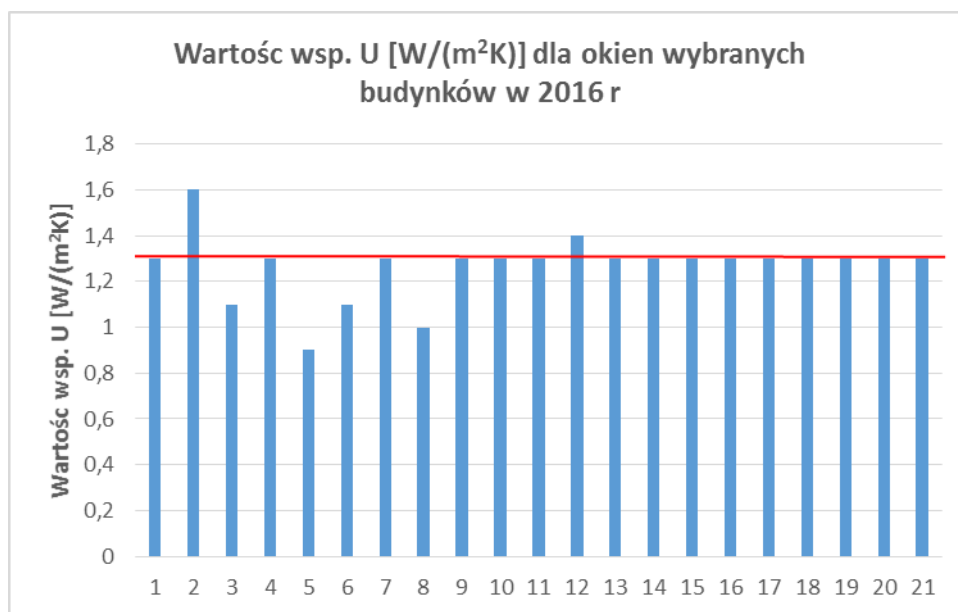
Rysunki 19-21 przedstawiają wartości współczynnika U dla okien, w budynkach oddanych do użytkowania w latach 2014-2016.



Rys. 19. Ocena spełnienia wymagań minimalnych dotyczących wsp. U dla okien na grupie budynków oddanych do użytku w 2014



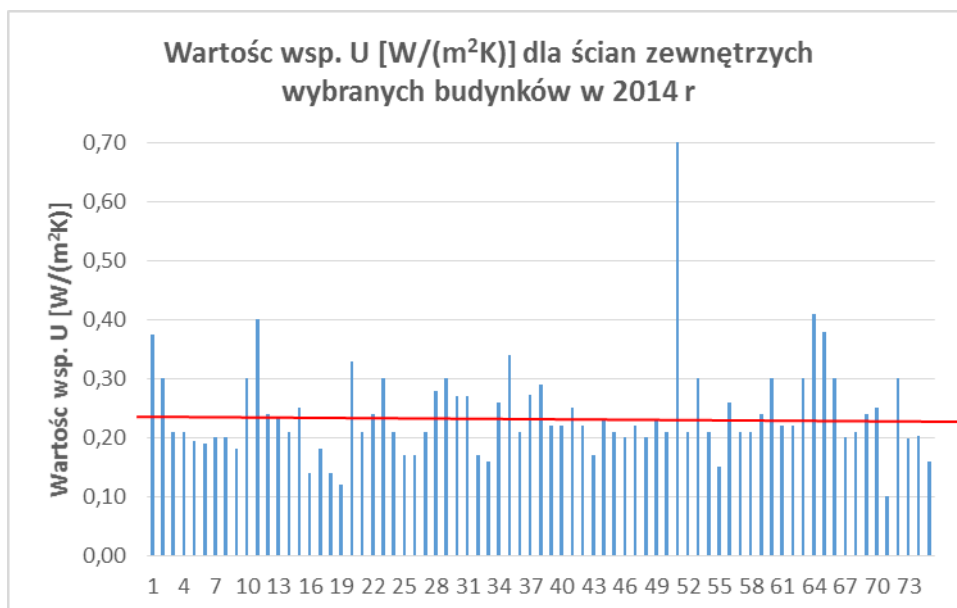
Rys. 20. Ocena spełnienia wymagań minimalnych dotyczących wsp. U dla okien na grupie budynków oddanych do użytku w 2015



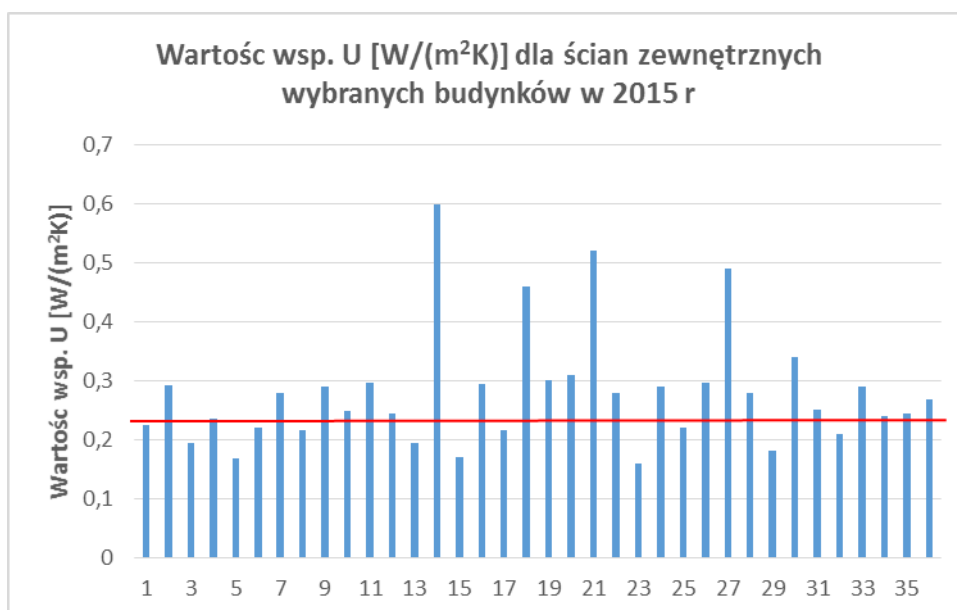
Rys. 21. Ocena spełnienia wymagań minimalnych dotyczących wsp. U dla okien na grupie budynków oddanych do użytku w 2016r.

Z uwagi na fakt, iż nie dla wszystkich budynków analizowanych wcześniej podane zostały wartości współczynników dla okien rys. 19-21 przedstawiają dane dla 73 budynków z roku 2014, 35 z roku 2015 oraz 21 z roku 2016. Analiza powyższych rysunków pozwala zauważyć, że w większości przypadków wartości współczynnika przenikania ciepła U [W/(m²K)] dla okien spełniają minimalne wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej przegród, zdefiniowane w Warunkach Technicznych [R10] dla roku 2014.

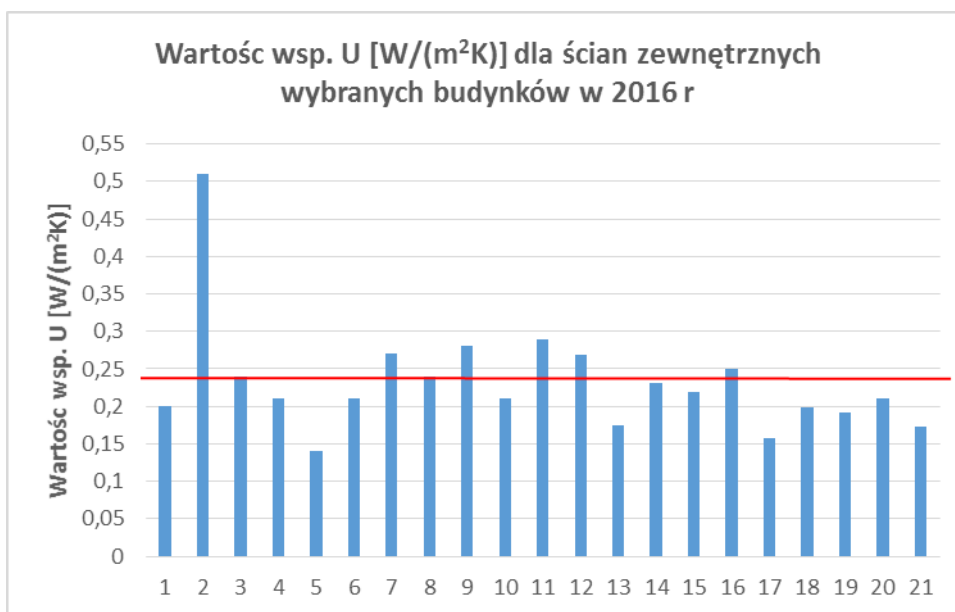
Analizując rysunki 22-24 widać, że znaczna część budynków spełnia wymaganie w WT2014 wartości współczynnika U dla ścian zewnętrznych. Średnie wartości współczynnika U dla ścian zewnętrznych w 2014 r wyniosły 0,24 [W/(m²K)], w roku 2015 - 0,28 [W/(m²K)], a w roku 2016 - 0,23 [W/(m²K)]



Rys. 22. Ocena spełnienia wymagań minimalnych dotyczących wsp. U dla ścian zewnętrznych na reprezentatywnej grupie budynków oddanych do użytku w 2014 r.



Rys. 23. Ocena spełnienia wymagań minimalnych dotyczących wsp. U dla ścian zewnętrznych na reprezentatywnej grupie budynków oddanych do użytku w 2015 r.



Rys. 24. Ocena spełnienia wymagań minimalnych dotyczących wsp. U dla ścian zewnętrznych na reprezentatywnej grupie budynków oddanych do użytku w 2016 r.

I/1.1.4.2 Ocena spełnienia wymagań ogólnych wyrażonych poprzez wskaźnik EP [kWh/(m²rok)] dla reprezentatywnej grupy obiektów.

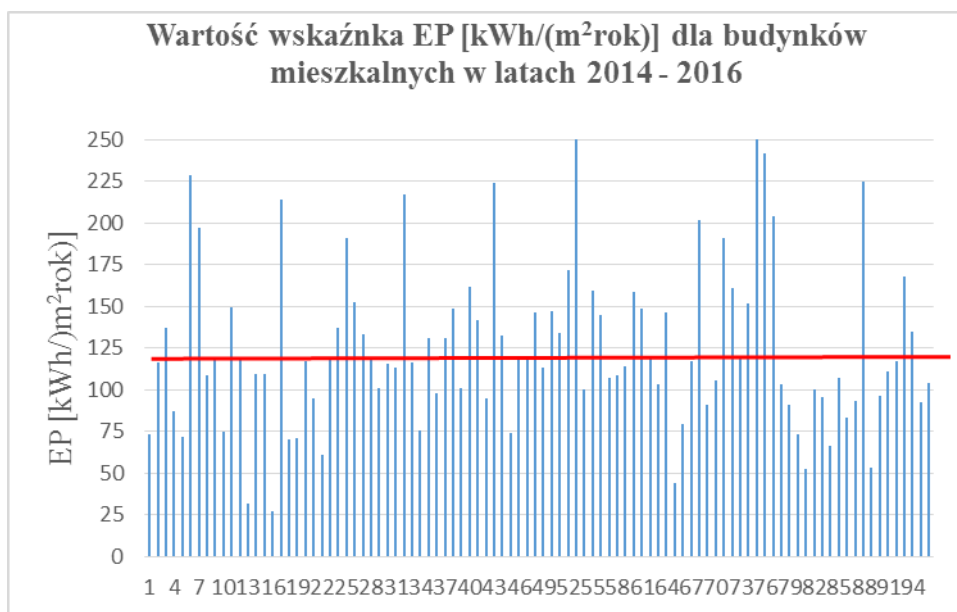
Dla celów sprawdzenia osiągnięcia minimalnych wymagań dotyczących zapewnienia odpowiedniego poziomu efektywności energetycznej budynków, poprzez spełnienie wymagania ogólnego sformułowanego poprzez wskaźnik EP, przeanalizowano charakterystyki energetyczne budynków zaprojektowanych i zrealizowanych od 2014 roku.

Analizę budynków mieszkalnych przeprowadzono na danej próbie budynków poddanych ocenie energetycznej. Do analizy przyjęto wartości z charakterystyk energetycznych budynków udostępnionych na potrzeby opinii od biur architektonicznych [F10].

Na potrzeby opracowanej opinii przeanalizowano również dane zgromadzone w bazie Build Desk z lat 2014 oraz 2015.

Nie przeprowadzono analizy dla budynków użyteczności publicznej z powodu braku odpowiedniej ilości budynków.

Rys 25. Przedstawia grupę 94 budynków mieszkalnych udostępnionych przez biura architektoniczne na potrzeby wykonania opinii. W grupie tej średnia wartość wskaźnika EP wynosi 127, 3 [kWh/(m²K)]



Rys. 25. Ocena spełnienia wymagań minimalnych dotyczących wskaźnika EP na reprezentatywnej grupie budynków mieszkalnych lata 2014-2016

Średni współczynnik nieodnawialnej energii pierwotnej baz Build Desk i biur architektonicznych przedstawiono w tabeli 14. Z powodu małej ilości budynków, w tabeli 14 nie uwzględniono roku 2016.

Tabl. 14 Średni współczynnik nieodnawialnej energii pierwotnej dla próby 18 983 budynków mieszkalnych.

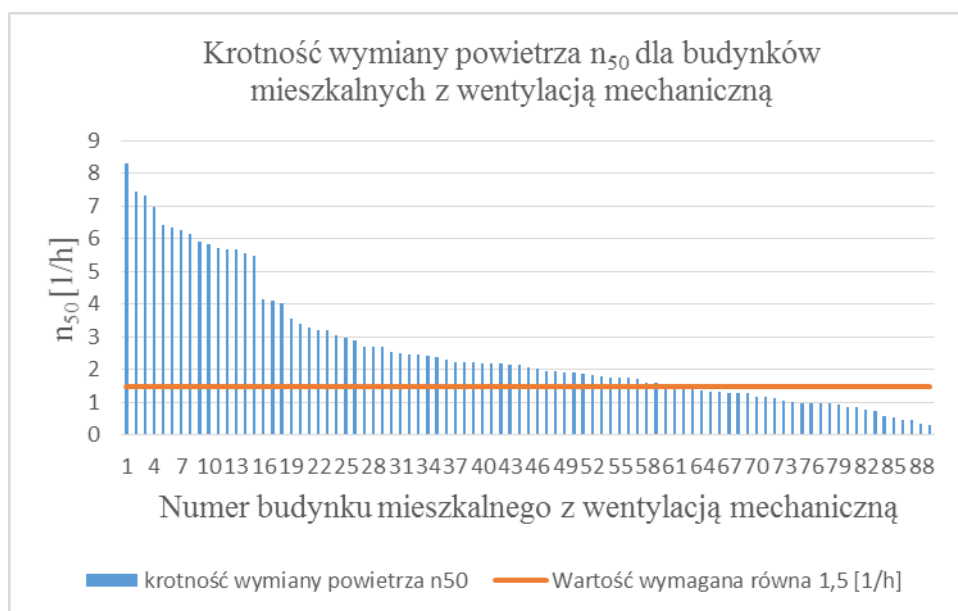
Rodzaj budynku	Rok 2014		Rok 2015	
	Uśredniony wskaźnik EP [kWh/(m ² rok)]	liczba budynków	Uśredniony wskaźnik EP [kWh/(m ² rok)]	liczba budynków
Budynek niemieszkalny	192,85	898	172,31	8
Mieszkalne wielorodzinne	52,77	4753	66,9	3518
Lokale mieszkalne	75,42	1521	43,06	346
Mieszkalne jednorodzinne	112,24	8668	128,55	169

I/1.1.4.3 Ocena spełnienia dodatkowych wymagań wpływających na zużycie energii - szczelność na przenikanie powietrza dla reprezentatywnej grupy budynków.

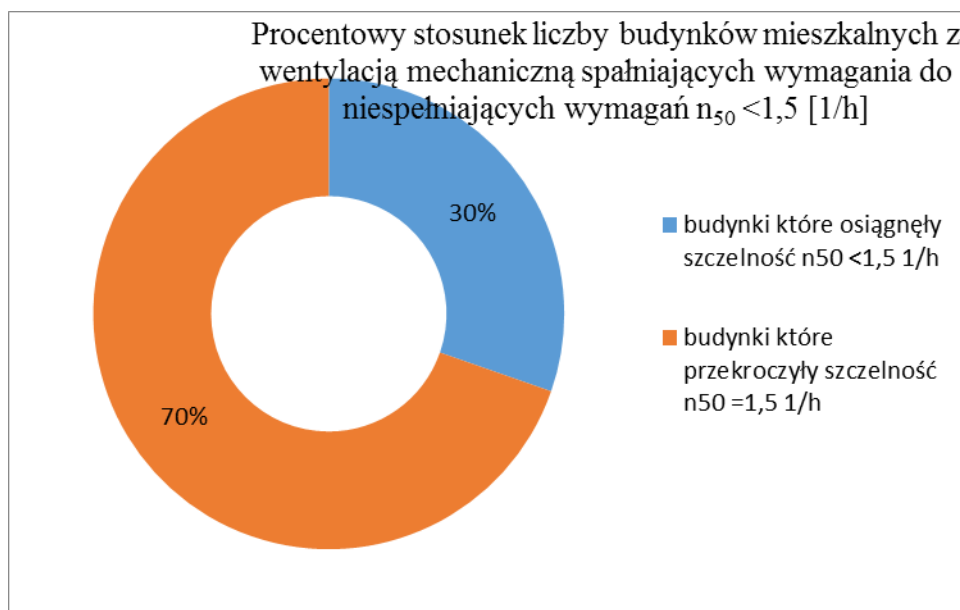
Poniżej (rys. 26) przedstawiono wyniki prób szczelności przeprowadzone na grupie 111 obiektów. Analizę przeprowadzono w oparciu o dane udostępnione przez firmę [F2,F9]. Badania były przeprowadzone zgodnie z normą PN-EN 13829 [24]

Wśród badanych obiektów wyodrębniono następujące grupy:

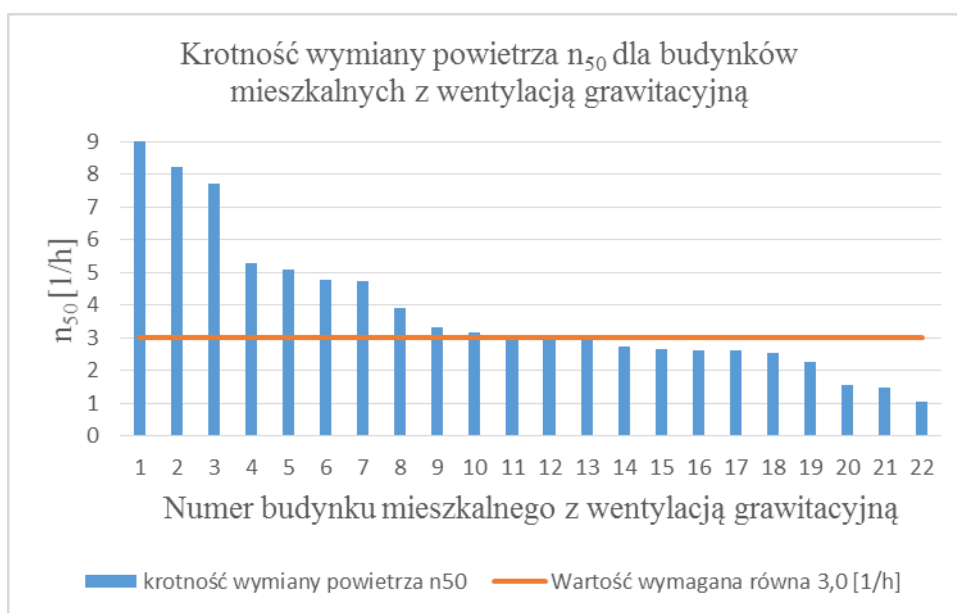
- budynki mieszkalne z wentylacją mechaniczną – 89 obiektów
- budynki mieszkalne z wentylacją grawitacyjną – 22 obiektów
- budynki użyteczności publicznej z wentylacją mechaniczną – 11 obiektów
- budynki użyteczności publicznej z wentylacją grawitacyjną – 10 obiektów



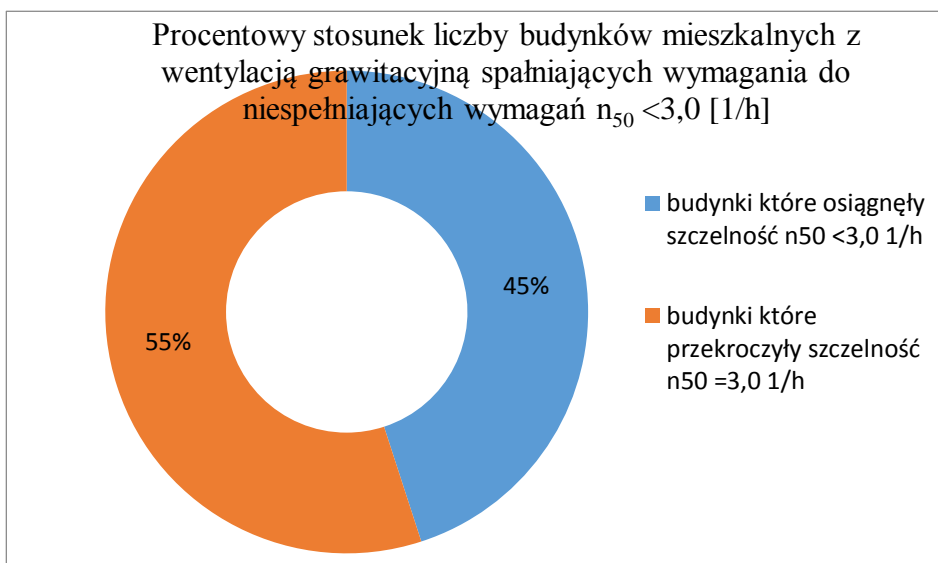
Rys 26. Ocena spełnienia wymagań dotyczących zapewnienia szczelności powietrznej na przenikanie dla przebadanej grupy 89 budynków mieszkalnych z wentylacją mechaniczną.



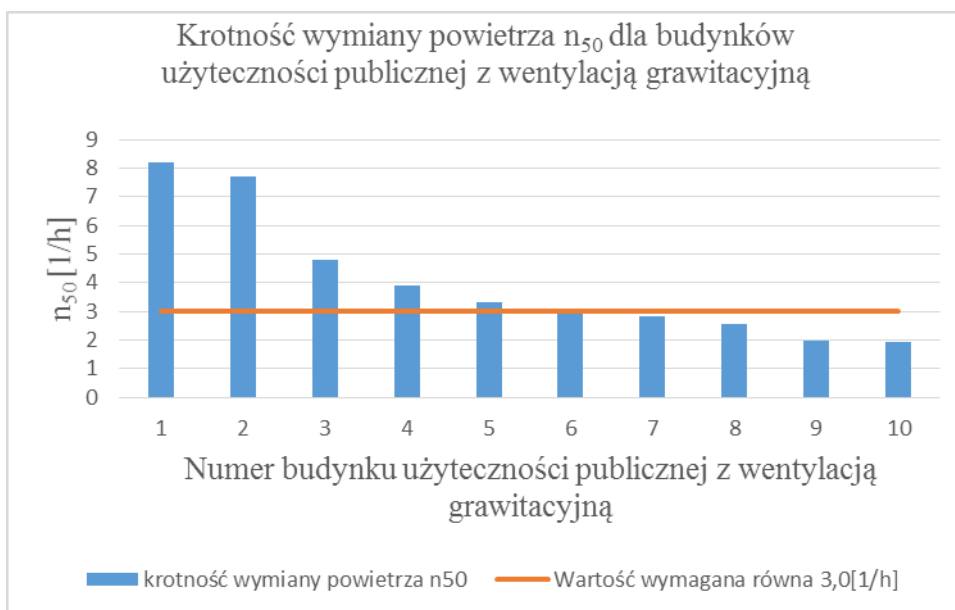
Rys 27. Procentowa ocena spełnienia wymagań dotyczących zapewnienia krotności wymiany powietrza dla przebadanej grupy 89 budynków mieszkalnych z wentylacją mechaniczną.



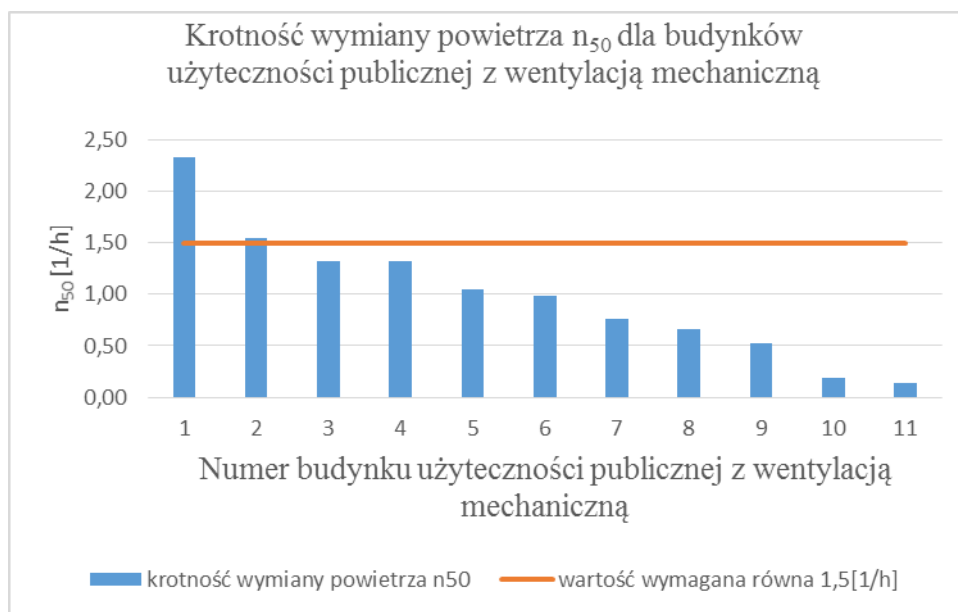
Rys 28. Ocena spełnienia wymagań dotyczących krotności wymiany powietrza dla przebadanej grupy 22 budynków mieszkalnych z wentylacją grawitacyjną.



Rys 29. Procentowa ocena spełnienia wymagań dotyczących krotności wymiany powietrza dla przebadanej grupy 22 budynków mieszkalnych z wentylacją grawitacyjną



Rys 30. Ocena spełnienia wymagań dotyczących krotności wymiany powietrza dla przebadanej grupy 10 budynków użyteczności publicznej z wentylacją grawitacyjną.



Rys 31. Ocena spełnienia wymagań dotyczących krotności wymiany powietrza dla przebadanej grupy 11 budynków użyteczności publicznej z wentylacją grawitacyjną.

Z powyższych diagramów(rysunki 26-31) wynika, że zakładaną próbę szczelności przez WT 2014, na poziomie:

- budynków z wentylacją grawitacyjną, próba $n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$
 - budynków z wentylacją mechaniczną, próba $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$
- spełnia niewielki procent budynków.

Co prawda z uwagi na liczebność próbki budynków mieszkalnych z wentylacją grawitacyjną i użyteczności publicznej z wentylacją mechaniczną i grawitacyjną, przedstawione dane można traktować w sposób poglądowy. W celu dokładniejszych analiz należałoby przebadać większą ilość budynków.

I/1.2. Ocena spełnienia wymagań polskich przepisów budowlanych w zakresie oszczędności energii i izolacyjności cieplnej – praktyka projektowa

Oszczędność energii obliczana jest w charakterystyce energetycznej budynku sporządzanej na potrzeby uzyskania pozwolenia na budowę. Określając charakterystykę budynku, po ocenie stanu technicznego oraz określeniu profili użytkowania budynku i poszczególnych instalacji, należy wyznaczyć bilans energii. Bilans ten powinien uzupełniony być także o bilans emisji zanieczyszczeń. Najczęściej do tego celu stosuje się wielkość emisji CO₂.

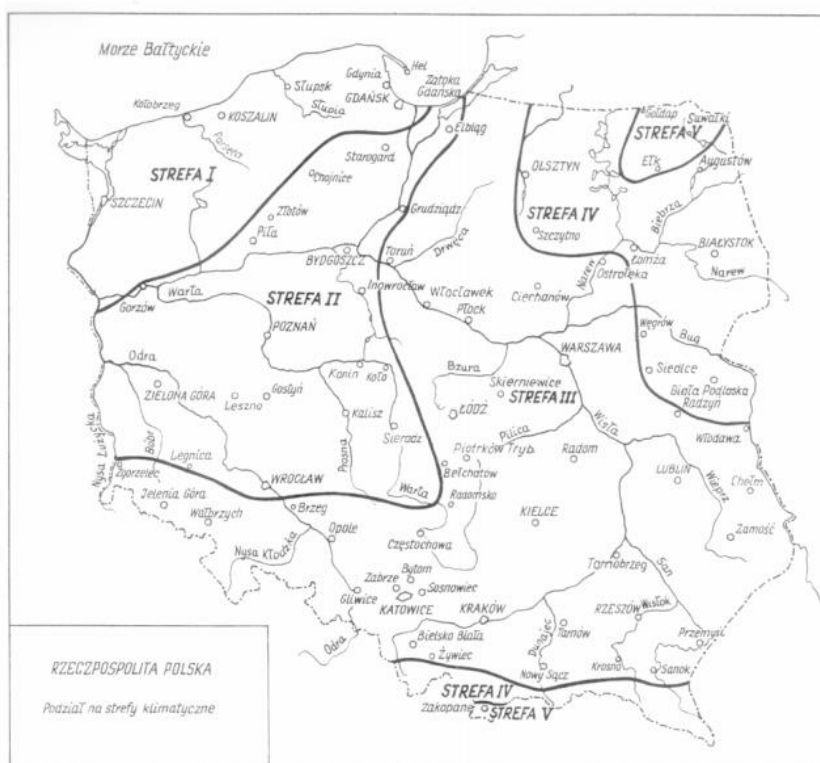
W skład bilansu energii zalicza się następujące elementy:

- zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku,
- zapotrzebowanie na chłód do chłodzenia budynku,
- zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej,
- zapotrzebowanie na ciepło do klimatyzacji,
- zapotrzebowanie na chłód do klimatyzacji,

- zapotrzebowanie na ciepło/chłód dla instalacji technologicznych,
- zapotrzebowanie na energię elektryczną (do napędu urządzeń pomocniczych oraz do oświetlenia).

Wielkości zapotrzebowania na energię i ciepło nie są stałe, ale zależą od profili użytkowania obiektu (ustalonych parametrów powietrza wewnętrznego, schematu użytkowania budynku i systemów) oraz od parametrów klimatu zewnętrznego (parametry powietrza oraz promieniowanie słoneczne).

Obliczenia zapotrzebowania na moc w tradycyjnym podejściu wykonuje się przy założonych warunkach ekstremalnych wg PN-EN 12831 [N34]. Według tej normy Polska podzielona jest na 5 stref klimatycznych dla których przypisano zewnętrzne temperatury projektowe.



Rys. 32 Strefy klimatyczne Polski wg PN-EN 12831.

Prowadzi to do przewymiarowania urządzeń, a w związku z tym z wyższymi nakładami inwestycyjnymi, pracą urządzeń w nieoptymalnym zakresie sprawności i w konsekwencji większymi kosztami eksploatacyjnymi. Dopiero dynamiczne obliczenia energetyczne wykonane dla całego roku, oraz uwzględniające zmienne warunki wewnętrzne (parametry powietrza, profile użytkowania i działania urządzeń) i zewnętrzne (parametry klimatu zewnętrznego) pozwalają na określenie optymalnych zakresów pracy systemów przy przyjęciu np. stopniowaniu mocy zainstalowanych urządzeń.

Wskazany w przepisach wymóg konieczności zapewnienia sprawdzenia projektu architektoniczno - budowlanego, z którego wykluczone zostały m.in. domy jednorodzinne wskazuje na postępującą liberalizację opracowań dokumentacji projektowej, która w przypadku budynków niemal zero energetycznych (nZEB) może w niewystarczającym stopniu zapewniać realizację rozwiązań projektowych.

Projektant w świetle Prawa Budowlanego ma szereg możliwości wykonywania dokumentacji budynku o podwyższonym standardzie energetycznym, mechanizm ogólny nie daje jednak dodatkowych bodźców sugerujących działania pro energetyczne.

Projektant ma obowiązek spełnienia wymagań, dotyczących efektywności energetycznej zawartych w Dziale X i załączniku 2 do WT15.

Na etapie procesu projektowego praktykuje się przypisanie weryfikacji spełnienia wymagań minimalnych dla budynku projektantowi jednej z branż.

Znaczącym uszczegółowieniem zakresu projektu architektoniczno-budowlanego jest **Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego** (Dz. U. poz. 462, z późn. zm.). Szczegółowy opis poszczególnych elementów projektu został w ostatnich latach uzupełniony o szereg informacji związanych ze zużyciem energii.

Do najważniejszych można zaliczyć konieczność uwzględnienia w opisie technicznym projektu:

§ 11 [Opis techniczny] p. 2 pp. 8) rozwiązania zasadniczych elementów wyposażenia budowlano-instalacyjnego, zapewniające użytkowanie obiektu budowlanego zgodnie z przeznaczeniem, w szczególności instalacji i urządzeń budowlanych: wodociągowych i kanalizacyjnych, ogrzewczych, wentylacji grawitacyjnej, grawitacyjnej wspomaganej i mechanicznej, chłodniczych, klimatyzacji, gazowych, elektrycznych, telekomunikacyjnych, piorunochronnych, a także sposób powiązania instalacji obiektu budowlanego z sieciami zewnętrznymi wraz z punktami pomiarowymi, założenia przyjęte do obliczeń instalacji oraz podstawowe wyniki tych obliczeń, z uzasadnieniem doboru, rodzaju i wielkości urządzeń, przy czym należy przedstawić:

a) dla instalacji ogrzewczych, wentylacyjnych, klimatyzacyjnych lub chłodniczych – założone parametry klimatu wewnętrznego z powołaniem przepisów techniczno-budowlanych oraz przepisów dotyczących racjonalizacji użytkowania energii,

b) dobór i wymiarowanie parametrów technicznych podstawowych urządzeń ogrzewczych, wentylacyjnych, klimatyzacyjnych i chłodniczych oraz określenie wartości mocy cieplnej i chłodniczej oraz mocy elektrycznej związanej z tymi urządzeniami;

Ważnym elementem opisu technicznego w warunkach polskich stało się stworzenie w ramach projektu charakterystyki energetycznej zgodnie z:

§ 11 [Opis techniczny] p. 2 pp. 10) charakterystykę energetyczną budynku, opracowaną zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 15 ustawy z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków (Dz.U. poz. 1200 oraz z 2015 r. poz. 151), określającą w zależności od potrzeb:

a) bilans mocy urządzeń elektrycznych oraz urządzeń zużywających inne rodzaje energii, stanowiących jego stałe wyposażenie budowlano-instalacyjne, z wydzieleniem mocy urządzeń służących do celów technologicznych związanych z przeznaczeniem budynku,

b) w przypadku budynku wyposażonego w instalacje ogrzewcze, wentylacyjne, klimatyzacyjne lub chłodnicze - właściwości cieplne przegród zewnętrznych, w tym ścian pełnych oraz drzwi, wrót, a także przegród przezroczystych i innych,

c) parametry sprawności energetycznej instalacji ogrzewczych, wentylacyjnych, klimatyzacyjnych lub chłodniczych oraz innych urządzeń mających wpływ na gospodarkę energetyczną budynku,

d) dane wykazujące, że przyjęte w projekcie architektoniczno-budowlanym rozwiązania budowlane i instalacyjne spełniają wymagania dotyczące oszczędności energii zawarte w przepisach techniczno-budowlanych;

Przywołane zapisy obligują projektanta do przedłożenia obliczeń dotyczących charakterystyki energetycznej w ramach opisu technicznego. Z reguły zapis ten jest wykonywany w ramach wspólnych działań koordynowanych przez architekta przy udziale projektantów poszczególnych branż.

Ważną zmianą ostatnich lat stało się ponadto uzupełnienie opisu technicznego o analizę możliwości wykorzystania systemów alternatywnych zaopatrzenia w energię i ciepło. Zapis ten w aktualnym kształcie odpowiada na wieloletnią praktykę projektową, w której zespoły projektantów zgodnie twierdziły, iż takowe możliwości nie występują i owej analizie nie wykonywały. Wydaje się niezwykle ważnym zaakcentowanie faktu, iż **zakres tej analizy i jej wykorzystanie do typowych budynków stanowi element konieczny każdego projektu budynku**, w którym rozwiązania stanowią standard budynku niemal zero energetycznego.

Aktualny zapis brzmiący:

§ 11 [Opis techniczny] p. 2 pp. 12 w stosunku do budynku - analizę możliwości racjonalnego wykorzystania, o ile są dostępne techniczne, środowiskowe i ekonomiczne możliwości, wysokoefektywnych systemów alternatywnych zaopatrzenia w energię i ciepło, do których zalicza się zdecentralizowane systemy dostawy energii oparte na energii ze źródeł odnawialnych, kogenerację, ogrzewanie lub chłodzenie lokalne lub blokowe, w szczególności, gdy opiera się całkowicie lub częściowo na energii ze źródeł odnawialnych, w rozumieniu przepisów Prawa energetycznego, oraz pompy ciepła, określającą:

a) roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania, wentylacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz chłodzenia obliczone zgodnie z przepisami dotyczącymi metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynków,

b) dostępne nośniki energii,

c) (uchylona),

d) wybór dwóch systemów zaopatrzenia w energię do analizy porównawczej:

- systemu konwencjonalnego oraz systemu alternatywnego lub

- systemu konwencjonalnego oraz systemu hybrydowego, rozumianego jako połączenie systemu konwencjonalnego i alternatywnego,

e) obliczenia optymalizacyjno-porównawcze dla wybranych systemów zaopatrzenia w energię,

f) wyniki analizy porównawczej i wybór systemu zaopatrzenia w energię;

stanowi wprowadzenie zasad rozszerzonego projektowania z uwzględnieniem cech użytkowych jakimi jest racjonalna gospodarka energią w budynku. Zapis ten precyzuje ponadto iż

§ 11 [Opis techniczny] p.3 Analiza, o której mowa w ust. 2 w pkt 12, może zostać przeprowadzona dla wszystkich znajdujących się na tym samym obszarze budynków o tym samym przeznaczeniu i o podobnych parametrach techniczno-użytkowych.

Przepisy w zakresie minimalnych wymagań dotyczących charakterystyki energetycznej budynków znajdują się w Dziale X *Rozporządzenia* – „Oszczędność energii i izolacyjność cieplna”, a ich uszczegółowienie i uzupełnienie w *Załączniku nr 2 do Rozporządzenia*. Przepisy te są ściśle powiązane z innymi aktami prawnymi dotyczącymi charakterystyki energetycznej budynków i niejednokrotnie należy rozpatrywać je wspólnie. Aktami tymi są przede wszystkim: *Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków (Dz.U. 2014 poz. 1200)* oraz *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lutego 2015 r. w sprawie wzorów protokołów z kontroli systemu ogrzewania lub systemu klimatyzacji (Dz.U. 2015 poz. 247)*. Mimo, iż przedmiotem niniejszego opracowania jest *Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych (...)*, nie sposób nie odwołać się z pewnymi uwagami także do pozostałych aktów prawnych.

Opinia niniejsza jest sporządzona na podstawie wieloletniego doświadczenia, w oparciu o sporządzone w tym czasie charakterystyki energetyczne, a także inne doświadczenia autora, m.in. podczas pracy przy ocenie budynków pasywnych w rozumieniu programu priorytetowego NFOŚiGW.

Współczynniki przenikania ciepła przegród mają wpływ w pierwszej kolejności na wskaźnik EU. Po uwzględnieniu sprawności systemów ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej, a także uwzględnieniu współczynników nakładu na nieodnawialną energię pierwotną, przy spełnieniu minimalnych wymogów dotyczących przenikalności cieplnej przegród, już dziś ciężko jest osiągnąć wymagany poziom wskaźnika EP przy zastosowaniu konwencjonalnych i najpopularniejszych źródeł energii. W kolejnych latach (2017, 2021, a dla budynków użyteczności publicznej 2019) wymogi te będą coraz ostrzejsze. Poniżej przedstawiono schemat, opracowany na bazie uśrednionych wyników z obliczeń charakterystyk energetycznych budynków jednorodzinnych, obrazujący trudność spełnienia kryterium na wskaźnik EP.

Opis analizowanych wariantów:

- I – Konstrukcja spełniająca wymogi WT2014
- II – Konstrukcja spełniająca wymogi WT2017
- III – Konstrukcja spełniająca wymogi WT2021
- Kolejne przypadki – konstrukcja wg WT2021, oraz:
 - IV – wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła (η odzysku 55% - sprawność odzysku ciepła w wymienniku płytowym, krzyżowym)
 - V – Wspomaganie przygotowania cwu z instalacji solarnej (pokrycie 40% rocznego zapotrzebowania)
 - VI – Źródło ciepła zmienione na pompę ciepła (COP=4,0 dla ogrzewania i 3,0 dla cwu)

Jako konwencjonalne źródło ciepła przyjęto kocioł gazowy kondensacyjny o mocy do 50 kW do zasilania instalacji ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Jak widać, nawet stosując odnawialne źródła energii i dodatkowe systemy mające na celu poprawę efektywności energetycznej (jak wentylacja mechaniczna), niełatwo będzie spełnić docelowe kryteria dotyczące wskaźnika EP.

Należy postawić pytanie, czy maksymalne wartości wskaźnika EP po roku 2020 nie będą zbyt rygorystyczne. Poniżej kolejna analiza, tym razem przeanalizowano

spełnienie wymogów WT2021 przez budynek pasywny. Maksymalna wartość wskaźnika EU do ogrzewania i wentylacji w budynkach pasywnych nie może przekroczyć 15 kWh/(m²rok). Wartość wskaźnika EU na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej, licząc zgodnie z *Rozporządzeniem w sprawie metodologii (...)*, obecnie w budynkach jednorodzinnych jest stała i wynosi 24,09 kWh/m²a. Przyjęto sprawności maksymalne zgodnie z tabelami z *Metodologii* oraz współczynniki nakładu na nieodnawialną energię pierwotną zgodnie z rodzajem paliw.

Uwaga: w analizie nie uwzględniono energii pomocniczej. W poniższej tabeli 15 przedstawiono wyniki analizy:

Tabl. 15. analiza spełnienia wymogów WT21 przez budynek pasywny.

dane wsadowe	CO	CWU	SUMA			
wskaźnik EU	15,00	24,09	39,09			
sprawność instalacji	0,93	0,72				
sprawność źródła	kocioł kondensacyjny			kocioł węglowy		
	0,94	0,85		0,82	0,83	
wskaźnik EK	17,16	39,23	56,39	19,67	40,17	59,84
współczynnik nakładu	1,10	1,10		1,10	1,10	
wskaźnik EP	18,87	43,15	62,02	21,64	44,19	65,83
sprawność źródła	pompa ciepła			elektryczne		
	4,00	3,00		0,99	0,96	
wskaźnik EK	4,03	11,11	15,15	16,29	34,73	51,02
współczynnik nakładu	3,00	3,00		3,00	3,00	
wskaźnik EP	12,10	33,34	45,44	48,88	104,20	153,07

Maksymalna wartość współczynnika EP po 2020 roku wynosić ma dla budynków jednorodzinnych 70,00 [kWh/(m²a)]. Jak widać, przy większości konwencjonalnych źródeł ciepła budynki pasywne mogą osiągnąć tą wartość, ale są bardzo blisko granicy. Najmniejszy problem z osiągnięciem wymaganego wskaźnika jest w przypadku pompy ciepła, jednak bardzo istotne jest tutaj, aby czynnik grzewczy posiadał niskie parametry

temperatury zasilania i powrotu dla pompy i całej instalacji. W przeciwnym przypadku średniosezonowy współczynnik wydajności pompy spadnie i może dalece odbiec od wartości nominalnej COP, przez co zapotrzebowanie na energię końcową (a zatem i pierwotną) wzrośnie.

Przy ogrzewaniu elektrycznym, które w przypadku budynku pasywnego jest całkiem racjonalnym źródłem ogrzewania, nie ma możliwości zmieścić się poniżej wymagań nawet dla WT2014.

Podsumowując, już w dniu dzisiejszym zauważalne jest, że zmiana przepisów (dokładnie wykreślenie słowa „lub” spomiędzy ust. 1 i ust. 2 paragrafu 328 *Rozporządzenia*) w 2014 roku przysparza problemów zarówno Projektantom, jak i Inwestorom na rynku budownictwa.

Po pierwsze, przepisy wymuszają na Inwestorach zwiększenie nakładów inwestycyjnych, w szczególności na odnawialne źródła energii, co rzadko jest uzasadnione ekonomicznie. Bez pewnego, stabilnego systemu wsparcia trudno oczekiwać zmiany tej sytuacji. Zbyt częste zmiany w przepisach powiązanych wręcz zniechęcają Inwestorów nawet do zastanowienia się nad inwestycją w OZE – jako niechlubny przykład należy wymienić ciągle zmiany projektów ustawy o OZE, czy też zaistniała w obecnym roku sytuację w NFOŚiGW, w którym zamyka się programy wspierające budownictwo energooszczędne przed planowanym terminem ich zakończenia, jednocześnie wprowadzając chaos informacyjny wokół tych i innych programów.

Po wtóre, przepisy posiadają wiele niejasności, które są przyczyną problemów w fazie projektowej. W związku z tym najczęściej dochodzi do sytuacji, że w nowo projektowanych domach projektuje się kominki na biomase, albo kotły wielopaliwowe (przyjmuje się, że opalane drewnem, gdyż jest tu bardzo korzystna wartość współczynnika nakładu), tylko po to, aby zmniejszyć wartość wskaźnika EP w projekcie i uzyskać decyzję o pozwoleniu na budowę. Zdarza się też, że charakterystyka energetyczna jest celowo liczona błędnie (lub nie liczona wcale), aby tylko wartość wskaźnika się zgadzała.

W paragrafie 329 ust. 1 podany jest wzór do obliczenia maksymalnej wartości wskaźnika EP. Jest on sumą cząstkowych maksymalnych wartości wskaźnika EP_i . Występuje tutaj niejasność – czy wymóg dotyczy tylko sumy, czyli samego wskaźnika EP, czy też każdej z wartości cząstkowych EP_i . Na przykładzie: jeśli wskaźnik cząstkowy EP_{H+W} jest niższy niż określono w *Rozporządzeniu* (spełnia warunki), wskaźnik cząstkowy ΔEP_C również, a wskaźnik ΔEP_L przekracza wartość maksymalną, ale ich suma jest niższa od sumy wartości maksymalnych, to czy warunek z paragrafu 328 należy uznać za spełnionym czy nie?

W paragrafie 329 ust. 2 pkt 2) odnośnik „*” na dole tabeli stanowiący „Jeżeli budynek posiada instalację chłodzenia, (...)” jest zbędny, ponieważ jasno wynika to z podanego wzoru. Jeśli budynek nie posiada instalacji chłodzenia, powierzchnia chłodzona $A_{f,C}$ będzie równa 0,00, a zatem ΔEP_C również.

Załącznik nr 2, ust. 1 pkt. 1.1 określa maksymalne współczynniki przenikania ciepła przegród budowlanych, czyli ich izolacyjność cieplną. W poniższej tabeli (rys 33.) przedstawiono, jakie grubości materiału izolacyjnego odpowiadają danym wymogom.

Wymagania – U przegród

- Grubość izolacji [cm] o $\lambda=0,040$ W/mK

Przegroda	Temperatura pomieszczenia	WT2008	WT2014	WT2017	WT2021 (2019)
Ściana zewnętrzna	>16	13,00	16,00	17,00	20,00
	<16	5,00	9,00	9,00	9,00
	<8	-	4,00	4,00	4,00
Ściana wewnętrzna	ogr./nieogr.	4,00	13,00	13,00	13,00
	>8	4,00	4,00	4,00	4,00
	<8	4,00	-	-	-
Dachy, stropodachy, stropy pod poddaszami nieogrzewanymi	>16	16,00	20,00	22,00	27,00
	<16	8,00	13,00	13,00	13,00
	<8	8,00	6,00	6,00	6,00
Podłogi na gruncie	>16	9,00	13,00	13,00	13,00
	<16	9,00	3,00	3,00	3,00
	<8	9,00	2,00	2,00	2,00
Stropy nad piwnicami	>16	8,00	15,00	15,00	15,00
	<16	8,00	12,00	12,00	12,00
	<8	8,00	3,00	3,00	3,00

Rys. 33. Wymagania współczynnika U dla przegród – grubość izolacji

Grubości te, nawet po 2020 roku, są całkiem racjonalne, aczkolwiek mocno zbliżają się do granicy tej racjonalności. Szczególnie w przypadku ścian zewnętrznych przy temperaturze wewnętrznej $>16^{\circ}\text{C}$, grubość 20 cm jest grubością niemal maksymalną realnie do wykonania (standardowe systemy kołkowania pozwalają maksymalnie na 22-23 cm ocieplenia ściany). Dodatkowo, grubsza izolacja wcale nie musi wpłynąć korzystnie na bilans energetyczny budynku, gdyż spowoduje dodatkowe zacienienie (przesłonięcie) okien, a przez to zmniejszenie zysków słonecznych. Jeśli wartość tych utraconych zysków przekroczy wartość strat unikniętych dzięki zwiększeniu grubości ocieplenia, to bilans okazuje się ujemny, niekorzystny. Rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie materiałów izolacyjnych o korzystniejszym współczynniku przewodzenia ciepła co pozwoli na zmniejszenie grubości docieplenia.

Problematyczne może być też ocieplanie dachów pełniących funkcję tarasu. Tutaj podobnie, maksymalną grubością jest 20 cm ze względu na przeniesienie obciążeń.

W zestawieniu w tabeli przyjęto materiał izolacyjny standardowy, obecna technologia pozwala znaleźć materiały o często nawet znacznie lepszych parametrach izolacyjnych, zatem grubości izolacji przegród w praktyce powinny być mniejsze niż wskazano w tabeli.

Określone w załączniku parametry przegród budowlanych są zbliżone do parametrów optymalnych pod względem ekonomicznym.

Załącznik nr 2 ust. 1 pkt. 1.2 określa maksymalne wartości izolacyjności cieplnej dla okien i drzwi. Wartość dla okien w pomieszczeniach o temperaturze $>16^{\circ}\text{C}$ po 2020 roku ma wynosić maksymalnie $0,90$ W/m²K. Niesie to za sobą szereg niedogodności:

1. Okna takie mogą okazać się bardzo drogie, nawet kilkukrotnie droższe od okien typowych, co prowadzić może do niestosowania i prób omijania tego zapisu. Już dziś

obserwowane jest nagminne podawanie przez producentów okien wyłącznie współczynnika przenikania dla szklenia, a nie dla całego okna.

2. W przypadku małych okien, o powierzchni w granicy 0,50-0,60 m², spełnienie tego warunku może okazać się niemożliwe ze względu na brak technologii produkcji takich okien. Rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie mniejszej ilości okien o większej powierzchni.

3. Poprawa (zmniejszenie) współczynnika przenikania ciepła okna osiągnięta jest dzięki stosowaniu pakietów szybowych z większą ilością komór (więcej szyb), oraz stosowaniu między nimi powłok selektywnych, czy też wypełnianiu komór gazami szlachetnymi. To zaś prowadzi do jednoczesnego spadku przepuszczalności promieniowania przez okna, a co za tym idzie zmniejszeniu zysków słonecznych i w efekcie pogorszenia bilansu energetycznego.

Wydaje się być bardziej korzystnym (z punktu widzenia bilansu energetycznego budynków) pozostawienie wartości maksymalnego współczynnika przenikania ciepła okien bez zmian w stosunku do dnia dzisiejszego, bądź jedynie nieznacznemu zaostrzeniu tego wymogu.

Załącznik nr 2 ust. 2 pkt. 2.3 opisuje tematykę szczelności powietrznej budynku. W punkcie 2.3.3. znajdują się zalecenia, co do tego parametru. Zalecenie dla budynku z wentylacją grawitacyjną lub hybrydową jest zbędne, gdyż sama wentylacja odbywa się przez infiltrację przez nieszczelności. Należy, zatem raczej uważać, aby taki budynek nie był zbyt szczelny. Z kolei w budynkach z wentylacją mechaniczną i z odzyskiem ciepła, szczelność powietrzna budynku odgrywa istotną rolę w stratach ciepła przez wentylację. W przypadku budynków z wentylacją mechaniczną warto, zatem wprowadzić obligatoryjny wymóg zbadania szczelności powietrznej.

I/1.3. Ocena porównawcza stopnia implementacji Dyrektywy 31/2010/UE do przepisów krajowych, w Polsce i wybranych krajach UE.

I/1.3.1. Założenia implementacji Dyrektywy 31/2010/UE do przepisów krajowych, krajów członkowskich UE.

Celem Dyrektywy 2010/31/UE [D2] jest ograniczenie zużycia energii oraz zwiększenie wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych w sektorze budownictwa.

Jest to również wypełnienie zobowiązań międzynarodowych jakim jest pakiet klimatyczny 20 20 20, który obliguje kraje do :

- redukcji emisji CO₂ o 20% w roku 2020 w porównaniu do 1990 r.
- wzrostu zużycia energii ze źródeł odnawialnych w UE z obecnych 8.5 do 20% w 2020 r (dla Polski ustalono wzrost z 7% do 15%)
zwiększenie efektywności energetycznej w roku 2020 o 20% w porównaniu z rokiem bazowym 1990.

Transpozycja Dyrektywy 2010/31/UE [D2] do przepisów krajowych we wszystkich krajach członkowskich, w założeniu, pozwoli na osiągnięcie zamierzonych celów.

Jednocześnie Dyrektywa nakłada na kraje członkowskie obowiązek wypracowania wspólnych wzorców realizacji budynków niemal zero energetycznych NZEB.

Każdy z krajów członkowskich UE, zobowiązany jest do wdrożenia w terminie określonym przez Dyrektywę budynków o niemal zerowym zużyciu energii, jako standardu budynków.

Zgodnie z art. 9 Dyrektywy [D2] Państwa członkowskie zobowiązały się, aby:

- od dnia 31 grudnia 2020 r. wszystkie nowe budynki były budynkami o niemal zerowym zużyciu energii;
- oraz po dniu 31 grudnia 2018 r. nowe budynki zajmowane przez władze publiczne oraz będące ich własnością były budynkami o niemal zerowym zużyciu energii.

Kraje członkowskie UE zobowiązane są do poprawy charakterystyki energetycznej budynków, z uwzględnieniem lokalnych warunków klimatycznych oraz opłacalności ekonomicznej (motyw 8 preambuły Dyrektywy [D2]).

Zatem każdy z krajów członkowskich UE zobowiązany jest określić minimalne wymagania dotyczące charakterystyki energetycznej budynków i elementów budynków (motyw 10 preambuły Dyrektywy [D2]).

Kraje członkowskie UE zobowiązują się, aby nowe budynki lub budynki poddawane ważniejszej renowacji spełniały minimalne wymagania (motyw 16 preambuły Dyrektywy D2).

Równocześnie każdy z krajów członkowskich opracowuje Krajowy Plan mający na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii. Krajowe Plany muszą zawierać definicję budynku o niskim zużyciu energii odzwierciedlającą istniejące warunki klimatyczne i gospodarcze oraz możliwe do osiągnięcia, uzasadnione ekonomicznie środki poprawy charakterystyki energetycznej budynków. Ponadto Krajowe Plany przedstawiają działania administracji rządowej podejmowane w celu promowania budynków o niskim zużyciu energii, w tym w zakresie projektowania, budowy i przebudowy budynków w sposób zapewniający ich energooszczędność, oraz zwiększenia pozyskania energii ze źródeł odnawialnych w nowych oraz istniejących budynkach oraz określają harmonogram osiągnięcia założonych celów. [58]

Z punktu widzenia przepisów UE, podstawnym dokumentem określającym kwestie charakterystyki energetycznej budynków jest Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków.

Sama dyrektywa jest katalogiem niezbędnych wytycznych jakie muszą spełnić Państwa członkowskie, jednakże warto pamiętać iż metodologia obliczeń jest określona nie na poziomie dyrektywy ale na poziomie poszczególnych krajów.

W tym miejscu należy przypomnieć fragmenty artykułu 4 pkt 1 Dyrektywy:

„Państwa członkowskie podejmują niezbędne środki celem zapewnienia, aby ustalone zostały minimalne wymagania dotyczące charakterystyki energetycznej budynków lub modułów budynków w celu osiągnięcia poziomów optymalnych pod względem kosztów”.

Państwa członkowskie podejmują konieczne działania, aby zapewnić określenie minimalnych wymagań charakterystyki energetycznej dla elementów budynków

wchodzących w skład przegród zewnętrznych budynku i mających istotny wpływ na charakterystykę energetyczną przegród zewnętrznych w razie ich wymiany lub modernizacji w celu osiągnięcia poziomów optymalnych pod względem kosztów.

Ustalając wymagania, państwa członkowskie mogą dokonać zróżnicowania pomiędzy budynkami nowymi i istniejącymi oraz pomiędzy różnymi kategoriami budynków.

Wymagania te uwzględniają ogólne wewnętrzne warunki klimatyczne – aby uniknąć w ten sposób ewentualnych negatywnych efektów, takich jak nieodpowiednia wentylacja – a także warunki lokalne i projektowaną funkcję oraz wiek budynku.

Państwo członkowskie nie ma obowiązku określania minimalnych wymagań charakterystyki energetycznej, które nie są opłacalne ekonomicznie w trakcie szacunkowego ekonomicznego cyklu życia.

Wprowadzenie wytycznych WT2021, które mają obowiązywać dla części budynków już od 2019 roku jest wymuszone przez Dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków, a dokładniej przez art. 9 pkt. 1b. Zatem w WT opublikowano maksymalne wartości współczynnika EP przed modyfikacją metodologii liczenia EP. Stąd też należało by oczekiwać zmiany parametrów w WT.

Zasadnym jest ponadto porównanie Dyrektywy 2010/31/UE [D2] , z polską ustawą o charakterystyce energetycznej [R11]. W ramach analiz wyżej wymienionych dokumentów należy wskazać rozbieżności: katalog budynków dla których nie musimy sporządzać świadectwa charakterystyki energetycznej. Wg dyrektywy Państwa członkowskie mogą podjąć decyzje o nieokreśleniu lub niestosowaniu wymagań w zakresie sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej w przypadkach budynków:

- urzędowo chronionych jako część wyznaczonego środowiska lub z powodu ich szczególnych wartości architektonicznych lub historycznych, o ile zgodność z pewnymi minimalnymi wymaganiami dotyczącymi charakterystyki energetycznej zmieniałaby w sposób niedopuszczalny ich charakter lub wygląd,
- używanych jako miejsca kultu i do działalności religijnej,
- tymczasowych o okresie użytkowania dwóch lat lub krótszym, obiektów przemysłowych, warsztatów i rolniczych budynków niemieszkalnych o niskim zapotrzebowaniu na energię oraz rolniczych budynków niemieszkalnych używanych przez sektor objęty krajowym porozumieniem sektorowym w sprawie charakterystyki energetycznej,
- mieszkalnych użytkowanych lub przeznaczonych do użytkowania przez mniej niż cztery miesiące w roku albo, alternatywnie, w ograniczonym czasie w trakcie roku przy spodziewanym zużyciu energii poniżej 25 % prognozowanego rocznego zużycia,
- wolno stojących o całkowitej powierzchni użytkowej mniejszej niż 50 m².

I/1.3.2. Porównanie przepisów efektywności energetycznej budynków obowiązujących w Polsce z przepisami obowiązującymi w wybranych krajach europejskich.

Wybór krajów UE do oceny

Przeprowadzono analizę porównawczą implementacji Dyrektywy 31/2010/UE w przepisy krajowe, dla następujących krajów członkowskich UE:

- Niemcy
- Austria
- Słowacja
- Czechy
- Dania
- Norwegia

Kraje do analizy porównawczej dobrano z uwagi na zbliżone warunki klimatyczne (Niemcy, Austria, Słowacja, Czechy) oraz z uwagi na zaawansowany rozwój krajów w zakresie budownictwa energooszczędnego, przekładający się na ilość realizacji budynków niskoenergetycznych (Austria, Dania, Norwegia).

I/1.3.3. Charakterystyka aktualnych przepisów dotyczących ochrony cieplnej i efektywności energetycznej w wybranych krajach UE

I/1.3.3.1. Przepisy obowiązujące w Niemczech

Pod koniec lat 90 ubiegłego stulecia rząd niemiecki wydał rozporządzenie o oszczędzaniu energii (Energieeinsparverordnung – EnEV), które weszło w życie w 2002 roku łącząc dwa rozporządzenia o izolacji termicznej oraz o urządzeniach grzewczych. Akt prawny przyczynił się do zmiany sposobu projektowania (projektowanie zintegrowane). Zwrócono w nim uwagę na: instalacje w budynkach, mostki termiczne, ochronę cieplną w czasie lata. Rząd niemiecki podjął ten krok z pełną świadomością tego, że w tym czasie trwały negocjacje dotyczące dyrektywy 2002/91/EC, w celu wspierania nowego europejskiego podejścia. Dyrektywa 2010/31 /UE poruszyła kilka kwestii dalszej nowelizacji transpozycji do prawa krajowego, dotyczących głównie budynków o niemal zerowym zużyciu energii (nZEB).

W dokumencie Energieeinsparverordnung – EnEV podano wartości parametrów dla budynków referencyjnych. Dane przedstawiono w tabeli 16.

Tabl 16. Wymagania dla budynków mieszkalnych. Parametry obowiązujące od 1 stycznia 2016r.

L.p.	Przegroda	Budynek referencyjny	
		Parametr	Wartość
1.1	Ściany zewnętrzne	Współczynnik U	0,28 W/(m ² K)
1.2	Ściany zewnętrzne poniżej terenu, podłogi na gruncie, stropy nad nieogrzewanymi piwnicami	Współczynnik U	0,35 W/(m ² K)
1.3	Dachy, stropodachy	Współczynnik U	0,20 W/(m ² K)
1.4	Okna, drzwi balkonowe	Współczynnik U	1,3 W/(m ² K)
		Współczynnik przenikania promieniowania słonecznego g	0,6
1.5	Okna dachowe połaciowe	Współczynnik U	1,4 W/(m ² K)
		Współczynnik przenikania promieniowania słonecznego g	0,60
1.6	Świetliki dachowe	Współczynnik U	2,7 W/(m ² K)
		Współczynnik przenikania promieniowania słonecznego g	0,64
1.7	Drzwi zewnętrzne	Współczynnik U	1,8 W/(m ² K)
2	Dodatek na mostki cieplne	ΔU	0,05 W/(m ² K)
3	Szczelność powietrzna obudowy budynku z wentylacją grawitacyjną	Współczynnik n50	≤ 3,00 h ⁻¹

	Szczelność powietrzna obudowy budynku z wentylacją mechaniczną	Współczynnik n50	$\leq 1,5 \text{ h}^{-1}$
4	Urządzenia przeciwsłoneczne	Bez urządzeń przeciwsłonecznych	
5	Instalacja grzewcza	<p>Wytwarzanie ciepła – kocioł kondensacyjny, kocioł olejowy EL zlokalizowany:</p> <ul style="list-style-type: none"> - dla budynku z 2 mieszkaniami wewnątrz osłony izolacyjnej, - dla budynku powyżej 2 mieszkania na zewnątrz osłony izolacyjnej. <p>Temperatura obliczeniowa instalacji 55/450C, przewody dystrybucyjne wewnątrz osłony izolacyjnej, pompy regulowane wg obciążenia, przy stałym ciśnieniu dyspozycyjnym, izolacja wg wymagań. Powierzchnie grzejne konwekcyjne lub promieniujące zlokalizowane na ścianie zewnętrznej, zawory termostatyczne o zakresie proporcjonalności 1K.</p>	
6	Instalacja ciepłej wody użytkowej	<p>Centralne przygotowanie ciepłej wody wspólnie z ogrzewaniem. Instalacja słoneczna z kolektorami płaskimi. Zasobnik pośrednio podgrzewany:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mała instalacja dla $A_f < 500 \text{ m}^2$ – solarny zasobnik biwalentny, - duża instalacja dla $A_f \geq 500 \text{ m}^2$. <p>System rozdziału i cyrkulacja wewnątrz izolacji termicznej, izolacja przewodów wg wymagań, pompy regulowane wg obciążenia, przy stałym ciśnieniu dyspozycyjnym.</p>	
7	Chłodzenie	Bez chłodzenia	
8	Wentylacja	Centralna instalacja wentylacyjna, regulowany wentylator wg obciążenia (CO ₂ , wilgoć, ruch)	

Tabl 17. Maksymalne wartości współczynników przenikania ciepła przez obudowę dla budynków mieszkalnych

L.p.	Typ budynku	Maksymalne wartości strat jednostkowych przez przenikanie	
1	Wolnostojący budynek mieszkalny	$A_f \leq 350 \text{ m}^2$	$H' = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
		$A_f > 350 \text{ m}^2$	$H' = 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
2	Budynki mieszkalne szeregowe (segmenty budynków)	$H' = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	
3	Wszystkie pozostałe budynki mieszkalne	$H' = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	
4	Przebudowywane i rozbudowywane budynki mieszkalne	$H' = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	

Tabl 18. Klasy energooszczędności w zależności od zapotrzebowania na energię końcową

Klasa energooszczędności	Energia końcowa [kWh/(m ² · a)]
A+ np. Passivhaus	< 30
A np. KfW-40 Haus	< 50
B np. KfW-60 Haus	< 75
C	< 100
D	< 130
E	< 160
F	< 200
G	< 250
H	> 250

Referencyjne wykonanie budynków niemieszkalnych dla określenia dopuszczalnego zapotrzebowania energii pierwotnej

Dla budynków nowobudowanych roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną do ogrzewania, podgrzewania ciepłej wody, wentylacji i chłodzenia oraz oświetlenia wbudowanego jest wyznaczane jak dla budynku referencyjnego o takiej samej geometrii, powierzchni użytkowej i wyposażeniu technicznym wg danych z poniższej tablicy (tabl 19). Wartości dla budynku ocenianego nie mogą być wyższe, niż dla budynku referencyjnego.

Tabl. 19. Referencyjne wykonanie budynków niemieszkalnych dla obliczenia dopuszczalnego zapotrzebowania energii pierwotnej

L.p.	Przegroda/element	Parametr	Budynek referencyjny (Wartość)	
			Temperatura wewnętrzna w przypadku ogrzewania $\geq 19^{\circ}\text{C}$	Temperatura wewnętrzna w przypadku ogrzewania od 12°C do 19°C
1.1	Ściany zewnętrzne	Współczynnik U	U=0,28 W/(m ² K)	0,35 W/(m ² K)
1.2	Fasady kurtynowe	Współczynnik U	U = 1,4 W/(m ² ·K)	U = 1,9 W/(m ² ·K)
		Współczynnik przenikania promieniowania słonecznego g	g _⊥ = 0,48	g _⊥ = 0,60
		Transmitancja	τ _{D65} = 0,72	τ _{D65} = 0,78
1.3	Ściany zewnętrzne poniżej terenu, podłogi na gruncie, stropy nad nieogrzewanymi piwnicami	Współczynnik U	U=0,35 W/(m ² K)	U=0,35 W/(m ² K)
1.4	Dachy, stropodachy	Współczynnik U	U=0,20 W/(m ² K)	U=0,35 W/(m ² K)
1.5	Dachy szklane	Współczynnik U	U = 2,7 W/(m ² ·K)	U = 2,7 W/(m ² ·K)

		Współczynnik przenikania promieniowania słonecznego g_{\perp}	$g_{\perp} = 0,63$	$g_{\perp} = 0,63$
		Transmitancja	$\tau_{D65} = 0,76$	$\tau_{D65} = 0,76$
1.6	Naświetla	Współczynnik U	$U = 2,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 2,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
		Współczynnik przenikania promieniowania słonecznego g_{\perp}	$g_{\perp} = 0,55$	$g_{\perp} = 0,55$
		Transmitancja	$\tau_{D65} = 0,48$	$\tau_{D65} = 0,48$
1.7	Kopuły świetlne	Współczynnik U	$U = 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$U = 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
		Współczynnik przenikania promieniowania słonecznego g_{\perp}	$g_{\perp} = 0,64$	$g_{\perp} = 0,64$
		Transmitancja	$\tau_{D65} = 0,59$	$\tau_{D65} = 0,59$
1.8	Okna, drzwi balkonowe	Współczynnik U	$U = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
		Współczynnik przenikania promieniowania słonecznego g_{\perp}	$g_{\perp} = 0,60$	$g_{\perp} = 0,60$
		Transmitancja	$\tau_{D65} = 0,78$	$\tau_{D65} = 0,78$
1.9	Okna połaciowe dachowe	Współczynnik U	$U = 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
		Współczynnik przenikania promieniowania słonecznego g_{\perp}	$g_{\perp} = 0,60$	$g_{\perp} = 0,60$
		Transmitancja	$\tau_{D65} = 0,78$	$\tau_{D65} = 0,78$
1.10	Drzwi zewnętrzne	Współczynnik U	$U = 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 2,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
1.11	Elementy budowli	Dodatek na mostki cieplne ΔU	$U = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
1.12	Szczelność powietrzna budynku	Kategoria wg. DIN V 18599-2: 2011-12 Tab. 6	Kategoria I	
1.13	Urządzenia przeciwsłoneczne	Fasady kurtynowe	$g_{\perp} = 0,35$ $\tau_{D65} = 0,58$	
		Okna i okna dachowe połaciowe	$g_{\perp} = 0,35$ $\tau_{D65} = 0,62$	
1.14	Instalacja grzewcza (wysokość pomieszczenia $\leq 4\text{m}$)	Wysokość pomieszczeń $\leq 4,0 \text{ m}$. Wytwarzanie ciepła – kocioł kondensacyjny ulepszony wg DIN V 18599-5:2011-12 Tab. 47, palnik wentylatorowy; kocioł olejowy EL – zlokalizowane na zewnątrz osłony termicznej		

		<p>budynku, pojemność wodna kotła >0,15 l/kW. System grzewczy – ogrzewanie statyczne wodne, system dwururowy, temperatura obliczeniowa instalacji 55/450C, przewody dystrybucyjne wewnątrz osłony izolacyjnej, pompy regulowane wg obciążenia, przy stałym ciśnieniu dyspozycyjnym. Powierzchnie grzejne konwekcyjne zlokalizowane na ścianie zewnętrznej, zawory termostacyjne o zakresie proporcjonalności 1K. Ogrzewanie powietrzne – indywidualne aparaty grzewcze powietrzne, zasilanie nagrzewnic – jak wyżej.</p>
1.15	Instalacja grzewcza (wysokość pomieszczenia > 4m)	System grzewczy wg. DIN V 18599-5: 2011-12 Tab. 50. Zasilanie nagrzewnic – wentylator promieniowy, boczny wylot powietrza, bez recyrkulacji ciepłego powietrza.
1.16	Instalacja ciepłej wody użytkowej	<p>Centralne przygotowanie ciepłej wody: Instalacja słoneczna z kolektorami wg DIN V 18599-8: 2011-12 skorygowane o DIN V 18599-8 korekta 1: 2013-05 gdy pow. netto > 3000 m² Pozostałe wymagania dotyczące kotłów grzewczych: Zasobnik (stojący) pośrednio podgrzewany. System rozdziálu i cyrkulacja wewnątrz izolacji termicznej, izolacja przewodów wg wymagań, pompy regulowane wg obciążenia, przy stałym ciśnieniu dyspozycyjnym. Miejscowe przygotowanie ciepłej wody: Elektryczne podgrzewacze przepływowe, długość przewodów do 6 m na urządzenie.</p>

Nowe niemieckie rozporządzenie ENEV 2016 dotyczące oszczędności energii w budynkach promuje zastosowanie pomp ciepła. Zgodnie z tym dokumentem, od 2016 roku jedynie zastosowanie pomp ciepła pozwala w rzeczywistości osiągnąć najwyższe klasy energetyczne A+ dla nowych budynków mieszkalnych w Niemczech. Rozporządzenie EnEV w pośredni sposób zmusza potencjalnych budujących po 2016 roku do zastosowania w nowych budynkach urządzeń korzystających z energii ze źródeł odnawialnych. Wartość maksymalnego dopuszczalnego rocznego zapotrzebowania na energię pierwotną dla ogrzewania i przygotowania ciepłej wody w nowych budynkach jednorodzinnych spadła o 25% z 73 kWh/m² do 53 kWh/m² (dane dla referencyjnego budynku jednorodzinne).

Wymóg minimalnej wartości energii pierwotnej od 2016 r. może być osiągnięty poprzez zastosowanie kotłów na biomasę oraz różnego typu pompy ciepła. Jednak najwyższe wymogi klas energetycznych budynków (klasa A+) są w stanie spełniać budynki zasilane pompami ciepła pobierającymi energię odnawialną z gruntu jak i z powietrza. Bardzo istotną zmianą dotyczącą sprężarkowych pomp ciepła jest obniżenie współczynnika nakładu energii pierwotnej dla energii elektrycznej (energy-mix sieci elektrycznej). W rozporządzeniu z 2014 r. obowiązywała wartość 2,4, a po 01.01.2016 obowiązuje wartość 1,8.

Efekty działań niemieckich programów wsparcia fotowoltaiki i energetyki wiatrowej pozwoliły istotnie obniżyć współczynnik nakładu energii pierwotnej (ze źródeł kopalnych) dla energii elektrycznej. Kilka lat temu aby uzyskać 1 kWh energii

elektrycznej przy produkcji prądu trzeba było zużyć 3 kWh energii pierwotnej. Od 2016 roku, aby uzyskać 1 kWh energii elektrycznej zużywane jest tylko 1,8 kWh energii pierwotnej. Od 2016 r. wykorzystanie energii pierwotnej dla pompy ciepła jest o ponad 30% bardziej efektywne. Sprzyja to promocji pomp ciepła typu powietrze/woda i zasobnikowych pompy ciepła do ciepłej wody użytkowej jak i rozwiązania hybrydowe pompy ciepła powietrze/woda + kotły gazowe.

Wymagania dla budynków istniejących (zmiany, przebudowa, rozbudowa)

Wymagania przedstawione w tabeli 20 stosuje się, w przypadku dokonywanych zmian, przebudowy lub rozbudowy budynków istniejących. Wymagania uważa się za spełnione, gdy obliczona wartość rocznego zapotrzebowania na energię pierwotną nie przekracza wartości podanych dla budynku referencyjnego o więcej niż 40%.

Tabl. 20. Wymagania dla budynków zmienianych, przebudowywanych oraz remontowanych

L.p.	Przeграда	Budynki mieszkalne i strefy w budynkach niemieszkalnych - projektowana temperatura wewnętrzna dla ogrzewania $\geq 19^{\circ}\text{C}$	Strefy w budynkach niemieszkalnych - projektowana temperatura wewnętrzna od 12°C do 19°C
		Maksymalne wartości współczynników przenikania ciepła U_{max}	
1	Ściany zewnętrzne	$U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
2a	Okna i drzwi balkonowe	$U = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
2b	Okna dachowe połaciowe	$U = 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
2c	Szyby	$U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Brak wymagań
2d	Fasady kurtynowe	$U = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
2e	Dachy szklane	$U = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
2f	Drzwi balkonowe z mechanicznym rozkładaniem, składaniem, przesuwaniem	$U = 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
3a	Okna, drzwi balkonowe, okna dachowe połaciowe ze specjalnym przeszkleniem	$U = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 2,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
3b	Specjalne przeszklenia	$U = 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Brak wymagań
3c	Fasady kurtynowe ze specjalnym przeszkleniem	$U = 2,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 3,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
4a	Stropy, dachy i dachy skośne	$U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
4b	Dachy z uszczelnieniem	$U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
5a	Stropy i ściany przy nieogrzewanych pomieszczeniach lub przy gruncie	$U = 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Brak wymagań
5b	Podłogi przebudowane na gruncie	$U = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Brak wymagań

5c	Stropy nad otwartymi przejazdami	$U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
----	----------------------------------	---	---

Podsumowanie

- Niemieckie przepisy definiują więcej przegród budowlanych i wymagania dla nich np. fasady kurtynowe, dachy szklane, wsp. transmitancji τ_{D65} niż w Polsce
- w celu spełnienia wymaganej minimalnej wartości energii pierwotnej od 2016 r. muszą być stosowane kotły na biomasę oraz różnego typu pompy ciepła. Najwyższe klasy energetyczne budynków (klasa A+) są w stanie spełniać jedynie budynki, które są zasilane pompami ciepła zarówno pobierającymi energię odnawialną z gruntu jak i z powietrza.

I/1.3.3.2. Przepisy obowiązujące w Austrii

W Austrii, uregulowania budowlane podlegają kompetencji dziewięciu prowincji federalnych. W 2006 r., w celu wdrożenia Dyrektywy 31/2010/EU [D2], rozpoczęto proces harmonizacji mający na celu opracowanie wspólnej metodologii obliczeń dla ww. Dyrektywy oraz nazewnictwa, jak również dla sprawdzania systemów ogrzewania, klimatyzacji i wentylacji (HVAC). Austriacki Instytut Konstrukcji Inżynierskich (OIB) został wyznaczony do kierowania tym procesem. Zespół roboczy składający się z przedstawicieli 9 prowincji został upoważniony do wypracowania i uzgodnienia wspólnej metodologii. Rezultatem prac tego komitetu są Wytyczne OIB (OIB Guidelines) [R20] z, którego treści są wdrażane w uregulowaniach budowlanych każdej z odpowiednich prowincji. Pierwsze wytyczne zostały opublikowane w 2006 r. a uregulowania Prowincji weszły w życie w pierwszej połowie 2008 r. Nowe Wytyczne OIB 6 zostały opublikowane w czerwcu 2014.

Wymagania budowlane obejmują wartości współczynnika przenikania ciepła U dla ścian, mostki termiczne, komfort termiczny i jakość powietrza wewnętrznego. Parametry te mogą mieć wartości przyjęte z dokumentu OIB bądź też mogą to być wartości obliczeniowe. Zestaw minimalnych wartości U dla części budynku (ściany, dach, stropy i okna) przedstawiono poniżej [tabl. 21]. Te same wartości będą również stosowane dla budynków nZEB2020.

Tabl. 21. Wartości współczynnika U dla wybranych przegród

Przegroda	Wartość współczynnika U [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]
Ściana zewnętrzna	0.35
Dach	0.2
Okno	1.4
Drzwi zewnętrzne	1.7
Podłoga (strop)	0.4

Obliczenie jakości wewnętrznego powietrza jest traktowane inaczej w budynkach mieszkalnych a inaczej w niemieszkalnych. W budynkach mieszkalnych przepływ ilości powietrza jest obliczany albo dla wentylacji naturalnej albo mechanicznej wentylacji z odzyskiem ciepła. Dla budynków niemieszkalnych, kalkulacja ilości powietrza oparta jest na wymianie powietrza do celów higienicznych i wymianie powietrza przez system ogrzewania, klimatyzacji i wentylacji albo przez wentylację naturalną.

Stosunek infiltracji lub szczelności jest podany jako wartość domyślna w zależności od rodzaju wybranej wentylacji, z lub bez odzysku ciepła zgodnie z austriacką normą ONORM EN 13 829.

Wartość dla mostków cieplnych jest także wartością domyślną podawaną jako procent całkowitej straty ciepła, i jest obliczana zgodnie z austriacką normą ONORM B 8110-6 [N36]. Przy obliczaniu sprawności budynków, można uwzględniać urządzenia zacieniające, które są szczególnie ważne w zapobieganiu przegrzania latem, zgodnie z austriacką normą ONORM B 8110-3[N37]. Do obliczeń charakterystyki energetycznej brana jest również pod uwagę orientacja okien i wpływ otoczenia (np. drzewa lub sąsiednie budynki).

Austria stosuje podział budynków na mieszkalne i niemieszkalne. W drugiej grupie można wyróżnić 13 podkategorii: budynki biurowe, przedszkola i szkoły, kolegia i uniwersytety, szpitale, domy opieki internaty, hotele, restauracje, miejsca wydarzeń, obiekty sportowe, punkty sprzedaży detalicznej, kryte baseny pływackie i inne klimatyzowane budynki. Wytyczne OIB zajmują się głównie wymaganiami dotyczącymi zapotrzebowania na cele grzewcze i chłodzenie oraz zapotrzebowaniem na energią końcową w odniesieniu do przestrzeni ogrzewania i ciepłej wody użytkowej dla nowych budynków jak i tych poddawanych gruntownym remontom.

Swój pierwszy Narodowy Plan Efektywności Energetycznej (NEEAP) [29] zgodny z Dyrektywą 27/2012/EU [D1], dotyczący budynków niemal zero energetycznych Austria opracowała w kwietniu 2014. Plan ten opisuje sposób zwiększenia efektywności energetycznej i unormowanie uregulowań dotyczących efektywności energetycznej w Austrii do roku 2020. Dokument ten został uzgodniony z większością prowincji i zawiera minimum norm dla czterech wskaźników energii dla budynków mieszkalnych. Budynki nZEB są więc zdefiniowane przez cztery wskaźniki lub parametry:

- zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania ($\text{kWh/m}^2\text{rok}$);
- zapotrzebowanie na energię pierwotną ($\text{kWh/m}^2\text{rok}$);
- emisje CO_2 (kg/m^2 . rocznie);
- całkowity współczynnik efektywności energetycznej f_{GEE} .

Narodowy plan oznacza stopniowe zaostrzenie wymagań do 2020 r. (w 2014,2016, 2018 i 2020). Minimalne wymagania odnośnie charakterystyki energetycznej budynków nZEB dla budynków mieszkalnych i niemieszkalnych, nowych i po gruntownej renowacji przedstawione są w tabelach 22-25. Zgodność z tymi wymaganiami można osiągnąć dwoma metodami:

- poprzez zaostrzenie wymagań odnośnie zapotrzebowania na ciepło (aut. *HWB*), w celu redukcji energii potrzebną do ogrzewania/chłodzenia, bez uwzględnienia całkowitego współczynnika efektywności energetycznej(aut. f_{GEE}).

- poprzez zainstalowanie bardziej efektywnego systemu energetycznego dla ogrzewania i ciepłej wody użytkowej (aut. *DHW*). Całkowity współczynnik efektywności energetycznej f_{GEE} odzwierciedla typ używanej energii i produkcji (zapotrzebowanie na docelową przestrzeń grzewczą tego budynku jest obliczona przy pomocy wzoru:

$$16x(1+3/l_c) \quad (16)$$

Gdzie:

l_c - długość charakterystyczna (dla budynków zwykle określana jako "współczynnik kształtu")

W obu przypadkach zdefiniowane są maksymalne wartości dla zapotrzebowania na energię pierwotną i emisje CO_2 .

Minimalne wymagania co do sprawności energetycznej na tych czterech wskaźnikach odnoszą się do klimatu Austrii.

HTEB – zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania

Tabl. 22 Minimalne wymagania odnośnie sprawności energetycznej dla nowych budynków mieszkalnych nZEB 2020 [R20]

	Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania [kWh/(m ² rok)]	Zapotrzebowanie na energię pierwotną [kWh/(m ² rok)]	Współczynnik efektywności energetycznej $f_{GEE,max}$ [-]	Wskaźnik energii pierwotnej [kWh/(m ² rok)]	CO_{2max} [kg/(m ² rok)]
2020	10x(1+3.0/l _c) przy uwzględnieniu HTEB _{ref}		0,75	160	24
	lub				
	10x(1+3.0/l _c)				

Tabl. 23 Minimalne wymagania odnośnie sprawności energetycznej dla nowych budynków niemieszkalnych nZEB 2020. [R20]

	Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania [kWh/(m ² rok)]	Zapotrzebowanie na energię pierwotną [kWh/(m ² rok)]	Współczynnik efektywności energetycznej $f_{GEE,max}$ [-]	Wskaźnik energii pierwotnej [kWh/(m ² rok)]	CO_{2max} [kg/(m ² rok)]
2020	3,3x(1+3.0/l _c) przy uwzględnieniu HTEB _{ref}		$f_{GEE,DLGneu,max}$	170	27
	lub				
	5,5x(1+3.0/l _c)				
$f_{GEE,DLGneu,max}$ wartości te są rezultatem bardziej zaostrego zapotrzebowania na przestrzeń grzewczą i użycia technicznego wyposażenia dla dostarczenia energii					

Tabl. 24. Minimalne wymagania odnośnie sprawności energetycznej dla istniejących budynków mieszkalnych w przypadku gruntowych renowacji nZEB 2020 [R20]

	Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania [kWh/(m ² rok)]	Zapotrzebowanie na energię pierwotną [kWh/(m ² rok)]	Współczynnik efektywności energetycznej $f_{GEE,max}$ [-]	Wskaźnik energii pierwotnej [kWh/(m ² rok)]	CO_{2max} [kg/(m ² rok)]
2020	17x(1+2.5/l _c) przy uwzględnieniu HTEB _{ref}		0,75	200	32
	lub				
	10x(1+3.0/l _c)				

Tabl. 25 Minimalne wymagania odnośnie sprawności energetycznej dla istniejących budynków niemieszkalnych w przypadku gruntownych renowacji nZEB 2020 [R20]

	Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania [kWh/(m ² rok)]	Zapotrzebowanie na energię pierwotną [kWh/(m ² rok)]	Współczynnik efektywności energetycznej f _{GEE,max} [-]	Wskaźnik energii pierwotnej [kWh/(m ² rok)]	CO _{2max} [kg/(m ² rok)]
2020	5.67x(1+2.5/l _c) przy uwzględnieniu HTEB _{ref}			250	39
	lub				
	8.5x(1+2.5/l _c) f _{GEE,DLGsan,max}				
f _{GEE,DLGsan,max} wartości te są rezultatem bardziej zastrzonego zapotrzebowania na przestrzeń grzewczą i użycia technicznego wyposażenia dla dostarczania energii					

Podobnie jak w innych krajach również tutaj stosowana jest klasyfikacja budynków zgodnie z tabelą 26

Tabl. 26. Klasy energetyczne budynków zgodnie z OIB 2015[R20]

Klasa Energetyczna	Zapotrzebowanie na ciepło [kWh/m ² rok]	Zapotrzebowanie na energię pierwotną [EP kWh/m ² rok]	CO ₂ [kg/m ² rok]	Współczynnik efektywności energetycznej [-]
A++	≤ 10	≤ 60	≤ 8	≤ 0,55
A+	≤ 15	≤ 70	≤ 10	≤ 0,7
A	≤ 25	≤ 80	≤ 15	≤ 0,85
B	≤ 50	≤ 160	≤ 30	≤ 1,00
C	≤ 100	≤ 220	≤ 40	≤ 1,75
D	≤ 150	≤ 280	≤ 50	≤ 2,5
E	≤ 200	≤ 340	≤ 60	≤ 3,25
F	≤ 250	≤ 400	≤ 70	≤ 4,00
G	> 250	> 400	> 70	> 4,00

I/1.3.3.3. Przepisy obowiązujące w Republice Słowackiej

Podstawa prawna.

Republika Słowacka Dyrektywę Unijną 2010/31/UE [D2] rozpoczęła wdrażać poprzez ustawę 300/2012 o energetycznej gospodarności budov (o charakterystyce energetycznej budynków) [R21] jako uzupełnienie ustawy 555/2005 o charakterystyce energetycznej budynków [R22]. W styczniu 2013 roku wszedł w życie nowy dekret 364/2012 Ministerstwa Transportu, Budownictwa i Rozwoju Regionalnego (MDVRR) o energetycznej gospodarności budov (o charakterystyce energetycznej budynków) [R23]. Ponadto dokumentem zawierającym wymagania dotyczące projektowania i oceny konstrukcji i budowli jest norma STN 73 0540-2:2012 -Tepelná ochrana budov Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konstrukcií a budov Časť 2: Funkčné požiadavky (ochrona cieplna budynków, cz. 2 wymagania funkcjonalne).[N26]

W celu zapewnienia warunków związanych z wydajnością cieplną konstrukcji budynku określono minimalne współczynniki przewodzenia ciepła U oraz opór cieplny R dla ścian, dachów stropów i podłóg nieogrzewanych a także otworów zewnętrznych (tabl. 27-28) Nowe budynki muszą być spełniać minimalne wymagania zawarte w normie STN 73 0540-2:2012 [N26]. Wymaganiom tym powinny również sprostać budynki remontowane jeśli jest to funkcjonalnie, technicznie oraz ekonomicznie możliwe. Istotne jest aby średni współczynnik przenikania ciepła był określany przy założeniu nieprzerwanego ogrzewania we wszystkich kategoriach budynków mieszkalnych i niemieskalnych. [32,N26]

Tabl 27 - Wymagania dotyczące wartości współczynnika przewodzenia ciepła U dla ścian, dachów stropów i podłóg nieogrzewanych.

Rodzaj konstrukcji budynku	Współczynnik przenikania ciepła $W/(m^2K)$		
	Wartość maksymalna U_{max}	Znormalizowana wartość U_{r1} wymagana od 1.1.2016	Docelowa zalecana wartość U_{r2} od 1.1.2021
Ściany zewnętrzne i dachy skośne o nachyleniu $> 45^\circ$	0,46	0,22	0,15
Dach płaskie i spadziste $\leq 45^\circ$	0,3	0,15	0,1
Strop zewnętrzny ^{a)}	0,3	0,15	0,1
Strop pod nieogrzewanym pomieszczeniem ^{b)}	0,35	0,2	0,15
^{a)} Współczynnik przenikania ciepła na powierzchni wewnętrznej struktury $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ (ciepło do dołu) ^{b)} Współczynnik przenikania ciepła na powierzchni wewnętrznej struktury $R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ (ciepło do góry) U_{max} - maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła obowiązująca do 31.12.2012 $U_{r,1}$ - wymagana minimalna wartość współczynnika przenikania ciepła obowiązująca od 1.1.2016 $U_{r,2}$ - docelowa zalecana minimalna wartość współczynnika przenikania ciepła obowiązująca od 1.1.2021			

Tabl 28. Wymagania dotyczące współczynnika U_w

Konstrukcja / Komponent	Współczynnik przewodzenia ciepła [W/(m ² K)]		
	Wartość maksymalna U_{Wmax}	Znormalizowana wymagana wartość U_{Wr1} Od 1.1.2016	Znormalizowana docelowa zalecana wartość U_{Wr2} Od 1.1.2021
Okna, drzwi, ściany szklane ²	1,7	1,0 ⁴⁾	0,6 ⁴⁾
okna dachowe	1,7	1,4 ³⁾	1,0 ³⁾
Drzwi do innych obszarów	4,3	2,5	≤2,0
- Bez przedsiönku	5,5	3,0	≤2,0
- Uwzględniając Sieñ			
²⁾ wymagania nie stosuje się do oszklonych ścian osłonowych ³⁾ okna dachowe instalowane zgodnie z EN ISO 673 [N41] - spadek od 20° do 40° pogarsza podwójne szyby o + 0,4W/(m ² K) i potrójne szyby o + 0,2 W/(m ² K) - spadek od 40° do 60° pogarsza podwójne szyby o + 0,3W/(m ² K) i potrójne szyby o +0,2 W/m ² K -spadek od 60° do 70° pogarsza podwójne szyby o +0,2 W/(m ² K) i potrójne szyby o +0,1 W/(m ² K) - nachylone pod kątem 70° nie pogarsza współczynnika U_g ⁴⁾ Wymóg ten odnosi się do zewnętrznej powierzchni okna co najmniej 1,8 m ² , okna o mniejszej powierzchni. U_{Wmax} - maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła dla przegród zewnętrznych obowiązująca do 31.12.2012 $U_{Wr,1}$ - wymagana minimalna wartość współczynnika przenikania ciepła dla przegród zewnętrznych obowiązująca od 1.1.2016 $U_{Wr,2}$ - docelowa zalecana minimalna wartość współczynnika przenikania ciepła dla przegród zewnętrznych obowiązująca od 1.1.2021			

Słowacja stosuje kategoryzację budynków w zależności od ich przeznaczenia. Wyróżnia się 8 kategorii budynków:

- a) budynki jednorodzinne,
- b) budynki wielorodzinne
- c) biura
- d) szkoły
- e) szpitale
- f) hotele i restauracje
- g) hale sportowe i inne obiekty sportowe,
- h) budynki przeznaczone do sprzedaży hurtowej i handlu detalicznego

Do określenia efektywności energetycznej budynków stosuje się klasy energetyczne, które charakteryzują się różnymi wartościami w zależności rodzaju energii jakiej dotyczą. Dyrektywa MDVRR nr 364/2012 Sb [R23] zawiera klasy energetyczne dla:

- zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania [kWh / (m²rok)]
- zapotrzebowania na przygotowanie ciepłej wody użytkowej [kWh / (m²rok)]
- Zapotrzebowania na wentylację i chłodzenie [kWh / (m²rok)] (dotyczy jedynie biurowców, szpitali, hoteli i restauracji oraz handlu detalicznego i hurtowego)
- Zapotrzebowania na oświetlenie w [kWh / (m²rok)] (nie dotyczy domów jedno i wielorodzinnych)

- Całkowitego zużycie energii w budynku w [kWh / (m²rok)]
- Efektywności energetycznej budynków EP [(kWh/m²rok)]

Poniżej (tabela 29) przedstawiono klasy energetyczne dla globalnego wskaźnika energii pierwotnej EP

Tabl. 29. Zakres klas energetycznych globalny wskaźnik - zużycie energii pierwotnej

Kategorie budynków	Efektywność energetyczna budynków EP [(kWh/m ² rok)]							
	A0	A1	B	C	D	E	F	G
Dom jednorodzinny	≤ 54	55-108	109-216	161-324	325-432	433-540	541-648	>648
Dom wielorodzinny	≤ 32	33-63	64-126	127-189	190-252	253-315	316-378	>378
biurowce	≤ 60	61-120	121-240	241-360	361-480	481-600	601-720	>720
szkoły	≤ 34	35-68	69-136	137-204	205-272	273-340	341-408	> 408
szpitale	≤ 96	97-192	193-384	385-576	577-769	770-961	962-1153	>1153
Obiekty sportowe	≤ 38	39-76	77-152	153-258	259-304	305-380	381-456	> 456
Handel detaliczny i hurtowy	≤ 85	86-170	171-340	341-510	511-680	681-850	851-1020	>1020

W Republice Słowackiej do budowy domów jednorodzinnych najczęściej są stosowane bloczki betonu komórkowego. Dodatkowo stosuje się system zewnętrznej izolacji ETICS (External Thermal Insulation Composite System) w celu utworzenia bariery ochronnej przed niekorzystnymi czynnikami zewnętrznymi. Jako izolację stosowany jest m.in. polistyren, spieniony polistyren z grafitem, i pianki fenolowe. Dla budynków niemieszkalnych najczęstszym typem przegród budowlanych są ściany zewnętrzne żelbetowe, monolityczne. Dach pochyły tworzą drewniane krokwie pomiędzy którymi znajduje się izolacja cieplna z wełny mineralnej. Najczęściej stosowane są okna dwu lub trzy szybowe, pięcio- lub sześciokomorowe wypełnione gazem w ramie drewnianej lub aluminiowej.

Do ogrzewania budynków wykorzystywane są:

- kotły kondensacyjne na gaz ziemny,
- kotły kondensacyjne na gaz ziemny + kolektory słoneczne,
- kotły na biomasę (pelety)
- pompa ciepła powietrze - woda,
- Pompa ciepła ziemia - woda / woda – woda [35]

I/1.3.3.4. Przepisy obowiązujące w Republice Czeskiej

W zakresie charakterystyki energetycznej budynków Republika Czeska opiera się na ustawie nr 406/2000 Sb. o hospodaření energií (zarządzaniu energią), zmienionej ustawą nr. 103/2015 Sb. i rozporządzeniach nr 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov (własności użytkowe budynków) wraz ze zmianami 230/2015 Sb i rozporządzeniu nr 480/2012 o energetickém auditu a energetickém posudku (o audycie i raporcie energetycznym). Dodatkowo w zakresie minimalnych wartości współczynników przenikania ciepła obowiązuje norma ČSN 73 0540-2 (změna Z1/2012) Tepelná ochrana budov. Část 2: Funkční požadavky (Ochrona cieplna budynków, Część 2 wymagania funkcjonalne) [R30-R33,N29]

Dyrektywa europejska nałożyła na kraje członkowskie podjęcie decydujących kroków w zmniejszaniu zużycia energii. Nowelizacja CSN 73 0540-2 jest odpowiedzią na ustanowienie ambitnych (ale opcjonalnych) wartości docelowych współczynnika przenikania ciepła.

Współczynnik przenikania ciepła, dla budynków przedstawiono w tabeli 30.

Tabl. 30. Wymagane i zalecane wartości współczynnika przenikania ciepła dla budynków o temperaturze wewnętrznej dominującą projektową w zakresie 18 do 22 °C

Opis konstrukcji	Współczynnik przenikania ciepła [W / (m ² · K)]		
	Wymagane wartości U_{N20}	Zalecane wartości $U_{rec,20}$	Zalecane wartości dla budynków pasywnych $U_{pasa,20}$
Ściana zewnętrzna	0,30 ¹⁾	Ciężkie 0,25	0,18 - 0,12
		Lekkie 0,20	
Dach stromy o kącie nachylenia 45 °	0,30	0,20	0,18 - 0,12
Płaski dach o kącie nachylenia do 45 °	0,24	0,16	0,15 - 0,1
Strop nad przejazdem	0,24	0,16	0,15 - 0,10
Strop nad przejazdem	0,30	0,20	0,15 - 0,10
Ściany w nieogrzewanym poddaszu z dachem bez izolacji cieplnej	0,3 ¹⁾	Ciężkie 0,25	0,18 - 0,2
		Lekkie 0,2	
Ściana i podłoga na gruncie ^{4),6)}	0,45	0,30	0,22 - 0,15
Sufit i ściany między pomieszczeniem ogrzewanym a nieogrzewanym	0,6	0,4	0,3 - 0,2
Strop i ściana wewnętrzna w przestrzeni ogrzewanej	0,75	0,5	0,38 - 0,25
Ściana między sąsiednimi budynkami ³⁾	1,05	0,7	0,5

Okna z ogrzewanej powierzchni do otoczenia zewnętrznego razem z framugą	1,7	1,2	0,9
Drzwi i bramy garażowe z przestrzeni ogrzewanej do przestrzeni nieogrzewanej	3,5	2,3	1,7
¹⁾ murowane jednowarstwowe, najpóźniej do dnia 31 grudnia 2012 r dopuszcza się wartość 0,38 [W / (m ² K)]. ²⁾ W przypadku ogrzewania podłogowego i ściennego dla współczynnika przenikania ciepła liczy się tylko warstwy od płaszczyzny, w której mieści się ogrzewanie na zewnątrz ³⁾ odpowiada wartości współczynnika przenikania ciepła wraz CSN 73-0540-4 (czyli bez wpływu ziemi), nie odpowiada obliczeniom wg normy z EN ISO 13370 [N30] <i>U_{rec, 20}</i> – Zalecane wartości współczynnika U <i>U_{pas, 20}</i> – Zalecane wartości dla budynków pasywnych współczynnika U			

Tabl. 31 - Wymagane i zalecane wartości liniowych współczynników ciepła i przenikalności cieplnej Ψ

Rodzaj liniowego sprzężenia termicznego	Liniowy współczynnik przenikania ciepła W/(m·K)		
	Wymagane wartości Ψ_N	zalecane wartości Ψ_{rec}	pasywne Ψ_{pas}
Zewnętrzna ściana wpływająca na konstrukcję z wyjątkiem wypełnienia otworu, np. na fundamenty, dach nad nieogrzewanym pomieszczeniem, inną stroną zewnętrzną, dach, loggie albo balkon, markizą albo wykuszem, wewnętrzną ścianę i sufit (w przypadku wewnętrznej izolacji)	0,2	0,1	0,05
Zewnętrzna ściana wpływająca na wypełnienie otworu np. na okno, drzwi, luksfery, parapety, boczne ścianach i nadproża	0,1	0,03	0,01
Dach wpływający na wypełnienie otworu, np. Okno dachowe, świetlik, skos wylazu	0,3	0,1	0,02
Typy wiązań termicznych	Miejscowy współczynnik przenikania ciepła [W/K]		
	χ_N	χ_{rec}	χ_{psa}
Przecięcia/przenikanie konstrukcji prętowych (słupy, belki, wsporniki zewnętrzne) ścienne, sufitowe lub dachowe	-	0,1	0,02

Do obliczeń wskaźnika energii pierwotnej wykorzystywany jest wzór:

$$EP = Q_{fuel} = EP_H + EP_C + EP_F + EP_{RH} + EP_W + EP_L \quad (17)$$

gdzie:

EP_H – roczna energia na potrzeby ogrzewania [GJ]

EP_C – roczna energia na potrzeby chłodzenia [GJ]

EP_F – roczna energia na potrzeby wentylacji mechanicznej [GJ]

EP_{RH} – roczna energia na potrzeby regulacji wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniach [GJ]

EP_W – roczna energia na potrzeby dostarczenia ciepłej wody użytkowej [GJ]

EP_L – roczna energia na potrzeby oświetlenia [GJ]

Tabl. 32 Klasa efektywności energetycznej budynków zużycie energii w budynku [kWh/(m²rok)]

Kategoria budynków	Klasa efektywności energetycznej budynków zużycie energii w budynku [kWh/(m ² rok)]						
	A	B	C	D	E	F	G
Domy jednorodzinne	< 51	51-97	98-142	143-191	192-240	241-286	>286
Domy wielorodzinne	< 43	43-82	83-120	121-162	163-205	206-245	>245
Hotele i restauracje	< 102	102-200	201-294	295-389	390-488	489-590	>590
Biurowce	< 62	62-123	124-179	180-236	237-293	294-345	>345
Szpitala	< 109	109-210	211-310	311-415	416-520	521-625	>625
Placówki oświatowe	< 47	47-89	90-130	131-174	175-220	221-265	>265
Budynki sportowe	< 53	53-102	103-145	146-194	195-245	246-297	>297
Obiekty handlowe	< 67	61-121	122-183	184-241	242-300	301-362	>362

I/1.3.3.5. Przepisy obowiązujące w Norwegii

Dokumentem obowiązującym w Norwegii jest Rozporządzenie w sprawie wymagań technicznych dotyczących obiektów budowlanych - Przepisy techniczno- budowlane (Forskrift om tekniske krav til byggverk - Byggteknisk forskrift), w skrócie TEK 10 obowiązujące od 2010 r. natomiast rozdział dotyczący energii zmieniono na podstawie rozporządzenia o nr 1290 z dnia 12 listopada 2015 r, które obowiązuje od 1.1.2016 r. Ponadto do obliczeń charakterystyki energetycznej i strat ciepła wykorzystuje się norweskie normy NS 3031:2014 [N42] oraz NS-EN 15603:2008 [N43]

W budynkach mieszkalnych wymagania dotyczące efektywności energetycznej, spełnione są przez punkty 1-9 w tabeli 33. Parametry podane w tabeli 33 mogą być pominięte pod warunkiem, że wartość strat ciepła nie wzrasta, natomiast spełnione są wymogi szczegółowe przedstawione w tabeli 34.

Tabl. 33. Wymagania dotyczące efektywności energetycznej

Nazwa wskaźnika	Mały dom (do 150 m ²)	Budynek mieszkalny
	Współczynnik przenikania ciepła U [W/(m ² K)]	
Ściany zewnętrzne	≤ 0,18	≤ 0,18
Dach	≤ 0,13	≤ 0,13
Podłoga	≤ 0,10	≤ 0,10
Okna, drzwi	≤ 0,80	≤ 0,80
Stosunek powierzchni okien i drzwi przypadająca na m ² powierzchni ogrzewanej	≤ 25%	≤ 25%
Średnia roczna efektywność temperaturowa systemów wentylacji z odzyskiem ciepła	≥ 80%	≥ 80%
Charakterystyczna moc wentylatora w systemach	≤ 1,5	≤ 1,5

wentylacyjnych SFP [kW/(m ³ /s)]		
Szczelność na godzinę przy różnicy ciśnienia 50 Pa	≤ 0,6	≤ 0,6
Znormalizowany mostek termiczny uzależniony od użytkowej powierzchni ogrzewanej [W/(m ² K)]	≤ 0,05	≤ 0,07

Tabl. 34 szczegółowe wymagania dotyczące efektywności energetycznej

Ściany zew.U	Dach U	Podłoga na gruncie U	Okna i drzwi U	Krotność wymian powietrza na godzinę przy różnicy ciśnienia 50 Pa
≤ 0,22	≤ 0,18	≤ 0,18	≤ 1,2	≤ 1,5
Zastosowanie: Budynki wolnostojące do 70 m ² , budynki letniskowe od 70 do 150 m ²				

W Norwegii do budowy domów powszechnie stosowanym materiałem jest drewno, takie domy nazywa się domami z bali. Dla budynków mieszkalnych i domów letniskowych ze ścianami zewnętrznymi z bali, nie stosuje się wymagań zawartych w tabeli 33.

Poniższe wymagania tabeli 35 w zakresie efektywności energetycznej stosuje się do:

- a) Domku letniskowego o powierzchni użytkowej, ogrzewanej budynku powyżej 150m² i budynków mieszkalnych ze ścianami zewnętrznymi z bali.

Tabl. 35. Wymagania dla domów letniskowych i domów z bali

Wymiar ściany zew.	Dach	Podłoga na gruncie	Okna i drzwi, włączając ramy	Krotność wymian powietrza na godzinę przy różnicy ciśnienia 50 Pa
≥ 8'' bale	≤ 0,13	≤ 0,10	≤ 0,8	≤ 4,0

- b) Dla budynku letniskowego od 70 do 150 m² powierzchni użytkowej, ogrzewanej ze ścianami z bali stosuje się wymagania z tabeli 36.

Tabl. 36. Wymagania dla domów letniskowych o powierzchni użytkowej od 70 do 150 m²

Wymiar ściany zew.	Dach	Podłoga na gruncie	Okna i drzwi, włączając ramy	Krotność wymian powietrza na godzinę przy różnicy ciśnienia 50 Pa
≥ 8'' bale	≤ 0,13	≤ 0,15	≤ 1,2	≤ 4,5

Ponadto rury, urządzenia i kanały, które są przyłączone do instalacji grzewczej budynku należy izolować. Grubość izolacji powinna być obliczana ekonomicznie zgodnie z norweską normą lub równoważną normą europejską.

Tabl. 37. Całkowite zapotrzebowanie energetyczne netto dla budynku

Kategoria budynku	Zapotrzebowanie energetyczne budynku, powierzchni użytkowej, ogrzewanej [kWh/m ² rok]
Małe domy i domki o powierzchni użytkowej, ogrzewanej do 150m ²	100 + 1600/ m ² powierzchni użytkowej, ogrzewanej
Blok mieszkalny	95
Żłobek	135
Budynek biurowy	115
Szkoła	110
Uczelnie wyższe/licea	125
Szpital	225 (265)
Dom opieki	195 (230)
Hotel	170
Obiekt sportowy	145
Budynek biznesowy/lokal usługowy	180
Obiekty kultury	130
Warsztaty/obiekty przemysłowe	140 (160)
Wymagania podane w nawiasach odnoszą się do powierzchni gdzie odzysk ciepła z wentylacji nie niesie ze sobą ryzyka rozprzestrzeniania się skażenia/infekcji.	

W celu osiągnięcia niskiego zużyciu energii w budynkach konieczne jest zastosowanie pompy ciepła lub wykorzystanie energii słonecznej do ogrzewania i zastosowanie okien o niższym niż wymagany współczynniku przenikania ciepła.

Ilość energii dostarczanej podczas normalnego użytkowania budynku w odniesieniu do m² powierzchni ogrzewanej podzielony jest na klasy energetyczne, które przedstawiono w tabeli 38.

Tabl. 38. Dostarczana energia przypadająca na m² powierzchni ogrzewanej (kWh/m²)

Kategoria budynków	Dostarczana energia przypadająca na m ² powierzchni ogrzewanej (kWh/m ²)						
	A	B	C	D	E	F	G
	≤						>
Mały dom	95	120	145	175	205	250	F
Powierzchnia korygowana	+800/A	+1600/A	+2500/A	+4100/A	+5800/A	+8000/A	
Błok	85	95	110	135	160	200	F
Powierzchnia korygowana	+600/A	+1000/A	+1500/A	+2200/A	+3000/A	+4000/A	
Żłobek	85	115	145	180	220	275	F
Budynek biurowy	90	115	145	180	220	275	F
Szkoła	75	105	135	175	220	280	F
Uniwersytet	90	125	160	200	240	300	F
Szpital	175	240	305	360	415	505	F
Dom opieki	145	195	240	295	355	440	F
Hotel	140	190	240	290	340	415	F
Obiekt sportowy	125	165	205	275	345	440	F
Budynek biznesowy	115	160	210	255	300	375	F
Budynek oświaty	95	135	175	215	255	320	F
Budynek przemysłowy, warsztat	105	145	185	250	315	405	F

A [m²] jest wielkością powierzchni ogrzewanej

I/1.3.3.6. Przepisy obowiązujące w Danii

Wymagania efektywności energetycznej dla budynków mieszkalnych i niemieszkalnych zostały wdrożone w Duńskim Rozporządzeniu Budowlanym w 2006 roku po wdrożeniu Dyrektywy 2002/91/WE [D1]

Wymagania energetyczne dla budynków:

2015r. (Low Energy Class)

- 30 + 1000/A [kWh/(m²*rok)] dla budynków mieszkalnych
- 41 + 1000/A [kWh/(m²*rok)] dla budynków niemieszkalnych

2020r. (nZEB)

- 20 [kWh/(m²*rok)] dla budynków mieszkalnych
- 25 [kWh/(m²*rok)] dla budynków niemieszkalnych

gdzie A [m²] jest wielkością powierzchni ogrzewanej.

Limity maksymalnego dopuszczalnego zapotrzebowania na energię dla budynków uwzględniają: mostki termiczne, zyski słoneczne, zacielenie, infiltrację, wentylację, odzysk ciepła z wentylacji, chłodzenie, oświetlenie (tylko dla budynków niemieszkalnych), sprawność pieców, kotłów, pomp ciepła, energię elektryczną niezbędną do użytkowania budynku oraz kary za przegrzanie. Kary za przegrzanie oblicza się jako fikcyjne zapotrzebowanie na energię równe zapotrzebowaniu na energię niezbędną do utrzymania wewnątrz budynku temperaturę 26°C przez system klimatyzacyjny. Wewnętrzna temperatura w budynkach mieszkalnych (domy jednorodzinne oraz apartamenty) nie może przekroczyć 26°C przez dłużej niż 100 godzin w roku i 27°C przez dłużej niż 25 godzin w roku. W innych budynkach właściciel lub inwestor sam określa limity temperatury, letni komfort termiczny musi być potwierdzony przez wcześniejsze dynamiczne narzędzia symulacyjne. Ponadto, oba typy budynków niskoenergetycznych muszą zostać zbadane pod kątem szczelności obudowy budynku:

Przepływ powietrza przez obudowę budynku nowobudowanego nie może być większy niż $1/s \cdot m^2$ ogrzewanej powierzchni budynku przy różnicy ciśnień 50 Pa. Dla budynków o większych kubaturach, gdzie stosunek powierzchni obudowy budynku do powierzchni podłogi jest większy niż 3 – $0,15l/s \cdot m^2$.

Tabl. 39 Udział odnawialnej energii w nZEB2020, brany pod uwagę w obliczaniu współczynników energii pierwotnej:

Typ ogrzewania	2015	2020
Ogrzewanie miejskie	0,8	0,6
Paliwa kopalne	1	1
Biomasa	1	1
Prąd elektryczny	2,5	1,8

Tabl. 40. Wartości współczynników przenikania ciepła dla różnych budynków

Wszystkie istniejące budynki	Zmienione użytkowanie i rozbudowa	Pawilony i hale	Wymagania dla pojedynczych komponentów	Domy letniskowe	Minimalne wymagania, nowe budynki
Współczynnik przenikania ciepła U [W/(m ² K)]					
Ściany zewnętrzne i ściany piwnic od strony gruntu	0,15	0,20	0,20	0,25	0,30
Płyta na gruncie	0,10	0,12	0,12	0,15	0,20
Poddasze użytkowe i dach	0,10	0,15	0,15	0,15	0,20
Okna	1,40	1,50	1,65(drzwi)	1,80	-
Okna połaciowe	1,70	1,80	1,65	1,80	1,80
Mostki termiczne [W/(mK)]					
Fundamenty	0,12	0,20	0,12	0,15	0,20
Połączenia pomiędzy oknami i ścianami	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06
Minimalny zysk energetyczny [kWh/(m ² rok)]					
Okna fasadowe	-	-	-33	-	-33

Tabela 40 przedstawia wartości współczynników przenikania ciepła w zależności od rodzaju budynku.

Ogrzewanie w Danii

Kotły grzewcze na olej opałowy były dawniej najbardziej popularną formą ogrzewania budynków w Danii. Zużycie oleju opałowego do ogrzewania gospodarstw domowych maleje od końca lat 70. Dla porównania warto przytoczyć fakt, że zużycie w latach 70 wynosiło ok. 4 mln m³/rok, a w roku 2013-350 tys. m³, co stanowi spadek o ok. 90%. Powodem wycofania prywatnych kotłów na olej opałowy jest to, że dostęp do gazu ziemnego oraz ciepła z elektrociepłowni stał się jeszcze bardziej powszechny. W marcu 2012 roku wprowadzono ustawę energetyczną, z której wynika:

- od roku 2013 nie można instalować kotłów na olej opałowy oraz na gaz ziemny w nowobudowanych budynkach, powodem odstępstwa może być jedynie brak dostępu do innych odpowiednich alternatywnych źródeł energii
- od 2016 roku nie można instalować kotłów na olej opałowy w istniejących budynkach w rejonach, gdzie miejskie ogrzewanie lub gaz ziemny mogą być alternatywą.

Tabl. 41 Klasy energooszczędności budynków

Klasa energooszczędności	Zużycie energii pierwotnej dla poszczególnych klas [kWh/(m ² rok)]	
	Budynki mieszkalne	Budynki niemieszkalne
A2020	20	25
A2015	≤30+1000/A	≤41+1000/A
A2010	≤52,5+1650/A	≤71,3+1650/A
B	≤70+2200/A	≤95+2200/A
C	≤110+3200/A	≤135+3200/A
D	≤150+4200/A	≤175+4200/A
E	≤190+5200/A	≤215+5200/A
F	≤240+6500/A	≤265+6500/A
G	>240+6500/A	>265+6500/A

gdzie A [m²] jest wielkością powierzchni ogrzewanej

Porównanie przepisów obowiązujących w Polsce i w wybranych krajach UE

a) Ze względu na zakres stosowania

Wymagania odnoszące się do wskaźnika energii pierwotnej w różnych krajach są inaczej formułowane.

Austria dzieli budynki niemieszkalne na następujące kategorie:

- budynek biurowy,
- przedszkole i szkoła,
- szkoła średnia i uczelnia,
- szpital,
- dom opieki,
- pensjonat,
- hotel,

- restauracja,
- obiekty wystąpień (miejsca wydarzeń)
- obiekty sportowe,
- punkty sprzedaży detalicznej
- kryte baseny

Republika Czeska wprowadziła kategoryzację budynków. Dla każdego rodzaju budynków wartość wskaźnika EP jest inna. Budynki można podzielić na:

- dom jednorodzinny
- dom wielorodzinny
- hotel i restauracja
- biurowiec
- szpital
- placówka oświatowa
- budynek sportowy
- obiekt handlowy

Dania kategoryzuje budynki:

- nowy budynek
- budynek lub jego części ze zmienionym sposobem użytkowania, gdzie wymagane jest większe zapotrzebowanie na energię do ogrzewania
- budynek modernizowany
- domek letniskowy

Niemcy stosują poniższą kategoryzację budynków:

- budynek mieszkalny
- budynek niemieszkalny
- budynek istniejący poddany modernizacji

Norwegia określa wartość EP dla kategorii budynków tj:

- mały dom (do 150 m²)
- blok
- żłobek
- budynek biurowy
- szkoła
- uniwersytet
- szpital
- dom opieki
- hotel
- obiekt sportowy
- budynek biznesowy

- budynek oświaty
- budynek przemysłowy, warsztat

Republika słowacka posiada kategorie budynków takie same jak Republika Czeska:

- dom jednorodzinny
- dom wielorodzinny
- biurowiec
- szkoła
- szpital
- hotel i restauracja
- obiekt sportowy
- handel detaliczny i hurtowy

b) Ze względu na zakres wymagań.

Wymagania stosowane w analizowanych krajach w większości mają szerszy zakres niż w Polsce. Szczelność budynków obejmuje wymagana budowlane takich krajów jak Dania, Niemcy i Norwegia, mostki termiczne dotyczą Austrii, Czech, Danii, Norwegii oraz Niemiec. W Austrii ponadto bierze się pod uwagę wpływ urządzeń zacięniających oraz orientacji okien i wpływ otoczenia zewnętrznego.

W Norwegii uwzględnia się również, stosunek powierzchni okien i drzwi przypadający na 1 m² użytkowej powierzchni ogrzewanej, średnią roczną efektywność temperaturową systemów wentylacji z odzyskiem ciepła oraz moc wentylatora systemu wentylacji.

Porównanie wymagań dotyczących wskaźnika Energii Pierwotnej dla stanu istniejącego.

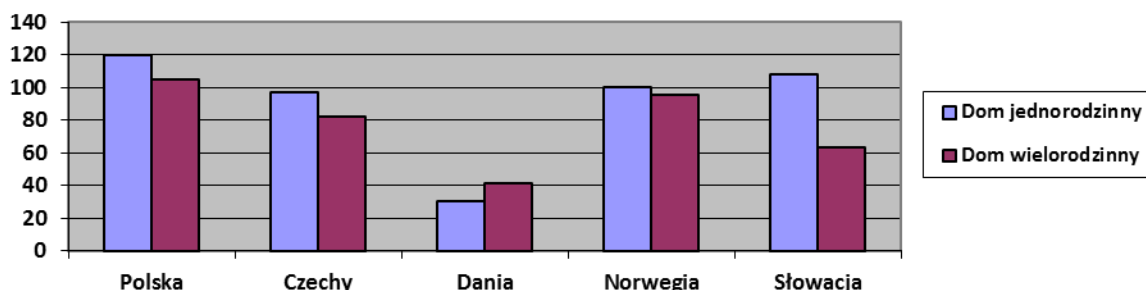
Ze względu na to, że każdy kraj ma różne wartości wskaźnika EP dla różnych kategorii budynków, do porównania przyjęto budynki, które pojawiają się w każdym kraju. Tabela [42] przedstawia wartości Energii Pierwotnej na stan obecny.

Tabl. 42. Porównanie wartości wskaźnika EP dla różnych krajów – stan obecny

Kraj	Wskaźnik energii pierwotnej EP kWh/m ² rok	
	Dom jednorodzinny	Dom wielorodzinny
Polska	120	105
Czechy	51-97	43-82
Dania	≤30 + 1000/A	≤41 + 1000/A
Niemcy	BD	BD
Norwegia	100 + 1600/ A	95+800/A
Słowacja	55-108	33-63

A – powierzchnia użytkowa budynku [m²]

Maksymalne wartości energii pierwotnej EP



Rys 34. Maksymalne wartości wskaźnika EP dla analizowanych krajów

Jak przedstawiają powyższe tabele Polska posiada bardzo łagodne wymagania w porównaniu z innymi krajami. Najostrzejsze wymagania posiada Dania, co jest spowodowane tym, że znaczna część energii pochodzi z odnawialnych źródeł energii.

c) Porównanie wymagań dotyczących współczynników przenikania ciepła

Do porównania przyjęto wartości współczynników przewodzenia ciepła te, które pojawiają się we wszystkich analizowanych krajach. W tabeli [43] przedstawiono wartości współczynników U dla stanu obecnego.

Tabl 43. Porównanie wartości współczynnika U dla różnych krajów

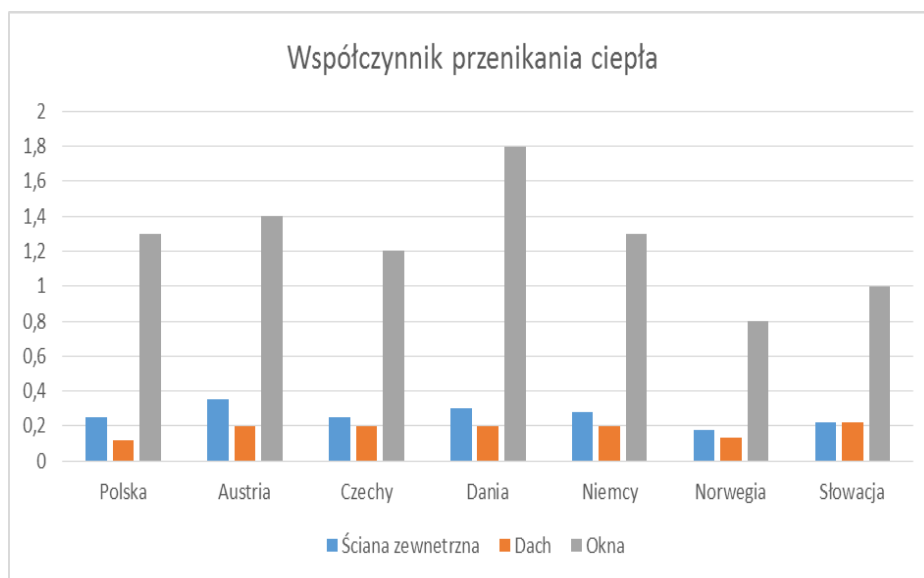
	Współczynnik przewodzenia ciepła U dla przegrody					
	Ściana zewnętrzna	Dach	Przegrody oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	Okna	Drzwi	Okna dachowe
Polska	0,25	0,12	0,25	1,3	1,7	1,5
Austria	0,35	0,2	BD	1,4	1,7	BD
Czechy	0,25/0,2 ¹⁾	0,2/0,16 ²⁾	0,6	1,2	2,3	BD
Dania	0,3	0,2	0,4	1,8	1,4/1,5 ³⁾	1,8
Niemcy	0,28	0,2	0,35	1,3	1,8	1,4
Norwegia	≤ 0,18	≤ 0,13	BD	≤ 0,8	BD	BD
Słowacja	0,22	0,22/0,15 ⁴⁾	BD	1,0	BD	1,4

Gdzie: ¹⁾ 0,2 konstrukcja lekka, 0,25- konstrukcja ciężka

²⁾ 0,2 dla dachów o nachyleniu <45°, 0,16 dla dachów o nachyleniu >45°

³⁾ 1,4 dla drzwi nieoszlonych, 1,5 – dla drzwi przeszklonych

⁴⁾ 0,22 dla dachów o nachyleniu <45°, 0,15 dla dachów o nachyleniu >45°



Rys. 35. Wartości współczynnika U dla różnych typów przegród dla analizowanych krajów

Wnioski

1. Polskie wartości wskaźnika energii pierwotnej mają najmniej rygorystyczne wymagania. Najniższe wskaźniki EP ma Dania, wynika to stąd, że w kraju tym obiekty są budowane w standardzie niskoenergetycznym.
2. Współczynnik U dla przegród w Polsce kształtuje się na poziomie średnim w stosunku do innych krajów. Wartość współczynnika przenikania dla ścian zewnętrznych ma wartość niższą w porównaniu z Austrią, Danią oraz Niemcami, posiadamy za to najbardziej rygorystyczne wymagania jeżeli chodzi o współczynnik U dla dachu oraz dla przegród oddzielających pomieszczeni ogrzewane od nieogrzewanych. Współczynnik przenikania ciepła dla okien ma wyższą wartość dla Austrii oraz Dani, natomiast dla drzwi zewnętrznych wyższą wartość mają Czechy i Słowacja.
3. Polskie wymagania budowlane nie obejmują szczelności budynków (Dania, Niemcy, Norwegia) ani mostków termicznych (Austria, Czechy, Dania, Norwegia, Niemcy)
4. Podział budynków na kategorie w Polsce ma mniejszy zakres niż w innych krajach
5. W Dani stosowane są kary za przegrzewanie budynków.

Rozdział II

ANALIZA POSTĘPU RYNKU MATERIAŁÓW I TECHNOLOGII BUDOWLANYCH W ASPEKCIE ZMIAN PRZEPISÓW ENERGETYCZNYCH W POLSCE

II/1. Wprowadzenie

W latach 2005 – 2016 w rozwoju budownictwa energooszczędnego w Polsce zanotowano bardzo dynamiczny wzrost.

Nowelizacja przepisów techniczno-budowlanych, będąca implementacją kolejno Dyrektywy 2002/91/WE [D1] oraz 2010/31/UE [D2] wpłynęła na rozwój technologii i wzrost zapotrzebowania na materiały i systemy technicznego wyposażenia budynków, które polepszają poziom efektywności energetycznej budynków.

W projektach domów jednorodzinnych zaczęły coraz częściej pojawiać się grubości ocieplenia ścian zewnętrznych na poziomie 20 cm termoizolacji. Taka grubość pozwala uzyskać współczynnik przenikania ciepła U poniżej $0,15$ [$W/(m^2K)$] [54], [55], a więc niższą wartość niż obecnie obowiązujące wymagania [R10] dotyczące izolacyjności cieplnej przegród.

Również coraz częściej w systemach technicznego wyposażenia budynków pojawiają się rozwiązania takie jak pompy ciepła, wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła, automatyka budynkowa czy systemy energooszczędnego oświetlenia.

W 2007 roku w Smolcu pod Wrocławiem zrealizowano pierwszy w Polsce mieszkalny budynek „pasywny”, charakteryzujący się współczynnikiem przenikania przegród nieprzeźroczystych zewnętrznych na poziomie $U \leq 0,15$ [$W/(m^2K)$] oraz zapotrzebowaniem na energię do ogrzewania na poziomie 15 [$kWh/(m^2rok)$].

Od tego czasu zanotowano w Polsce już kilkadziesiąt realizacji budynków niskoenergetycznych czy pasywnych. Są to zarówno budynki mieszkalne jedno i wielorodzinne, jak i budynki użyteczności publicznej.



Rys. 36 Mieszkalny budynek pasywny w Kokotowie pod Krakowem. Fotografia projektanta.



Rys. 37 Hala produkcyjna pasywna w Kokotowie pod Krakowem. Fotografia projektanta.

Dane dotyczące inwestycji związanych z budową lub termomodernizacją budynków mieszkalnych w 2016 r.

W niniejszym rozdziale zawarta jest analiza postępu rynku materiałów i technologii budowlanych w aspekcie zmian przepisów energetycznych w Polsce.

Z uwagi na zanotowany przez GUS pod koniec III kwartału 2016 wzrost liczby inwestycji związanych z budową lub termomodernizacją budynków mieszkalnych w stosunku do roku poprzedniego, sytuacja ekonomiczna przedsiębiorstw branży instalacji grzewczych oceniana jest przez respondentów pozytywnie. Wpływ na ten stan rzeczy miało m.in. wejście w życie rozporządzeń dotyczących dyrektywy ErP Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE z dnia 21.10.2009 r. [D5] sprawie produktów związanych z energią, która ustanawia minimalną sprawność energetyczną oraz górną granicę emisji zanieczyszczeń przez urządzenia grzewcze i produkujące ciepłą wodę. Dotyczy ona pomp ciepła, podgrzewaczy wody, zasobników buforowych, kotłów kogeneracyjnych, kotłów, solarnych instalacji grzewczych i systemów regulacji. Sprzyja to rozwojowi tej branży poprzez wprowadzanie na rynek nowych lub ulepszonych rozwiązań w zakresie ogrzewania oraz wentylacji budynków. Standardowe kotły z zamkniętą komorą spalania nie są już sprzedawane. Charakteryzując sytuację w wybranych grupach produktowych na koniec trzeciego kwartału 2016 należy zauważyć osłabienie dynamiki wzrostu sprzedaży pomp ciepła, kolektorów słonecznych. W Polsce praktycznie nie stosuje się szerzej rozwiązań hybrydowych, gdzie kolektory słoneczne są podstawowym elementem skutecznie podwyższającym efektywność energetyczną instalacji grzewczej, do której są włączone. Natomiast ogólna sprzedaż gazowych kotłów wiszących, stojących oraz kotłów olejowych spadła o ok. 10-12% przy równoczesnym wzroście sprzedaży gazowych kondensacyjnych kotłów wiszących na poziomie 60-70% licząc rok do roku. W grupie kotłów na paliwa stałe sygnalizowana sytuacja jest stabilna, wykazuje coroczną tendencję silnego wzrostu w roku bieżącym. W porównaniu z analogicznym okresem ubiegłego roku poziom sprzedaży nie uległ widocznej zmianie, chociaż sygnalizowane były wzrosty na poziomie 5-10%, a w odniesieniu do roku 2014

zanotowano wzrost o ponad 12%. Widoczne jest osłabienie na rynku urządzeń opartych na odnawialnych źródłach energii, co jest wynikiem wygaszenia praktycznie wszelkiego wsparcia finansowego. [59]

Spółdzielnie mieszkaniowe w pierwszych trzech kwartałach 2016 r. oddały do użytkowania 1770 mieszkań wobec 1195 mieszkań przed rokiem co stanowi wzrost o 48%. Wzrosła również liczba mieszkań, których budowę rozpoczęto - do 1731 wobec 925 mieszkań w roku poprzednim co stanowi wzrost o 87%. Począwszy od lipca 2013 roku wg GUS dynamicznie wzrastała liczba rozpoczynanych inwestycji mieszkaniowych i wydawanych w tym celu pozwoleń na budowę. Natomiast najnowsze dane GUS (wrzesień 2016 r.) pokazuje spadek liczby realizowanych przez deweloperów inwestycji, co stanowi ponad 10% mniej niż miesiąc wcześniej, ale też o ponad 25% mniej niż we wrześniu 2015 roku. Należy zauważyć coraz większy udział transakcji w budownictwie mieszkaniowym, zawieranych w oparciu o gotówkę, z pominięciem kredytu.

II/2. Analiza zmian dotyczących wprowadzaniu na rynek materiałów i technologii polepszających efektywność energetyczną budynków.

II/2.1. Materiały i elementy budynku o określonym współczynniku przewodzenia ciepła oraz oporze cieplnym.

Izolacyjność cieplna elementów budynków takich jak: ściany zewnętrzne, dachy, stropodachy, okna i drzwi w budynkach istniejących (użytkowanych) zależy od okresu ich wzniesienia.

Rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe ścian zewnętrznych budynku zmieniają się wraz ze zmianą wymagań techniczno-budowlanych oraz wprowadzaniem nowych, udoskonalonych materiałów lub technologii.

Najczęściej stosowanymi technologiami wznoszenia ścian zewnętrznych budynków mieszkalnych w Polsce, w zależności od lokalizacji są technologia murowana lub szkieletowa (szkielet drewniany lub stalowy) [61].

Tab.44 Porównanie systemu szkieletowego i murowanego

Technologia murowa		Technologia szkieletowa -drewniana	
Wady	Zalety	Wady	Zalety
Duża grubość ścian z uwagi na ochronę cieplną	Trwałość	Wymaga dokładności i precyzji	Krótki czas budowy – szybki montaż
Możliwość realizacji w miesiącach o dodatniej temperaturze	Duża pojemność cieplna, stabilna temperatura wnętrza budynku		Brak prac „mokrych”
	Dowolność kształtowania bryły budynku	Niska pojemność cieplna (domy letniskowe)	Korzystna, z reguły mniejsza grubość ścian w porównaniu do murowanych z uwagi na spełnienie wymagań minimalnych w

			zakresie współczynnika przenikania ciepła
„mokra technologia” przestoje wykonawcze z uwagi na wiązanie zaprawy, potrzebny czas na wyschnięcie murów	Powszechność stosowania	Problemy akustyczne	Mniejszy ciężar w porównaniu z elementami murowanymi
Pracochłonność wykonania murów z elementów drobnowymiarowych	Łatwość wykonania, możliwość wykonania systemem gospodarczym	Mniejsza trwałość w porównaniu z murowanymi	Dowolność w kształtowaniu obiektu
Duży ciężar elementów konstrukcyjnych (kosztowny transport)	Ciepłochronność materiałów z ceramiki poryzowanej oraz betonu komórkowego		Proste wykończenie
Trudności w przebudowie, wyburzanie i kucie ścian jest pracochłonne i trudne technicznie	Ognioodporność		Niski wskaźnik energochłonności w całym cyklu życia produktu
			Budowa może odbywać się w miesiącach zimowych

Ściany murowane można podzielić na jedno lub wielowarstwowe, w zależności od liczby warstw.

Spełnienie aktualnych wymaganych parametrów ochrony cieplnej dla ścian jednowarstwowych jest bardzo trudne do osiągnięcia z tradycyjnych materiałów budowlanych. Pojawiają się jednak na rynku innowacyjne rozwiązania, opisane w niniejszym rozdziale, które spełniają ostre wymagania izolacyjności cieplnej, wyrażone współczynnikiem przenikania ciepła nawet dla ścian jednowarstwowych.

Ściany wielowarstwowe, składają się z następujących warstw:

- warstwa konstrukcyjna: na przykład - cegła pełna, cegła kratówka, bloczek z betonu komórkowego, bloczek wapienno-piaskowy (silikatowy), pustak ceramiczny;
- warstwa izolacji cieplnej: styropian, wełna mineralna, pianki PIR, pianki PUR o grubości w zależności od poziomu izolacyjności cieplnej oraz aktualnych wymagań ochrony cieplnej, wyrażonej współczynnikiem przenikania ciepła U [$W/(m^2K)$]
- warstwa elewacyjna: cegła klinkierowa, bloczek wapienno-piaskowy.

W tabeli 45 zestawiono przykładowe rozwiązania przegród w zależności od obowiązujących przepisów ochrony cieplnej na przestrzeni lat.

Przyjęto ścianę dwuwarstwową, gdzie warstwą konstrukcyjną jest mur z cegły pełnej lub mur z betonu komórkowego o gęstości 400 kg/m^3 , na zaprawie cienkowarstwowej o grubości 30 cm, warstwę termoizolacyjną stanowi styropian. Przyjęto normowe wartości współczynników przewodzenia ciepła λ [$W/(mK)$] zgodnie z normą [N25].

Tabl.45 Współczynniki przenikania ciepła i przykładowe rozwiązania technologiczne na przestrzeni lat w budynkach mieszkalnych w Polsce.

Lata	Ściany zewnętrzne	
	U [W/m ² K]	Technologia
Przed 1983	ok 1,2-1,7	-mur o grubości dwóch cegieł ceramicznych pełnych -konstrukcyjne ściany jednowarstwowe, keramzytobetonowe systemów budownictwa wielkopłytkowego
1983-1992	0,75	Mur z cegły pełnej+styropian (ok.4 cm) Mur z betonu komórkowego jednowarstwowy
1992-2000	0,55	Mur z cegły pełnej+styropian (ok.6 cm) Mur z betonu komórkowego jednowarstwowy
2000-2009	0,3 -wielowarstwowe 0,5 -jednowarstwowe	Mur z cegły pełnej+styropian (ok.12 cm) Mur z betonu komórkowego jednowarstwowy
2009-2014	0,3	Mur z cegły pełnej+styropian (ok.12 cm) Mur z betonu komórkowego jednowarstwowy+styropian (ok 6 cm)
Od 2014	0,25	Mur z cegły pełnej+styropian (ok.15 cm) Mur z betonu komórkowego jednowarstwowy+styropian (ok 9 cm)
Od 2017	0,23	Mur z cegły pełnej+styropian (ok.16 cm) Mur z betonu komórkowego jednowarstwowy+styropian (ok 10 cm)
Od 2021	0,20	Mur z cegły pełnej+styropian (ok.19 cm) Mur z betonu komórkowego jednowarstwowy+styropian (ok 13 cm)

II/2.1.1. Aktualnie najczęściej stosowane i najlepsze dostępne rozwiązania techniczne elementów budynków w zakresie jakości cieplnej

Po przeprowadzeniu analizy rynku dostępnych w Polsce materiałów budowlanych, poniżej zamieszczono informacje na temat najczęściej stosowanych oraz najlepszych dostępnych materiałów budowlanych, używanych do wzniesienia obudowy zewnętrznej budynków.

W rozeznaniu rynku materiałów budowlanych skupiono się na materiałach mających największy wpływ na poziom izolacyjności obudowy budynku, czyli materiały termoizolacyjne oraz okna.

Przeanalizowano również rynek rozwiązań wyposażenia techniczno-instalacyjnego a także automatyki budynkowej i oświetlenia wbudowanego..

W tym rozdziale przedstawiono również przykłady innowacyjnych technologii zapewniających wysoką efektywność budynków, jednak z uwagi na wysoki koszt nie stosowanych standardowo.

Materiały termoizolacyjne

Materiały do izolacji cieplnej, można uznać za takie które charakteryzują się współczynnikiem przewodzenia ciepła $\lambda < 0,2$ [W/(mK)].

Im niższy współczynnik λ tym lepiej materiał izoluje budynek przed stratami ciepła.

Materiały termoizolacyjne można podzielić na:

- Materiały organiczne, które składają się z odpowiednio przygotowanych części roślin, lub porowatych mas plastycznych.
- Materiały termoizolacyjne nieorganiczne, otrzymane z surowców mineralnych (skały, cementy, szkła, żużle itp.)

Przykłady materiałów termoizolacyjnych organicznych to:

- płyty pilśniowe o wsp. $\lambda \approx$ ok. 0,18 [W/(m·K)]
- płyty korkowe o wsp. $\lambda \approx$ ok. 0,18 [W/(m·K)]
- płyty ze słomy o wsp. $\lambda \approx$ ok. 0,18 [W/(m·K)]
- płyty drewnne o wsp. $\lambda \approx$ ok. 0,04 [W/(m·K)]
- Maty z wełny owczej 60% modyfikowane poliestrem /włókna z odpadów/ $\lambda \approx$ 0,065 [W/(m·K)]
- Sztywne płyty z odpadów zrębkowych $\lambda \approx$ 0,043 [W/(m·K)]
- Mata z włókien konopi /Konopie 83-87%, 10-12% Bikofasern, 3-5% sól./ $\lambda \approx$ 0,040 [W/(m·K)]

Przykłady materiałów termoizolacyjnych nieorganicznych to:

- wełna skalna $\lambda \approx$ 0,035 - 0,040 [W/(m·K)]
- wełna szklana $\lambda \approx$ 0,035 - 0,040 [W/(m·K)]
- szkło piankowe $\lambda \approx$ 0,035 - 0,040 [W/(m·K)]
- wyroby ze spienionego poliuretanu $\lambda \approx$ 0,035 - 0,045 [W/(m·K)]
- polistyren ekspandowany EPS $\lambda \approx$ 0,035 - 0,045 [W/(m·K)]
- polistyren ekstrudowany EPS $\lambda \approx$ (0,022 - 0,045 [W/(m·K)]

Materiały Hi-Tech – materiały izolacyjne nowej generacji. Posiadają znakomite parametry ochrony cieplnej, pozwalające wznosić przegrody o bardzo niskich wartościach współczynnika przenikania ciepła przy jednocześnie niewielkiej grubości. Do tej grupy zaliczamy:

- izolacje transparentne
- aerożele $\lambda \approx$ 0,018 [W/(m·K)]
- nanożele $\lambda \approx$ 0,013 [W/(m·K)]
- izolacje próżniowe $\lambda \approx$ 0,002 - 0,008 [W/(m·K)]

Najbardziej popularne materiały termoizolacyjne na rynku

Analiza rynku oraz wywiady z producentami materiałów termoizolacyjnych wykazały, że najpopularniejsze materiały termoizolacyjne to:

- styropian
- wełna mineralna, skalna

Producenci materiałów termoizolacyjnych, wprowadzają na rynek materiały o coraz lepszej izolacyjności cieplnej, wyrażonej współczynnikiem przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)].

Wśród styropianów, rosnącą popularnością cieszy się tzw. styropian „grafitowy”, o znacznie niższym wsp. λ niż styropian „biały”. Współczynnik λ styropianów grafitowych wynosi około 0,031 – 0,033 [W/(m·K)], z kolei dla styropianów zwykłych wartość współczynnika λ to 0,042 – 0,045 [W/(m·K)].

Na rys [37] przedstawiono udział styropianów szarych „grafitowych”, obrazuje to informacje jak zmieniał się udział styropianów grafitowych, które posiadają znacznie lepsze właściwości izolacyjne niż zwykły styropian.

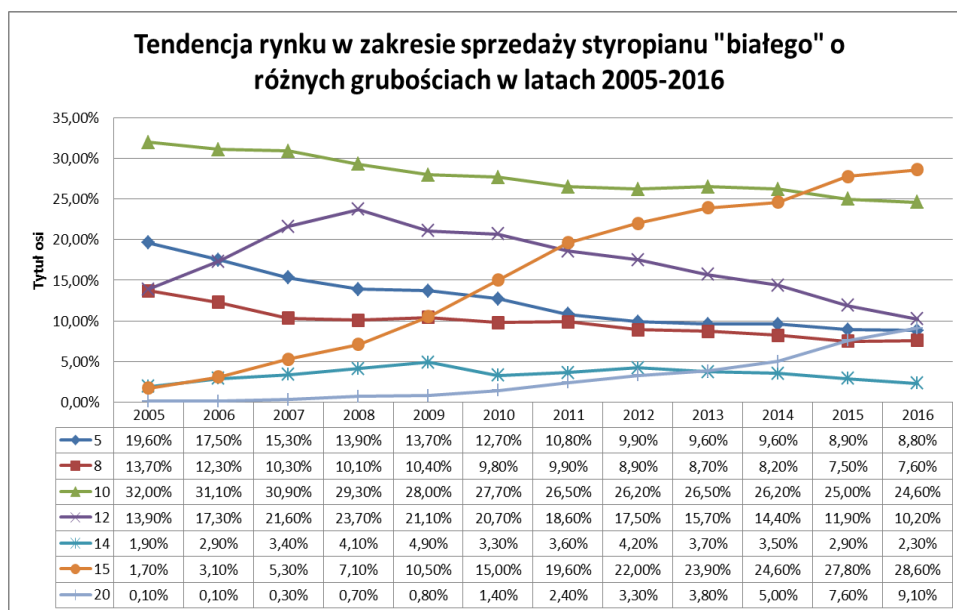
Zwiększająca się grubość ocieplenia i zwiększający się udział rynkowy styropianów grafitowych to efekt rosnącej świadomości społeczeństwa dotyczący ochrony cieplnej budynków ale przede wszystkim zmieniające się przepisy techniczno – budowlane w zakresie wymagań ochrony cieplnej przegród, przekładające się wprost na konieczność zwiększenia grubości docieplenia przegród zewnętrznych.

Na wykresach doskonale widać wpływ zaostżenia przepisów techniczno budowlanych w zakresie izolacyjności cieplnej przegród.

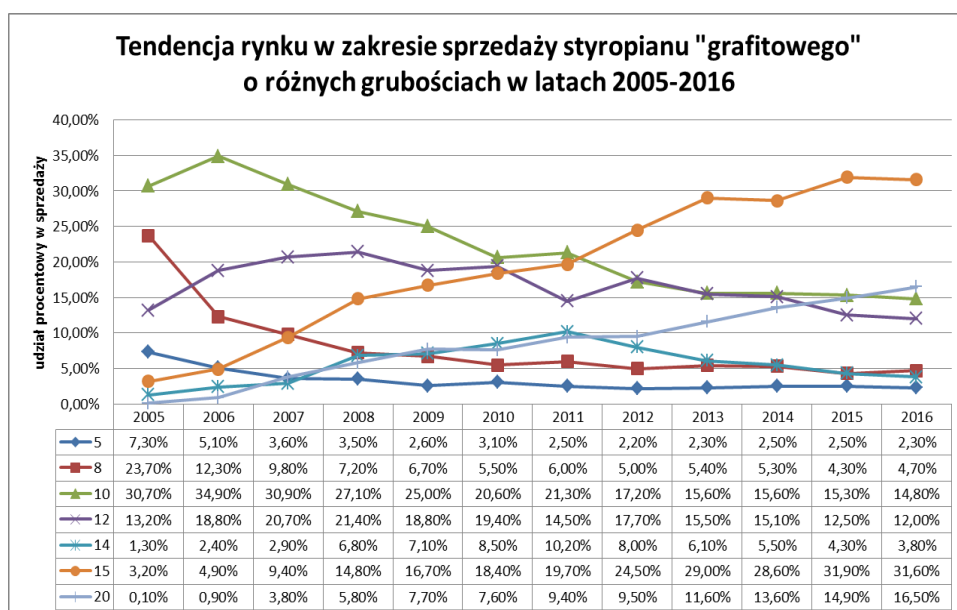
Nowelizacja Warunków Technicznych w roku 2008 - WT 08 [R8], wdrażająca Dyrektywę 2002/91/WE, przełożyła się bezpośrednio na gwałtowny spadek sprzedaży styropianu białego o grubości 12 cm, na rzecz gwałtownego wzrostu styropianu o grubości 15 [cm].

Kolejna nowelizacja w roku 2014, wdrażająca Dyrektywę 2010/31/UE przyczyniła się do wzrostu sprzedaży styropianu o grubościach 15 [cm] oraz 20 [cm].

Rys. 38 pokazuje bardzo wyraźny wzrost sprzedaży styropianu „grafitowego” o grubości 15 [cm]. Z uwagi na lepsze parametry izolacyjności cieplnej (niższy wsp. λ [W/(m·K)], przegroda osiąga porównywalne parametry izolacyjności cieplnej, wyrażone współczynnikiem przenikania ciepła U [W/(m²K)] przy mniejszej grubości ocieplenia, niż przegroda docieplona styropianem „białym”. W celu osiągnięcia wymaganego od 1.01.2021 współczynnika przenikania ciepła ściany zewnętrznej budynków mieszkalnych, zakładając ścianę dwuwarstwową, z częścią konstrukcyjną z betonu komórkowego ($\lambda = 0,17$ [W/(mK)], należałoby zastosować styropian zwykły/biały o grubości 14 cm, natomiast styropian „grafitowy” o grubości 10 cm.



Rys. 38 Trendy w sprzedaży płyt styropianowych (styropian biały) różnych grubości w latach 2005-2015.



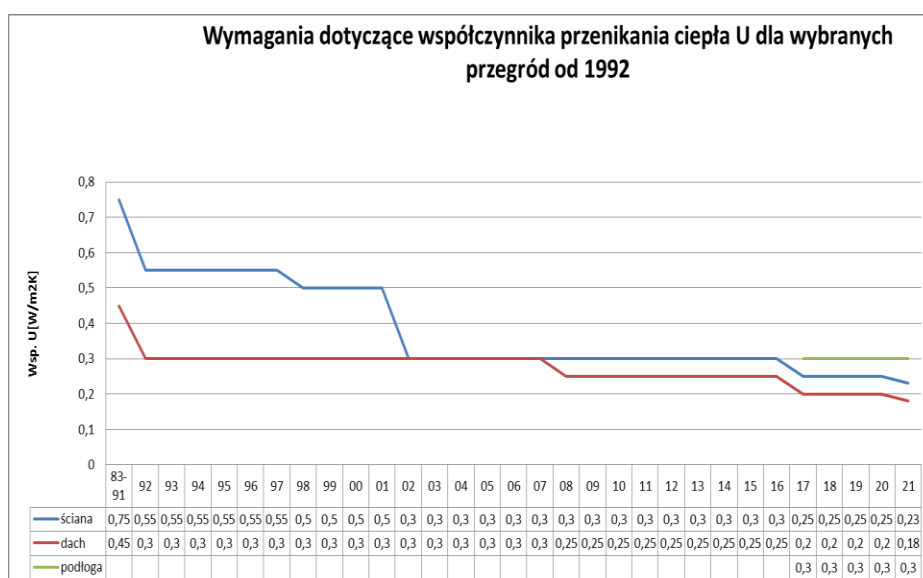
Rys. 39 Trendy w sprzedaży płyt styropianowych (styropian grafitowy) różnych grubości w latach 2005-2015.

Producenci styropianów, wprowadzają na rynek produkty o coraz niższym współczynniku λ [W/(mK)], przeznaczone zarówno do ociepleń ścian, jak i podłóg czy dachów/stropodachów.

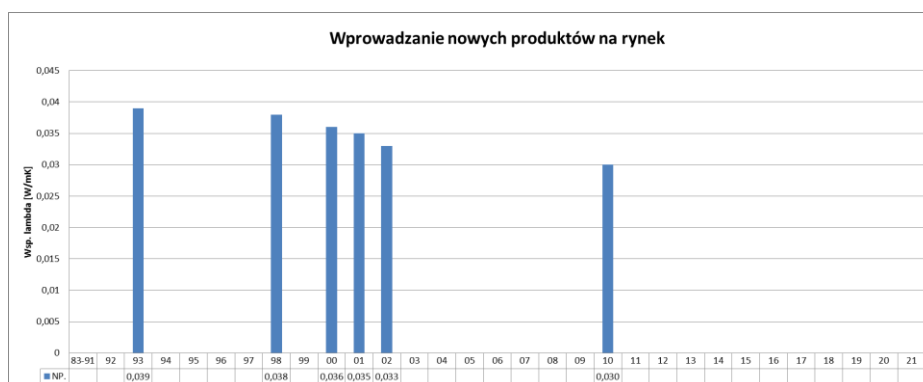
Włna mineralna

Włny mineralne dostępne na rynku materiałów budowlanych charakteryzują cię wsp. λ [W/(m·K)] na poziomie 0,036 – 0,040 [W/(m·K)]

Na poniższych wykresach (40-41) można zaobserwować reakcję rynku – wprowadzanie nowych produktów w zależności od zaostrzających się przepisów izolacyjności przegród zewnętrznych w przepisach techniczno-budowlanych. Wszystkie dane, które były podstawą analizy w Rozdziale II pochodzą z dostępnych informacji producentów materiałów termoizolacyjnych.



Rys. 40 Wymagania dla ścian zewnętrznych, dachów/stropodachów i podłóg dotyczące izolacyjności cieplnej, wyrażonej przez współczynnik przenikania ciepła U [W/(m²K)]



Rys.41 Wprowadzanie na rynek nowych produktów (NP.) oraz trend pokazujący sprzedaż produktu podstawowego (PP) o zdefiniowanym współczynniku lambda [W/(mK)]. Dane jednego z czołowych producentów styropianu.

Z rys. 41 wynika, że koncern produkujący materiały termoizolacyjne rozpoczął działalność w Polsce w roku 1993, gdzie nagle wzrósł popyt na materiały termoizolacyjne.

W roku 1998 na skutek zapotrzebowania rynku powstały pierwsze fabryki zlokalizowane w Polsce. Materiały o coraz lepszym parametrze określającym izolacyjność cieplną materiałów termoizolacyjnych wprowadzano w 2000, 2001, 2002 oraz w 2010 roku ściśle związane jest ze zmianą wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej przegród, wyrażonej poprzez współczynnik przenikania ciepła U, zobrazowaną na rys 40.

Włna kamienna

Struktura wewnętrzna (rodzaj włókna) nie pozwala osiągnąć wyrobom termoizolacyjnym z wełny kamiennej produktów o porównywalnych parametrach najlepszych produktów styropianowych czy z wełny skalnej/szklanej.

Jednak w przypadku zastosowania termoizolacji w miejscach narażonych na duże obciążenia, wełna kamienna (skalna) z uwagi na wyższą wytrzymałość na sciskanie, niż wełna szklana, może być lepszym rozwiązaniem projektowym.

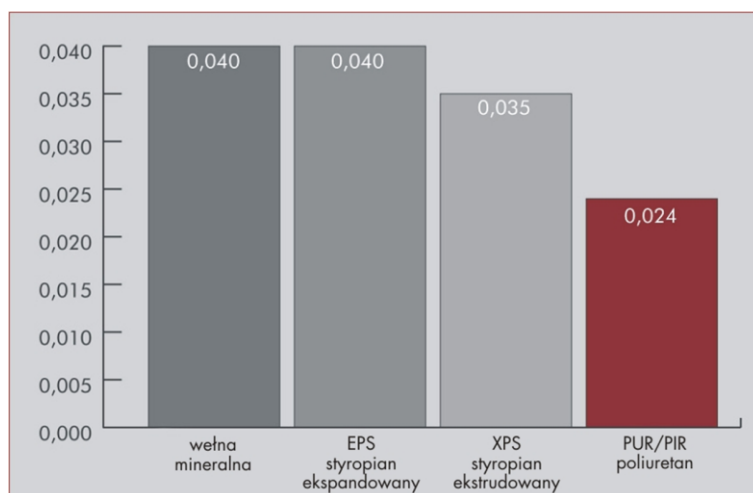
Płyty izolacyjne z wełny kamiennej charakteryzują się wsp. λ na poziomie 0,033 - 0,040 [W/(m·K)].

Najlepiej sprzedające się produkty to produkty o wsp. λ na poziomie 0,034 - 0,037 [W/(m·K)], z uwagi na cenę produktów.

Pianki PIR/PUR

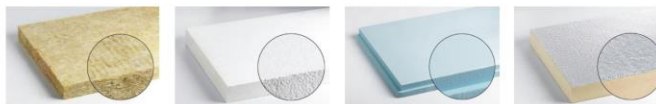
Coraz prężniej rozwija się rynek pianek ocieplających o znacznie lepszych parametrach izolacyjności cieplnej niż styropiany, czy wełna. Pianki osiągają współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)] na poziomie 0,022 – 0,024 [W/(m·K)].

Poniżej porównano parametry różnych materiałów termoizolacyjnych w stosunku do pianek PIR, PUR.



Rys.42. Porównanie współczynnika przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)] dla różnych rodzajów termoizolacji.

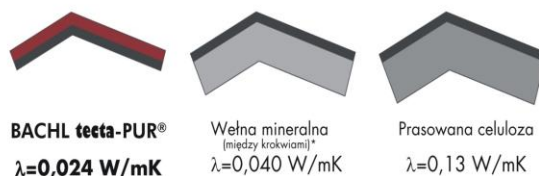
Porównanie właściwości różnych materiałów termoizolacyjnych



Materiał	Włna mineralna	EPS styropian ekspandowany	XPS styropian ekstrudowany	PUR/PIR poliuretan
Ciężar właściwy (kg/m ³)	160	22	30	33
Współczynnik λ (W/mK)	0,040	0,040	0,035	0,024
Nasiąkliwość (kg/m ² , %)	1 – 3 kg/m ²	2 – 6 %	0,8 %	1,3 %
Odporność na ściskanie (kPa)	50 – 70	70 – 100	300	150
Odporność na wysokie temp. (°C)	~ 700	~ 80	~ 80	~ 280
Grubość (cm) przy U=0,22 W/m ² K dachu	25 (między krokwiami)	25 (między krokwiami)	15	10

Rys. 43. Porównanie własności różnych materiałów termoizolacyjnych

Wpływ grubości różnych materiałów termoizolacyjnych na współczynnik przenikania ciepła U (W/m²K) dachu



Polska norma (U=0,25)	10 cm	22 – 25 cm	~ 70 cm
Niemiecka norma (U=0,20)	12 cm	26 – 30 cm	~ 95 cm
Domy niskoenergetyczne (U=0,15)	16 cm	32 – 38 cm	~ 120 cm
Domy pasywne (U=0,10)	22 cm	44 – 55 cm	~ 190 cm

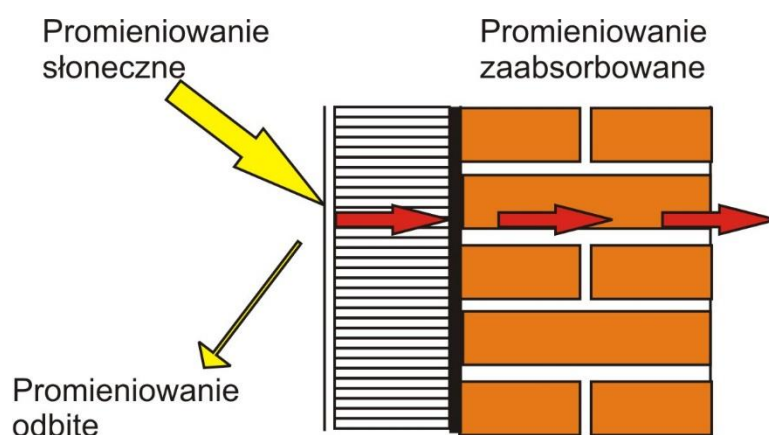
Rys. 44. Materiały firmy BACHL.

Innowacyjne materiały termoizolacyjne

Izolacja transparentna

Izolacją transparentną (TI-transparent insulation) nazywa się strukturę, której konstrukcja umożliwia przenikanie promieniowania słonecznego, przy jednoczesnym ograniczeniu strat ciepła do otoczenia na drodze konwekcji i radiacji w zakresie promieniowania długofalowego (ciepłego) oraz przewodzenia.

Struktury komórkowe lub kapilarne z poliwęglanów, osłonięte od zewnątrz cienkim tynkiem ze szklanych kuleczek.



Rys.45. Zasada działania izolacji transparentnej.

Granulat z aerożelu lub nanaożelu krzemionkowego umieszczany między dwoma szybami lub płytami z poliwęglanu.

Tab.47 Przykładowe zestawienie izolacji transparentnej firmy ETICS – System /StoSolar

Thickness [mm]	g-value [%] normal	g-value [%] diffuse	U-value [W/m ² K]
85	60	41	1.21
105	60	41	1.03
125	60	40	0.90
145	59	40	0.85

Aerożele

Materiał będący rodzajem sztywnej piany o wyjątkowo małej gęstości. Na jego masę składa się w 90-99,8% powietrze, resztę stanowi porowaty materiał tworzący jej strukturę.

Właściwości:

- niska przewodność cieplna: $\lambda = 0,018 \text{ W/mK}$,
- wysoka przepuszczalność światła: do 80%,
- dobre własności akustyczne,
- odporne na działanie UV,
- odporność na wilgoć i działanie pleśni bakterii itp., /aseptyczny/,
- niepalny (EN 13501-1, Klasyfikacja B, s1,0),
- waga ok. 70-100 kg /m².

Zastosowanie:

- budowa statków kosmicznych
- skafandry kosmonautów
- podkłady do katalizatorów
- zastosowanie jako materiał termoizolacyjny w budownictwie

Nanozele:

Nanozele jest najlżejszą izolacją na świecie, produkowany jest przez firmę Cabot Corporation (Frankfurt, Niemcy).

Nanozele jest aerozelem, składa się z 95% powietrza, nanopory mają właściwości izolacyjne. Materiał produkowany jest w wielu odmianach od nieprzezroczystego do przezroczystego.

Zastosowanie:

Szczególne przypadki w budownictwie np. tarasy, balkony.

Tabl. 48 Przykładowe parametry nanozeleń.

Wärmedämmung:

Nanogel in Polycarbonatplatten bietet hervorragende U-Werte:

PC-Plattenstärke	U-Wert
16 mm	1,31 W/m ² K
20 mm	1,20 W/m ² K
25 mm	0,91 W/m ² K
40 mm	0,54 W/m ² K
50 mm	0,48 W/m ² K

Tabl. 49 Przykładowe parametry nanozeleń. [60]

Spacetherm®	-	9mm	18mm	27mm	36mm
Timber Frame (89mm Stud)	0.43	0.33	0.27	0.23	0.19
Solid Brick	2.05	0.86	0.55	0.40	0.32
Brick Wall - Cavity	1.44	0.73	0.55	0.37	0.30
Brick Wall - Insulated	0.58	0.42	0.33	0.27	0.23

Izolacje próżniowe VIP Vacuum Insulated Panel

VIP to nowoczesny rodzaj izolacji cieplnej. W zestawieniu z powszechnie stosowanymi materiałami takimi jak styropian czy wełna mineralna, izolację próżniową wyróżniają kilkukrotnie lepsze parametry izolacyjności cieplnej wyrażone poprzez współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)]. Takie parametry uzyskuje się dzięki wykorzystaniu próżni, która jest złym przewodnikiem energii cieplnej.

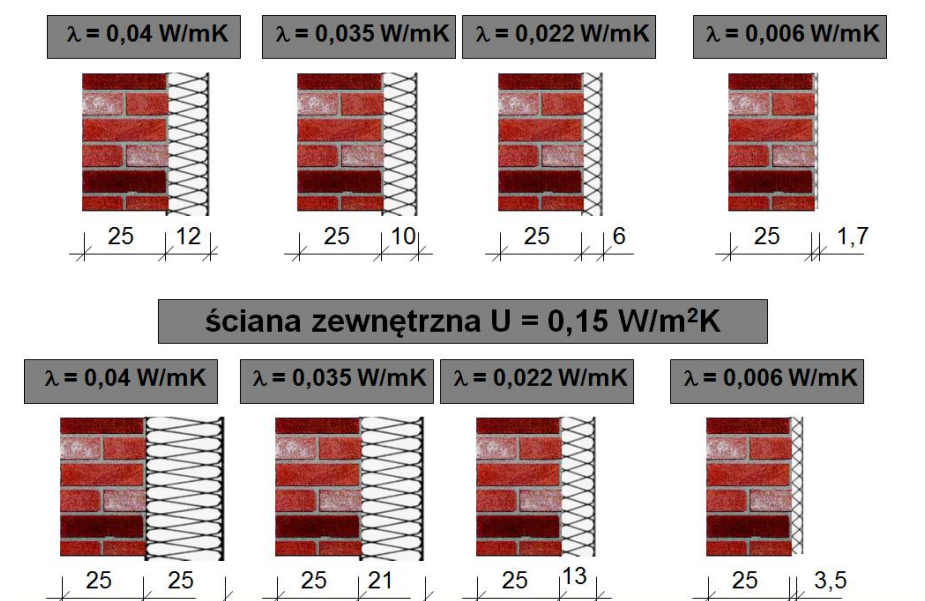
W procesie produkcji płytę z porowatego materiału na bazie krzemionki lub włókien szklanych z mikroporami o rozmiarach 0,0001mm umieszcza się w szczelnym „opakowaniu” z nieprzepuszczalnej dla powietrza i pary wodnej wielowarstwowej folii. Jest to materiał dużo droższy w porównaniu z materiałami tradycyjnymi takimi jak wełna mineralna, czy styropiany.

Zastosowanie:

Szczególne przypadki w budownictwie tj. izolacja tarasów, połaci dachów skośnych, izolacja ścian zewnętrznych od wewnątrz, nadproży, ościeży okiennych, izolacja attyk, ogrodów zimowych, a także izolacja elewacji, posadzek, stropów.

Porównanie grubości przegrody dwuwarstwowej w zależności od współczynnika przewodzenia ciepła λ materiału termoizolacyjnego.

Poniżej rys. 46 przedstawiono wpływ izolacyjności cieplnej materiału termoizolacyjnego, wyrażonego przez współczynnik przewodzenia ciepła na grubość przegrody dwuwarstwowej. Założono, że część konstrukcyjną wykonana jest z cegły pełnej. Parametry izolacyjności materiałów przyjęto zgodnie z normą [N16]. Pierwsze porównanie dotyczy przegrody o współczynniku przenikania ciepła $U = 0,3$ [W/(m²K)], drugie przegrody o współczynniku przenikania ciepła $U = 0,15$ [W/(m²K)].



Rys.46 Grubość przegrody dwuwarstwowej w zależności od współczynnika przewodzenia ciepła materiału termoizolacyjnego.

To proste porównanie pokazuje jak duży wpływ na grubość przegrody a tym samym na powierzchnię użytkową mają materiały termoizolacyjne.

Okna

Na rynku okien, standardowe zestawy charakteryzują się pakietem jednokomorowym, dwuszybowym, gdzie między szybami zastosowano argon. Pozwala to na osiągnięcie wymaganych poziomów minimalnych określonych w [R10] dla okien na poziomie $U_w \leq 1,3$ [W/(m²K)].

Coraz popularniejsze stają się okna o lepszych parametrach ochrony cieplnej, wyrażonej przez współczynnik przenikania ciepła U . Są to zestawy trójszybowe, ze specjalnymi foliami ograniczającymi straty ciepła, z wypełnieniem gazami. Zestawy takie osiągają parametr ochrony cieplnej na poziomie $U_w \leq 1,1$ [W/(m²K)].

Do domów niskoenergetycznych, pasywnych dedykowane są zestawy osiągające współczynnik przenikania ciepła dla całego zestawu na poziomie $U_w \leq 0,6$ [W/(m²K)]. Tak niskie parametry ochrony cieplnej osiągnięte zostały przy pakietach trzy/czteroszybowych o specjalnych właściwościach. Nowoczesne systemy przeszkleń zapewniające najlepsze warunki zarówno estetyczne jak i cieplne to:

- szyby z powłokami niskoemisyjnymi, w których powłoka ogranicza straty ciepła z pomieszczenia na skutek małej emisji promieniowania niskotemperaturowego z powierzchni szyby,
- szyby spektralnie selektywne charakteryzują się dobrą izolacją termiczną (właściwości niskoemisyjne, ochrona przed przegrzaniem, mała transmisyjność, dobre właściwości refleksyjne dla promieniowania słonecznego).

Wypełnieniem zestawów szybowych są gazy o cieplnych właściwościach izolacyjnych lepszych od powietrza. Zazwyczaj stosuje się wypełnienie z argonu, kryptonu czy ksenonu. Gazy te mają małą przewodność cieplną.

- okna inteligentne z zastosowaniem szkła chromogenicznego (szkło fotochromowe, termochromowe, elektrochromowe). Szkło termochromowe ilość przepuszczalnego promieniowania uzależnia od temperatury powietrza po obu stronach szyby. W konstrukcji szyby ważnym elementem jest powłoka polimerowa, zmieniająca właściwości geometrii strukturalnej, która przepuszcza lub blokuje światło widzialne o różnej długości fali.

Izolacyjność cieplna okien wyrażona jest poprzez współczynnik przenikania ciepła dla całego zestawu okiennego U_w [W/(m²K)], na który składają się:

- współczynnik ramy (profilu) okiennej U_f [W/(m²K)],
- współczynnik szyby U_g [W/(m²K)].

Przykładowe wartości współczynnika przenikania ciepła dla zestawu szybowego i całego okna z uwzględnieniem ramy oraz strat na mostku liniowym, powstałym na połączeniu ramy i zestawu szybowego.

$$U_g = 0,5 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$$

$$U_w = 0,69 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$$

$$U_g = 0,7 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$$

$$U_w = 0,86 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$$

Lp.	Złożenie pakietu szyby zespolonej	Ilość komór	Ilość szyb	U_g	L_t (%)	g (%)
1.	Planilux 4 /16mmAlu/ Planilux 4	1	2	2,7	81	76
2.	Planilux 4 /16mmAlu+Ar/ Plth.Ultra 4	1	2	1,1	80	63
3.	Planilux 6 /16mmAlu+Ar/ Plth.Ultra 6	1	2	1,1	78	60
4.	Planilux 4 /16mmAlu+Ar/ Plth.ONE 4	1	2	1,0	71	49
5.	4 /10mmAlu+Ar/ 4 /10mmAlu+Ar/ 4	2	3	0,8	71	50
6.	4 /16mmAlu+Ar/ 4 /16mmAlu+Ar/ 4	2	3	0,5	58	37
7.	4 /12mmAlu+Kr/ 4 /12mmAlu+Kr/ 4	2	3	0,4	58	37
8.	VSG 33.1 /16mmAlu+Ar/ Plth.Ultra 4	1	3	1,1	78	58
9.	VSG 44.4 /16mmAlu+Ar/ Plth.Ultra 4	1	3	1,1	77	54
10.	ESG Planilux 4 /16mmAlu+Ar/ Plth.Ultra 4	1	2	1,1	80	63

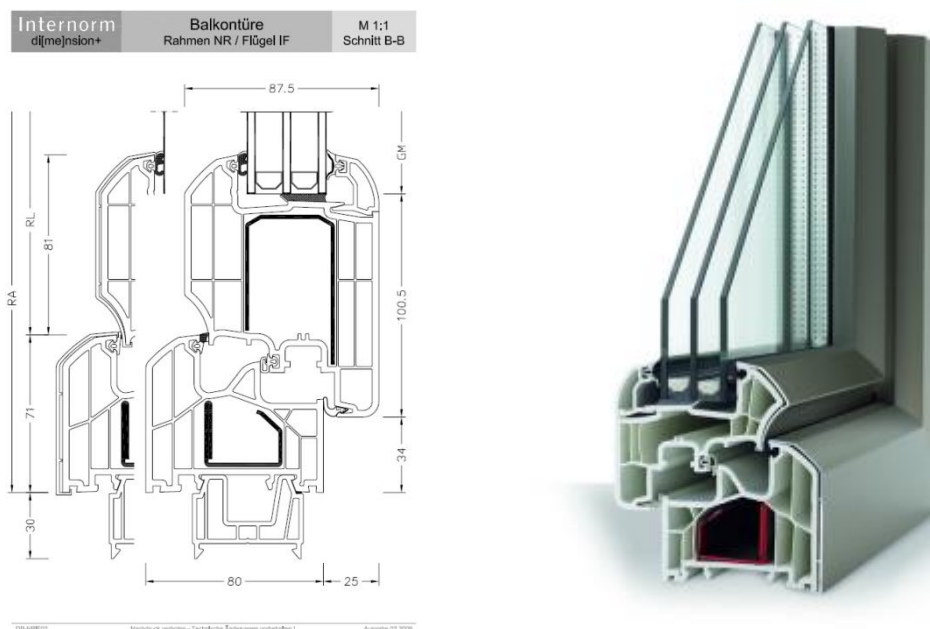
Rys.47 Wpływ ilości komór na wsp. U_g oraz przepuszczalność promieniowania słonecznego g [-].

Nowoczesne okna dedykowane budynkom energooszczędnym osiągają współczynniki przenikania ciepła U_w nawet na poziomie 0,6 [W/(m²K)]. Zazwyczaj wykonane są z pakietów trójszybowych z wypełnieniem gazami takimi jak argon, krypton, ksenon pomiędzy szybami.

Powłoki napyłone na szybach są powłokami niskoemisyjnymi - ciepłochronnymi.

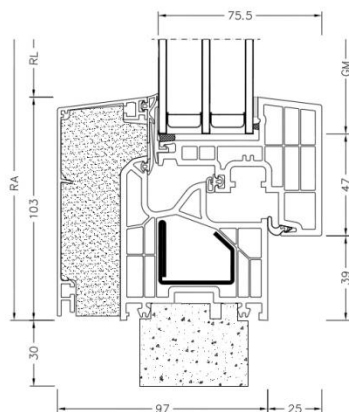
W konstrukcji ramy okiennej wykonanej z drewna lub PCV stosuje się wkładki z materiałów izolacyjnych termicznie takich jak pianki czy aerozele.

Profile z których wykonuje się ramę okienną są zbudowane z komór wypełnionych powietrzem lub wkładkami z materiałów termoizolacyjnych.



Rys.48 Przykładowy przekrój przez ramę wykonaną z PCV.

Internorm
In|er|mo3 Fenster und Fenstertüren
Rahmen NR / Flügel VF M 1:1
Schnitt B-B



TC489702 Nachdruck verboten - Technische Zeichnungen erlaublich! Ausgabe 02.2009

Rys. 49 Przykładowy przekrój przez ramę wykonaną z PCV z pianką termoizolacyjną oraz zewnętrzną nakładką aluminiową odporną na warunki atmosferyczne. Thermo3 to okno 5 komorowe z trzema uszczelkami obwodowymi.

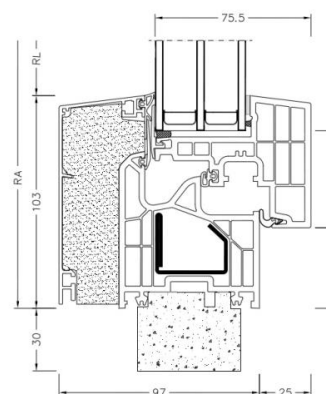
Dla takich nowoczesnych rozwiązań okien deklarowane przez producentów parametry przepuszczalności promieniowania słonecznego to $g = 64 \%$, a wartość transmisji świetlnej to minimum 75% .

Producenci zestawów szybowych oraz szkła, szukają rozwiązań problemu przegrzewania w budynkach energooszczędnych .

Na rynku dostępne są zestawy okienne wyposażone w system zintegrowanych żaluzji jak na rys. 50.



Internorm thjerjmo3 Fenster und Fenstertüren Rahmen NR / Flügel VF M 1:1 Schnitt B-B



Rys.50 Standard energooszczędny- zewnętrzna pojedyncza szyba, (między którą znajduje się żaluzja), współczynnik przenikania ciepła dla całego okna wynosi wówczas z żaluzją podniesioną do góry $U_w=1,0[W/(m^2K)]$, natomiast z zamkniętą żaluzją $U_w=0,81[W/(m^2K)]$.

Innowacje na rynku fasad szklanych i okien

Nowoczesne rozwiązania czy kierunki badań, często jeszcze niedostępnych na rynku, będących w fazie prototypów, ale pokazujących ogromne, czasem zaskakujące możliwości technologiczne okien przedstawiono poniżej.

Okna inteligentne z zastosowaniem szkła chromogenicznego.

Szyby chromogeniczne dzielą się na:

- fotochromowe,
- termochromowe,
- elektrochromowe.

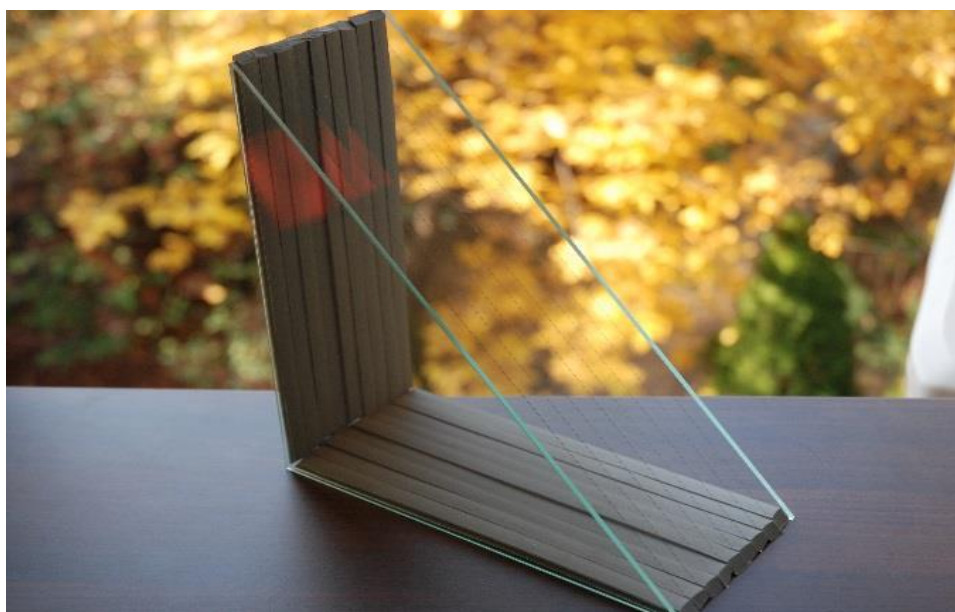
Szkło termochromowe ilość przepuszczalnego promieniowania uzależnia od temperatury powietrza po obu stronach szyby. W konstrukcji szyby ważnym elementem jest powłoka polimerowa, zmieniająca właściwości geometrii strukturalnej, która przepuszcza lub blokuje światło widzialne o różnej długości fali.

Szkło elektrochromowe, należące również do grupy szkieł chromogenicznych, zmienia właściwości pod wpływem zadanego impulsu elektrycznego. Wszystkie opisane powyżej zestawy inteligentnych okien ograniczają wielkość strumienia promieniowania słonecznego przepuszczalnego przez szybę, na skutek zmian w strukturze wewnętrznej szkła. Widocznym efektem jest zmiana barwy szkła, i stopnia zmatowienia, co oczywiście wpływa na przejrzystość i komfort wizualny.

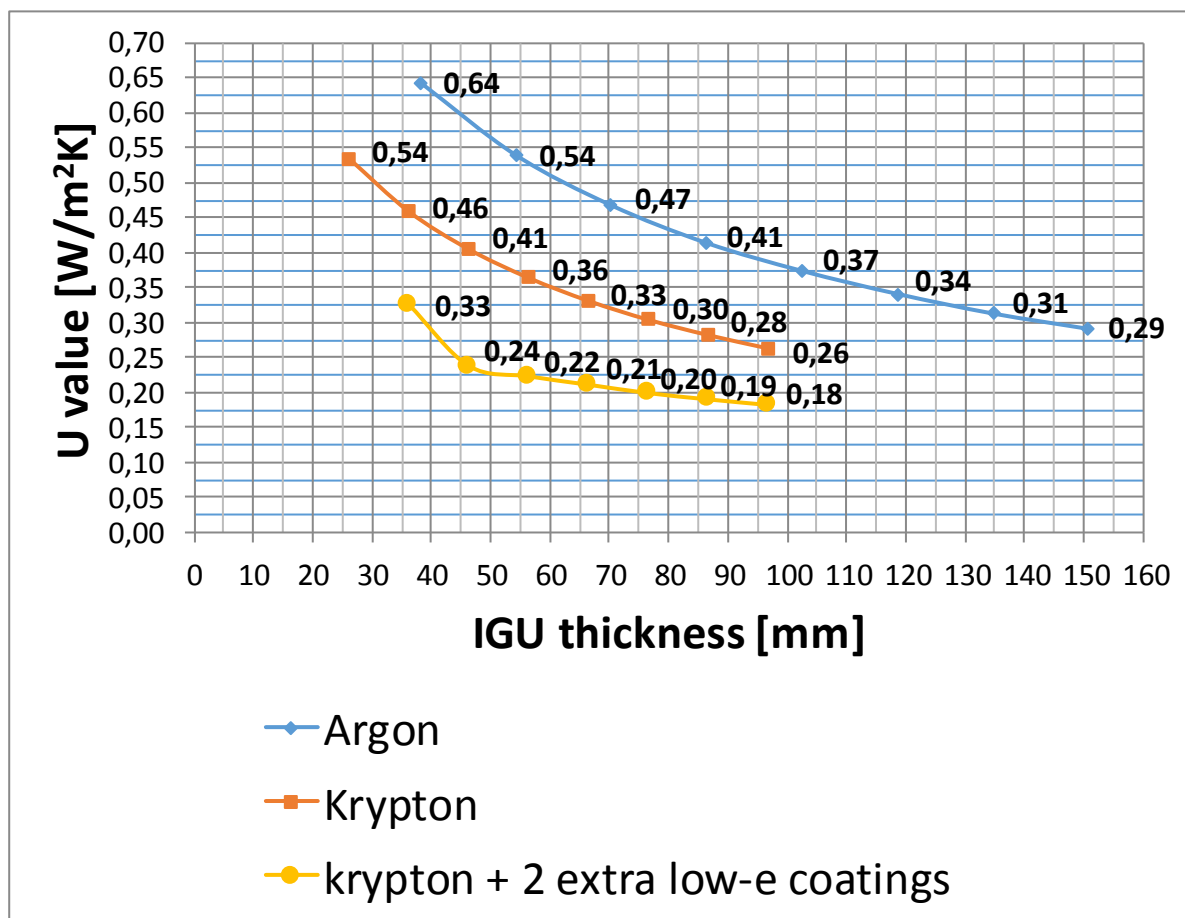
Jednym z przykładów projektów nowych, innowacyjnych technologii szyb zespolonych przeznaczonych do budownictwa niskoenergetycznego i pasywnego są przeszklenia typu Super Windows zaprojektowane przez Polską firmę Vis inventis.

Nowe rozwiązania, będące obecnie jeszcze w fazie prototypów objętych badaniami, pozwalają na osiągnięcie parametrów ochrony cieplnej fasady zbliżonych do parametrów przegród pełnych budynków, a więc na poziomie $0,25 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ przy zachowaniu parametrów optycznych i ciężaru, którymi charakteryzują się konwencjonalne szyby zespolone stosowane obecnie w budownictwie ($LT=50\%$). Ich konstrukcję oparto na zastosowaniu warstw wewnętrznych wykonanych z ultra cienkiego szkła o grubości od 50 do $280 \text{ }\mu\text{m}$, któremu nadano dodatkowo własności obustronnej antyrefleksyjności technologii konstrukcji warstw wewnętrznych. Projekt takich okien zakłada stworzenie szyb zespolonych i fasad szklanych o oporze cieplnym większym od $10 \text{ [m}^2\text{K/W]}$ oraz transmisji widzialnego światła słonecznego powyżej 50% .

W zestawach szyb zespolonych zachodzą procesy wymiany energii poprzez promieniowanie podczerwone i widzialne, przewodzenie ciepła przez gaz i ramę oraz proces konwekcji. W szybach zespolonych typu Superwindows, przenikanie ciepła na drodze radiacji zostało zminimalizowane powłokami niskoemisyjnymi naniesionymi na powierzchniach zewnętrznych szyb zespolonych. Dodatkowo warstwa niskoemisyjna może być naniesiona lub wytworzona za pomocą trawienia na warstwach wewnętrznych wykonanych z ultracienkiego szkła. Ograniczono w ten sposób promieniowanie cieplne w dalekiej podczerwieni. Ograniczenie kondukcji projektanci osiągnęli wypełnieniem przestrzeni międzyszybowej grubą, 12 centymetrową warstwą gazu o niższej przewodności cieplnej niż powietrze. Wzrost przewodzenia ciepła na skutek ruchów konwekcyjnych został ograniczony przez podział komory szyby zespolonej wspomnianymi wyżej warstwami ultracienkiego szkła. Przedstawione rozwiązanie pozwala uzyskać współczynnik U_g dla szyby poniżej $0,2 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ oraz współczynnik przepuszczania promieniowania słonecznego zbliżony do zestawów jednokomorowych, przy równoczesnych bardzo dobrych parametrach optycznych i zachowaniu masy przeszklenia.



Rys. 51 Przekrój przez prototypowy zestaw szyby zespolonej o powiększonej szerokości. Widoczne podziały z ultra cienkiego szkła pomiędzy szybami zewnętrznymi



Rys. 52. Obliczenia współczynnika U dla szyb zespolonych, w zależności od zastosowanego gazu. Wartości obliczeniowe. Modele docelowe

II/2.2. Systemy techniczne instalacyjne zasilające budynek w ciepło, chłód.

Dobór systemów instalacyjnych dla danego obiektu uwarunkowany jest jego przeznaczeniem oraz wynika z jego projektowanej charakterystyki energetycznej i wymagań inwestora.

Budynki mieszkalne jednorodzinne wyposażane są zazwyczaj w indywidualne źródła ciepła takie jak: kocioł na paliwa stałe (wielopaliwowe) lub kotły kondensacyjne na gaz ziemny, pompę ciepła typu powietrze-woda oraz grzejniki stalowe, płytowe z elementami regulacji miejscowej typu 2K (czynnik grzewczy: woda o parametrach instalacji 80/60 °C) lub ogrzewanie niskotemperaturowe płaszczyznowe (czynnik grzewczy: woda o parametrach instalacji 35/25 st. C). Ciepła woda użytkowa przygotowywana jest zazwyczaj w zasobniku c.w.u., elektrycznym podgrzewaczu lub kotle gazowym dwufunkcyjnym.

Budynki mieszkalne wielorodzinne wyposażane są zazwyczaj w indywidualne źródła ciepła takie jak: centralna kotłownia z kotłem na gaz ziemny lub węzły ciepła oraz odbiorniki: grzejniki stalowe, płytowe z elementami regulacji miejscowej typu 2K

(czynnik grzewczy: woda o parametrach instalacji 80/60 st. C). Ciepła woda użytkowa przygotowywana jest zazwyczaj w zasobniku c.w.u., instalacja z obiegiem cyrkulacji.

Budynki użyteczności publicznej wyposażane są zazwyczaj w źródła ciepła takie jak: kotłownia z kotłem kondensacyjnym na gaz ziemny, węzeł cieplny oraz odbiorniki: grzejniki stalowe, płytowe z elementami regulacji miejscowej typu 2K (czynnik grzewczy: woda o parametrach instalacji 80/60 st. C). Ciepła woda użytkowa przygotowywana jest zazwyczaj w zasobniku c.w.u.

Budynki produkcyjne wyposażane są zazwyczaj w źródła ciepła takie jak: kotłownia z kotłem kondensacyjnym na gaz ziemny lub centrala wentylacyjna, oraz odbiorniki: grzejniki stalowe, płytowe z elementami regulacji miejscowej typu 2K (czynnik grzewczy: woda o parametrach instalacji 80/60 st. C), promienniki gazowe lub elektryczne, aparaty grzewczo-wentylacyjne. Ciepła woda użytkowa przygotowywana jest zazwyczaj w zasobniku c.w.u. lub za pomocą miejscowych podgrzewaczy elektrycznych.

II/2.3. Systemy wentylacyjne

W ostatnich latach obserwuje się wzrost realizacji inwestycji budowlanych, w których zastosowano instalacje wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła. Powodem powyższego jest między innymi wprowadzony w Warunkach Technicznych wymóg stosowania urządzeń do odzyskiwania ciepła z powietrza wywiewanego o sprawności temperaturowej co najmniej 50% w instalacjach wentylacji mechanicznej ogólnej nawiewno-wywiewnej o wydajności 500 m³/h i więcej. W niewielkim stopniu zachętą dla inwestorów do zastosowania instalacji wentylacji mechanicznej w budynkach były programy krajowe dotyczące dopłat do domów energooszczędnych. Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła jest chętnie stosowana zarówno w przypadku inwestycji prywatnych, jak i publicznych, i dotyczy najczęściej budynków mieszkalnych (najczęściej jednorodzinnych, rzadziej wielorodzinnych), a także użyteczności publicznej i produkcyjnych. Rynek instalacji wentylacji znakomicie dostosował się do obecnie stawianych wymogów technicznych, które dotyczą także maksymalnej mocy właściwej wentylatorów [kW/(m³/s)] w zależności od jego rodzaju (nawiewny/wywiewny) oraz zastosowania (klimatyzacja/wentylacja nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła/bez odzysku ciepła). Obecnie dostępne są i powszechnie stosowane rekuperatory z wentylatorami typu EC, z wymiennikiem przeciwprądowym z odzyskiem ciepła do 95%, pojedynczym wymiennikiem krzyżowym o sprawności w zakresie 50-72% lub podwójnym wymiennikiem krzyżowym o sprawności do 92% w zależności od temperatur powietrza wewnątrz i na zewnątrz budynku, wilgotności powietrza, proporcji powietrza nawiewanego i wywiewanego. Konstrukcja wspomnianych typów rekuperatorów praktycznie uniemożliwia mieszanie się strumieni powietrza usuwanego z budynków z powietrzem do niego zasysanym. Z uwagi na ograniczenie strat ciepła budynku istotne jest aby po zakończeniu budowy budynek mieszkalny, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej i produkcyjny został obowiązkowo poddany próbie szczelności przeprowadzonej zgodnie z Polską Normą określoną w obowiązującym Rozporządzeniu.

II/2.4. Oświetlenie wbudowane

Zgodnie z wymaganiami zawartymi w warunkach technicznych z 2014 r. dla budynków zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej oraz budynków gospodarczych, magazynowych i produkcyjnych do obliczenia wartości wskaźnika EP konieczne jest uwzględnienie cząstkowej energii na potrzeby oświetlenia ΔE_{PL} (50 lub 100 [kWh/(m²rok)] w zależności od rodzaju budynku dla roku 2014 i 2017 oraz 25 lub 50 [kWh/(m²rok)] dla roku 2021). Zapewnienie odpowiedniego komfortu widzenia a jednocześnie najwyższej efektywności energetycznej systemów oświetlenia możliwe jest poprzez połączenie oświetlenia naturalnego wraz z sztucznym. Do oświetlenia sztucznego występującego na rynku polskim można zaliczyć świetlówki, lampy halogenowe oraz diody LED (Light Emitting Diode).

Obecnie najlepszym rozwiązaniem mającym na obniżenie zużycia energii jest stosowanie instalacji inteligentnego oświetlenia. Pozwala to na zwiększenie funkcjonalności całej instalacji a także komfort użytkowników. Oświetlenie inteligentne jest stosowane zarówno na oprawach świetlówkowych jak i z diodami LED, jednak tylko w tym drugim przypadku możliwe jest uzyskanie większych oszczędności. Spowodowane jest to mniejszą odpornością świetlówek na włączanie/wyłączanie co przekłada się na czas użytkowania a co za tym idzie częstotliwość wymiany świetlówek. Do sterowania instalacjami inteligentnego oświetlenia często wykorzystywane są czujniki reagujące na światło dzienne, które pozwalają na utrzymanie stałego poziomu natężenia oświetlenia zależnego od jasności oświetlenia sztucznego oraz natężenia oświetlenia słonecznego. Instalacje te mogą być również wyposażone w czujniki reagujące na obecność, które włączają światło po wykryciu osoby i wyłączają jeżeli nikt nie znajduje się w pomieszczeniu. Możliwe jest również sterowanie jasnością lub kolorem.

Stosowanie oświetlenie LED w połączeniu z inteligentnym sterowaniem pozwala na uzyskanie najniższych wartości cząstkowej energii na potrzeby oświetlenia, co przekłada się na całkowitą wartość wskaźnika EP.

Rozdział III

OBLICZENIE OPTYMALNEGO POD WZGLĘDEM KOSZTÓW POZIOMU WYMAGAŃ MINIMALNYCH DOTYCZĄCYCH CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ BUDYNKÓW.

III/1. Założenia i dane do określenia optymalnego pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych dotyczących charakterystyki energetycznej budynków.

III/1.1. Wprowadzenie

W niniejszym rozdziale określono optymalny pod względem kosztów poziom wymagań minimalnych dotyczących charakterystyki energetycznej budynków. W tym celu przeanalizowano zbiór danych dotyczących dziesięciu budynków o różnym przeznaczeniu umiejscowionych w różnych strefach klimatycznych Polski oraz określono budynki reprezentatywne i przeprowadzono symulacje wg WT2014, WT2017, WT2021

dla ośmiu źródeł ciepła i trzech źródeł ciepłej wody użytkowej. Określono budynki reprezentatywne i przeprowadzono symulacje wg WT2014, WT2017, WT2021 dla ośmiu źródeł ciepła i trzech źródeł ciepłej wody użytkowej.

Poziom wymagań energetycznych odpowiadający optymalnym kosztom powinien być określony indywidualnie przez każde Państwo Członkowskie. Natomiast należało przyjąć metodologię obliczania optymalnego pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych określoną w następujących dokumentach: Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012 r. uzupełniające dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE oraz wytyczne uzupełniające Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012 r. Na postawie analiz udzielono w Rozdziale V odpowiedzi na sformułowane pytania badawcze w odniesieniu do analizowanego zbioru danych.

III/1.2. Ogólne zasady obliczania kosztów całkowitych w przypadku obliczania finansowego

III/1.3. Założenia i dane do określania optymalnego pod względem kosztów poziomu wymagań dla budynków

III/1.3.1 Aktualne koszty energii i jej nośników

Najczęściej stosowanymi w Polsce paliwami wykorzystywanymi do celów ogrzewania i podgrzewania ciepłej wody użytkowej są: węgiel, biomasa (np. pelety), gaz ziemny, energia elektryczna oraz olej opałowy. Na podstawie analizy bazy danych projektowanych charakterystyk energetycznych oraz ich świadectw zebranych dzięki uprzejmości architektonicznych oraz instalacyjnych pracowni projektowych przyjęto, iż najczęściej stosowanym paliwem charakterystycznym dla budynków o różnym przeznaczeniu jest gaz ziemny. Często wykorzystywana jest również energia elektryczna, węgiel kamienny, biomasa (budynki jednorodzinne). Natomiast olej opałowy i gaz płynny stosowane są w sytuacji braku dostępu do wymienionych wcześniej paliw. Należy spodziewać się wzrostu udziału biogazu jako surowca energetycznego do produkcji ciepła sieciowego w ciepłowniach i w kogeneracji, wynikający z konieczności dostosowania wartości emisji zanieczyszczeń do nowych regulacji prawnych oraz ponoszenie opłat za emisję CO₂. Stale zakłada się również wzrost wykorzystania odnawialnych źródeł energii (w tym energii promieniowania słonecznego pozyskiwanej za pośrednictwem kolektorów słonecznych oraz innowacyjnych technologii fotowoltaicznych), które są istotnym elementem poprawy bezpieczeństwa energetycznego i cechują się niewielką lub zerową emisją zanieczyszczeń, co zapewnia pozytywne efekty ekologiczne.

III/2.2. Analiza energetyczna budynków o różnym przeznaczeniu

Do analizy przyjęto budynki referencyjne reprezentujących **typowe i średnie** budynki w Polsce. Analizowane budynki referencyjne odzwierciedlają rzeczywiste polskie budynki tak aby wyniki obliczeń były reprezentatywne dla każdej grupy. Wybór budynków dotyczy rzeczywistych przykładów reprezentujących najbardziej typowy budynek w konkretnej kategorii. Przy wyborze oparto się na przeprowadzonych

ekspertyzach oraz dostępnych danych statystycznych. Budynki podzielono na następujące kategorie główne:

1. budynki jednorodzinne:

- Budynek mieszkalny jednorodzinny, wolnostojący parterowy
- Budynek mieszkalny jednorodzinny, wolnostojący dwukondygnacyjny

2. budynki mieszkalne wielorodzinne

- mały budynek trzykondygnacyjny o współczynniku zwartości $A/V_e > 0,5 \text{ m}^{-1}$
- blok mieszkalny pięciokondygnacyjny o 75 lokalach mieszkalnych $A/V_e < 0,5 \text{ m}^{-1}$

3. budynki użyteczności publicznej:

- przedszkole dwukondygnacyjne czterooddziałowe.
- szkoła o trzech kondygnacjach i sali gimnastycznej
- przychodnia dwukondygnacyjna
- budynek biurowy czterokondygnacyjny
- budynek biurowy czterokondygnacyjny wraz z parterową częścią sportową
- budynek sportowy

Dla każdego z wyżej wymienionych typów budynków przedstawiono budynek reprezentatywny, którego parametry przegród dostosowane zostały do wymagań zgodnych z WT2014, WT2017 i WT2021. Modelowe budynki posiadają wentylację grawitacyjną.

W każdym przypadku obliczenia przeprowadzono dla wybranych stacji klimatycznych. Zaproponowano 4 lokalizacje:

- a) Kraków,
- b) Warszawa,
- c) Szczecin – to stacja z najmniejszą liczą stopniodni (SD) w strefie klimatycznej I
- d) Zakopane – to stacja z największą liczą stopniodni (SD). Pominięto stacje Kasprowy Wierch i Śnieżka o większej liczbie SD jako mało reprezentatywne.

Każdy z modeli budynków przeanalizowano dla różnych typów ogrzewania i przygotowania c.w.u., które zostały wyposażone w następujące źródła ogrzewania i przygotowania c.w.u.:

Ogrzewanie:

- Kotłownia węglowa
- Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)
- Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)
- Kotłownia na biomasę (pelet)
- Ogrzewanie elektryczne
- Pompa ciepła powietrze-woda
- Pompa ciepła gruntowa
- Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)

Przygotowanie c.w.u.

- Źródła jak w przypadku ogrzewania

- Podgrzewacz przepływowy gazowy
- Bojler elektryczny

III/2.2.1 Budynek mieszkalny jednorodzinny, wolnostojący parterowy dom z poddaszem użytkowym o współczynniku zwartości $A/V_e > 0,5 \text{ m}^{-1}$

Jako pierwszy z modeli domów jednorodzinnych, przyjęto niewielki dom z poddaszem użytkowym.



Rys 53. Dom jednorodzinny. Przykładowa fotografia budynku.

Tabl. 53. Parametry domu jednorodzinnego

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	Powierzchnia A_f	116,70	m^2
2.	Kubatura	422,37	m^3
3.	Średnia temperatura	19,6	$^{\circ}\text{C}$
4.	A/V	0,80	1/m

Tabl. 54. Zestawienie powierzchni

L.p.	Wielkość	Powierzchnia [m^2]
1.	Ściany zewnętrzne	157,34
2.	Stropodach	111,15
4.	Drzwi zewnętrzne	9,14
5.	Okna	24,23

Dla w/w modelu budynku uzyskano następujące wyniki energii użytkowej dla potrzeb ogrzewania i wentylacji.

Tabl. 55. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT).

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh]	WT 2017 [kWh]	WT 2021 [kWh]
Szczecin	8 694,23	7 767,08	6 653,12
Kraków	9 661,88	8 677,08	7 500,06
Warszawa	9 554,44	8 549,87	7 335,25
Zakopane	11 476,81	10 314,61	8 901,47

Tabl. 56. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT) w odniesieniu do powierzchni ogrzewanej

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Szczecin	74,50	66,56	57,01
Kraków	82,79	74,35	64,27
Warszawa	81,87	73,26	62,86
Zakopane	98,34	88,39	76,28

Konieczne jest również uwzględnienie energii użytkowej związanej z przygotowaniem c.w.u.

Tabl. 57. Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb c.w.u.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	k_r - Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu c.w.u.	0,9	-
2.	V_{wi} - Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	1,4	[dm ³ /(m ² dzień)]
3.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	0,15	m ³
4.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	53,67	m ³
5.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	2 810,98	kWh
6.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	24,09	[kWh/m ²]

Kolejnym krokiem jest wyliczenie energii pierwotnej dla potrzeb ogrzewania wentylacji i c.w.u. Zestawienia dotyczące energii pierwotnej przedstawiono osobno dla każdej ze stacji meteorologicznych (tabele 59-62)

Przyjęto następujące wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji zawarte w tabeli 58.

Tabl. 58. Wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji.

Rodzaj źródła	Sprawność źródła	Iloczyn sprawności przesyłu, regulacji i akumulacji
Kotłownia węglowa	0,82	0,88
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,88
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,88
Kotłownia na biomasę (pelet)	0,70	0,88
Ogrzewanie elektryczne	0,99	0,90
Pompa ciepła powietrze-woda	3,20	0,88
Pompa ciepła gruntowa	3,80	0,88
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,98	0,88

Tabl. 59. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej *Szczecin*

Ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	152,61	141,60	128,37
	pod przepływowy gazowy	150,87	139,86	126,63
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	144,14	133,13	119,90
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	131,73	122,23	110,81
	pod przepływowy gazowy	136,74	127,24	115,82
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	130,01	120,50	109,09
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	131,73	122,23	110,81
	pod przepływowy gazowy	136,74	127,24	115,82
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	130,01	120,50	109,09
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	178,78	165,88	150,38
	pod przepływowy gazowy	168,57	155,67	140,18
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	161,83	148,94	133,44
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	124,51	115,59	104,88
	pod przepływowy gazowy	131,24	122,32	111,61
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	124,51	115,59	104,88
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	39,11	36,29	32,90
	pod przepływowy gazowy	74,08	71,26	67,87
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	67,35	64,53	61,14

Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	32,93	30,56	27,70
	pod przepływowy gazowy	69,91	67,53	64,68
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	63,17	60,79	57,94
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	127,70	118,48	107,42
	pod przepływowy gazowy	134,01	124,80	113,73
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	127,28	118,07	107,00

Tabl. 60. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej Kraków

Ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	164,10	152,41	138,43
	pod przepływowy gazowy	162,36	150,67	136,69
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	155,63	143,93	129,95
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	141,65	131,55	119,49
	pod przepływowy gazowy	146,66	136,57	124,50
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	139,93	129,83	117,77
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	141,65	131,55	119,49
	pod przepływowy gazowy	146,66	136,57	124,50
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	139,93	129,83	117,77
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	192,24	178,54	162,16
	pod przepływowy gazowy	182,03	168,33	151,96
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	175,30	161,60	145,22
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	133,81	124,34	113,02
	pod przepływowy gazowy	140,55	131,08	119,76
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	133,81	124,34	113,02
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	42,05	39,05	35,47
	pod przepływowy gazowy	77,03	74,03	70,45
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	70,29	67,30	63,71
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	35,41	32,89	29,87
	pod przepływowy gazowy	72,39	69,86	66,85
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	65,65	63,13	60,11
Ogrzewanie zdalaczynne(PEC)	jak c.o.	137,31	127,53	115,83

	pod przepływowy gazowy	143,63	133,84	122,15
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	136,89	127,11	115,41

Tabl. 61. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Warszawa**

Ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	162,83	150,90	136,48
	pod przepływowy gazowy	161,09	149,16	134,73
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	154,35	142,42	128,00
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	140,55	130,25	117,80
	pod przepływowy gazowy	145,56	135,26	122,81
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	138,82	128,53	116,08
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	140,55	130,25	117,80
	pod przepływowy gazowy	145,56	135,26	122,81
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	138,82	128,53	116,08
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	190,74	176,77	159,87
	pod przepływowy gazowy	180,54	166,56	149,67
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	173,80	159,83	142,93
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	132,78	123,12	111,44
	pod przepływowy gazowy	139,51	129,85	118,17
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	132,78	123,12	111,44
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	41,72	38,67	34,97
	pod przepływowy gazowy	76,70	73,64	69,95
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	69,97	66,91	63,21
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	35,14	32,56	29,45
	pod przepływowy gazowy	72,11	69,54	66,42
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	65,37	62,80	59,69
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	136,24	126,26	114,19
	pod przepływowy gazowy	142,56	132,58	120,51
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	135,83	125,84	113,78

Tabl. 62. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

Ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	185,66	171,85	155,07
	pod przepływowy gazowy	183,91	170,11	153,33
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	177,18	163,38	146,60
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	160,25	148,34	133,85
	pod przepływowy gazowy	165,26	153,35	138,87
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	158,53	146,62	132,13
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	160,25	148,34	133,85
	pod przepływowy gazowy	165,26	153,35	138,87
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	158,53	146,62	132,13
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	217,48	201,32	181,66
	pod przepływowy gazowy	207,28	191,11	171,45
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	200,54	184,37	164,72
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	151,27	140,09	126,50
	pod przepływowy gazowy	158,00	146,83	133,23
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	151,27	140,09	126,50
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	47,57	44,04	39,74
	pod przepływowy gazowy	82,55	79,01	74,71
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	75,82	72,28	67,98
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	40,06	37,08	33,46
	pod przepływowy gazowy	77,04	74,06	70,44
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	70,30	67,32	63,70
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	155,34	143,80	129,76
	pod przepływowy gazowy	161,66	150,11	136,07
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	154,93	143,38	129,34

Po uwzględnieniu energii pomocniczej uzyskano końcowe wyniki Energii Pierwotnej EP. Na zielono zaznaczono takie kombinacje źródeł ogrzewania i c.w.u., gdzie spełnione są wymagania na EP, co zostało przedstawione w tabelach 63-66.

Tab. 63. Energia pierwotna z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej Szczecin

Ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	173,43	161,31	146,76
	pod przepływowy gazowy	170,46	158,35	143,80
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	240,74	228,63	214,08
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	150,45	140,00	127,44
	pod przepływowy gazowy	154,92	144,46	131,90
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	225,20	214,75	202,19
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	150,45	140,00	127,44
	pod przepływowy gazowy	154,92	144,46	131,90
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	225,20	214,75	202,19
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	41,31	33,18	30,08
	pod przepływowy gazowy	81,08	78,50	75,40
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	151,36	148,78	145,68
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	373,52	346,77	314,63
	pod przepływowy gazowy	307,73	280,98	248,84
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	373,52	346,77	314,63
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	122,87	114,41	104,24
	pod przepływowy gazowy	136,26	127,79	117,63
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	206,54	198,08	187,91
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	104,35	97,22	88,66
	pod przepływowy gazowy	123,73	116,60	108,04
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	194,01	186,88	178,32
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	107,71	100,34	91,48
	pod przepływowy gazowy	126,00	118,63	109,77
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	196,29	188,92	180,06

Tabl. 64. Energia pierwotna z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Kraków**

Ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	186,07	173,20	157,83
	pod przepływowy gazowy	183,10	170,23	154,86
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	253,38	240,52	225,14
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	161,36	150,26	136,99
	pod przepływowy gazowy	165,83	154,72	141,45
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	236,11	225,01	211,74
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	161,36	150,26	136,99
	pod przepływowy gazowy	165,83	154,72	141,45
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	236,11	225,01	211,74
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	44,00	35,71	32,43
	pod przepływowy gazowy	83,77	81,03	77,76
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	154,06	151,32	148,04
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	401,44	373,02	339,07
	pod przepływowy gazowy	335,65	307,24	273,28
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	401,44	373,02	339,07
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	131,71	122,72	111,97
	pod przepływowy gazowy	145,09	136,10	125,36
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	215,38	206,39	195,64
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	111,79	104,22	95,17
	pod przepływowy gazowy	131,16	123,59	114,55
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	201,45	193,88	184,83
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	115,40	107,57	98,22
	pod przepływowy gazowy	133,69	125,86	116,51
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	203,98	196,15	186,79

Tabl. 65. Energia pierwotna z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej *Warszawa*

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	184,66	171,54	155,67
	pod przepływowy gazowy	181,69	168,57	152,71
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	251,98	238,86	222,99
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	160,15	148,83	135,13
	pod przepływowy gazowy	164,62	153,29	139,59
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	234,90	223,57	209,88
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	160,15	148,83	135,13
	pod przepływowy gazowy	164,62	153,29	139,59
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	234,90	223,57	209,88
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	43,70	35,35	31,97
	pod przepływowy gazowy	83,47	80,68	77,30
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	153,76	150,96	147,58
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	398,34	369,35	334,31
	pod przepływowy gazowy	332,55	303,57	268,52
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	398,34	369,35	334,31
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	130,73	121,55	110,47
	pod przepływowy gazowy	144,11	134,94	123,85
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	214,40	205,23	194,14
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	110,96	103,24	93,90
	pod przepływowy gazowy	130,34	122,62	113,28
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	200,62	192,90	183,56
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	114,55	106,56	96,91
	pod przepływowy gazowy	132,84	124,85	115,20
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	203,12	195,14	185,48

Tabl. 66. Energia pierwotna z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	209,77	194,59	176,13
	pod przepływowy gazowy	206,80	191,62	173,16
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	277,09	261,91	243,45
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	181,83	168,72	152,79
	pod przepływowy gazowy	186,29	173,19	157,25
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	256,58	243,47	227,54
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	181,83	168,72	152,79
	pod przepływowy gazowy	186,29	173,19	157,25
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	256,58	243,47	227,54
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	49,05	40,26	36,33
	pod przepływowy gazowy	88,82	85,59	81,65
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	159,11	155,87	151,94
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	453,80	420,27	379,50
	pod przepływowy gazowy	388,02	354,48	313,71
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	453,80	420,27	379,50
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	148,27	137,66	124,76
	pod przepływowy gazowy	161,66	151,05	138,15
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	231,95	221,34	208,44
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	125,74	116,80	105,94
	pod przepływowy gazowy	145,12	136,18	125,32
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	215,40	206,47	195,60
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	129,83	120,59	109,36
	pod przepływowy gazowy	148,12	138,88	127,65
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	218,40	209,17	197,93

III/2.2.2. Budynek mieszkalny jednorodzinny, wolnostojący dwukondygnacyjny $A/V_e > 0,5 \text{ m}^{-1}$

Jako drugi z modeli domów jednorodzinnych, przyjęto dwukondygnacyjny dom z poddaszem użytkowym.



Rys. 54 Dom jednorodzinny z poddaszem użytkowym.
Przykładowa fotografia

Tabl. 67 Parametry analizowanego budynku

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	Powierzchnia A_f	150,0	m^2
2.	Kubatura	480,0	m^3
3.	Średnia temperatura	19,8	$^{\circ}\text{C}$
4.	A/V	0,65	1/m

Tabl. 68. Zestawienie powierzchni

L.p.	Wielkość	Powierzchnia [m^2]
1.	Ściany zewnętrzne	318,15
2.	Stropodach	121,00
4.	Drzwi zewnętrzne	3,30
5.	Okna	30,52

Dla w/w modelu budynku uzyskano następujące wyniki energii użytkowej dla potrzeb ogrzewania i wentylacji podane w tabeli 69-70

Tabl. 69. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT).

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh]	WT 2017 [kWh]	WT 2021 [kWh]
Szczecin	10 966,44	9 746,74	8 214,57
Kraków	12 094,15	10 808,20	9 204,94
Warszawa	12 008,91	10 694,31	9 034,27
Zakopane	14 194,48	12 662,00	10 723,88

Tabl. 70. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT) w odniesieniu do powierzchni użytkowej

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Szczecin	73,11	64,98	54,76
Kraków	80,63	72,05	61,37
Warszawa	80,06	71,30	60,23
Zakopane	94,63	84,41	71,49

Konieczne jest również uwzględnienie energii użytkowej związanej z przygotowaniem c.w.u. zawarte w tabeli 71.

Tabl. 71. Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb c.w.u.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	k_r – Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu c.w.u.	0,9	-
2.	V_{wi} – Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	1,4	[dm ³ /(m ² dzień)]
3.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	0,19	m ³
4.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	68,99	m ³
5.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	3 613,09	kWh
6.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	24,09	[kWh/m ²]

Zestawienia dotyczące energii pierwotnej przedstawiono osobno dla każdej ze stacji meteorologicznych (tabele 73-76)

Przyjęto następujące wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji (tabela 72)

Tabl. 72 Wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji

Rodzaj źródła	Sprawność źródła	Iloczyn sprawności przesyłu, regulacji i akumulacji
Kotłownia węglowa	0,82	0,88
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,88
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,88
Kotłownia na biomasę (pelet)	0,70	0,88
Ogrzewanie elektryczne	0,99	0,90
Pompa ciepła powietrze-woda	3,20	0,88
Pompa ciepła gruntowa	3,80	0,88
Ogrzewanie zdalaczynne(PEC)	0,98	0,88

Tabl. 73 Wartość energii pierwotnej dla stacji meteorologicznej Szczecin

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	150,69	139,42	125,26
	pod przepływowy gazowy	148,94	137,67	123,52
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	142,21	130,94	116,78
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	130,07	120,34	108,12
	pod przepływowy gazowy	135,08	125,35	113,13
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	128,34	118,62	106,40
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	130,07	120,34	108,12
	pod przepływowy gazowy	135,08	125,35	113,13
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	128,34	118,62	106,40
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	176,52	163,32	146,73
	pod przepływowy gazowy	166,31	153,11	136,53
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	159,58	146,38	129,79
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	122,95	113,82	102,36
	pod przepływowy gazowy	129,68	120,55	109,09
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	122,95	113,82	102,36
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	38,61	35,73	32,10
	pod przepływowy gazowy	73,59	70,70	67,07
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	66,85	63,97	60,34
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	32,52	30,08	27,03
	pod przepływowy gazowy	69,49	67,06	64,00
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	62,75	60,32	57,27
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	126,08	116,65	104,81
	pod przepływowy gazowy	132,40	122,97	111,13
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	125,67	116,24	104,39

Tabl. 74 Wartość energii pierwotnej dla stacji meteorologicznej Kraków

Ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	161,10	149,22	134,41
	pod przepływowy gazowy	159,36	147,48	132,67
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	152,63	140,75	125,93
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	139,06	128,80	116,02
	pod przepływowy gazowy	144,07	133,82	121,03
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	137,34	127,08	114,30
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	139,06	128,80	116,02
	pod przepływowy gazowy	144,07	133,82	121,03
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	137,34	127,08	114,30
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	188,72	174,80	157,45
	pod przepływowy gazowy	178,52	164,60	147,25
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	171,78	157,86	140,51
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	131,38	121,76	109,77
	pod przepływowy gazowy	138,12	128,50	116,50
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	131,38	121,76	109,77
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	41,28	38,24	34,44
	pod przepływowy gazowy	76,26	73,21	69,42
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	69,52	66,48	62,68
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	34,76	32,20	29,00
	pod przepływowy gazowy	71,74	69,17	65,98
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	65,00	62,44	59,24
Ogrzewanie zdalaczynne(PEC)	jak c.o.	134,80	124,86	112,47
	pod przepływowy gazowy	141,12	131,18	118,78
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	134,38	124,44	112,05

Tabl. 75 Wartość energii pierwotnej dla stacji meteorologicznej Warszawa

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	160,32	148,17	132,83
	pod przepływowy gazowy	158,57	146,43	131,09
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	151,84	139,69	124,36
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	138,38	127,90	114,66
	pod przepływowy gazowy	143,39	132,91	119,67
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	136,66	126,17	112,94
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	138,38	127,90	114,66
	pod przepływowy gazowy	143,39	132,91	119,67
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	136,66	126,17	112,94
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	187,80	173,57	155,61
	pod przepływowy gazowy	177,59	163,37	145,40
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	170,86	156,63	138,67
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	130,75	120,91	108,49
	pod przepływowy gazowy	137,48	127,64	115,22
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	130,75	120,91	108,49
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	41,08	37,97	34,04
	pod przepływowy gazowy	76,06	72,94	69,01
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	69,32	66,21	62,28
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	34,59	31,97	28,66
	pod przepływowy gazowy	71,57	68,95	65,64
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	64,83	62,21	58,90
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	134,14	123,98	111,15
	pod przepływowy gazowy	140,46	130,30	117,47
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	133,72	123,56	110,73

Tabl. 76 Wartość energii pierwotnej dla stacji meteorologicznej Zakopane

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	180,51	166,35	148,44
	pod przepływowy gazowy	178,77	164,61	146,70
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	172,03	157,87	139,97
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	155,81	143,59	128,13
	pod przepływowy gazowy	160,82	148,60	133,14
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	154,09	141,86	126,41
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	155,81	143,59	128,13
	pod przepływowy gazowy	160,82	148,60	133,14
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	154,09	141,86	126,41
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	211,45	194,87	173,89
	pod przepływowy gazowy	201,25	184,66	163,69
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	194,51	177,93	156,95
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	147,10	135,63	121,13
	pod przepływowy gazowy	153,83	142,37	127,87
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	147,10	135,63	121,13
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	46,26	42,63	38,04
	pod przepływowy gazowy	81,23	77,60	73,01
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	74,50	70,87	66,28
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	38,95	35,90	32,03
	pod przepływowy gazowy	75,93	72,87	69,01
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	69,19	66,13	62,27
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	151,04	139,19	124,21
	pod przepływowy gazowy	157,36	145,51	130,53
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	150,62	138,77	123,79

Po uwzględnieniu energii pomocniczej uzyskano końcowe wyniki Energii Pierwotnej EP. Na zielono zaznaczono takie kombinacje źródeł ogrzewania i c.w.u., gdzie spełnione są wymagania na EP (tabele 77-80)

Tabl. 77 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej Szczecin

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	171,30	158,91	143,34
	pod przepływowy gazowy	168,34	155,94	140,37
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	238,62	226,23	210,66
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	148,62	137,92	124,48
	pod przepływowy gazowy	153,09	142,39	128,95
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	223,37	212,67	199,23
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	148,62	137,92	124,48
	pod przepływowy gazowy	153,09	142,39	128,95
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	223,37	212,67	199,23
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	40,85	32,66	29,35
	pod przepływowy gazowy	80,63	77,99	74,67
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	150,91	148,27	144,96
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	368,84	341,46	307,07
	pod przepływowy gazowy	303,05	275,67	241,28
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	368,84	341,46	307,07
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	121,39	112,73	101,85
	pod przepływowy gazowy	134,78	126,11	115,23
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	205,06	196,40	185,52
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	103,10	95,81	86,64
	pod przepływowy gazowy	122,48	115,18	106,02
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	192,76	185,47	176,31
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	106,42	98,88	89,40
	pod przepływowy gazowy	124,71	117,17	107,69
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	194,99	187,45	177,98

Tabl. 78 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Kraków**

Ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	182,77	169,70	153,40
	pod przepływowy gazowy	179,80	166,73	150,44
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	250,08	237,01	220,72
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	158,52	147,23	133,17
	pod przepływowy gazowy	162,98	151,70	137,63
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	233,26	221,98	207,92
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	158,52	147,23	133,17
	pod przepływowy gazowy	162,98	151,70	137,63
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	233,26	221,98	207,92
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	43,30	34,96	31,49
	pod przepływowy gazowy	83,07	80,28	76,81
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	153,35	150,57	147,10
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	394,15	365,28	329,30
	pod przepływowy gazowy	328,36	299,50	263,51
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	394,15	365,28	329,30
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	129,40	120,27	108,88
	pod przepływowy gazowy	142,79	133,65	122,27
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	213,07	203,94	192,55
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	109,84	102,15	92,56
	pod przepływowy gazowy	129,22	121,53	111,94
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	199,51	191,82	182,23
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	113,39	105,44	95,52
	pod przepływowy gazowy	131,68	123,73	113,82
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	201,97	194,02	184,10

Tabl. 79 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej Warszawa

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	181,90	168,54	151,67
	pod przepływowy gazowy	178,93	165,57	148,70
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	249,22	235,86	218,99
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	157,77	146,24	131,67
	pod przepływowy gazowy	162,23	150,70	136,14
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	232,52	220,98	206,42
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	157,77	146,24	131,67
	pod przepływowy gazowy	162,23	150,70	136,14
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	232,52	220,98	206,42
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	43,11	34,71	31,12
	pod przepływowy gazowy	82,88	80,04	76,44
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	153,17	150,32	146,73
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	392,24	362,73	325,46
	pod przepływowy gazowy	326,45	296,94	259,68
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	392,24	362,73	325,46
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	128,79	119,46	107,67
	pod przepływowy gazowy	142,18	132,84	121,05
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	212,47	203,13	191,34
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	109,33	101,47	91,54
	pod przepływowy gazowy	128,71	120,85	110,92
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	199,00	191,14	181,21
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	112,86	104,74	94,47
	pod przepływowy gazowy	131,16	123,03	112,76
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	201,44	193,31	183,05

Tabl. 80 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	204,11	188,54	168,84
	pod przepływowy gazowy	201,14	185,57	165,87
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	271,43	255,85	236,16
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	176,94	163,50	146,50
	pod przepływowy gazowy	181,40	167,96	150,96
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	251,69	238,25	221,24
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	176,94	163,50	146,50
	pod przepływowy gazowy	181,40	167,96	150,96
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	251,69	238,25	221,24
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	47,84	38,97	34,78
	pod przepływowy gazowy	87,61	84,30	80,10
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	157,90	154,58	150,39
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	441,29	406,90	363,39
	pod przepływowy gazowy	375,51	341,11	297,61
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	441,29	406,90	363,39
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	144,32	133,43	119,67
	pod przepływowy gazowy	157,70	146,82	133,05
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	227,99	217,10	203,34
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	122,41	113,24	101,65
	pod przepływowy gazowy	141,78	132,62	121,03
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	212,07	202,90	191,31
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	126,38	116,90	104,92
	pod przepływowy gazowy	144,67	135,20	123,21
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	214,96	205,48	193,49

III/2.2.3. Segment skrajny domu mieszkalnego w zabudowie szeregowej

Ten sam budynek jednorodzinny z dachem płaskim jak wyżej przeanalizowano w zabudowie szeregowej jako skrajny segment.



Rys. 55 Model domu jednorodzinego z poddaszem użytkowym w zabudowie szeregowej

Dla w/w modelu budynku uzyskano następujące wyniki energii użytkowej dla potrzeb ogrzewania i wentylacji.

Tabl. 81 Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT).

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh]	WT 2017 [kWh]	WT 2021 [kWh]
Szczecin	9 619,85	8 909,58	8 048,57
Kraków	10 657,07	9 900,45	8 990,11
Warszawa	10 585,16	9 824,30	8 899,37
Zakopane	12 634,80	11 742,04	10 665,32

Tabl. 82. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT) w odniesieniu do powierzchni ogrzewanej

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Szczecin	64,13	59,40	53,66
Kraków	71,05	66,00	59,93
Warszawa	70,57	65,50	59,33
Zakopane	84,23	78,28	71,10

Energią użytkową związaną z przygotowaniem c.w.u. uwzględnia (tabela 83)

Tabl. 83. Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb c.w.u.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	k_r – Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwę w użytkowaniu c.w.u.	0,9	-
2.	V_{wi} – Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	1,4	dm ³ /(m ² dzień)
3.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	0,19	m ³
4.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	68,99	m ³
5.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	3 613,09	kWh
6.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	24,09	kWh/m ²

Kolejnym krokiem jest wyliczenie energii pierwotnej dla potrzeb ogrzewania wentylacji i c.w.u. Zestawienia dotyczące energii pierwotnej przedstawiono osobno dla każdej ze stacji meteorologicznych w tabelach 85-88

Przyjęto następujące wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji podane w tabeli 84

Tabl. 84 Wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji

Rodzaj źródła	Sprawność źródła	Iloczyn sprawności przesyłu, regulacji i akumulacji
Kotłownia węglowa	0,82	0,88
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,88
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,88
Kotłownia na biomasę (pelet)	0,70	0,88
Ogrzewanie elektryczne	0,99	0,90
Pompa ciepła powietrze-woda	3,20	0,88
Pompa ciepła gruntowa	3,80	0,88
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,98	0,88

Tabl. 85. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej *Szczecin*

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	138,24	131,68	123,73
	pod przepływowy gazowy	136,50	129,94	121,99
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	129,77	123,20	115,25
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	119,33	113,66	106,80
	pod przepływowy gazowy	124,34	118,68	111,81
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	117,61	111,94	105,07
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	119,33	113,66	106,80
	pod przepływowy gazowy	124,34	118,68	111,81
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	117,61	111,94	105,07
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	161,94	154,26	144,94
	pod przepływowy gazowy	151,74	144,05	134,73
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	145,00	137,32	128,00
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	112,87	107,56	101,11
	pod przepływowy gazowy	119,60	114,29	107,85
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	112,87	107,56	101,11
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	35,43	33,74	31,71
	pod przepływowy gazowy	70,40	68,72	66,68
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	63,67	61,98	59,95
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	29,83	28,42	26,70
	pod przepływowy gazowy	66,81	65,39	63,67
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	60,07	58,65	56,94
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	115,67	110,18	103,53
	pod przepływowy gazowy	121,99	116,50	109,85
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	115,26	109,77	103,11

Tabl. 86. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Kraków**

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	147,83	140,84	132,43
	pod przepływowy gazowy	146,08	139,09	130,68
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	139,35	132,36	123,95
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	127,60	121,56	114,30
	pod przepływowy gazowy	132,61	126,58	119,32
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	125,88	119,84	112,58
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	127,60	121,56	114,30
	pod przepływowy gazowy	132,61	126,58	119,32
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	125,88	119,84	112,58
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	173,17	164,98	155,13
	pod przepływowy gazowy	162,96	154,77	144,92
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	156,23	148,04	138,19
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	120,63	114,97	108,16
	pod przepływowy gazowy	127,37	121,70	114,89
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	120,63	114,97	108,16
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	37,88	36,09	33,93
	pod przepływowy gazowy	72,86	71,07	68,91
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	66,12	64,33	62,18
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	31,90	30,39	28,58
	pod przepływowy gazowy	68,87	67,36	65,55
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	62,14	60,63	58,81
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	123,69	117,84	110,81
	pod przepływowy gazowy	130,01	124,16	117,12
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	123,27	117,43	110,39

Tabl. 87. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Warszawa**

Ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	147,16	140,13	131,59
	pod przepływowy gazowy	145,42	138,39	129,85
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	138,69	131,66	123,11
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	127,02	120,96	113,58
	pod przepływowy gazowy	132,04	125,97	118,59
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	125,30	119,24	111,86
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	127,02	120,96	113,58
	pod przepływowy gazowy	132,04	125,97	118,59
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	125,30	119,24	111,86
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	172,39	164,16	154,15
	pod przepływowy gazowy	162,18	153,95	143,94
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	155,45	147,22	137,21
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	120,09	114,40	107,48
	pod przepływowy gazowy	126,83	121,13	114,21
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	120,09	114,40	107,48
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	37,71	35,91	33,72
	pod przepływowy gazowy	72,69	70,89	68,70
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	65,95	64,15	61,96
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	31,76	30,24	28,40
	pod przepływowy gazowy	68,73	67,21	65,37
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	61,99	60,48	58,63
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	123,14	117,25	110,10
	pod przepływowy gazowy	129,45	123,57	116,42
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	122,72	116,84	109,69

Tabl. 88. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	166,10	157,85	147,90
	pod przepływowy gazowy	164,36	156,11	146,16
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	157,62	149,37	139,43
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	143,37	136,25	127,66
	pod przepływowy gazowy	148,38	141,26	132,68
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	141,65	134,53	125,94
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	143,37	136,25	127,66
	pod przepływowy gazowy	148,38	141,26	132,68
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	141,65	134,53	125,94
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	194,57	184,91	173,26
	pod przepływowy gazowy	184,37	174,71	163,05
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	177,63	167,97	156,32
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	135,43	128,75	120,69
	pod przepływowy gazowy	142,16	135,48	127,43
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	135,43	128,75	120,69
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	42,56	40,45	37,90
	pod przepływowy gazowy	77,54	75,43	72,88
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	70,80	68,69	66,14
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	35,84	34,06	31,92
	pod przepływowy gazowy	72,82	71,04	68,89
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	66,08	64,30	62,15
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	138,98	132,08	123,76
	pod przepływowy gazowy	145,30	138,40	130,07
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	138,56	131,66	123,34

Po uwzględnieniu energii pomocniczej uzyskano końcowe wyniki Energii Pierwotnej EP uwzględnione w tabelach 89-92. Na zielono zaznaczono takie kombinacje źródeł ogrzewania i c.w.u., gdzie spełnione są wymagania na EP.

Tabl. 89 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej Szczecin

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	157,62	150,40	141,65
	pod przepływowy gazowy	154,65	147,43	138,68
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	224,94	217,72	208,97
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	136,81	130,58	123,03
	pod przepływowy gazowy	141,27	135,04	127,49
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	211,56	205,33	197,78
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	136,81	130,58	123,03
	pod przepływowy gazowy	141,27	135,04	127,49
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	211,56	205,33	197,78
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	37,94	30,85	28,99
	pod przepływowy gazowy	77,71	76,17	74,31
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	148,00	146,46	144,60
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	338,61	322,67	303,34
	pod przepływowy gazowy	272,82	256,88	237,55
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	338,61	322,67	303,34
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	111,83	106,78	100,67
	pod przepływowy gazowy	125,21	120,17	114,05
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	195,50	190,45	184,34
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	95,05	90,80	85,65
	pod przepływowy gazowy	114,42	110,18	105,03
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	184,71	180,46	175,31
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	98,09	93,70	88,37
	pod przepływowy gazowy	116,38	111,99	106,66
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	186,67	182,27	176,95

Tabl. 90 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Kraków**

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	168,16	160,47	151,22
	pod przepływowy gazowy	165,19	157,50	148,25
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	235,48	227,79	218,54
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	145,91	139,27	131,29
	pod przepływowy gazowy	150,37	143,74	135,75
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	220,66	214,02	206,04
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	145,91	139,27	131,29
	pod przepływowy gazowy	150,37	143,74	135,75
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	220,66	214,02	206,04
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	40,18	33,00	31,03
	pod przepływowy gazowy	79,96	78,32	76,35
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	150,24	148,60	146,63
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	361,89	344,91	324,47
	pod przepływowy gazowy	296,11	279,12	258,69
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	361,89	344,91	324,47
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	119,19	113,82	107,35
	pod przepływowy gazowy	132,58	127,21	120,74
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	202,86	197,49	191,03
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	101,25	96,72	91,28
	pod przepływowy gazowy	120,63	116,10	110,66
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	190,91	186,39	180,94
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	104,50	99,83	94,20
	pod przepływowy gazowy	122,80	118,12	112,49
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	193,08	188,40	182,77

Tabl. 91 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej Warszawa

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	167,43	159,70	150,30
	pod przepływowy gazowy	164,46	156,73	147,33
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	234,75	227,02	217,62
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	145,28	138,60	130,49
	pod przepływowy gazowy	149,74	143,07	134,95
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	220,03	213,35	205,24
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	145,28	138,60	130,49
	pod przepływowy gazowy	149,74	143,07	134,95
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	220,03	213,35	205,24
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	40,03	32,83	30,83
	pod przepływowy gazowy	79,80	78,15	76,15
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	150,09	148,44	146,44
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	360,28	343,20	322,44
	pod przepływowy gazowy	294,49	277,41	256,65
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	360,28	343,20	322,44
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	118,68	113,28	106,71
	pod przepływowy gazowy	132,07	126,66	120,10
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	202,35	196,95	190,38
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	100,82	96,27	90,74
	pod przepływowy gazowy	120,20	115,65	110,12
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	190,48	185,93	180,40
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	104,06	99,35	93,63
	pod przepływowy gazowy	122,35	117,65	111,93
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	192,64	187,93	182,21

Tabl. 92 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	188,26	179,19	168,24
	pod przepływowy gazowy	185,29	176,22	165,28
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	255,58	246,50	235,56
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	163,26	155,43	145,98
	pod przepływowy gazowy	167,72	159,89	150,44
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	238,01	230,18	220,73
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	163,26	155,43	145,98
	pod przepływowy gazowy	167,72	159,89	150,44
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	238,01	230,18	220,73
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	44,47	36,98	34,65
	pod przepływowy gazowy	84,24	82,31	79,97
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	154,52	152,59	150,26
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	406,28	386,25	362,08
	pod przepływowy gazowy	340,50	320,46	296,29
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	406,28	386,25	362,08
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	133,24	126,90	119,25
	pod przepływowy gazowy	146,63	140,28	132,64
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	216,91	210,57	202,92
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	113,08	107,74	101,30
	pod przepływowy gazowy	132,46	127,12	120,68
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	202,74	197,40	190,96
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	116,74	111,21	104,56
	pod przepływowy gazowy	135,03	129,51	122,85
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	205,31	199,79	193,13

III/2.2.4. Budynek mieszkalny wielorodzinny, trzykondygnacyjny z dziewięcioma lokalami mieszkalnymi o współczynniku zwartości $A/V_e > 0,5 \text{ m}^{-1}$

W ramach analizy domów wielorodzinnych wybrano mały budynek trzykondygnacyjny. Do modelu niewielkiego budynku wielorodzinnego przyjęto blok mieszkalny o dziewięciu lokalach mieszkalnych.



*Rys.56 Budynek mieszkalny wielorodzinny.
Przykładowa otografia budynku.*

Tabl. 93. Parametry analizowanego budynku

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	Powierzchnia A_f	430,50	m^2
2.	Kubatura	1 658,18	m^3
3.	Średnia temperatura	19,30	$^{\circ}\text{C}$
4.	A/V	0,53	1/m

Tabl. 94. Zestawienie powierzchni

L.p.	Wielkość	Powierzchnia [m^2]
1.	Ściany zewnętrzne	473,85
2.	Stropodach	188,43
4.	Drzwi zewnętrzne	2,10
5.	Okna	84,17

Dla w/w modelu budynku uzyskano wyniki energii użytkowej dla potrzeb ogrzewania i wentylacji podane w tabelach 95-96.

Tabl. 95. Uzyskane wartości energii użytkowej.

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh]	WT 2017 [kWh]	WT 2021 [kWh]
Szczecin	17 433,04	15 388,31	12 985,26
Kraków	20 229,85	18 088,68	15 567,36
Warszawa	19 442,66	17 240,24	14 684,11
Zakopane	23 716,20	21 054,40	17 915,42

Tabl. 96. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT) w odniesieniu na powierzchnię użytkową.

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Szczecin	40,49	35,75	30,16
Kraków	46,99	42,02	36,16
Warszawa	45,16	40,05	34,11
Zakopane	55,09	48,91	41,62

Konieczne jest również uwzględnienie energii użytkowej związanej z przygotowaniem c.w.u. przedstawione w tabeli 97

Tabl. 97. Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb c.w.u.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	k_r – Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu c.w.u.	0,9	-
2.	V_{wi} – Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	1,6	[dm ³ /(m ² dzień)]
3.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	0,62	m ³
4.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	226,27	m ³
5.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	11 850,93	kWh
6.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	27,53	[kWh/m ²]

Zestawienia dotyczące energii pierwotnej dla potrzeb ogrzewania wentylacji i c.w.u. przedstawiono osobno dla każdej ze stacji meteorologicznych tabele 100-103

Przyjęto następujące wartości (tabela 98) sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji

Tabl. 99 Wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji

Rodzaj źródła	Sprawność źródła	Iloczyn sprawności przesyłu, regulacji i akumulacji
Kotłownia węglowa	0,82	0,84
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na biomasę (pelet)	0,70	0,84
Ogrzewanie elektryczne	0,99	0,90
Pompa ciepła powietrze-woda	3,20	0,84
Pompa ciepła gruntowa	3,80	0,84
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,98	0,84

Tabl. 100 Wartość energii pierwotnej dla stacji meteorologicznej Szczecin

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	107,83	100,97	92,91
	pod przepływowy gazowy	106,08	99,23	91,17
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	99,35	92,49	84,43
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	93,07	87,15	80,20
	pod przepływowy gazowy	98,08	92,17	85,21
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	91,35	85,43	78,48
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	93,07	87,15	80,20
	pod przepływowy gazowy	98,08	92,17	85,21
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	91,35	85,43	78,48
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	126,31	118,28	108,84
	pod przepływowy gazowy	116,10	108,07	98,63
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	109,37	101,34	91,90
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	86,34	81,01	74,74
	pod przepływowy gazowy	93,08	87,74	81,48
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	86,34	81,01	74,74
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	27,63	25,87	23,81
	pod przepływowy gazowy	62,61	60,85	58,78
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	55,87	54,11	52,05
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	23,27	21,79	20,05
	pod przepływowy gazowy	60,24	58,76	57,02
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	53,51	52,03	50,29
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	90,22	84,48	77,74
	pod przepływowy gazowy	96,54	90,80	84,06
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	89,80	84,07	77,32

Tabl. 101 Wartość energii pierwotnej dla stacji meteorologicznej **Kraków**

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	117,20	110,02	101,57
	pod przepływowy gazowy	115,46	108,28	99,83
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	108,73	101,55	93,09
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	101,17	94,97	87,67
	pod przepływowy gazowy	106,18	99,98	92,68
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	99,44	93,25	85,95
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	101,17	94,97	87,67
	pod przepływowy gazowy	106,18	99,98	92,68
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	99,44	93,25	85,95
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	137,30	128,89	118,98
	pod przepływowy gazowy	127,09	118,68	108,78
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	120,36	111,94	102,04
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	93,63	88,05	81,48
	pod przepływowy gazowy	100,37	94,78	88,21
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	93,63	88,05	81,48
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	30,03	28,19	26,03
	pod przepływowy gazowy	65,01	63,17	61,00
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	58,27	56,43	54,27
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	25,29	23,74	21,92
	pod przepływowy gazowy	62,26	60,72	58,89
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	55,53	53,98	52,16
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	98,07	92,06	84,99
	pod przepływowy gazowy	104,39	98,38	91,30
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	97,65	91,64	84,57

Tabl. 102 Wartość energii pierwotnej dla stacji meteorologicznej Warszawa

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	114,56	107,18	98,61
	pod przepływowy gazowy	112,82	105,44	96,87
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	106,09	98,70	90,13
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	98,89	92,51	85,11
	pod przepływowy gazowy	103,90	97,53	90,13
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	97,17	90,79	83,39
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	98,89	92,51	85,11
	pod przepływowy gazowy	103,90	97,53	90,13
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	97,17	90,79	83,39
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	134,20	125,55	115,51
	pod przepływowy gazowy	124,00	115,35	105,31
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	117,26	108,61	98,57
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	91,58	85,84	79,17
	pod przepływowy gazowy	98,31	92,57	85,91
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	91,58	85,84	79,17
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	29,36	27,46	25,27
	pod przepływowy gazowy	64,33	62,44	60,24
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	57,60	55,71	53,51
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	24,72	23,13	21,28
	pod przepływowy gazowy	61,70	60,10	58,25
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	54,96	53,37	51,52
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	95,86	89,68	82,51
	pod przepływowy gazowy	102,18	96,00	88,83
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	95,44	89,26	82,09

Tabl. 103 Wartość energii pierwotnej dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	128,89	119,97	109,44
	pod przepływowy gazowy	127,15	118,23	107,70
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	120,42	111,49	100,97
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	111,26	103,55	94,47
	pod przepływowy gazowy	116,27	108,57	99,48
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	109,53	101,83	92,74
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	111,26	103,55	94,47
	pod przepływowy gazowy	116,27	108,57	99,48
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	109,53	101,83	92,74
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	150,99	140,53	128,20
	pod przepływowy gazowy	140,78	130,33	118,00
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	134,05	123,59	111,26
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	102,72	95,78	87,60
	pod przepływowy gazowy	109,46	102,52	94,33
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	102,72	95,78	87,60
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	33,03	30,74	28,04
	pod przepływowy gazowy	68,01	65,72	63,02
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	61,27	58,98	56,29
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	27,81	25,89	23,62
	pod przepływowy gazowy	64,79	62,86	60,59
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	58,05	56,13	53,86
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	107,85	100,38	91,57
	pod przepływowy gazowy	114,17	106,70	97,89
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	107,43	99,96	91,16

Po uwzględnieniu energii pomocniczej uzyskano końcowe wyniki Energii Pierwotnej EP przedstawione w tabelach 104-107. Kolorem zielonym zaznaczono takie kombinacje źródeł ogrzewania i c.w.u., które zapewniają spełnienie wymagania na EP.

Tabl. 104 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej Szczecin

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	124,16	116,62	107,75
	pod przepływowy gazowy	121,19	113,65	104,79
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	191,48	183,94	175,07
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	107,93	101,42	93,77
	pod przepływowy gazowy	112,39	105,88	98,23
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	182,68	176,17	168,52
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	107,93	101,42	93,77
	pod przepływowy gazowy	112,39	105,88	98,23
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	182,68	176,17	168,52
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	30,81	23,66	21,77
	pod przepływowy gazowy	70,58	68,98	67,09
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	140,87	139,26	137,38
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	259,02	243,03	224,23
	pod przepływowy gazowy	193,24	177,24	158,45
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	259,02	243,03	224,23
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	88,44	83,17	76,98
	pod przepływowy gazowy	101,83	96,56	90,36
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	172,11	166,84	160,65
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	75,35	70,92	65,70
	pod przepływowy gazowy	94,73	90,29	85,08
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	165,02	160,58	155,36
Ogrzewanie zdalacyjne (PEC)	jak c.o.	77,73	73,14	67,74
	pod przepływowy gazowy	96,02	91,43	86,04
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	166,31	161,72	156,32

Tabl. 105 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Kraków**

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	134,48	126,58	117,28
	pod przepływowy gazowy	131,51	123,61	114,31
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	201,79	193,90	184,60
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	116,83	110,02	101,99
	pod przepływowy gazowy	121,30	114,48	106,45
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	191,58	184,77	176,74
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	116,83	110,02	101,99
	pod przepływowy gazowy	121,30	114,48	106,45
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	191,58	184,77	176,74
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	33,01	25,78	23,80
	pod przepływowy gazowy	72,78	71,10	69,12
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	143,07	141,39	139,40
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	280,90	264,15	244,43
	pod przepływowy gazowy	215,11	198,36	178,64
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	280,90	264,15	244,43
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	95,65	90,13	83,63
	pod przepływowy gazowy	109,04	103,52	97,02
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	179,32	173,80	167,30
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	81,43	76,78	71,30
	pod przepływowy gazowy	100,80	96,16	90,68
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	171,09	166,44	160,97
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	84,01	79,20	73,54
	pod przepływowy gazowy	102,30	97,49	91,83
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	172,58	167,78	162,12

Tabl. 106. Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej Warszawa

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	131,57	123,45	114,02
	pod przepływowy gazowy	128,60	120,48	111,05
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	198,89	190,77	181,34
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	114,33	107,32	99,18
	pod przepływowy gazowy	118,79	111,78	103,64
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	189,08	182,06	173,93
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	114,33	107,32	99,18
	pod przepływowy gazowy	118,79	111,78	103,64
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	189,08	182,06	173,93
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	32,39	25,11	23,10
	pod przepływowy gazowy	72,16	70,43	68,43
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	142,45	140,72	138,71
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	274,74	257,51	237,52
	pod przepływowy gazowy	208,95	191,73	171,74
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	274,74	257,51	237,52
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	93,62	87,95	81,36
	pod przepływowy gazowy	107,01	101,33	94,74
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	177,29	171,62	165,03
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	79,72	74,94	69,39
	pod przepływowy gazowy	99,09	94,31	88,77
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	169,38	164,60	159,05
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	82,24	77,30	71,56
	pod przepływowy gazowy	100,53	95,59	89,85
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	170,82	165,87	160,13

Tabl. 107 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

Ogrzewanie	C.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	147,33	137,52	125,94
	pod przepływowy gazowy	144,37	134,55	122,97
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	214,65	204,83	193,26
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	127,93	119,46	109,46
	pod przepływowy gazowy	132,40	123,92	113,93
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	202,68	194,21	184,21
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	127,93	119,46	109,46
	pod przepływowy gazowy	132,40	123,92	113,93
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	202,68	194,21	184,21
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	35,75	28,11	25,64
	pod przepływowy gazowy	75,52	73,43	70,96
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	145,81	143,72	141,25
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	308,16	287,34	262,79
	pod przepływowy gazowy	242,38	221,56	197,01
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	308,16	287,34	262,79
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	104,64	97,78	89,69
	pod przepływowy gazowy	118,02	111,16	103,07
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	188,31	181,45	173,36
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	88,99	83,22	76,40
	pod przepływowy gazowy	108,37	102,59	95,78
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	178,66	172,88	166,07
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	91,83	85,86	78,81
	pod przepływowy gazowy	110,12	104,15	97,10
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	180,41	174,43	167,39

III/2.2.5. Budynek mieszkalny wielorodzinny, pięciokondygnacyjny o 75 lokalach mieszkalnych o współczynniku zwartości $A/V_e < 0,5 \text{ m}^{-1}$

W ramach analizy domów wielorodzinnych wybrano typowy blok mieszkalny. Do modelu dużego budynku wielorodzinnego przyjęto blok mieszkalny pięciokondygnacyjny o 75 lokalach mieszkalnych.



Rys.57 Budynek mieszkalny wielorodzinny. Przykładowa fotografia budynku.

Tabl. 108. Parametry analizowanego budynku mieszkalnego wielorodzinnego.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	Powierzchnia A_f	4 326,60	m^2
2.	Kubatura	15 457,00	m^3
3.	Średnia temperatura	19,20	$^{\circ}\text{C}$
4.	A/V	0,34	1/m

Tabl 109. Zestawienie powierzchni budynku mieszkalnego wielorodzinnego

L.p.	Wielkość	Powierzchnia [m^2]
1.	Ściany zewnętrzne	2903,86
2.	Stropodach	1066,00
4.	Drzwi zewnętrzne	18,90
5.	Okna	766,20

Dla w/w modelu budynku uzyskano wyniki energii użytkowej dla potrzeb ogrzewania i wentylacji przedstawione w tabelach 110-111

Tabl. 110 Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT).

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh]	WT 2017 [kWh]	WT 2021 [kWh]
Szczecin	112 998,07	98 437,60	82 226,81
Kraków	136 752,16	121 150,13	103 547,40
Warszawa	129 487,47	114 195,75	97 307,79
Zakopane	156 168,67	136 976,14	115 502,11

Tabl. 111. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT) w odniesieniu do powierzchni ogrzewanej

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Szczecin	26,12	22,75	19,00
Kraków	31,61	28,00	23,93
Warszawa	29,93	26,39	22,49
Zakopane	36,10	31,66	26,70

Konieczne jest również uwzględnienie energii użytkowej związanej z przygotowaniem c.w.u. zawarte w tabeli 112

Tabl. 112. Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb c.w.u.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	k_r – Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu c.w.u.	0,9	-
2.	V_{wi} – Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	1,6	[dm ³ /(m ² dzień)]
3.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	6,23	m ³
4.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	2274,06	m ³
5.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	119 103,94	kWh
6.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	27,53	[kWh/m ²]

Kolejnym krokiem jest wyliczenie energii pierwotnej dla potrzeb ogrzewania wentylacji i c.w.u. Zestawienia dotyczące energii pierwotnej przedstawiono osobno dla każdej ze stacji meteorologicznych przedstawione w tabelach 114-117.

Przyjęto następujące wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji przedstawione w tabeli 113.

Tabl. 113. Wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji

Rodzaj źródła	Sprawność źródła	Iloczyn sprawności przesyłu, regulacji i akumulacji
Kotłownia węglowa	0,82	0,84
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na biomasę (pelet)	0,70	0,84
Ogrzewanie elektryczne	0,99	0,90
Pompa ciepła powietrze-woda	3,20	0,84
Pompa ciepła gruntowa	3,80	0,84
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,98	0,84

Tabl. 114. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej *Szczecin*

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	103,53	98,67	93,26
	pod przepływowy gazowy	85,33	80,47	75,06
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	78,59	73,73	68,33
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	89,36	85,17	80,50
	pod przepływowy gazowy	80,17	75,98	71,31
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	73,43	69,24	64,57
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	89,36	85,17	80,50
	pod przepływowy gazowy	80,17	75,98	71,31
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	73,43	69,24	64,57
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	121,27	115,58	109,25
	pod przepływowy gazowy	91,79	86,10	79,76
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	85,06	79,37	73,03
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	70,20	66,43	62,22
	pod przepływowy gazowy	76,94	73,16	68,96
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	70,20	66,43	62,22
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	26,53	25,28	23,90
	pod przepływowy gazowy	57,29	56,04	54,66
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	50,55	49,31	47,92
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	22,34	21,29	20,12
	pod przepływowy gazowy	55,76	54,71	53,55
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	49,03	47,98	46,81
Ogrzewanie zdalacynne (PEC)	jak c.o.	86,62	82,56	78,03
	pod przepływowy gazowy	79,17	75,11	70,58
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	72,44	68,37	63,85

Tabl. 115. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Kraków**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	111,45	106,25	100,37
	pod przepływowy gazowy	93,25	88,05	82,17
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	86,52	81,31	75,44
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	96,20	91,71	86,64
	pod przepływowy gazowy	87,01	82,52	77,45
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	80,27	75,78	70,71
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	96,20	91,71	86,64
	pod przepływowy gazowy	87,01	82,52	77,45
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	80,27	75,78	70,71
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	130,56	124,46	117,58
	pod przepływowy gazowy	101,08	94,98	88,10
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	94,34	88,24	81,36
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	76,37	72,32	67,75
	pod przepływowy gazowy	83,10	79,05	74,49
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	76,37	72,32	67,75
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	28,56	27,23	25,72
	pod przepływowy gazowy	59,32	57,98	56,48
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	52,58	51,25	49,74
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	24,05	22,93	21,66
	pod przepływowy gazowy	57,47	56,35	55,08
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	50,74	49,61	48,35
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	93,26	88,90	83,99
	pod przepływowy gazowy	85,80	81,45	76,53
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	79,07	74,71	69,80

Tabl. 116. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Warszawa**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	109,03	103,93	98,29
	pod przepływowy gazowy	90,83	85,73	80,09
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	84,09	78,99	73,36
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	94,11	89,71	84,84
	pod przepływowy gazowy	84,92	80,51	75,65
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	78,18	73,78	68,92
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	94,11	89,71	84,84
	pod przepływowy gazowy	84,92	80,51	75,65
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	78,18	73,78	68,92
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	127,72	121,74	115,14
	pod przepływowy gazowy	98,24	92,26	85,66
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	91,50	85,52	78,92
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	74,48	70,51	66,13
	pod przepływowy gazowy	81,22	77,25	72,87
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	74,48	70,51	66,13
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	27,94	26,63	25,19
	pod przepływowy gazowy	58,70	57,39	55,95
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	51,96	50,66	49,21
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	23,53	22,43	21,21
	pod przepływowy gazowy	56,95	55,85	54,63
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	50,21	49,11	47,90
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	91,23	86,96	82,24
	pod przepływowy gazowy	83,78	79,51	74,79
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	77,04	72,77	68,06

Tabl. 117. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	117,93	111,53	104,36
	pod przepływowy gazowy	99,73	93,33	86,16
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	93,00	86,59	79,43
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	101,79	96,27	90,08
	pod przepływowy gazowy	92,60	87,07	80,89
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	85,87	80,34	74,16
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	101,79	96,27	90,08
	pod przepływowy gazowy	92,60	87,07	80,89
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	85,87	80,34	74,16
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	138,15	130,65	122,25
	pod przepływowy gazowy	108,66	101,16	92,77
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	101,93	94,43	86,03
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	81,40	76,42	70,85
	pod przepływowy gazowy	88,14	83,16	77,59
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	81,40	76,42	70,85
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	30,22	28,58	26,74
	pod przepływowy gazowy	60,98	59,34	57,50
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	54,24	52,60	50,77
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	25,45	24,07	22,52
	pod przepływowy gazowy	58,87	57,49	55,94
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	52,14	50,75	49,21
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	98,68	93,32	87,32
	pod przepływowy gazowy	91,22	85,87	79,87
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	84,49	79,13	73,14

Po uwzględnieniu energii pomocniczej uzyskano końcowe wyniki Energii Pierwotnej EP uwzględnione w tabelach 118-121 Na zielono zaznaczono takie kombinacje źródeł ogrzewania i c.w.u., gdzie spełnione są wymagania na EP.

Tabl. 118 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej Szczecin

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	119,43	114,09	108,14
	pod przepływowy gazowy	98,36	93,02	87,07
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	168,65	163,30	157,35
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	103,85	99,23	94,10
	pod przepływowy gazowy	92,69	88,07	82,94
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	162,97	158,36	153,22
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	103,85	99,23	94,10
	pod przepływowy gazowy	92,69	88,07	82,94
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	162,97	158,36	153,22
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	29,81	23,12	21,85
	pod przepływowy gazowy	65,72	64,58	63,32
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	136,01	134,87	133,60
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	210,61	199,28	186,66
	pod przepływowy gazowy	144,83	133,49	120,88
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	210,61	199,28	186,66
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	85,14	81,40	77,25
	pod przepływowy gazowy	85,87	82,14	77,98
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	156,16	152,42	148,27
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	72,57	69,43	65,92
	pod przepływowy gazowy	81,30	78,15	74,65
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	151,58	148,44	144,94
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	74,85	71,60	67,98
	pod przepływowy gazowy	82,13	78,87	75,25
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	152,41	149,16	145,54

Tabl. 119 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Kraków**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	128,15	122,42	115,96
	pod przepływowy gazowy	107,08	101,35	94,89
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	177,36	171,64	165,18
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	111,37	106,43	100,85
	pod przepływowy gazowy	100,21	95,27	89,69
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	170,50	165,55	159,98
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	111,37	106,43	100,85
	pod przepływowy gazowy	100,21	95,27	89,69
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	170,50	165,55	159,98
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	31,66	24,89	23,52
	pod przepływowy gazowy	67,58	66,36	64,98
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	137,86	136,65	135,27
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	229,10	216,96	203,26
	pod przepływowy gazowy	163,31	151,17	137,47
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	229,10	216,96	203,26
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	91,23	87,23	82,71
	pod przepływowy gazowy	91,97	87,96	83,45
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	162,25	158,25	153,73
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	77,70	74,33	70,53
	pod przepływowy gazowy	86,43	83,06	79,25
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	156,71	153,34	149,54
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	80,16	76,67	72,74
	pod przepływowy gazowy	87,43	83,95	80,02
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	157,72	154,23	150,30

Tabl. 120 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Warszawa**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	125,48	119,87	113,67
	pod przepływowy gazowy	104,41	98,80	92,60
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	174,70	169,09	162,89
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	109,07	104,23	98,88
	pod przepływowy gazowy	97,91	93,07	87,72
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	168,20	163,35	158,00
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	109,07	104,23	98,88
	pod przepływowy gazowy	97,91	93,07	87,72
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	168,20	163,35	158,00
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	31,10	24,35	23,03
	pod przepływowy gazowy	67,01	65,82	64,50
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	137,30	136,10	134,78
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	223,44	211,54	198,40
	pod przepływowy gazowy	157,66	145,76	132,62
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	223,44	211,54	198,40
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	89,37	85,44	81,11
	pod przepływowy gazowy	90,10	86,18	81,85
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	160,39	156,47	152,13
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	76,13	72,83	69,18
	pod przepływowy gazowy	84,86	81,55	77,91
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	155,14	151,84	148,19
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	78,53	75,12	71,35
	pod przepływowy gazowy	85,81	82,39	78,62
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	156,09	152,68	148,91

Tabl. 121 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	135,27	128,23	120,35
	pod przepływowy gazowy	114,20	107,16	99,28
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	184,49	177,45	169,57
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	117,52	111,44	104,64
	pod przepływowy gazowy	106,36	100,28	93,48
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	176,65	170,57	163,76
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	117,52	111,44	104,64
	pod przepływowy gazowy	106,36	100,28	93,48
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	176,65	170,57	163,76
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	33,18	26,13	24,45
	pod przepływowy gazowy	69,10	67,60	65,92
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	139,38	137,88	136,20
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	244,21	229,27	212,56
	pod przepływowy gazowy	178,42	163,49	146,77
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	244,21	229,27	212,56
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	96,21	91,29	85,78
	pod przepływowy gazowy	96,95	92,02	86,51
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	167,23	162,31	156,80
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	81,90	77,75	73,11
	pod przepływowy gazowy	90,62	86,48	81,84
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	160,91	156,76	152,12
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	84,49	80,21	75,41
	pod przepływowy gazowy	91,77	87,48	82,69
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	162,05	157,77	152,97

III/2.2.6. Budynek użyteczności publicznej – przedszkole



Rys.58 Budynek użyteczności publicznej – przedszkole.
Przykładowa fotografia budynku

Tabl. 122. Parametry budynku mieszkalnego wielorodzinnego

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	Powierzchnia A_f	724,32	m^2
2.	Kubatura	3 267,08	m^3
3.	Średnia temperatura	19,50	$^{\circ}C$
4.	A/V	0,53	1/m

Tabl. 123. Zestawienie powierzchni budynku wielorodzinnego

L.p.	Wielkość	Powierzchnia [m^2]
1.	Ściany zewnętrzne	535,56
2.	Stropodach	435,61
4.	Drzwi zewnętrzne	15,79
5.	Okna	232,39

Dla w/w modelu budynku uzyskano następujące wyniki energii użytkowej dla potrzeb ogrzewania i wentylacji przedstawione w tabelach 124-125

Tabl. 124. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT).

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh]	WT 2017 [kWh]	WT 2021 [kWh]
Szczecin	38 020,39	33 239,70	27 967,02
Kraków	42 423,51	37 384,88	31 846,23
Warszawa	41 381,62	36 356,88	30 864,92
Zakopane	47 271,00	41 347,26	34 811,44

Tabl. 125. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT) w odniesieniu powierzchni użytkowej budynku.

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Szczecin	52,49	45,89	38,61
Kraków	58,57	51,61	43,97
Warszawa	57,13	50,19	42,61

Konieczne jest również uwzględnienie energii użytkowej związanej z przygotowaniem c.w.u.

Tabl. 126. Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb c.w.u.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	k_f – Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu c.w.u.	0,55	-
2.	V_{wi} – Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	0,8	[dm ³ /(m ² dzień)]
3.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	0,32	m ³
4.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	116,33	m ³
5.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	6 092,56	kWh
6.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	8,41	[kWh/m ²]

Wyliczenie energii końcowej dla potrzeb ogrzewania wentylacji i c.w.u. przedstawiono osobno dla każdej ze stacji meteorologicznych w tabelach 128-131.

Dla potrzeb c.o. i wentylacji przyjęto następujące wartości sprawności źródła i instalacji zawarte w tabeli 127

Tabl. 127 wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji

Rodzaj źródła	Sprawność źródła	Iloczyn sprawności przesyłu, regulacji i akumulacji
Kotłownia węglowa	0,82	0,84
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na biomasę (pelet)	0,70	0,84
Ogrzewanie elektryczne	0,99	0,90
Pompa ciepła powietrze-woda	3,20	0,84
Pompa ciepła gruntowa	3,80	0,84
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,98	0,84

Tabl.128. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej Szczecin

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	90,86	81,33	70,82
	pod przepływowy gazowy	87,42	77,89	67,38
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	85,77	76,24	65,73
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	78,43	70,20	61,13
	pod przepływowy gazowy	77,05	68,82	59,75
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	75,40	67,18	58,11
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	78,43	70,20	61,13
	pod przepływowy gazowy	77,05	68,82	59,75
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	75,40	67,18	58,11
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	106,43	95,27	82,96
	pod przepływowy gazowy	100,41	89,24	76,93
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	98,76	87,60	75,29
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	68,91	61,50	53,33
	pod przepływowy gazowy	70,55	63,15	54,98
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	68,91	61,50	53,33
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	23,28	20,84	18,15
	pod przepływowy gazowy	31,06	28,62	25,92
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	29,41	26,97	24,28
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	19,61	17,55	15,28
	pod przepływowy gazowy	27,99	25,94	23,67
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	26,35	24,29	22,02
Ogrzewanie zdalacyjne (PEC)	jak c.o.	76,02	68,05	59,26
	pod przepływowy gazowy	75,04	67,07	58,28
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	73,40	65,43	56,63

Tabl.129. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Kraków**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	99,63	89,59	78,55
	pod przepływowy gazowy	96,19	86,15	75,11
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	94,54	84,50	73,46
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	86,00	77,33	67,80
	pod przepływowy gazowy	84,62	75,95	66,43
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	82,97	74,31	64,78
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	86,00	77,33	67,80
	pod przepływowy gazowy	84,62	75,95	66,43
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	82,97	74,31	64,78
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	116,71	104,95	92,02
	pod przepływowy gazowy	110,69	98,92	85,99
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	109,04	97,28	84,34
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	75,73	67,92	59,34
	pod przepływowy gazowy	77,38	69,57	60,99
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	75,73	67,92	59,34
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	25,53	22,96	20,13
	pod przepływowy gazowy	33,31	30,73	27,91
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	31,66	29,09	26,26
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	21,50	19,33	16,95
	pod przepływowy gazowy	29,89	27,72	25,34
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	28,24	26,07	23,69
Ogrzewanie zdalacynne (PEC)	jak c.o.	83,37	74,96	65,73
	pod przepływowy gazowy	82,39	73,98	64,75
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	80,74	72,34	63,10

Tabl.130. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Warszawa**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	97,56	87,54	76,60
	pod przepływowy gazowy	94,11	84,10	73,16
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	92,47	82,45	71,51
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	84,21	75,56	66,12
	pod przepływowy gazowy	82,83	74,19	64,74
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	81,18	72,54	63,09
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	84,21	75,56	66,12
	pod przepływowy gazowy	82,83	74,19	64,74
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	81,18	72,54	63,09
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	114,28	102,55	89,73
	pod przepływowy gazowy	108,25	96,52	83,70
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	106,61	94,88	82,05
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	74,12	66,33	57,82
	pod przepływowy gazowy	75,76	67,98	59,47
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	74,12	66,33	57,82
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	25,00	22,43	19,63
	pod przepływowy gazowy	32,78	30,21	27,40
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	31,13	28,56	25,76
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	21,05	18,89	16,53
	pod przepływowy gazowy	29,44	27,28	24,92
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	27,79	25,63	23,27
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	81,63	73,25	64,09
	pod przepływowy gazowy	80,65	72,27	63,11
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	79,00	70,62	61,47

Tabl.131. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	109,29	97,49	84,46
	pod przepływowy gazowy	105,85	94,05	81,02
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	104,21	92,40	79,37
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	94,34	84,15	72,91
	pod przepływowy gazowy	92,96	82,77	71,53
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	91,31	81,12	69,88
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	94,34	84,15	72,91
	pod przepływowy gazowy	92,96	82,77	71,53
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	91,31	81,12	69,88
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	128,03	114,20	98,94
	pod przepływowy gazowy	122,00	108,17	92,91
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	120,36	106,53	91,27
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	83,24	74,06	63,94
	pod przepływowy gazowy	84,89	75,71	65,58
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	83,24	74,06	63,94
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	28,01	24,98	21,64
	pod przepływowy gazowy	35,78	32,76	29,42
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	34,14	31,11	27,77
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	23,58	21,04	18,23
	pod przepływowy gazowy	31,97	29,42	26,61
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	30,33	27,78	24,97
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	91,45	81,57	70,67
	pod przepływowy gazowy	90,47	80,59	69,69
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	88,82	78,95	68,05

Po uwzględnieniu energii pomocniczej uzyskano końcowe wyniki Energii Pierwotnej EP. Na zielono zaznaczono takie kombinacje źródeł ogrzewania i c.w.u., które pozwalają spełnienie wymagania na EP. Wyniki przedstawiono w tabelach 132-135.

Tabl. 132 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej Szczecin

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	105,50	95,02	83,46
	pod przepływowy gazowy	100,66	90,18	78,62
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	117,84	107,36	95,80
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	91,82	82,77	72,80
	pod przepływowy gazowy	89,25	80,21	70,23
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	106,43	97,39	87,41
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	91,82	82,77	72,80
	pod przepływowy gazowy	89,25	80,21	70,23
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	106,43	97,39	87,41
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	26,84	19,05	16,59
	pod przepływowy gazowy	35,06	32,83	30,36
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	52,24	50,01	47,55
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	206,73	184,50	159,99
	pod przepływowy gazowy	194,04	171,82	147,31
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	206,73	184,50	159,99
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	75,40	68,07	60,00
	pod przepływowy gazowy	75,56	68,23	60,15
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	92,74	85,41	77,34
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	64,37	58,20	51,40
	pod przepływowy gazowy	66,36	60,19	53,39
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	83,54	77,37	70,57
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	66,37	59,99	52,96
	pod przepływowy gazowy	68,03	61,65	54,62
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	85,21	78,83	71,80

Tabl. 133. Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Kraków**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	115,15	104,10	91,96
	pod przepływowy gazowy	110,31	99,26	87,12
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	127,49	116,45	104,30
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	100,15	90,62	80,14
	pod przepływowy gazowy	97,58	88,05	77,57
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	114,76	105,23	94,75
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	100,15	90,62	80,14
	pod przepływowy gazowy	97,58	88,05	77,57
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	114,76	105,23	94,75
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	28,89	20,99	18,40
	pod przepływowy gazowy	37,11	34,76	32,18
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	54,30	51,94	49,36
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	227,19	203,77	178,02
	pod przepływowy gazowy	214,51	191,09	165,34
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	227,19	203,77	178,02
Pompa ciepła powietrze- woda	jak c.o.	82,14	74,43	65,94
	pod przepływowy gazowy	82,30	74,58	66,10
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	99,48	91,76	83,28
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	70,05	63,55	56,40
	pod przepływowy gazowy	72,04	65,54	58,39
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	89,22	82,72	75,57
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	72,24	65,52	58,13
	pod przepływowy gazowy	73,90	67,18	59,79
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	91,08	84,36	76,97

Tabl. 134. Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Warszawa**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	112,86	101,85	89,81
	pod przepływowy gazowy	108,03	97,01	84,97
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	125,21	114,19	102,15
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	98,18	88,67	78,28
	pod przepływowy gazowy	95,61	86,10	75,71
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	112,79	103,28	92,89
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	98,18	88,67	78,28
	pod przepływowy gazowy	95,61	86,10	75,71
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	112,79	103,28	92,89
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	28,41	20,51	17,95
	pod przepływowy gazowy	36,63	34,28	31,72
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	53,81	51,46	48,90
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	222,35	198,99	173,46
	pod przepływowy gazowy	209,67	186,31	160,78
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	222,35	198,99	173,46
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	80,55	72,85	64,44
	pod przepływowy gazowy	80,71	73,01	64,59
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	97,89	90,19	81,78
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	68,71	62,22	55,14
	pod przepływowy gazowy	70,70	64,21	57,13
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	87,88	81,39	74,31
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	70,86	64,15	56,82
	pod przepływowy gazowy	72,51	65,81	58,48
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	89,69	82,99	75,66

Tabl. 135 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	125,78	112,79	98,46
	pod przepływowy gazowy	120,94	107,95	93,62
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	138,12	125,13	110,80
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	109,32	98,11	85,75
	pod przepływowy gazowy	106,76	95,55	83,18
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	123,94	112,73	100,36
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	109,32	98,11	85,75
	pod przepływowy gazowy	106,76	95,55	83,18
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	123,94	112,73	100,36
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	31,16	22,84	19,79
	pod przepływowy gazowy	39,38	36,61	33,56
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	56,56	53,79	50,74
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	249,73	222,19	191,81
	pod przepływowy gazowy	237,05	209,51	179,13
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	249,73	222,19	191,81
Pompa ciepła powietrze- woda	jak c.o.	89,57	80,50	70,48
	pod przepływowy gazowy	89,73	80,65	70,64
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	106,91	97,84	87,82
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	76,31	68,66	60,23
	pod przepływowy gazowy	78,29	70,65	62,22
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	95,48	87,83	79,40
Ogrzewanie zdalacynne (PEC)	jak c.o.	78,71	70,81	62,09
	pod przepływowy gazowy	80,37	72,47	63,75
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	97,55	89,65	80,93

III/2.2.7. Budynek użyteczności publicznej – szkoła

Do modelu szkoły przyjęto szkołę o trzech kondygnacjach i sali gimnastycznej.



Rys. 59. Szkoła. Przykładowa fotografia budynku.

Tabl. 134. Parametry szkoły

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	Powierzchnia A_f	2799,92	m^2
2.	Kubatura	11 437,27	m^3
3.	Średnia temperatura	18,50	$^{\circ}C$
4.	A/V	0,46	1/m

Tabl. 135. Zestawienie powierzchni

L.p.	Wielkość	Powierzchnia [m^2]
1.	Ściany zewnętrzne	1952,18
2.	Stropodach	1396,54
4.	Drzwi zewnętrzne	39,44
5.	Okna	741,32

Dla w/w modelu budynku uzyskano następujące wyniki energii użytkowej dla potrzeb ogrzewania i wentylacji przedstawione w tabelach 136-137.

Tabl. 136. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT).

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh]	WT 2017 [kWh]	WT 2021 [kWh]
Szczecin	98 155,71	85 269,49	71 105,54
Kraków	123 647,96	109 415,15	93 575,59
Warszawa	115 126,93	101 226,11	85 919,65
Zakopane	144 899,63	127 606,50	108 450,78

Tabl. 137. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT) w odniesieniu do powierzchni użytkowej.

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Szczecin	35,06	30,45	25,40
Kraków	44,16	39,08	33,42
Warszawa	41,12	36,15	30,69
Zakopane	51,75	45,58	38,73

Konieczne jest również uwzględnienie energii użytkowej związanej z przygotowaniem c.w.u. przedstawione w tabeli 138.

Tabela 138. Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb c.w.u.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	k_r – Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu c.w.u.	0,55	-
2.	V_{wi} – Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	0,8	[dm ³ /(m ² dzień)]
3.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	1,23	m ³
4.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	449,67	m ³
5.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	23 551,32	kWh
6.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	8,41	[kWh/m ²]

Kolejnym krokiem jest wyliczenie energii pierwotnej dla potrzeb ogrzewania wentylacji i c.w.u. Zestawienia dotyczące energii pierwotnej przedstawiono osobno dla każdej ze stacji meteorologicznych (tabele 140-143)

Przyjęto następujące wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji przedstawione w tabeli 139.

Tabl. 139. Wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji

Rodzaj źródła	Sprawność źródła	Iloczyn sprawności przesyłu, regulacji i akumulacji
Kotłownia węglowa	0,82	0,84
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na biomasę (pelet)	0,70	0,84
Ogrzewanie elektryczne	0,99	0,90
Pompa ciepła powietrze-woda	3,20	0,84
Pompa ciepła gruntowa	3,80	0,84
Ogrzewanie zdalacynne (PEC)	0,98	0,84

Tabl.140. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej Szczecin

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	65,69	59,05	51,74
	pod przepływowy gazowy	62,25	55,60	48,30
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	60,60	53,96	46,66
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	56,70	50,97	44,66
	pod przepływowy gazowy	55,32	49,59	43,29
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	53,68	47,94	41,64
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	56,70	50,97	44,66
	pod przepływowy gazowy	55,32	49,59	43,29
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	53,68	47,94	41,64
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	76,95	69,17	60,62
	pod przepływowy gazowy	70,92	63,14	54,59
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	69,28	61,49	52,94
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	49,34	44,18	38,50
	pod przepływowy gazowy	50,99	45,82	40,14
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	49,34	44,18	38,50
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	16,83	15,13	13,26
	pod przepływowy gazowy	24,61	22,91	21,04
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	22,96	21,26	19,39
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	14,18	12,74	11,17
	pod przepływowy gazowy	22,56	21,13	19,55
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	20,92	19,48	17,91
Ogrzewanie zdalacyjne (PEC)	jak c.o.	54,97	49,41	43,30
	pod przepływowy gazowy	53,99	48,43	42,32
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	52,34	46,78	40,67

Tabl.141. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Kraków**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	78,83	71,50	63,33
	pod przepływowy gazowy	75,39	68,05	59,89
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	73,74	66,41	58,24
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	68,05	61,71	54,66
	pod przepływowy gazowy	66,67	60,33	53,28
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	65,02	58,69	51,64
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	68,05	61,71	54,66
	pod przepływowy gazowy	66,67	60,33	53,28
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	65,02	58,69	51,64
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	92,35	83,75	74,19
	pod przepływowy gazowy	86,32	77,72	68,16
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	84,67	76,08	66,51
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	59,56	53,85	47,51
	pod przepływowy gazowy	61,21	55,50	49,15
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	59,56	53,85	47,51
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	20,20	18,32	16,23
	pod przepływowy gazowy	27,98	26,10	24,00
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	26,33	24,45	22,36
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	17,01	15,43	13,67
	pod przepływowy gazowy	25,40	23,82	22,05
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	23,75	22,17	20,41
Ogrzewanie zdalacyjne (PEC)	jak c.o.	65,96	59,82	52,99
	pod przepływowy gazowy	64,98	58,84	52,01
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	63,34	57,20	50,36

Tabl.142. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Warszawa**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	74,44	67,27	59,38
	pod przepływowy gazowy	71,00	63,83	55,94
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	69,35	62,18	54,29
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	64,25	58,07	51,26
	pod przepływowy gazowy	62,88	56,69	49,88
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	61,23	55,04	48,23
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	64,25	58,07	51,26
	pod przepływowy gazowy	62,88	56,69	49,88
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	61,23	55,04	48,23
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	87,20	78,81	69,56
	pod przepływowy gazowy	81,17	72,78	63,53
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	79,53	71,13	61,89
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	56,14	50,57	44,44
	pod przepływowy gazowy	57,79	52,22	46,08
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	56,14	50,57	44,44
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	19,08	17,24	15,22
	pod przepływowy gazowy	26,85	25,02	22,99
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	25,21	23,37	21,35
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	16,06	14,52	12,81
	pod przepływowy gazowy	24,45	22,90	21,20
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	22,80	21,26	19,55
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	62,29	56,29	49,69
	pod przepływowy gazowy	61,31	55,31	48,71
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	59,66	53,66	47,06

Tabl.143. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	89,79	80,87	71,00
	pod przepływowy gazowy	86,35	77,43	67,56
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	84,70	75,79	65,91
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	77,50	69,81	61,28
	pod przepływowy gazowy	76,12	68,43	59,90
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	74,48	66,78	58,26
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	77,50	69,81	61,28
	pod przepływowy gazowy	76,12	68,43	59,90
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	74,48	66,78	58,26
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	105,18	94,74	83,17
	pod przepływowy gazowy	99,15	88,71	77,14
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	97,51	87,06	75,49
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	68,08	61,15	53,47
	pod przepływowy gazowy	69,72	62,79	55,11
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	68,08	61,15	53,47
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	23,01	20,72	18,19
	pod przepływowy gazowy	30,79	28,50	25,97
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	29,14	26,85	24,32
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	19,38	17,45	15,32
	pod przepływowy gazowy	27,76	25,84	23,71
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	26,12	24,19	22,06
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	75,13	67,67	59,41
	pod przepływowy gazowy	74,15	66,69	58,43
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	72,50	65,04	56,78

Po uwzględnieniu energii pomocniczej uzyskano końcowe wyniki Energii Pierwotnej EP. Na zielono zaznaczono takie kombinacje źródeł ogrzewania i c.w.u., gdzie spełnione są wymagania na EP, co przedstawiono w tabelach 144-147

Tabl. 144 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej Szczecin

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	77,81	70,50	62,47
	pod przepływowy gazowy	72,97	65,66	57,63
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	90,15	82,85	74,81
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	67,92	61,62	54,68
	pod przepływowy gazowy	65,36	59,05	52,11
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	82,54	76,23	69,29
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	67,92	61,62	54,68
	pod przepływowy gazowy	65,36	59,05	52,11
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	82,54	76,23	69,29
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	20,94	13,83	12,12
	pod przepływowy gazowy	29,16	27,61	25,90
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	46,34	44,79	43,08
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	148,02	132,53	115,49
	pod przepływowy gazowy	135,34	119,85	102,81
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	148,02	132,53	115,49
Pompa ciepła powietrze- woda	jak c.o.	56,05	50,94	45,33
	pod przepływowy gazowy	56,21	51,10	45,49
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	73,39	68,28	62,67
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	48,08	43,78	39,05
	pod przepływowy gazowy	50,07	45,77	41,04
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	67,25	62,95	58,22
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	49,52	45,08	40,19
	pod przepływowy gazowy	51,18	46,73	41,85
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	68,36	63,92	59,03

Tabl. 145 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Kraków**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	92,27	84,20	75,21
	pod przepływowy gazowy	87,43	79,36	70,38
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	104,61	96,54	87,56
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	80,40	73,43	65,68
	pod przepływowy gazowy	77,83	70,87	63,11
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	95,02	88,05	80,29
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	80,40	73,43	65,68
	pod przepływowy gazowy	77,83	70,87	63,11
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	95,02	88,05	80,29
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	24,02	16,75	14,84
	pod przepływowy gazowy	32,24	30,52	28,61
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	49,42	47,70	45,79
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	178,68	161,56	142,52
	pod przepływowy gazowy	166,00	148,88	129,83
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	178,68	161,56	142,52
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	66,15	60,51	54,24
	pod przepływowy gazowy	66,31	60,67	54,39
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	83,49	77,85	71,58
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	56,59	51,84	46,55
	pod przepływowy gazowy	58,58	53,83	48,54
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	75,76	71,01	65,72
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	58,32	53,41	47,94
	pod przepływowy gazowy	59,98	55,07	49,60
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	77,16	72,25	66,78

Tabl. 146 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Warszawa**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	87,44	79,55	70,87
	pod przepływowy gazowy	82,60	74,71	66,03
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	99,78	91,90	83,21
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	76,23	69,43	61,93
	pod przepływowy gazowy	73,66	66,86	59,37
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	90,84	84,04	76,55
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	76,23	69,43	61,93
	pod przepływowy gazowy	73,66	66,86	59,37
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	90,84	84,04	76,55
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	22,99	15,76	13,91
	pod przepływowy gazowy	31,21	29,53	27,68
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	48,39	46,71	44,87
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	168,43	151,72	133,31
	pod przepływowy gazowy	155,75	139,03	120,63
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	168,43	151,72	133,31
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	62,78	57,27	51,20
	pod przepływowy gazowy	62,94	57,43	51,36
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	80,12	74,61	68,54
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	53,74	49,10	43,99
	pod przepływowy gazowy	55,73	51,09	45,98
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	72,91	68,27	63,16
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	55,38	50,58	45,30
	pod przepływowy gazowy	57,04	52,24	46,96
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	74,22	69,42	64,14

Tabl. 147 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	104,32	94,51	83,65
	pod przepływowy gazowy	99,48	89,68	78,81
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	116,66	106,86	95,99
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	90,81	82,34	72,96
	pod przepływowy gazowy	88,24	79,77	70,40
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	105,42	96,95	87,58
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	90,81	82,34	72,96
	pod przepływowy gazowy	88,24	79,77	70,40
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	105,42	96,95	87,58
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	26,59	18,95	16,63
	pod przepływowy gazowy	34,81	32,72	30,41
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	51,99	49,90	47,59
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	204,23	183,44	160,40
	pod przepływowy gazowy	191,55	170,76	147,72
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	204,23	183,44	160,40
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	74,58	67,72	60,13
	pod przepływowy gazowy	74,74	67,88	60,29
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	91,92	85,06	77,47
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	63,68	57,91	51,51
	pod przepływowy gazowy	65,67	59,90	53,50
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	82,85	77,08	70,68
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	65,66	59,69	53,08
	pod przepływowy gazowy	67,31	61,35	54,73
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	84,49	78,53	71,92

III/2.2.8. Budynek użyteczności publicznej – przychodnia

Do modelu przychodni przyjęliśmy przychodnię dwukondygnacyjną o typowym kształcie i konstrukcji.



Rys.60 Przychodnia. Przykładowa fotografia budynku.

Tabl. 148 Parametry przychodni przyjętej do analizy

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	Powierzchnia A_f	1378,54	m^2
2.	Kubatura	5503,15	m^3
3.	Średnia temperatura	20,50	$^{\circ}C$
4.	A/V	0,41	1/m

Tabl. 149. Zestawienie powierzchni

L.p.	Wielkość	Powierzchnia [m^2]
1.	Ściany zewnętrzne	768,41
2.	Stropodach	687,17
4.	Drzwi zewnętrzne	28,73
5.	Okna	212,51

Dla w/w modelu budynku uzyskano wyniki energii użytkowej dla potrzeb ogrzewania i wentylacji przedstawione w tabeli 150-151.

Tabl. 150. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT).

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh]	WT 2017 [kWh]	WT 2021 [kWh]
Szczecin	67 739,73	61 632,47	54 606,59
Kraków	77 082,49	70 576,31	63 092,84
Warszawa	75 114,15	68 573,95	61 045,40
Zakopane	90 841,38	83 199,51	74 357,88

Tabl. 151. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT) w odniesieniu do powierzchni użytkowej.

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Szczecin	49,14	44,71	39,61
Kraków	55,92	51,20	45,77
Warszawa	54,49	49,74	44,28
Zakopane	65,90	60,35	53,94

Konieczne jest również uwzględnienie energii użytkowej związanej z przygotowaniem c.w.u. przedstawione w tabeli 152.

Tabl. 152 Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb c.w.u.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	k_r – Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu c.w.u.	1	-
2.	V_{wi} – Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	6,5	[dm ³ /(m ² dzień)]
3.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	8,96	m ³
4.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	3270,59	m ³
5.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	171 296,95	kWh
6.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	124,26	[kWh/m ²]

Kolejnym krokiem jest wyliczenie energii pierwotnej dla potrzeb ogrzewania wentylacji i c.w.u. Zestawienia dotyczące energii pierwotnej przedstawiono osobno dla każdej ze stacji meteorologicznych zawarte w tabelach 154-157.

Przyjęto następujące wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji podane w tabeli 153

Tabl.153 wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji

Rodzaj źródła	Sprawność źródła	Iloczyn sprawności przesyłu, regulacji i akumulacji
Kotłownia węglowa	0,82	0,84
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na biomase (pelet)	0,70	0,84
Ogrzewanie elektryczne	0,99	0,90
Pompa ciepła powietrze-woda	3,20	0,84
Pompa ciepła gruntowa	3,80	0,84
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,98	0,84

Tabl.154. Wartości energii pierwotnej dla stacji meteorologicznej *Szczecin*

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	293,78	287,39	280,03
	pod przepływowy gazowy	242,92	236,52	229,17
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	218,60	212,20	204,85
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	253,58	248,06	241,71
	pod przepływowy gazowy	233,21	227,69	221,34
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	208,89	203,37	197,02
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	253,58	248,06	241,71
	pod przepływowy gazowy	233,21	227,69	221,34
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	208,89	203,37	197,02
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	344,14	336,65	328,03
	pod przepływowy gazowy	255,08	247,59	238,97
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	230,76	223,27	214,65
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	202,81	197,84	192,12
	pod przepływowy gazowy	227,14	222,16	216,44
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	202,81	197,84	192,12
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	75,28	73,64	71,76
	pod przepływowy gazowy	190,16	188,52	186,64
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	165,84	164,20	162,32
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	63,39	62,01	60,43
	pod przepływowy gazowy	187,29	185,91	184,32
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	162,97	161,59	160,00
Ogrzewanie zdalacyjne (PEC)	jak c.o.	245,82	240,47	234,31
	pod przepływowy gazowy	231,34	225,99	219,83
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	207,02	201,67	195,51

Tabl.155. wartości energii pierwotnej dla stacji meteorologicznej **Kraków**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	303,57	296,75	288,92
	pod przepływowy gazowy	252,70	245,89	238,05
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	228,38	221,57	213,73
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	262,02	256,14	249,38
	pod przepływowy gazowy	241,66	235,78	229,01
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	217,34	211,46	204,69
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	262,02	256,14	249,38
	pod przepływowy gazowy	241,66	235,78	229,01
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	217,34	211,46	204,69
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	355,60	347,62	338,44
	pod przepływowy gazowy	266,54	258,56	249,38
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	242,22	234,24	225,06
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	210,42	205,12	199,03
	pod przepływowy gazowy	234,74	229,45	223,35
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	210,42	205,12	199,03
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	77,79	76,04	74,03
	pod przepływowy gazowy	192,67	190,92	188,92
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	168,35	166,60	164,59
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	65,51	64,04	62,34
	pod przepływowy gazowy	189,40	187,93	186,24
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	165,08	163,61	161,92
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	254,00	248,30	241,75
	pod przepływowy gazowy	239,53	233,82	227,27
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	215,20	209,50	202,95

Tabl.156 Wartości energii pierwotnej dla stacji meteorologicznej **Warszawa**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	301,50	294,66	286,77
	pod przepływowy gazowy	250,64	243,79	235,91
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	226,32	219,47	211,59
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	260,25	254,33	247,53
	pod przepływowy gazowy	239,88	233,97	227,16
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	215,56	209,65	202,84
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	260,25	254,33	247,53
	pod przepływowy gazowy	239,88	233,97	227,16
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	215,56	209,65	202,84
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	353,19	345,17	335,93
	pod przepływowy gazowy	264,13	256,10	246,87
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	239,80	231,78	222,55
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	208,82	203,49	197,36
	pod przepływowy gazowy	233,14	227,82	221,69
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	208,82	203,49	197,36
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	77,26	75,51	73,49
	pod przepływowy gazowy	192,14	190,39	188,37
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	167,82	166,07	164,05
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	65,06	63,58	61,88
	pod przepływowy gazowy	188,96	187,48	185,78
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	164,64	163,16	161,46
Ogrzewanie zdalacynne (PEC)	jak c.o.	252,28	246,55	239,95
	pod przepływowy gazowy	237,80	232,07	225,47
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	213,48	207,75	201,15

Tabl.157 Wartości energii pierwotnej dla stacji meteorologicznej Zakopane

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	317,97	309,97	300,71
	pod przepływowy gazowy	267,11	259,11	249,85
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	242,79	234,79	225,53
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	274,46	267,55	259,56
	pod przepływowy gazowy	254,09	247,19	239,20
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	229,77	222,87	214,87
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	274,46	267,55	259,56
	pod przepływowy gazowy	254,09	247,19	239,20
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	229,77	222,87	214,87
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	372,48	363,11	352,26
	pod przepływowy gazowy	283,42	274,04	263,20
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	259,10	249,72	238,88
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	221,62	215,40	208,20
	pod przepływowy gazowy	245,94	239,72	232,52
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	221,62	215,40	208,20
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	81,48	79,43	77,06
	pod przepływowy gazowy	196,36	194,31	191,94
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	172,04	169,99	167,62
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	68,62	66,89	64,89
	pod przepływowy gazowy	192,51	190,79	188,79
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	168,19	166,46	164,47
Ogrzewanie zdalacyjne (PEC)	jak c.o.	266,06	259,36	251,62
	pod przepływowy gazowy	251,58	244,88	237,14
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	227,26	220,56	212,82

Po uwzględnieniu energii pomocniczej uzyskujemy końcowe wyniki Energii Pierwotnej EP. Na zielono zaznaczono takie kombinacje źródeł ogrzewania i c.w.u., które pozwalają na spełnienie wymagania na EP. Wartości te przedstawiano w tabelach 158-161

Tabl.158 Wartości energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej Szczecin

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	328,71	321,68	313,58
	pod przepływowy gazowy	271,71	264,68	256,58
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	525,52	518,49	510,39
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	284,49	278,42	271,43
	pod przepływowy gazowy	261,03	254,96	247,98
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	514,84	508,77	501,79
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	284,49	278,42	271,43
	pod przepływowy gazowy	261,03	254,96	247,98
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	514,84	508,77	501,79
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	74,38	67,33	65,61
	pod przepływowy gazowy	210,30	208,80	207,08
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	464,11	462,61	460,89
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	608,44	593,53	576,37
	pod przepływowy gazowy	359,13	344,22	327,06
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	608,44	593,53	576,37
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	231,40	226,48	220,82
	pod przepływowy gazowy	248,22	243,30	237,64
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	502,02	497,11	491,45
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	195,74	191,60	186,83
	pod przepływowy gazowy	239,60	235,46	230,70
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	493,41	489,27	484,51
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	202,21	197,92	193,00
	pod przepływowy gazowy	241,17	236,89	231,96
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	494,98	490,70	485,77

Tabl.159 Wartości energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Kraków**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	339,47	331,98	323,36
	pod przepływowy gazowy	282,47	274,98	266,36
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	536,28	528,79	520,17
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	293,78	287,31	279,87
	pod przepływowy gazowy	270,32	263,85	256,41
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	524,13	517,66	510,22
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	293,78	287,31	279,87
	pod przepływowy gazowy	270,32	263,85	256,41
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	524,13	517,66	510,22
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	76,67	69,52	67,69
	pod przepływowy gazowy	212,60	211,00	209,16
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	466,40	464,81	462,97
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	631,26	615,37	597,09
	pod przepływowy gazowy	381,95	366,06	347,78
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	631,26	615,37	597,09
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	238,92	233,68	227,66
	pod przepływowy gazowy	255,74	250,50	244,47
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	509,55	504,31	498,28
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	202,07	197,66	192,59
	pod przepływowy gazowy	245,94	241,53	236,45
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	499,75	495,34	490,26
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	208,75	204,19	198,95
	pod przepływowy gazowy	247,72	243,16	237,91
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	501,52	496,96	491,72

Tabl.160 Wartości energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Warszawa**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	337,21	329,67	321,00
	pod przepływowy gazowy	280,21	272,67	264,00
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	534,02	526,48	517,81
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	291,82	285,32	277,83
	pod przepływowy gazowy	268,37	261,86	254,38
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	522,18	515,67	508,19
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	291,82	285,32	277,83
	pod przepływowy gazowy	268,37	261,86	254,38
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	522,18	515,67	508,19
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	76,19	69,03	67,19
	pod przepływowy gazowy	212,11	210,51	208,66
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	465,92	464,32	462,47
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	626,46	610,48	592,09
	pod przepływowy gazowy	377,15	361,17	342,78
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	626,46	610,48	592,09
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	237,33	232,07	226,01
	pod przepływowy gazowy	254,15	248,89	242,83
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	507,96	502,70	496,64
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	200,74	196,30	191,20
	pod przepływowy gazowy	244,60	240,17	235,07
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	498,41	493,98	488,88
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	207,37	202,79	197,51
	pod przepływowy gazowy	246,34	241,75	236,47
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	500,15	495,56	490,28

Tabl.161 Wartości energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	355,32	346,52	336,33
	pod przepływowy gazowy	298,32	289,52	279,34
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	552,13	543,33	533,14
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	307,46	299,86	291,07
	pod przepływowy gazowy	284,00	276,41	267,61
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	537,81	530,21	521,42
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	307,46	299,86	291,07
	pod przepływowy gazowy	284,00	276,41	267,61
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	537,81	530,21	521,42
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	80,05	72,62	70,45
	pod przepływowy gazowy	215,97	214,10	211,93
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	469,78	467,91	465,74
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	664,87	646,20	624,61
	pod przepływowy gazowy	415,56	396,89	375,30
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	664,87	646,20	624,61
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	249,99	243,84	236,72
	pod przepływowy gazowy	266,81	260,66	253,54
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	520,62	514,47	507,35
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	211,40	206,22	200,22
	pod przepływowy gazowy	255,27	250,09	244,09
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	509,07	503,89	497,90
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	218,40	213,04	206,84
	pod przepływowy gazowy	257,36	252,00	245,81
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	511,17	505,81	499,62

III/2.2.9. Budynek użyteczności publicznej – biurowiec

Do modelu budynku biurowego przyjęto budynek czterokondygnacyjny.



Rys.62 budynek biurowy. Przykładowa fotografia budynku

Tabl. 162. Parametry budynku biurowego

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	Powierzchnia A_f	2 963,10	m^2
2.	Kubatura	10 511,37	m^3
3.	Średnia temperatura	18,8	$^{\circ}C$
4.	A/V	0,33	1/m

Tabl. 163. Zestawienie powierzchni budynku biurowego

L.p.	Wielkość	Powierzchnia [m^2]
1.	Ściany zewnętrzne	1779,08
2.	Stropodach	652,88
4.	Drzwi zewnętrzne	34,33
5.	Okna	306,81

Dla w/w modelu budynku uzyskano następujące wyniki energii użytkowej dla potrzeb ogrzewania i wentylacji w tabelach 164-165

Tabl. 164. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT).

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh]	WT 2017 [kWh]	WT 2021 [kWh]
Szczecin	63 355,20	57 070,39	49 681,14
Kraków	83 575,33	76 251,01	67 262,81
Warszawa	76 132,43	69 067,42	60 722,66
Zakopane	103 013,40	94 107,91	83 525,75

Tabl. 165. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT) w odniesieniu powierzchni użytkowej budynku.

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Szczecin	21,38	19,26	16,77
Kraków	28,21	25,73	22,70
Warszawa	25,69	23,31	20,49
Zakopane	34,77	31,76	28,19

Konieczne jest również uwzględnienie energii użytkowej związanej z przygotowaniem c.w.u. tabela 166

Tabl. 166. Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb c.w.u.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	k_r – Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu c.w.u.	0,7	-
2.	V_{wi} – Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	0,35	dm ³ /(m ² dzień)
3.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	0,73	m ³
4.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	264,98	m ³
5.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	13 878,08	kWh
6.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	4,68	kWh/m ²

Kolejnym krokiem jest wyliczenie energii pierwotnej dla potrzeb ogrzewania wentylacji i c.w.u. Zestawienia dotyczące energii pierwotnej przedstawiamy osobno dla każdej ze stacji meteorologicznych w tabelach 168-171

Dla potrzeb c.o. i wentylacji przyjęto następujące wartości sprawności źródła i instalacji zawarte w tabeli 167

Tabl. 167 wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji

Rodzaj źródła	Sprawność źródła	Iloczyn sprawności przesyłu, regulacji i akumulacji
Kotłownia węglowa	0,82	0,84
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na biomasę (pelet)	0,70	0,84
Ogrzewanie elektryczne	0,99	0,90
Pompa ciepła powietrze-woda	3,20	0,84
Pompa ciepła gruntowa	3,80	0,84
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,98	0,84

Tabl.168. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej Szczecin

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	39,26	36,20	32,60
	pod przepływowy gazowy	37,35	34,29	30,69
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	36,43	33,37	29,77
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	33,89	31,25	28,14
	pod przepływowy gazowy	33,12	30,48	27,37
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	32,21	29,56	26,46
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	33,89	31,25	28,14
	pod przepływowy gazowy	33,12	30,48	27,37
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	32,21	29,56	26,46
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	46,00	42,41	38,19
	pod przepływowy gazowy	42,64	39,05	34,84
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	41,72	38,14	33,92
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	29,56	27,18	24,38
	pod przepływowy gazowy	30,48	28,10	25,30
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	29,56	27,18	24,38
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	10,06	9,28	8,35
	pod przepływowy gazowy	14,39	13,61	12,68
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	13,48	12,69	11,77
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	8,47	7,81	7,04
	pod przepływowy gazowy	13,14	12,48	11,71
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	12,23	11,57	10,79
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	32,85	30,29	27,28
	pod przepływowy gazowy	32,31	29,75	26,73
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	31,39	28,83	25,82

Tabl.169. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Kraków**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	49,12	45,55	41,17
	pod przepływowy gazowy	47,20	43,63	39,25
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	46,28	42,71	38,33
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	42,39	39,31	35,53
	pod przepływowy gazowy	41,63	38,55	34,77
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	40,71	37,63	33,85
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	42,39	39,31	35,53
	pod przepływowy gazowy	41,63	38,55	34,77
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	40,71	37,63	33,85
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	57,54	53,36	48,23
	pod przepływowy gazowy	54,18	50,00	44,87
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	53,26	49,08	43,95
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	37,22	34,45	31,04
	pod przepływowy gazowy	38,14	35,36	31,96
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	37,22	34,45	31,04
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	12,59	11,67	10,55
	pod przepływowy gazowy	16,92	16,00	14,88
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	16,00	15,08	13,96
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	10,60	9,83	8,88
	pod przepływowy gazowy	15,27	14,50	13,55
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	14,35	13,58	12,64
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	41,10	38,11	34,45
	pod przepływowy gazowy	40,55	37,57	33,90
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	39,63	36,65	32,98

Tabl.170. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Warszawa**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	45,49	42,05	37,98
	pod przepływowy gazowy	43,57	40,13	36,07
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	42,66	39,21	35,15
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	39,26	36,29	32,78
	pod przepływowy gazowy	38,50	35,53	32,02
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	37,58	34,61	31,10
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	39,26	36,29	32,78
	pod przepływowy gazowy	38,50	35,53	32,02
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	37,58	34,61	31,10
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	53,29	49,26	44,49
	pod przepływowy gazowy	49,93	45,90	41,14
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	49,01	44,98	40,22
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	34,40	31,73	28,57
	pod przepływowy gazowy	35,32	32,64	29,48
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	34,40	31,73	28,57
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	11,66	10,77	9,73
	pod przepływowy gazowy	15,99	15,10	14,06
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	15,07	14,19	13,15
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	9,82	9,07	8,20
	pod przepływowy gazowy	14,49	13,74	12,87
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	13,57	12,83	11,95
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	38,06	35,18	31,78
	pod przepływowy gazowy	37,52	34,64	31,24
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	36,60	33,72	30,32

Tabl.171. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	58,59	54,25	49,09
	pod przepływowy gazowy	56,67	52,33	47,17
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	55,75	51,41	46,26
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	50,57	46,82	42,37
	pod przepływowy gazowy	49,80	46,06	41,61
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	48,88	45,14	40,69
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	50,57	46,82	42,37
	pod przepływowy gazowy	49,80	46,06	41,61
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	48,88	45,14	40,69
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	68,63	63,55	57,51
	pod przepływowy gazowy	65,27	60,19	54,15
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	64,35	59,27	53,23
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	44,58	41,21	37,20
	pod przepływowy gazowy	45,50	42,13	38,12
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	44,58	41,21	37,20
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	15,01	13,90	12,58
	pod przepływowy gazowy	19,34	18,23	16,91
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	18,43	17,31	15,99
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	12,64	11,71	10,59
	pod przepływowy gazowy	17,31	16,38	15,26
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	16,40	15,46	14,35
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	49,02	45,39	41,08
	pod przepływowy gazowy	48,47	44,84	40,53

Po uwzględnieniu energii pomocniczej uzyskano końcowe wyniki Energii Pierwotnej EP. Na zielono zaznaczono takie kombinacje źródeł ogrzewania i c.w.u., które pozwalają spełnienie wymagania na EP. Wyniki przedstawiono w tabelach 172-175.

Tabl. 172 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej Szczecin

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	48,74	45,37	41,41
	pod przepływowy gazowy	45,58	42,21	38,25
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	55,15	51,78	47,82
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	42,83	39,92	36,51
	pod przepływowy gazowy	40,94	38,03	34,61
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	50,50	47,60	44,18
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	42,83	39,92	36,51
	pod przepływowy gazowy	40,94	38,03	34,61
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	50,50	47,60	44,18
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	14,75	8,48	7,64
	pod przepływowy gazowy	18,86	18,14	17,30
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	28,43	27,71	26,87
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	88,69	81,55	73,15
	pod przepływowy gazowy	83,62	76,48	68,08
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	88,69	81,55	73,15
Pompa ciepła powietrze- woda	jak c.o.	35,74	33,38	30,61
	pod przepływowy gazowy	35,36	33,00	30,24
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	44,93	42,57	39,80
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	30,97	28,99	26,66
	pod przepływowy gazowy	31,61	29,63	27,30
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	41,18	39,20	36,87
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	31,83	29,79	27,38
	pod przepływowy gazowy	32,29	30,24	27,83
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	41,86	39,81	37,40

Tabl. 173 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Kraków**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	59,58	55,65	50,84
	pod przepływowy gazowy	56,42	52,49	47,68
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	65,98	62,06	57,24
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	52,19	48,80	44,64
	pod przepływowy gazowy	50,29	46,90	42,74
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	59,86	56,47	52,31
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	52,19	48,80	44,64
	pod przepływowy gazowy	50,29	46,90	42,74
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	59,86	56,47	52,31
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	17,06	10,67	9,65
	pod przepływowy gazowy	21,17	20,33	19,31
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	30,74	29,90	28,87
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	111,67	103,34	93,13
	pod przepływowy gazowy	106,60	98,28	88,06
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	111,67	103,34	93,13
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	43,31	40,57	37,20
	pod przepływowy gazowy	42,93	40,19	36,82
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	52,50	49,75	46,39
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	37,35	35,04	32,20
	pod przepływowy gazowy	37,99	35,68	32,84
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	47,56	45,25	42,41
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	38,43	36,04	33,11
	pod przepływowy gazowy	38,89	36,50	33,57
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	48,45	46,06	43,13

Tabl. 174 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej Warszawa

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	55,59	51,80	47,33
	pod przepływowy gazowy	52,43	48,64	44,17
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	62,00	58,21	53,74
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	48,74	45,47	41,61
	pod przepływowy gazowy	46,85	43,58	39,72
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	56,41	53,15	49,29
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	48,74	45,47	41,61
	pod przepływowy gazowy	46,85	43,58	39,72
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	56,41	53,15	49,29
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	16,21	9,85	8,90
	pod przepływowy gazowy	20,32	19,51	18,56
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	29,89	29,08	28,13
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	103,21	95,18	85,70
	pod przepływowy gazowy	98,14	90,11	80,63
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	103,21	95,18	85,70
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	40,52	37,88	34,75
	pod przepływowy gazowy	40,14	37,50	34,37
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	49,71	47,06	43,94
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	35,00	32,77	30,14
	pod przepływowy gazowy	35,64	33,41	30,78
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	45,21	42,98	40,35
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	36,00	33,70	30,98
	pod przepływowy gazowy	36,46	34,15	31,43
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	46,02	43,72	41,00

Tabl. 175 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	70,00	65,22	59,55
	pod przepływowy gazowy	66,84	62,06	56,39
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	76,40	71,63	65,96
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	61,18	57,06	52,16
	pod przepływowy gazowy	59,28	55,16	50,27
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	68,85	64,73	59,83
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	61,18	57,06	52,16
	pod przepływowy gazowy	59,28	55,16	50,27
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	68,85	64,73	59,83
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	19,28	12,71	11,50
	pod przepływowy gazowy	23,39	22,37	21,16
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	32,96	31,94	30,73
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	133,75	123,63	111,61
	pod przepływowy gazowy	128,69	118,57	106,54
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	133,75	123,63	111,61
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	50,59	47,25	43,29
	pod przepływowy gazowy	50,21	46,88	42,91
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	59,78	56,44	52,48
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	43,48	40,67	37,33
	pod przepływowy gazowy	44,12	41,31	37,97
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	53,69	50,88	47,54
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	44,77	41,86	38,41
	pod przepływowy gazowy	45,22	42,32	38,87
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	54,79	51,89	48,44

III/2.2.9. Budynek użyteczności publicznej – biurowiec czterokondygnacyjny wraz z parterową częścią sportową

Do modelu budynku biurowego przyjęto budynek czterokondygnacyjny wraz z parterową częścią sportową.



Rys. 63. Budynek biurowy czterokondygnacyjny.
Przykładowa fotografia budynku.

Tabl. 176. Parametry analizowanego budynku zamieszkania zbiorowego

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	Powierzchnia A_f	5 932,15	m^2
2.	Kubatura	23 462,02	m^3
3.	Średnia temperatura	19,92	$^{\circ}C$
4.	A/V	0,46	1/m

Tabl. 177. Zestawienie powierzchni

L.p.	Wielkość	Powierzchnia [m^2]
1.	Ściany zewnętrzne	3107,96
2.	Stropodach	3335,11
4.	Drzwi zewnętrzne	76,24
5.	Okna	1946,63

Dla w/w modelu budynku uzyskano następujące wyniki energii użytkowej dla potrzeb ogrzewania i wentylacji.

Tabl. 178. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT).

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh]	WT 2017 [kWh]	WT 2021 [kWh]
Szczecin	293 722,44	258 075,95	219 154,67
Kraków	323 414,91	285 869,29	244 741,72
Warszawa	325 406,20	288 111,03	247 635,09
Zakopane	349 107,12	304 305,36	255 391,31

Tabl. 179. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT) w odniesieniu do powierzchni użytkowej.

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Szczecin	49,51	43,50	36,94
Kraków	54,52	48,19	41,26
Warszawa	54,85	48,57	41,74
Zakopane	58,85	51,30	43,05

Konieczne jest również uwzględnienie energii użytkowej związanej z przygotowaniem c.w.u. zawrate w tabeli 180.

Tabela 180. Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb c.w.u.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	k_r – Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu c.w.u.	0,6	-
2.	V_{wi} – Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	3,75	dm ³ /(m ² dzień)
3.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	13,35	m ³
4.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	4871,78	m ³
5.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	255 159,38	kWh
6.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	43,01	kWh/m ²

Kolejnym krokiem jest wyliczenie energii pierwotnej dla potrzeb ogrzewania wentylacji i c.w.u. Zestawienia dotyczące energii pierwotnej przedstawiamy osobno dla każdej ze stacji meteorologicznych (tabele 182-185)

Przyjęto następujące wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji przedstawione w tabeli 181.

Tabl. 181 wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji

Rodzaj źródła	Sprawność źródła	Iloczyn sprawności przesyłu, regulacji i akumulacji
Kotłownia węglowa	0,82	0,84
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na biomasę (pelet)	0,70	0,84
Ogrzewanie elektryczne	0,99	0,90
Pompa ciepła powietrze-woda	3,20	0,84
Pompa ciepła gruntowa	3,80	0,84
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,98	0,84

Tabl.182. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej Szczecin

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	148,61	139,94	130,47
	pod przepływowy gazowy	131,01	122,33	112,86
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	122,59	113,92	104,44
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	128,28	120,79	112,62
	pod przepływowy gazowy	121,23	113,74	105,57
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	112,81	105,32	97,15
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	128,28	120,79	112,62
	pod przepływowy gazowy	121,23	113,74	105,57
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	112,81	105,32	97,15
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	174,09	163,93	152,84
	pod przepływowy gazowy	143,26	133,10	122,01
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	134,84	124,68	113,59
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	106,69	99,94	92,58
	pod przepływowy gazowy	115,10	108,36	101,00
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	106,69	99,94	92,58

Tabl.182. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej Szczecin cd

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	38,08	35,86	33,43
	pod przepływowy gazowy	77,85	75,63	73,20
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	69,43	67,21	64,78
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	32,07	30,20	28,15
	pod przepływowy gazowy	74,96	73,09	71,04
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	66,54	64,67	62,62
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	124,35	117,09	109,17
	pod przepływowy gazowy	119,34	112,08	104,16
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	110,92	103,66	95,74

Tabl.183. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej Kraków

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	155,84	146,70	136,70
	pod przepływowy gazowy	138,23	129,10	119,09
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	129,82	120,68	110,67
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	134,51	126,63	117,99
	pod przepływowy gazowy	127,46	119,58	110,94
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	119,05	111,16	102,52
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	134,51	126,63	117,99
	pod przepływowy gazowy	127,46	119,58	110,94
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	119,05	111,16	102,52
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	182,56	171,85	160,13
	pod przepływowy gazowy	151,73	141,02	129,30
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	143,31	132,60	120,88
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	112,30	105,20	97,42
	pod przepływowy gazowy	120,72	113,62	105,84
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	112,30	105,20	97,42

*Tabl.183. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Kraków** cd*

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	39,93	37,59	35,03
	pod przepływowy gazowy	79,70	77,36	74,79
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	71,28	68,94	66,38
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	33,63	31,66	29,50
	pod przepływowy gazowy	76,52	74,54	72,39
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	68,10	66,13	63,97
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	130,40	122,75	114,38
	pod przepływowy gazowy	125,39	117,74	109,37
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	116,97	109,32	100,95

*Tabl.184. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Warszawa***

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	156,33	147,25	137,40
	pod przepływowy gazowy	138,72	129,64	119,79
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	130,30	121,22	111,38
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	134,93	127,10	118,60
	pod przepływowy gazowy	127,88	120,05	111,55
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	119,46	111,63	103,13
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	134,93	127,10	118,60
	pod przepływowy gazowy	127,88	120,05	111,55
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	119,46	111,63	103,13
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	183,12	172,49	160,95
	pod przepływowy gazowy	152,29	141,66	130,12
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	143,87	133,24	121,71
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	112,68	105,62	97,97
	pod przepływowy gazowy	121,10	114,04	106,38
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	112,68	105,62	97,97

Tabl.184. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej Warszawa

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	40,06	37,73	35,21
	pod przepływowy gazowy	79,82	77,50	74,98
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	71,41	69,08	66,56
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	33,73	31,77	29,65
	pod przepływowy gazowy	76,62	74,66	72,54
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	68,20	66,24	64,12
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	130,80	123,21	114,97
	pod przepływowy gazowy	125,79	118,20	109,96
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	117,37	109,78	101,54

Tabl.185. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej Zakopane

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	162,09	151,19	139,29
	pod przepływowy gazowy	144,49	133,58	121,68
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	136,07	125,17	113,26
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	139,91	130,50	120,23
	pod przepływowy gazowy	132,86	123,45	113,18
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	124,44	115,03	104,76
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	139,91	130,50	120,23
	pod przepływowy gazowy	132,86	123,45	113,18
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	124,44	115,03	104,76
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	189,88	177,11	163,17
	pod przepływowy gazowy	159,05	146,28	132,34
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	150,63	137,86	123,92
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	117,16	108,69	99,43
	pod przepływowy gazowy	125,58	117,11	107,85
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	117,16	108,69	99,43

Tabl.185. Energia pierwotna dla stacji meteorologicznej **Zakopane** cd

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	41,54	38,74	35,69
	pod przepływowy gazowy	81,30	78,51	75,46
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	72,88	70,09	67,04
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	34,98	32,63	30,06
	pod przepływowy gazowy	77,87	75,51	72,94
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	69,45	67,09	64,53
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	135,63	126,51	116,55
	pod przepływowy gazowy	130,62	121,49	111,53
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	122,20	113,08	103,12

Po uwzględnieniu energii pomocniczej uzyskano końcowe wyniki Energii Pierwotnej EP. Na zielono zaznaczono takie kombinacje źródeł ogrzewania i c.w.u., gdzie spełnione są wymagania na EP, co przedstawiono w tabelach 186-189

Tabl. 186 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Szczecin**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	169,03	159,49	149,07
	pod przepływowy gazowy	148,61	139,07	128,65
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	236,47	226,93	216,51
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	146,66	138,42	129,43
	pod przepływowy gazowy	137,85	129,61	120,62
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	225,71	217,47	208,48
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	146,66	138,42	129,43
	pod przepływowy gazowy	137,85	129,61	120,62
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	225,71	217,47	208,48
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	40,37	32,79	30,57
	pod przepływowy gazowy	86,73	84,70	82,48
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	174,59	172,56	170,34

Tabl. 186 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Szczecin** cd

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	320,06	299,82	277,73
	pod przepływowy gazowy	236,70	216,47	194,38
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	320,06	299,82	277,73
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	119,80	113,13	105,85
	pod przepływowy gazowy	124,93	118,27	110,98
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	212,79	206,12	198,84
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	101,76	96,14	90,01
	pod przepływowy gazowy	116,26	110,64	104,51
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	204,11	198,50	192,37
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	105,03	99,23	92,89
	pod przepływowy gazowy	117,83	112,03	105,69
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	205,69	199,88	193,54

Tabl. 187 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Kraków**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	176,98	166,93	155,92
	pod przepływowy gazowy	156,56	146,51	135,50
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	244,41	234,36	223,36
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	153,52	144,84	135,34
	pod przepływowy gazowy	144,71	136,04	126,53
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	232,57	223,89	214,39
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	153,52	144,84	135,34
	pod przepływowy gazowy	144,71	136,04	126,53
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	232,57	223,89	214,39

Tabl. 187 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Kraków** cd

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	42,06	34,37	32,03
	pod przepływowy gazowy	88,43	86,28	83,94
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	176,28	174,14	171,80
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	336,91	315,60	292,26
	pod przepływowy gazowy	253,55	232,24	208,90
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	336,91	315,60	292,26
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	125,35	118,33	110,64
	pod przepływowy gazowy	130,49	123,46	115,77
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	218,35	211,32	203,63
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	106,44	100,52	94,04
	pod przepływowy gazowy	120,94	115,02	108,54
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	208,79	202,88	196,40
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	109,87	103,75	97,05
	pod przepływowy gazowy	122,67	116,55	109,85
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	210,53	204,41	197,71

Tabl. 188 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Warszawa**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	177,51	167,53	156,69
	pod przepływowy gazowy	157,09	147,11	136,27
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	244,95	234,96	224,13
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	153,98	145,36	136,01
	pod przepływowy gazowy	145,17	136,55	127,20
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	233,03	224,41	215,06

Tabl. 188 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej Warszawa cd

ogrzewanie	c.w.u	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	153,98	145,36	136,01
	pod przepływowy gazowy	145,17	136,55	127,20
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	233,03	224,41	215,06
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	42,18	34,50	32,19
	pod przepływowy gazowy	88,54	86,41	84,11
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	176,40	174,27	171,96
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	338,04	316,87	293,90
	pod przepływowy gazowy	254,68	233,51	210,54
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	338,04	316,87	293,90
Pompa ciepła powietrze- woda	jak c.o.	125,73	118,75	111,18
	pod przepływowy gazowy	130,86	123,88	116,31
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	218,72	211,74	204,17
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	106,75	100,88	94,50
	pod przepływowy gazowy	121,25	115,37	109,00
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	209,11	203,23	196,85
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	110,19	104,12	97,53
	pod przepływowy gazowy	122,99	116,92	110,32
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	210,85	204,77	198,18

Tabl. 189 Wartość energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	183,85	171,86	158,77
	pod przepływowy gazowy	163,44	151,44	138,35
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	251,29	239,30	226,21
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	159,45	149,10	137,80
	pod przepływowy gazowy	150,65	140,30	128,99
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	238,50	228,15	216,85
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	159,45	149,10	137,80
	pod przepływowy gazowy	150,65	140,30	128,99
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	238,50	228,15	216,85
Kotłownia na biomase (pelet)	jak c.o.	43,53	35,42	32,63
	pod przepływowy gazowy	89,89	87,34	84,55
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	177,75	175,19	172,40
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	351,49	326,06	298,30
	pod przepływowy gazowy	268,14	242,71	214,94
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	351,49	326,06	298,30
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	130,16	121,78	112,63
	pod przepływowy gazowy	135,29	126,91	117,76
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	223,15	214,77	205,62
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	110,48	103,43	95,72
	pod przepływowy gazowy	124,98	117,93	110,22
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	212,84	205,78	198,08
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	114,05	106,76	98,79
	pod przepływowy gazowy	126,85	119,56	111,59
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	214,71	207,41	199,44

III/2.2.10. Budynek użyteczności publicznej – obiekt sportowy

Do modelu budynku sportowego przyjęto halę sportową z zapleczem dwukondygnacyjnym.



Rys.64 Budynek sportowy. Przykładowa fotografia budynku.

Tabl. 190 Parametry analizowanego budynku sportowego

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	Powierzchnia A_f	2 036,10	m^2
2.	Kubatura	20 357,90	m^3
3.	Średnia temperatura	16,74	$^{\circ}C$
4.	A/V	0,25	1/m

Tabl. 191. Zestawienie powierzchni budynku sportowego

L.p.	Wielkość	Powierzchnia [m^2]
1.	Ściany zewnętrzne	1729,73
2.	Stropodach	1818,14
4.	Drzwi zewnętrzne	25,80
5.	Okna	441,49

Dla w/w modelu budynku uzyskaliśmy następujące wyniki energii użytkowej dla potrzeb ogrzewania i wentylacji w tabelach 192-193

Tabl. 192. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT).

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh]	WT 2017 [kWh]	WT 2021 [kWh]
Szczecin	98 282,87	90 902,83	81 908,10
Kraków	119 645,25	111 564,03	101 689,86
Warszawa	112 927,45	104 879,69	95 078,10
Zakopane	143 151,80	133 229,12	121 078,69

Tabl. 193. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT) w odniesieniu do powierzchni użytkowej.

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Szczecin	48,27	44,65	40,23
Kraków	58,76	54,79	49,94
Warszawa	55,46	51,51	46,70
Zakopane	70,31	65,43	59,47

Konieczne jest również uwzględnienie energii użytkowej związanej z przygotowaniem c.w.u. przedstawione w tabeli 194

Tabl. 194 Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb c.w.u.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	k_r – Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu c.w.u.	0,4	-
2.	V_{wi} – Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	0,25	dm ³ /(m ² dzień)
3.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	0,20	m ³
4.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	74,32	m ³
5.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	3 892,39	kWh
6.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	1,91	kWh/m ²

Wyliczoną energię pierwotną dla potrzeb ogrzewania wentylacji i c.w.u. przedstawiono osobno dla każdej ze stacji meteorologicznych w tabelach 196-199.

Wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji podano w tabeli 195.

Tabl.195 wartości sprawności źródła i instalacji dla potrzeb c.o. i wentylacji

Rodzaj źródła	Sprawność źródła	Iloczyn sprawności przesyłu, regulacji i akumulacji
Kotłownia węglowa	0,82	0,84
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na biomasę (pelet)	0,70	0,84
Ogrzewanie elektryczne	0,99	0,90
Pompa ciepła powietrze-woda	3,20	0,84
Pompa ciepła gruntowa	3,80	0,84
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,98	0,84

Tabl.196 Wartości energii pierwotnej dla stacji meteorologicznej Szczecin

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m²]	WT 2017 [kWh/m²]	WT 2021 [kWh/m²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	73,11	67,88	61,50
	pod przepływowy gazowy	72,33	67,09	60,72
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	71,95	66,72	60,34
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	63,10	58,59	53,08
	pod przepływowy gazowy	62,79	58,27	52,77
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	62,42	57,90	52,40
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	63,10	58,59	53,08
	pod przepływowy gazowy	62,79	58,27	52,77
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	62,42	57,90	52,40
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	85,64	79,51	72,04
	pod przepływowy gazowy	84,27	78,14	70,67
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	83,90	77,77	70,30
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	56,45	52,38	47,42
	pod przepływowy gazowy	56,82	52,75	47,80
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	56,45	52,38	47,42
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	18,73	17,39	15,76
	pod przepływowy gazowy	20,50	19,16	17,53
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	20,13	18,79	17,15
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	15,78	14,65	13,27
	pod przepływowy gazowy	17,68	16,55	15,18
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	17,31	16,18	14,80
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	61,17	56,79	51,46
	pod przepływowy gazowy	60,95	56,57	51,24
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	60,58	56,20	50,86

Tabl.197 Wartości energii pierwotnej dla stacji meteorologicznej **Kraków**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	88,25	82,52	75,52
	pod przepływowy gazowy	87,47	81,74	74,74
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	87,10	81,37	74,37
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	76,18	71,23	65,19
	pod przepływowy gazowy	75,86	70,92	64,88
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	75,49	70,54	64,50
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	76,18	71,23	65,19
	pod przepływowy gazowy	75,86	70,92	64,88
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	75,49	70,54	64,50
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	103,38	96,67	88,47
	pod przepływowy gazowy	102,01	95,30	87,10
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	101,64	94,93	86,73
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	68,22	63,77	58,33
	pod przepływowy gazowy	68,60	64,14	58,70
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	68,22	63,77	58,33
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	22,62	21,15	19,35
	pod przepływowy gazowy	24,38	22,91	21,12
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	24,01	22,54	20,75
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	19,04	17,81	16,30
	pod przepływowy gazowy	20,95	19,71	18,20
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	20,58	19,34	17,83
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	73,85	69,05	63,19
	pod przepływowy gazowy	73,62	68,83	62,97
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	73,25	68,45	62,60

Tabl.198 Wartości energii pierwotnej dla stacji meteorologicznej **Warszawa**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	83,49	77,79	70,84
	pod przepływowy gazowy	82,71	77,00	70,05
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	82,33	76,63	69,68
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	72,07	67,14	61,14
	pod przepływowy gazowy	71,75	66,83	60,83
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	71,38	66,45	60,46
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	72,07	67,14	61,14
	pod przepływowy gazowy	71,75	66,83	60,83
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	71,38	66,45	60,46
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	97,80	91,12	82,98
	pod przepływowy gazowy	96,43	89,75	81,61
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	96,06	89,38	81,24
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	64,52	60,08	54,68
	pod przepływowy gazowy	64,89	60,46	55,05
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	64,52	60,08	54,68
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	21,39	19,93	18,15
	pod przepływowy gazowy	23,16	21,70	19,92
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	22,79	21,33	19,55
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	18,02	16,79	15,29
	pod przepływowy gazowy	19,92	18,69	17,19
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	19,55	18,32	16,82
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	69,86	65,09	59,27
	pod przepływowy gazowy	69,64	64,86	59,05
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	69,26	64,49	58,67

Tabl. 199 Wartości energii pierwotnej dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	104,92	97,89	89,27
	pod przepływowy gazowy	104,14	97,10	88,49
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	103,76	96,73	88,11
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	90,56	84,49	77,05
	pod przepływowy gazowy	90,25	84,18	76,74
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	89,88	83,80	76,37
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	90,56	84,49	77,05
	pod przepływowy gazowy	90,25	84,18	76,74
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	89,88	83,80	76,37
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	122,91	114,67	104,57
	pod przepływowy gazowy	121,54	113,30	103,20
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	121,16	112,92	102,83
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	81,18	75,71	69,01
	pod przepływowy gazowy	81,55	76,08	69,39
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	81,18	75,71	69,01
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	26,89	25,08	22,88
	pod przepływowy gazowy	28,65	26,85	24,64
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	28,28	26,48	24,27
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	22,64	21,12	19,26
	pod przepływowy gazowy	24,55	23,03	21,17
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	24,17	22,65	20,80
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	87,79	81,90	74,70
	pod przepływowy gazowy	87,57	81,68	74,47
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	87,19	81,31	74,10

Po uwzględnieniu energii pomocniczej uzyskano końcowe wyniki Energii Pierwotnej EP. Na zielono zaznaczono takie kombinacje źródeł ogrzewania i c.w.u., które pozwalają na spełnienie wymagania na EP. Wartości te przedstawiano w tabelach 200-203

Tabl.200 Wartości energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej Szczecin

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	85,97	80,22	73,20
	pod przepływowy gazowy	84,06	78,30	71,29
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	87,96	82,21	75,19
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	74,97	70,00	63,94
	pod przepływowy gazowy	73,57	68,60	62,55
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	77,48	72,51	66,45
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	74,97	70,00	63,94
	pod przepływowy gazowy	73,57	68,60	62,55
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	77,48	72,51	66,45
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	22,68	15,90	14,41
	pod przepływowy gazowy	23,74	22,51	21,02
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	27,64	26,41	24,92
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	169,34	157,14	142,26
	pod przepływowy gazowy	169,94	157,73	142,86
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	169,34	157,14	142,26
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	61,75	57,73	52,83
	pod przepływowy gazowy	60,98	56,96	52,05
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	64,88	60,86	55,96
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	52,88	49,49	45,36
	pod przepływowy gazowy	52,52	49,13	45,00
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	56,42	53,04	48,91
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	54,49	50,99	46,72
	pod przepływowy gazowy	54,05	50,55	46,28
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	57,96	54,46	50,19

Tabl.201 Wartości energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Kraków**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	102,63	96,33	88,63
	pod przepływowy gazowy	100,72	94,42	86,72
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	104,62	98,32	90,62
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	89,35	83,91	77,26
	pod przepływowy gazowy	87,95	82,51	75,86
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	91,86	86,42	79,77
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	89,35	83,91	77,26
	pod przepływowy gazowy	87,95	82,51	75,86
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	91,86	86,42	79,77
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	26,23	19,33	17,69
	pod przepływowy gazowy	27,28	25,94	24,30
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	31,19	29,85	28,21
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	204,67	191,30	174,98
	pod przepływowy gazowy	205,26	191,90	175,57
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	204,67	191,30	174,98
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	73,40	68,99	63,61
	pod przepływowy gazowy	72,62	68,22	62,83
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	76,53	72,12	66,74
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	62,68	58,98	54,44
	pod przepływowy gazowy	62,32	58,62	54,08
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	66,23	62,52	57,99
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	64,63	60,79	56,11
	pod przepływowy gazowy	64,19	60,36	55,67
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	68,10	64,26	59,58

Tabl.202 Wartości energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej *Warszawa*

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	97,39	91,12	83,47
	pod przepływowy gazowy	95,48	89,20	81,56
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	99,38	93,11	85,46
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	84,82	79,41	72,81
	pod przepływowy gazowy	83,43	78,01	71,41
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	87,33	81,92	75,32
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	84,82	79,41	72,81
	pod przepływowy gazowy	83,43	78,01	71,41
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	87,33	81,92	75,32
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	25,11	18,22	16,60
	pod przepływowy gazowy	26,17	24,83	23,20
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	30,07	28,74	27,11
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	193,56	180,25	164,04
	pod przepływowy gazowy	194,15	180,85	164,64
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	193,56	180,25	164,04
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	69,74	65,35	60,01
	pod przepływowy gazowy	68,96	64,57	59,23
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	72,86	68,48	63,14
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	59,60	55,91	51,41
	pod przepływowy gazowy	59,24	55,55	51,05
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	63,15	59,45	54,95
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	61,44	57,62	52,97
	pod przepływowy gazowy	61,00	57,18	52,53
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	64,91	61,09	56,44

Tabl.203 Wartości energii pierwotnej z uwzględnieniem energii pomocniczej dla stacji meteorologicznej **Zakopane**

ogrzewanie	c.w.u.	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Kotłownia węglowa	jak c.o.	120,96	113,22	103,75
	pod przepływowy gazowy	119,05	111,31	101,84
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	122,96	115,22	105,74
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	105,17	98,49	90,31
	pod przepływowy gazowy	103,77	97,09	88,92
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	107,68	101,00	92,82
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	jak c.o.	105,17	98,49	90,31
	pod przepływowy gazowy	103,77	97,09	88,92
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	107,68	101,00	92,82
Kotłownia na biomasę (pelet)	jak c.o.	30,13	22,93	20,91
	pod przepływowy gazowy	31,19	29,54	27,52
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	35,09	33,45	31,43
Ogrzewanie elektryczne	jak c.o.	243,54	227,13	207,04
	pod przepływowy gazowy	244,13	227,73	207,63
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	243,54	227,13	207,04
Pompa ciepła powietrze-woda	jak c.o.	86,21	80,80	74,18
	pod przepływowy gazowy	85,43	80,02	73,40
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	89,34	83,93	77,31
Pompa ciepła gruntowa	jak c.o.	73,47	68,92	63,34
	pod przepływowy gazowy	73,11	68,56	62,98
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	77,02	72,46	66,89
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	jak c.o.	75,78	71,07	65,31
	pod przepływowy gazowy	75,35	70,64	64,87
	podgrzewacz przepływowy elektryczny	79,25	74,54	68,78

III/2.3. Ramy metodologii porównawczej do celów obliczania optymalnego pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych dotyczących charakterystyki energetycznej budynków i elementów budynków.

III/2.3.1 Założenia przyjęte do obliczeń dla określenia optymalnego pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych dotyczących charakterystyki energetycznej budynku wraz z systemami Technicznymi.

Do obliczeń optymalnych pod względem kosztów poziomów wymagań minimalnych dotyczących charakterystyki energetycznej budynków i elementów budynku stosuje się ramy metodologii porównawczej określone w załączniku I do Rozporządzenia delegowanego Komisji UE nr 244/2012

Na cele obliczeń przyjęto:

1. Rok zerowy - 2016
2. Okres obliczeniowy:
 - 30 lat w odniesieniu do budynków mieszkalnych i publicznych
 - 20 lat w odniesieniu do budynków niemieszkalnych o charakterze gospodarczym
3. Podział kategorii kosztów:
 - początkowe koszty inwestycji
 - koszty energii
 - koszt emisji gazów cieplarnianych (przy obliczeniach makroekonomicznych) zgodnie z załącznikiem II zastosowano jako minimalny dolny próg szacowane ceny emisji w ramach systemu handel emisjami zgodnie ze scenariuszem referencyjnym Komisji do 2050 r. (16,5 euro/tona CO₂)

Podane ceny wyrażone są w EUR.

Tabl.204 szacunkowa ewolucja cen emisji CO₂ w perspektywie długookresowej [52]

Ewolucja cen emisji dwutlenku węgla	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Odniesienie (średki rozdrobnione, referencyjne, ceny paliw kopalnych)	16,5	20	36	50	52	51	50
Skuteczne technologie (środki globalne, niskie ceny paliw kopalnych)	25	38	60	64	78	115	190
Skuteczne technologie (środki rozdrobnione, regencyjne ceny paliw kopalnych)	25	34	51	53	64	92	147

4. Ekonomiczny cykl życia budynków i/lub elementów budynku przedstawiono w tabeli 72 (budynku 50 lat)

Tabl. 205 Cykl życia przykładowych elementów budynku [N39]

Komponent	Okres życia min-max (lata)	Roczna konserwacja zawierająca koszty operacyjne, napraw, serwisowania w % kosztów inwestycyjnych
Jednostka klimatyzacji powietrznej	15	4
Chłodzenie powietrzne	15-20	2
Ogrzewanie elektryczne	15-20	2
Ogrzewanie parowe	15-20	2
Ogrzewanie wodne	15-20	2-4
Kocioł kondensacyjny	20	1-2
Kocioł bezpośredni	20	1-2
Kocioł spalinowy	20	1-2
Palniki olejowe, gazowe	10	4-6
Skraplacze	20	2
Wyposażenie kontroli	15-20	2-4
System kontroli - centralny	15-25	4
System kontroli – kontrola pomieszczeń	15-25	4
Zawory regulacyjne automatyczne	15	6
Zawory regulacyjne manualne	30	4
Konwektory	20	1
Sprężarka chłodnicza	15	4
Chłodzące panele i sufity	30	2
Amortyzatory	20	1
Amortyzatory z silnikiem kontroli	15	4
Nawiewniki	20	4
Podwójne skrzynie kanałowe	15	4
System kanałów dla przefiltrowanego powietrza	30	2
System kanałów dla nie przefiltrowanego powietrza	30	6
Płyta elektryczna	30	0,5-1
Elektryczne ogrzewanie – piece akumulacyjne	20-25	1
Elektryczne ogrzewanie – konwektorowe	20-25	1
Elektryczne ogrzewanie podłogowe	25-50	2
Przewody elektryczne	25-50	0,5-1
Ogrzewanie podłogowe wodne	50	2
Parowniki	15-20	2
Zewnętrzny grill powietrzny	20	10
Klimakonwektory	15	6
Wentylator	15-20	4
Wentylator o zmiennym przepływie	15	6
Ramy filtrów	15	2
Zbiornik paliwa	30	0,5
Zbiornik paliwa - gaz	30	0,5

Komponent	Okres życia min-max (lata)	Roczna konserwacja zawierająca koszty operacyjne, napraw, serwisowania w % kosztów inwestycyjnych
Pompa ciepła	15-20	2-4
Nawilżacze parowe	4-10	4
Nawilżacze wodne	10	1
Zawory	10	1
Silnik diesel	10	4
Silnik elektryczny	20	1
Rury Cu	30	1
Rury stalowe	30	1
Rury stalowe w zamkniętym systemie	30	1
Rury stalowe w otwartym systemie	15	1
Chłodnica wodna	30-40	1-2
Zasobnik na ciepłą wodę	20	1

5. Stopę dyskontową równą 2,83 % (stopa bazowa 1,83 % powiększona o marżę 100 punktów bazowych).
6. Współczynników energii pierwotnej

Tabl. 206 Wartości współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii lub energii dla systemów technicznych w [R13]

Lp.	Sposób zasilania budynku lub części budynku w energię	Rodzaj nośnika energii lub energii	współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej w_i
1	Miejsowe wytwarzanie energii w budynku	Olej opałowy	1,10
2		Gaz ziemny	
3		Gaz płynny	
4		Węgiel kamienny	
5		Węgiel brunatny	
6		Energia słoneczna	0,00
7		Energia wiatrowa	
8		Energia geotermalna	
9		Biomasa	
10		Biogaz	
11	Ciepło sieciowe z kogeneracji	Węgiel kamienny lub gaz	0,8
12		Biomasa, biogaz	0,15
13	Ciepło sieciowe z ciepłowni	Węgiel kamienny	1,3
14		Gaz lub olej opałowy	1,2
15	Sieć elektroenergetyczna systemowa	Energia elektryczna	3,00

7. Ewolucja cen energii

Wzrost ceny gazu 5%/rok

Wzrost ceny węgla 3 %/rok

Wzrost ceny oleju 5,5%/rok

Wzrost ceny gazu płynnego 3,5%

Wzrost ceny energii elektrycznej 2,5%

Wzrost ceny ciepła systemowego 2,0%

Analiza wrażliwości

- a) Wpływ ewolucji cen energii na obliczenia makroekonomiczne i finansowe
- b) Wpływ stopy dyskontowej na obliczenia makroekonomiczne i finansowe
- c) Wpływ ewolucji gazu na obliczenia makroekonomiczne i finansowe

Ramy metodologii optymalne pod względem kosztów.

Do przeprowadzenia analizy pod względem kosztów przyjęto budynki referencyjne zgodne z kategoriami:

- 1) Budynki jednorodzinne
- 2) Bloki mieszkalne
- 3) Budynki wielorodzinne
- 4) Budynki biurowe

3.2 Warianty/parkiety przyjęte do analizy

Środek poprawy efektywności energetycznej oznacza zmianę w budynku, która prowadzi do obniżenia zapotrzebowania budynku na energię pierwotną

Pakiet oznacza zestaw środków poprawy efektywności energetycznej i/lub środków, których podstawę stanowią odnawialne źródła zastosowanych w odniesieniu do budynku referencyjnego.

Wariant oznacza całkowity wynik zastosowania i opis pełnego zestawu środków/pakietów zastosowanych w odniesieniu do budynku, który może składać się z kombinacji środków dotyczących przegród zewnętrznych budynku, technologii pasywnych, środków dotyczących systemów technicznych budynku i/lub środków, których podstawę stanowią odnawialne źródła energii.

Do obliczeń kosztów całkowitych w przypadku obliczenia finansowego zastosowano wzór (18)

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) \times R_d(i)) - V_{f,\tau}(j) \right] \quad (18)$$

gdzie:

τ – oznacza okres obliczeniowy

$C_g(\tau)$ – oznacza koszt całkowity (w powiązaniu z rokiem zerowym τ_0 w okresie obliczeniowym)

C_I – oznacza początkowe koszty inwestycji w odniesieniu do środka lub zestawu środków j

$C_{a,i}(j)$ – oznacza roczny koszt w roku i w odniesieniu do środka lub zestawu środków j

$V_{f,\tau}$ – oznacza wartość rezydualną środka lub zestawu środków j na koniec okresu obliczeniowego (zdyskontowaną do roku zerowego τ_0)

$R_d(i)$ – oznacza współczynnik dyskontowy dla roku i w oparciu o stopę dyskontową r , który należy obliczyć wg wzoru poniżej

$$R_d(p) = \left(\frac{1}{1 + \frac{r}{100}} \right)^p \quad (19)$$

gdzie

p – oznacza liczbę lat od okresu zerowego,

r – oznacza rzeczywistą stopę dyskontową

Do obliczeń kosztów całkowitych w przypadku obliczenia makroekonomicznego zastosowano wzór (20)

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) \times R_d(i) + C_{c,i}(j)) - V_{f,\tau}(j) \right] \quad (20)$$

gdzie:

$C_{c,i}(j)$ – oznacza koszt emisji CO₂ w roku i w odniesieniu do środka lub zestawu środków j

Obliczenia optymalne pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych

I. Budynek jednorodzinny

Obliczenia optymalne pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych wykonamy dla modelu domu jednorodzinnego.



Rys. 65 Fotografia budynku

Tabl. 207. Parametry budynku

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	Powierzchnia A_f	150,0	m^2
2.	Kubatura	480,0	m^3
3.	Średnia temperatura	19,8	$^{\circ}C$
4.	A/V	0,65	1/m

Tabl. 208. Parametry budynku

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	Liczba pięter	2	-
2.	Średni zysk ciepła od mieszkańców	6,8	W/m^2
3.	Średnia wartość współczynnika U ścian	1,43	W/m^2K
4.	Średnia wartość współczynnika U dachu	1,28	W/m^2K
5.	Średnia wartość współczynnika U stropu nad piwnicą	1,26	W/m^2K
6.	Średnia wartość współczynnika U okien	2,6	W/m^2K
7.	Pojemność cieplna budynku	1 167 730	J/m^2K
8.	Strzelność powietrzna	3,0	1/h
9.	System wentylacji	naturalna	-

Tabl. 209. Zestawienie przegród zewnętrznych

L.p.	Wielkość	Powierzchnia [m ²]
1.	Ściany zewnętrzne	384,18
2.	poddasze	121,00
3.	Drzwi zewnętrzne	3,30
4.	Okna	30,52
5.	Strop nad piwnicą	115,50

1. Budynek referencyjny

Jako budynek referencyjny przyjęto dom jednorodzinny o bardzo słabych parametrach izolacyjności ścian, stropów i dużym zapotrzebowaniu na energię w stanie przed termomodernizacją. Uzyskano dla takiego budynku następujące wartości energii użytkowej dla potrzeb ogrzewania i wentylacji

Tabl. 210. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji

Stacja meteorologiczna	Energia użytkowa [kWh/rok]
Szczecin	76 022,08
Kraków	81 351,32
Warszawa	81 727,86
Zakopane	95 759,69

2. Wybór wariantów

W ramach analizy wariantów zaproponowano następujący zakres prac:

Tabl. 211. Wybór wariantów.

Wariant	Stan referencyjny	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant 4
Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami		+			
j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej		+	+		
j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)		+	+	+	
j.w.+ zastosowanie OZE		+	+	+	+

Docelowy poziom termomodernizacji jest analizowany w stosunku do WT2014, WT2017 i WT2021

Określenie poziomu kosztów prac termomodernizacyjnych przedstawiono w tabeli 212.

Tabl. 212. Koszty prac termomodernizacyjnych

Wariant	WT2014	WT2017	WT2021
Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	153 931,85 zł	156 129,66 zł	160 347,33 zł
j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	175 239,20 zł	180 625,21 zł	194 297,05 zł
j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	206 788,70 zł	212 174,71 zł	225 846,55 zł
j.w.+ zastosowanie OZE	220 788,70 zł	226 174,71 zł	239 846,55 zł

Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb ogrzewania i wentylacji (tabl. 213)

Tabl. 213. Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb ogrzewania i wentylacji.

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
WT 2014	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	15 040,80	16 440,02	16 379,63	19 376,12
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	10 966,44	12 094,15	12 008,91	14 194,48
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	8 285,03	9 278,41	9 110,75	10 813,59
	j.w.+ zastosowanie OZE	8 285,03	9 278,41	9 110,75	10 813,59
WT 2017	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	14 330,41	15 679,56	15 617,86	18 461,45
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	9 746,74	10 808,20	10 694,31	12 662,00
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	7 121,88	8 067,59	7 848,75	9 325,11
	j.w.+ zastosowanie OZE	7 121,88	8 067,59	7 848,75	9 325,11

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
WT 2021	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	13 271,02	14 546,36	14 482,20	17 106,38
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	8 214,57	9 204,94	9 034,27	10 723,88
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	5 677,98	6 572,28	6 300,26	7 466,82
	j.w.+ zastosowanie OZE	5 677,98	6 572,28	6 300,26	7 466,82

Analizę przeprowadzono dla różnych rodzajów systemów grzewczych (tabl. 214)

Tabl. 214. Sprawności systemu grzewczego.

Rodzaj źródła	Sprawność źródła	Iloczyn sprawności przesyłu, regulacji i akumulacji
Kotłownia węglowa	0,82	0,84
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,98	0,84

Ceny energii przyjęto zgodnie z tabelą 215:

Tabl. 215. Wskaźniki cen energii.

Rodzaj źródła	Cena energii [zł/kWh]
Kotłownia węglowa	0,108
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,206
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,288
Kotłownia na biomasę (pelet)	0,160
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,198

Poziom energii użytkowej dla potrzeb przygotowania c.w.u. przyjęto zgodnie z tabelą 216

Tabl. 216. Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb c.w.u.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	k_r – Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu c.w.u.	0,9	-
2.	V_{wi} – Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	1,4	dm ³ /(m ² dzień)
3.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	0,19	m ³
4.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	68,99	m ³
5.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	3 613,09	kWh
6.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	24,09	kWh/(m ² rok)

Zapotrzebowanie na energię końcową, pierwotną oraz określenie emisji CO₂ i kosztów użytkowania dla budynku referencyjnego przedstawiono w tabelach 217-220.

Energia końcowa dla budynku referencyjnego wynosi:

Tabl. 217. Roczne zapotrzebowanie na energię końcową.

Stan bazowy	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
kotłownia węglowa	118 381,40	126 074,43	126 617,99	146 873,65
kotłownia gazowa	102 181,84	108 822,14	109 291,31	126 775,15
kotłownia na olej opałowy	102 181,84	108 822,14	109 291,31	126 775,15
MPEC	99 053,82	105 490,85	105 945,66	122 894,28

Tabl. 218. Zapotrzebowanie na energię końcową.

Stan bazowy	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
kotłownia węglowa	789,21	840,50	844,12	979,16
kotłownia gazowa	681,21	725,48	728,61	845,17
kotłownia na olej opałowy	681,21	725,48	728,61	845,17
MPEC	660,36	703,27	706,30	819,30

Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W} :

Tabl. 219. Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W} .

Stan bazowy	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
kotłownia węglowa	131 052,22	139 514,55	140 112,46	162 393,70
kotłownia gazowa	113 232,70	120 537,03	121 053,13	140 285,35
kotłownia na olej opałowy	113 232,70	120 537,03	121 053,13	140 285,35
MPEC	80 075,74	85 225,36	85 589,21	99 148,11

Tabl. 220. Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W} .

Stan bazowy	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
kotłownia węglowa	873,68	930,10	934,08	1 082,62
kotłownia gazowa	754,88	803,58	807,02	935,24
kotłownia na olej opałowy	754,88	803,58	807,02	935,24
MPEC	533,84	568,17	570,59	660,99

Roczne koszty użytkowania budynku zawarto w tabeli 221

Tabl. 221. Roczne koszty użytkowania budynku referencyjnego.

Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
kotłownia węglowa	12 943,40 zł	13 774,25 zł	13 832,95 zł	16 020,56 zł
kotłownia gazowa	21 207,67 zł	22 575,57 zł	22 672,22 zł	26 273,89 zł
kotłownia na olej opałowy	29 586,58 zł	31 498,99 zł	31 634,11 zł	36 669,45 zł
MPEC	19 770,87 zł	21 045,40 zł	21 135,45 zł	24 491,28 zł

Emisja CO₂ dla budynku referencyjnego (tabl. 222):

Tabl. 222. Emisja CO₂ budynku referencyjnego.

Stan bazowy	Szczecin [t CO ₂]	Kraków [t CO ₂]	Warszawa [t CO ₂]	Zakopane [t CO ₂]
kotłownia węglowa	41,78	44,48	44,67	51,78
kotłownia gazowa	20,87	22,21	22,30	25,83
kotłownia na olej opałowy	28,70	30,55	30,68	35,56
MPEC	33,68	35,85	36,01	41,73

Roczne koszty użytkowania z uwzględnieniem kosztów emisji CO₂ przedstawiono w tabeli 223.

Tabl. 223. Roczne koszty użytkowania budynku referencyjnego z uwzględnienie kosztów emisji CO₂.

Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
kotłownia węglowa	16 003,36 zł	17 031,97 zł	17 104,64 zł	19 812,94 zł
kotłownia gazowa	22 735,90 zł	24 202,02 zł	24 305,61 zł	28 165,87 zł
kotłownia na olej opałowy	31 688,63 zł	33 736,54 zł	33 881,24 zł	39 273,36 zł
MPEC	22 237,38 zł	23 671,10 zł	23 772,40 zł	27 547,36 zł

Zapotrzebowanie na energię końcową dla WT2014, WT2017 i WT2021 zawarto w tabelach 224-229

Tabl. 224. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	30 351,79	32 371,64	32 284,46	36 610,05
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	24 470,24	26 098,15	25 975,10	29 130,08
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	20 599,49	22 033,48	21 791,46	24 249,59
	j.w.+ zastosowanie OZE	24 130,83	25 810,65	25 527,14	28 406,67
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	26 198,39	27 941,83	27 866,59	31 600,25
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	21 121,68	22 526,82	22 420,61	25 143,86
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	17 780,61	19 018,38	18 809,47	20 931,23
	j.w.+ zastosowanie OZE	24 130,83	25 810,65	25 527,14	28 406,67
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	26 198,39	27 941,83	27 866,59	31 600,25
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	21 121,68	22 526,82	22 420,61	25 143,86
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	17 780,61	19 018,38	18 809,47	20 931,23
	j.w.+ zastosowanie OZE	24 130,83	25 810,65	25 527,14	28 406,67
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	25 396,40	27 086,47	27 013,53	30 632,90
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	20 475,10	21 837,23	21 734,27	24 374,15
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	17 236,31	18 436,18	18 233,67	20 290,48
	j.w.+ zastosowanie OZE	24 130,83	25 810,65	25 527,14	28 406,67

Tabl. 225 Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	202,35	215,81	215,23	244,07
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	163,13	173,99	173,17	194,20
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	137,33	146,89	145,28	161,66
	j.w.+ zastosowanie OZE	160,87	172,07	170,18	189,38
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	174,66	186,28	185,78	210,67
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	140,81	150,18	149,47	167,63
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	118,54	126,79	125,40	139,54
	j.w.+ zastosowanie OZE	160,87	172,07	170,18	189,38
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	174,66	186,28	185,78	210,67
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	140,81	150,18	149,47	167,63
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	118,54	126,79	125,40	139,54
	j.w.+ zastosowanie OZE	160,87	172,07	170,18	189,38

Tabl. 225 Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2014 (cd)

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	169,31	180,58	180,09	204,22
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	136,50	145,58	144,90	162,49
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	114,91	122,91	121,56	135,27
	j.w.+ zastosowanie OZE	160,87	172,07	170,18	189,38

Tabl. 226. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	29 326,31	31 273,87	31 184,81	35 289,67
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	22 709,54	24 241,81	24 077,41	26 917,87
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	18 920,42	20 285,60	19 969,70	22 100,90
	j.w.+ zastosowanie OZE	22 163,92	23 763,13	23 393,07	25 889,62
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	25 313,23	26 994,29	26 917,41	30 460,56
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	19 601,92	20 924,51	20 782,60	23 234,37
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	16 331,31	17 509,68	17 237,00	19 076,56
	j.w.+ zastosowanie OZE	22 163,92	23 763,13	23 393,07	25 889,62
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	25 313,23	26 994,29	26 917,41	30 460,56
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	19 601,92	20 924,51	20 782,60	23 234,37
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	16 331,31	17 509,68	17 237,00	19 076,56
	j.w.+ zastosowanie OZE	22 163,92	23 763,13	23 393,07	25 889,62

Tabl. 226. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k dla wariantu WT2017 (cd).

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	24 538,34	26 167,93	26 093,41	29 528,09
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	19 001,86	20 283,97	20 146,40	22 523,12
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	15 831,37	16 973,67	16 709,34	18 492,59
	j.w.+ zastosowanie OZE	22 163,92	23 763,13	23 393,07	25 889,62

Tabl. 227 Zapotrzebowanie na energię końcową w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	195,51	208,49	207,90	235,26
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	151,40	161,61	160,52	179,45
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	126,14	135,24	133,13	147,34
	j.w.+ zastosowanie OZE	147,76	158,42	155,95	172,60
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	168,75	179,96	179,45	203,07
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	130,68	139,50	138,55	154,90
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	108,88	116,73	114,91	127,18
	j.w.+ zastosowanie OZE	147,76	158,42	155,95	172,60
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	168,75	179,96	179,45	203,07
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	130,68	139,50	138,55	154,90
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	108,88	116,73	114,91	127,18
	j.w.+ zastosowanie OZE	147,76	158,42	155,95	172,60
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	163,59	174,45	173,96	196,85
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	126,68	135,23	134,31	150,15
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	105,54	113,16	111,40	123,28
	j.w.+ zastosowanie OZE	147,76	158,42	155,95	172,60

Tabl. 228. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k dla wariantu WT2021.

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	27 797,02	29 638,04	29 545,42	33 333,56
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	20 497,78	21 927,43	21 681,06	24 120,09
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	16 836,08	18 127,05	17 734,37	19 418,36
	j.w.+ zastosowanie OZE	19 722,26	21 234,54	20 774,55	22 747,22
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	23 993,22	25 582,31	25 502,36	28 772,13
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	17 692,82	18 926,83	18 714,17	20 819,45
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	14 532,19	15 646,50	15 307,56	16 761,11
	j.w.+ zastosowanie OZE	19 722,26	21 234,54	20 774,55	22 747,22
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	23 993,22	25 582,31	25 502,36	28 772,13
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	17 692,82	18 926,83	18 714,17	20 819,45
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	14 532,19	15 646,50	15 307,56	16 761,11
	j.w.+ zastosowanie OZE	19 722,26	21 234,54	20 774,55	22 747,22
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	23 258,73	24 799,18	24 721,68	27 891,35
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	17 151,20	18 347,44	18 141,29	20 182,12
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	14 087,33	15 167,53	14 838,96	16 248,02
	j.w.+ zastosowanie OZE	19 722,26	21 234,54	20 774,55	22 747,22

Tabl. 229 Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2021.

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	185,31	197,59	196,97	222,22
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	136,65	146,18	144,54	160,80
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	112,24	120,85	118,23	129,46
	j.w.+ zastosowanie OZE	131,48	141,56	138,50	151,65
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	159,95	170,55	170,02	191,81
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	117,95	126,18	124,76	138,80
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	96,88	104,31	102,05	111,74
	j.w.+ zastosowanie OZE	131,48	141,56	138,50	151,65
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	159,95	170,55	170,02	191,81
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	117,95	126,18	124,76	138,80
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	96,88	104,31	102,05	111,74
	j.w.+ zastosowanie OZE	131,48	141,56	138,50	151,65
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	155,06	165,33	164,81	185,94
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	114,34	122,32	120,94	134,55
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	93,92	101,12	98,93	108,32
	j.w.+ zastosowanie OZE	131,48	141,56	138,50	151,65

Analogicznie jak dla budynku referencyjnego wyliczono Energię Pierwotną EP_{H+W} . wartości przedstawiono w Tabl.ch 230-235.

Tabl. 230. Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W} dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	34 061,97	36 283,80	36 187,91	40 946,05
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	27 592,27	29 382,96	29 247,61	32 718,09
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	24 911,24	26 488,63	26 222,40	28 926,35
	j.w.+ zastosowanie OZE	7 077,97	7 413,93	7 357,23	7 933,13
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	29 493,23	31 411,02	31 328,24	35 435,28
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	23 908,85	25 454,51	25 337,67	28 333,25
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	21 810,47	23 172,01	22 942,22	25 276,15
	j.w.+ zastosowanie OZE	7 077,97	7 413,93	7 357,23	7 933,13
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	29 493,23	31 411,02	31 328,24	35 435,28
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	23 908,85	25 454,51	25 337,67	28 333,25
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	21 810,47	23 172,01	22 942,22	25 276,15
	j.w.+ zastosowanie OZE	7 077,97	7 413,93	7 357,23	7 933,13
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	20 992,12	22 344,18	22 285,82	25 181,32
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	17 055,08	18 144,78	18 062,41	20 174,32
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	16 040,85	17 000,74	16 838,74	18 484,18
	j.w.+ zastosowanie OZE	7 077,97	7 413,93	7 357,23	7 933,13

Tabl. 231 Zapotrzebowanie na energię EP_{H+W} w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2014

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	227,08	241,89	241,25	272,97
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	183,95	195,89	194,98	218,12
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	166,07	176,59	174,82	192,84
	j.w.+ zastosowanie OZE	47,19	49,43	49,05	52,89
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	196,62	209,41	208,85	236,24
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	159,39	169,70	168,92	188,89
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	145,40	154,48	152,95	168,51
	j.w.+ zastosowanie OZE	47,19	49,43	49,05	52,89
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	196,62	209,41	208,85	236,24
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	159,39	169,70	168,92	188,89
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	145,40	154,48	152,95	168,51
	j.w.+ zastosowanie OZE	47,19	49,43	49,05	52,89
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	139,95	148,96	148,57	167,88
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	113,70	120,97	120,42	134,50
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	106,94	113,34	112,26	123,23
	j.w.+ zastosowanie OZE	47,19	49,43	49,05	52,89

Tabl. 232. Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W} dla wariantu 2017

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	32 933,94	35 076,26	34 978,29	39 493,64
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	25 655,50	27 341,00	27 160,15	30 284,66
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	23 064,26	24 565,96	24 218,47	26 562,79
	j.w.+ zastosowanie OZE	6 684,58	7 004,43	6 930,41	7 429,72
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	28 519,55	30 368,72	30 284,15	34 181,62
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	22 237,11	23 691,96	23 535,87	26 232,81
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	20 216,24	21 512,45	21 212,50	23 236,02
	j.w.+ zastosowanie OZE	6 684,58	7 004,43	6 930,41	7 429,72
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	28 519,55	30 368,72	30 284,15	34 181,62
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	22 237,11	23 691,96	23 535,87	26 232,81
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	20 216,24	21 512,45	21 212,50	23 236,02
	j.w.+ zastosowanie OZE	6 684,58	7 004,43	6 930,41	7 429,72
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	20 305,67	21 609,35	21 549,73	24 297,48
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	15 876,49	16 902,17	16 792,12	18 693,49
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	14 916,90	15 830,73	15 619,27	17 045,87
	j.w.+ zastosowanie OZE	6 684,58	7 004,43	6 930,41	7 429,72

Tabl. 233 Zapotrzebowanie na energię EP_{H+W} w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu 2017

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	219,56	233,84	233,19	263,29
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	171,04	182,27	181,07	201,90
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	153,76	163,77	161,46	177,09
	j.w.+ zastosowanie OZE	44,56	46,70	46,20	49,53
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	190,13	202,46	201,89	227,88
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	148,25	157,95	156,91	174,89
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	134,77	143,42	141,42	154,91
	j.w.+ zastosowanie OZE	44,56	46,70	46,20	49,53
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	190,13	202,46	201,89	227,88
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	148,25	157,95	156,91	174,89
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	134,77	143,42	141,42	154,91
	j.w.+ zastosowanie OZE	44,56	46,70	46,20	49,53
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	135,37	144,06	143,66	161,98
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	105,84	112,68	111,95	124,62
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	99,45	105,54	104,13	113,64
	j.w.+ zastosowanie OZE	44,56	46,70	46,20	49,53

Tabl. 234. Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W} dla wariantu 2021

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	31 251,72	33 276,84	33 174,96	37 341,92
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	23 222,55	24 795,17	24 524,16	27 207,10
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	20 771,49	22 191,55	21 759,61	23 612,00
	j.w.+ zastosowanie OZE	6 196,25	6 498,71	6 406,71	6 801,24
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	27 067,54	28 815,54	28 727,60	32 324,34
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	20 137,10	21 494,51	21 260,59	23 576,39
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	18 237,21	19 462,95	19 090,12	20 689,02
	j.w.+ zastosowanie OZE	6 196,25	6 498,71	6 406,71	6 801,24
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	27 067,54	28 815,54	28 727,60	32 324,34
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	20 137,10	21 494,51	21 260,59	23 576,39
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	18 237,21	19 462,95	19 090,12	20 689,02
	j.w.+ zastosowanie OZE	6 196,25	6 498,71	6 406,71	6 801,24
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	19 281,99	20 514,34	20 452,34	22 988,08
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	14 395,96	15 352,95	15 188,03	16 820,70
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	13 521,66	14 385,82	14 122,97	15 250,21
	j.w.+ zastosowanie OZE	6 196,25	6 498,71	6 406,71	6 801,24

Tabl. 235 Zapotrzebowanie na energię EP_{H+W} w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu 2021

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	208,34	221,85	221,17	248,95
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	154,82	165,30	163,49	181,38
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	138,48	147,94	145,06	157,41
	j.w.+ zastosowanie OZE	41,31	43,32	42,71	45,34
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	180,45	192,10	191,52	215,50
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	134,25	143,30	141,74	157,18
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	121,58	129,75	127,27	137,93
	j.w.+ zastosowanie OZE	41,31	43,32	42,71	45,34
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	180,45	192,10	191,52	215,50
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	134,25	143,30	141,74	157,18
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	121,58	129,75	127,27	137,93
	j.w.+ zastosowanie OZE	41,31	43,32	42,71	45,34
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	128,55	136,76	136,35	153,25
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	95,97	102,35	101,25	112,14
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	90,14	95,91	94,15	101,67
	j.w.+ zastosowanie OZE	41,31	43,32	42,71	45,34

Roczne koszty użytkowania budynku dla wariantów WT2014, WT2017, WT2021 przedstawiono w Tabl.ch 236-238

Tabl. 236. Roczna koszty użytkowania budynku dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	3 406,24 zł	3 624,39 zł	3 614,97 zł	4 082,14 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	2 771,04 zł	2 946,85 zł	2 933,56 zł	3 274,30 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	2 652,59 zł	2 807,46 zł	2 781,32 zł	3 046,80 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	4 288,77 zł	4 557,55 zł	4 512,18 zł	4 972,91 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	5 525,12 zł	5 884,27 zł	5 868,77 zł	6 637,90 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	4 479,32 zł	4 768,78 zł	4 746,90 zł	5 307,89 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	4 090,65 zł	4 345,63 zł	4 302,59 zł	4 739,68 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	4 288,77 zł	4 557,55 zł	4 512,18 zł	4 972,91 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	7 673,39 zł	8 175,50 zł	8 153,83 zł	9 229,12 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	6 211,29 zł	6 615,98 zł	6 585,39 zł	7 369,68 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	5 548,66 zł	5 905,13 zł	5 844,97 zł	6 456,04 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	4 288,77 zł	4 557,55 zł	4 512,18 zł	4 972,91 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	5 156,74 zł	5 491,37 zł	5 476,93 zł	6 193,56 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	4 182,32 zł	4 452,02 zł	4 431,64 zł	4 954,33 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	3 840,63 zł	4 078,21 zł	4 038,11 zł	4 445,36 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	4 288,77 zł	4 557,55 zł	4 512,18 zł	4 972,91 zł

Tabl. 237. Roczna koszty użytkowania budynku dla wariantu WT2017

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	3 295,49 zł	3 505,83 zł	3 496,21 zł	3 939,53 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	2 580,88 zł	2 746,37 zł	2 728,61 zł	3 035,38 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	2 471,25 zł	2 618,69 zł	2 584,57 zł	2 814,74 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	3 974,07 zł	4 229,94 zł	4 170,73 zł	4 570,18 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	5 342,78 zł	5 689,07 zł	5 673,24 zł	6 403,13 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	4 166,25 zł	4 438,70 zł	4 409,47 zł	4 914,53 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	3 792,09 zł	4 034,84 zł	3 978,66 zł	4 357,61 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	3 974,07 zł	4 229,94 zł	4 170,73 zł	4 570,18 zł
Opolej	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	7 418,46 zł	7 902,61 zł	7 880,46 zł	8 900,89 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	5 773,60 zł	6 154,51 zł	6 113,64 zł	6 819,75 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	5 131,26 zł	5 470,63 zł	5 392,10 zł	5 921,89 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	3 974,07 zł	4 229,94 zł	4 170,73 zł	4 570,18 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	4 986,84 zł	5 309,50 zł	5 294,74 zł	5 974,81 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	3 890,62 zł	4 144,48 zł	4 117,24 zł	4 587,83 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	3 562,45 zł	3 788,63 zł	3 736,29 zł	4 089,37 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	3 974,07 zł	4 229,94 zł	4 170,73 zł	4 570,18 zł

Tabl. 238. Roczna koszty użytkowania budynku dla wariantu WT2021

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	3 130,33 zł	3 329,16 zł	3 319,16 zł	3 728,27 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	2 342,01 zł	2 496,41 zł	2 469,80 zł	2 733,22 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	2 246,14 zł	2 385,56 zł	2 343,15 zł	2 525,02 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	3 583,40 zł	3 825,37 zł	3 751,77 zł	4 067,40 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	5 070,85 zł	5 398,21 zł	5 381,74 zł	6 055,31 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	3 772,97 zł	4 027,18 zł	3 983,37 zł	4 417,06 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	3 421,47 zł	3 651,02 zł	3 581,20 zł	3 880,63 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	3 583,40 zł	3 825,37 zł	3 751,77 zł	4 067,40 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	7 038,30 zł	7 495,95 zł	7 472,93 zł	8 414,62 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	5 223,78 zł	5 579,18 zł	5 517,93 zł	6 124,25 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	4 613,11 zł	4 934,03 zł	4 836,42 zł	5 255,04 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	3 583,40 zł	3 825,37 zł	3 751,77 zł	4 067,40 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	4 733,48 zł	5 038,49 zł	5 023,14 zł	5 650,74 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	3 524,19 zł	3 761,04 zł	3 720,23 zł	4 124,31 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	3 217,13 zł	3 431,01 zł	3 365,96 zł	3 644,95 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	3 583,40 zł	3 825,37 zł	3 751,77 zł	4 067,40 zł

Roczną emisję CO₂ dla poszczególnych wariantów przedstawiono w Tabl.ch 239-241

Tabl. 239. Roczna emisja CO₂ dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [t CO₂]	Kraków [t CO₂]	Warszawa [t CO₂]	Zakopane [t CO₂]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	10,84	11,55	11,52	13,04
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	8,78	9,35	9,30	10,41
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	7,85	8,36	8,27	9,14
	j.w.+ zastosowanie OZE	0,62	0,62	0,62	0,62
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	5,48	5,83	5,82	6,57
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	4,45	4,74	4,72	5,27
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	4,22	4,47	4,42	4,85
	j.w.+ zastosowanie OZE	0,62	0,62	0,62	0,62
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	7,49	7,97	7,95	8,99
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	6,07	6,46	6,43	7,19
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	5,58	5,92	5,87	6,46
	j.w.+ zastosowanie OZE	0,62	0,62	0,62	0,62
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	8,76	9,33	9,31	10,53
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	7,10	7,56	7,53	8,42
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	6,44	6,85	6,78	7,48
	j.w.+ zastosowanie OZE	0,62	0,62	0,62	0,62

Tabl. 240. Roczna emisja CO₂ dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin [t CO₂]	Kraków [t CO₂]	Warszawa [t CO₂]	Zakopane [t CO₂]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	10,48	11,16	11,13	12,57
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	8,16	8,70	8,64	9,64
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	7,27	7,74	7,63	8,38
	j.w.+ zastosowanie OZE	0,62	0,62	0,62	0,62

Tabl. 240. Roczna emisja CO₂ dla wariantu WT2017 (cd)

	Wariant	Szczecin [t CO ₂]	Kraków [t CO ₂]	Warszawa [t CO ₂]	Zakopane [t CO ₂]
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	5,30	5,64	5,62	6,34
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	4,15	4,41	4,38	4,88
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	3,92	4,16	4,11	4,48
	j.w.+ zastosowanie OZE	0,62	0,62	0,62	0,62
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	7,24	7,71	7,69	8,67
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	5,65	6,02	5,98	6,66
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	5,17	5,50	5,43	5,94
	j.w.+ zastosowanie OZE	0,62	0,62	0,62	0,62
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	8,47	9,02	9,00	10,16
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	6,60	7,04	6,99	7,79
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	5,97	6,36	6,27	6,87
	j.w.+ zastosowanie OZE	0,62	0,62	0,62	0,62

Tabl. 241. Roczna emisja CO₂ dla wariantu WT2021

	Wariant	Szczecin [t CO ₂]	Kraków [t CO ₂]	Warszawa [t CO ₂]	Zakopane [t CO ₂]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	9,94	10,59	10,56	11,89
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	7,38	7,88	7,80	8,65
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	6,53	6,99	6,85	7,44
	j.w.+ zastosowanie OZE	0,62	0,62	0,62	0,62
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	5,03	5,35	5,34	6,00
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	3,76	4,01	3,97	4,39
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	3,56	3,78	3,72	4,01
	j.w.+ zastosowanie OZE	0,62	0,62	0,62	0,62

Tabl. 241. Roczna emisja CO₂ dla wariantu WT2021 cd

	Wariant	Szczecin [t CO ₂]	Kraków [t CO ₂]	Warszawa [t CO ₂]	Zakopane [t CO ₂]
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	6,87	7,32	7,29	8,20
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	5,12	5,46	5,40	5,99
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	4,67	4,98	4,89	5,29
	j.w.+ zastosowanie OZE	0,62	0,62	0,62	0,62
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	8,04	8,56	8,54	9,61
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	5,98	6,38	6,31	7,00
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	5,38	5,75	5,63	6,11
	j.w.+ zastosowanie OZE	0,62	0,62	0,62	0,62

Roczne koszty emisji CO₂ przedstawiają tabele 242-244

Tabl. 242. Roczna koszty emisji CO₂ dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	793,91 zł	845,83 zł	843,59 zł	954,78 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	642,72 zł	684,57 zł	681,41 zł	762,51 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	575,23 zł	612,09 zł	605,87 zł	669,06 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	401,19 zł	426,98 zł	425,86 zł	481,09 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	326,10 zł	346,89 zł	345,32 zł	385,59 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	308,69 zł	327,00 zł	323,91 zł	355,29 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł

Tabl. 242. Roczna koszty emisji CO₂ dla wariantu WT2014 (cd)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	548,31 zł	583,89 zł	582,35 zł	658,54 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	444,72 zł	473,39 zł	471,22 zł	526,79 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	408,54 zł	433,80 zł	429,54 zł	472,84 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	641,76 zł	683,55 zł	681,75 zł	771,26 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	520,05 zł	553,74 zł	551,19 zł	616,48 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	471,96 zł	501,64 zł	496,63 zł	547,49 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł

Tabl. 243 Roczna koszty emisji CO₂ dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	767,55 zł	817,61 zł	815,32 zł	920,84 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	597,46 zł	636,85 zł	632,62 zł	705,64 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	532,07 zł	567,16 zł	559,04 zł	613,82 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	388,10 zł	412,96 zł	411,83 zł	464,23 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	303,63 zł	323,19 zł	321,09 zł	357,35 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	287,26 zł	304,69 zł	300,65 zł	327,86 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	530,25 zł	564,55 zł	562,99 zł	635,29 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	413,70 zł	440,69 zł	437,80 zł	487,83 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	378,97 zł	403,02 zł	397,45 zł	434,99 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł

Tabl. 243 Roczna koszty emisji CO₂ dla wariantu WT2017 (cd).

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	620,54 zł	660,84 zł	658,99 zł	743,93 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	483,62 zł	515,33 zł	511,92 zł	570,70 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	437,22 zł	465,47 zł	458,93 zł	503,03 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł

Tabl. 244. Roczna koszty emisji CO₂ dla wariantu WT2021.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	728,24 zł	775,56 zł	773,18 zł	870,56 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	540,61 zł	577,36 zł	571,03 zł	633,72 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	478,49 zł	511,67 zł	501,58 zł	544,87 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	368,58 zł	392,08 zł	390,90 zł	439,26 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	275,39 zł	293,64 zł	290,50 zł	321,63 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	260,65 zł	277,13 zł	272,12 zł	293,61 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	503,31 zł	535,74 zł	534,11 zł	600,83 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	374,75 zł	399,93 zł	395,59 zł	438,55 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	342,26 zł	364,99 zł	358,08 zł	387,74 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	588,89 zł	626,99 zł	625,07 zł	703,46 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	437,85 zł	467,43 zł	462,34 zł	512,81 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	394,09 zł	420,80 zł	412,68 zł	447,52 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł	45,71 zł

Roczne koszty użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji CO₂ dla poszczególnych wariantów pokazano w tabelach 245-247.

Tabl. 245. Roczne koszty użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	4 200,15 zł	4 470,22 zł	4 458,56 zł	5 036,92 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	3 413,76 zł	3 631,42 zł	3 614,97 zł	4 036,81 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	3 227,82 zł	3 419,55 zł	3 387,19 zł	3 715,86 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	4 334,48 zł	4 603,25 zł	4 557,89 zł	5 018,62 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	5 926,31 zł	6 311,25 zł	6 294,63 zł	7 118,99 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	4 805,42 zł	5 115,66 zł	5 092,21 zł	5 693,48 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	4 399,34 zł	4 672,63 zł	4 626,50 zł	5 094,97 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	4 334,48 zł	4 603,25 zł	4 557,89 zł	5 018,62 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	8 221,70 zł	8 759,39 zł	8 736,18 zł	9 887,67 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	6 656,01 zł	7 089,36 zł	7 056,61 zł	7 896,48 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	5 957,20 zł	6 338,94 zł	6 274,51 zł	6 928,87 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	4 334,48 zł	4 603,25 zł	4 557,89 zł	5 018,62 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	5 798,49 zł	6 174,92 zł	6 158,68 zł	6 964,82 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	4 702,37 zł	5 005,76 zł	4 982,83 zł	5 570,81 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	4 312,59 zł	4 579,84 zł	4 534,74 zł	4 992,85 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	4 334,48 zł	4 603,25 zł	4 557,89 zł	5 018,62 zł

Tabl. 246. Roczne koszty użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	4 063,04 zł	4 323,44 zł	4 311,53 zł	4 860,38 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	3 178,34 zł	3 383,22 zł	3 361,24 zł	3 741,02 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	3 003,32 zł	3 185,85 zł	3 143,61 zł	3 428,56 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	4 019,78 zł	4 275,65 zł	4 216,44 zł	4 615,89 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	5 730,87 zł	6 102,04 zł	6 085,06 zł	6 867,36 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	4 469,87 zł	4 761,89 zł	4 730,56 zł	5 271,88 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	4 079,35 zł	4 339,52 zł	4 279,32 zł	4 685,48 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	4 019,78 zł	4 275,65 zł	4 216,44 zł	4 615,89 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	7 948,71 zł	8 467,16 zł	8 443,45 zł	9 536,18 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	6 187,31 zł	6 595,20 zł	6 551,44 zł	7 307,58 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	5 510,23 zł	5 873,64 zł	5 789,55 zł	6 356,88 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	4 019,78 zł	4 275,65 zł	4 216,44 zł	4 615,89 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	5 607,38 zł	5 970,34 zł	5 953,74 zł	6 718,75 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	4 374,24 zł	4 659,80 zł	4 629,16 zł	5 158,53 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	3 999,67 zł	4 254,10 zł	4 195,22 zł	4 592,41 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	4 019,78 zł	4 275,65 zł	4 216,44 zł	4 615,89 zł

Tabl. 247. Roczne koszty użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2021.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	3 858,57 zł	4 104,72 zł	4 092,34 zł	4 598,83 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	2 882,62 zł	3 073,77 zł	3 040,83 zł	3 366,94 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	2 724,63 zł	2 897,24 zł	2 844,73 zł	3 069,89 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	3 629,11 zł	3 871,08 zł	3 797,48 zł	4 113,11 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	5 439,43 zł	5 790,28 zł	5 772,63 zł	6 494,57 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	4 048,36 zł	4 320,82 zł	4 273,86 zł	4 738,69 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	3 682,12 zł	3 928,15 zł	3 853,32 zł	4 174,25 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	3 629,11 zł	3 871,08 zł	3 797,48 zł	4 113,11 zł
Olaj Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	7 541,61 zł	8 031,70 zł	8 007,04 zł	9 015,46 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	5 598,53 zł	5 979,10 zł	5 913,52 zł	6 562,80 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	4 955,37 zł	5 299,03 zł	5 194,50 zł	5 642,78 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	3 629,11 zł	3 871,08 zł	3 797,48 zł	4 113,11 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	5 322,37 zł	5 665,47 zł	5 648,21 zł	6 354,19 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	3 962,04 zł	4 228,48 zł	4 182,56 zł	4 637,12 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	3 611,22 zł	3 851,81 zł	3 778,63 zł	4 092,47 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	3 629,11 zł	3 871,08 zł	3 797,48 zł	4 113,11 zł

Ilość zaoszczędzonej Energii Pierwotnej EP_{H+W} i oszczędność kosztów użytkowania budynku przedstawiono w tabelach 247-242.

Po uwzględnieniu wariantów przedsięwzięć, uzyskano następujące zmniejszenie zapotrzebowania na Energię Pierwotną EP_{H+W}

Tabl. 247. Zmniejszenie zapotrzebowania na Energię Pierwotną EP_{H+W} dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	645,55	687,15	691,78	808,60
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	688,68	733,16	738,05	863,45
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	706,56	752,45	758,22	888,73
	j.w.+ zastosowanie OZE	825,44	879,62	883,98	1 028,69
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	557,21	593,12	597,11	697,95
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	594,44	632,83	637,05	745,30
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	608,43	648,05	653,02	765,68
	j.w.+ zastosowanie OZE	706,65	753,10	756,92	881,30
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	557,21	593,12	597,11	697,95
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	594,44	632,83	637,05	745,30
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	608,43	648,05	653,02	765,68
	j.w.+ zastosowanie OZE	706,65	753,10	756,92	881,30
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	392,84	418,16	420,97	492,06
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	640,13	681,56	685,55	799,69
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	646,89	689,19	693,71	810,96
	j.w.+ zastosowanie OZE	706,65	753,10	756,92	881,30

Tabl. 248. Zmniejszenie zapotrzebowania na Energię Pierwotną EP_{H+W} dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	653,07	695,20	699,84	818,28
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	701,59	746,77	751,96	879,68
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	718,87	765,27	771,58	904,49
	j.w.+ zastosowanie OZE	828,07	882,35	886,83	1 032,04
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	563,70	600,07	604,08	706,31
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	605,59	644,58	649,06	759,30
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	619,06	659,11	664,55	779,28
	j.w.+ zastosowanie OZE	709,27	755,83	759,77	884,65
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	563,70	600,07	604,08	706,31
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	605,59	644,58	649,06	759,30
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	619,06	659,11	664,55	779,28
	j.w.+ zastosowanie OZE	709,27	755,83	759,77	884,65
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	397,42	423,06	425,88	497,95
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	647,99	689,85	694,02	809,56
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	654,39	696,99	701,84	820,55
	j.w.+ zastosowanie OZE	709,27	755,83	759,77	884,65

Tabl. 249. Zmniejszenie zapotrzebowania na Energię Pierwotną EP_{H+W} dla wariantu WT2021.

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	664,29	707,20	711,87	832,63
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	717,81	763,74	769,54	900,19
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	734,15	781,10	787,97	924,16
	j.w.+ zastosowanie OZE	831,32	885,72	890,32	1 036,23
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	573,38	610,43	614,45	718,69
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	619,59	659,23	664,23	777,01
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	632,25	672,78	678,70	796,26
	j.w.+ zastosowanie OZE	712,53	759,20	763,26	888,84
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	573,38	610,43	614,45	718,69
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	619,59	659,23	664,23	777,01
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	632,25	672,78	678,70	796,26
	j.w.+ zastosowanie OZE	712,53	759,20	763,26	888,84
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	404,24	430,36	433,19	506,68
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	657,86	700,18	704,72	822,05
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	663,69	706,62	711,82	832,52
	j.w.+ zastosowanie OZE	712,53	759,20	763,26	888,84

Warianty przedsięwzięć wpływają na obniżenie kosztów użytkowania budynku (tabl. 250-252)

Tabl. 250. Zmniejszenie rocznych kosztów użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	11 770,05 zł	12 528,59 zł	12 612,92 zł	14 742,86 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	12 556,45 zł	13 367,39 zł	13 456,51 zł	15 742,97 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	12 742,39 zł	13 579,26 zł	13 684,29 zł	16 063,92 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	11 635,72 zł	12 395,55 zł	12 513,59 zł	14 761,16 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	16 776,43 zł	17 857,61 zł	17 977,81 zł	21 013,72 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	17 897,32 zł	19 053,19 zł	19 180,23 zł	22 439,23 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	18 303,40 zł	19 496,23 zł	19 645,94 zł	23 037,74 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	18 368,26 zł	19 565,60 zł	19 714,55 zł	23 114,10 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	23 433,77 zł	24 943,99 zł	25 111,90 zł	29 352,54 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	24 999,46 zł	26 614,02 zł	26 791,47 zł	31 343,73 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	25 698,27 zł	27 364,45 zł	27 573,57 zł	32 311,33 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	27 320,99 zł	29 100,13 zł	29 290,19 zł	34 221,59 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	16 405,72 zł	17 463,01 zł	17 580,56 zł	20 549,39 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	17 501,85 zł	18 632,18 zł	18 756,41 zł	21 943,40 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	17 891,62 zł	19 058,10 zł	19 204,50 zł	22 521,35 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	17 869,73 zł	19 034,68 zł	19 181,35 zł	22 495,59 zł

Tabl. 251. Zmniejszenie rocznych kosztów użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	11 907,16 zł	12 675,36 zł	12 759,95 zł	14 919,40 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	12 791,86 zł	13 615,59 zł	13 710,25 zł	16 038,76 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	12 966,89 zł	13 812,96 zł	13 927,87 zł	16 351,21 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	11 950,43 zł	12 723,15 zł	12 855,04 zł	15 163,89 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	16 971,87 zł	18 066,82 zł	18 187,38 zł	21 265,36 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	18 232,87 zł	19 406,97 zł	19 541,89 zł	22 860,83 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	18 623,39 zł	19 829,33 zł	19 993,13 zł	23 447,24 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	18 682,96 zł	19 893,20 zł	20 056,00 zł	23 516,82 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	23 706,76 zł	25 236,22 zł	25 404,63 zł	29 704,02 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	25 468,16 zł	27 108,18 zł	27 296,64 zł	31 932,63 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	26 145,24 zł	27 829,74 zł	28 058,53 zł	32 883,32 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	27 635,69 zł	29 427,73 zł	29 631,64 zł	34 624,31 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	16 596,84 zł	17 667,60 zł	17 785,50 zł	20 795,46 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	17 829,98 zł	18 978,14 zł	19 110,08 zł	22 355,68 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	18 204,54 zł	19 383,84 zł	19 544,02 zł	22 921,80 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	18 184,44 zł	19 362,29 zł	19 522,80 zł	22 898,31 zł

Tabl. 252. Zmniejszenie rocznych kosztów użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2021

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	12 111,64 zł	12 894,08 zł	12 979,14 zł	15 180,94 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	13 087,59 zł	13 925,04 zł	14 030,65 zł	16 412,84 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	13 245,58 zł	14 101,57 zł	14 226,75 zł	16 709,88 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	12 341,09 zł	13 127,73 zł	13 274,00 zł	15 666,67 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	17 263,31 zł	18 378,57 zł	18 499,81 zł	21 638,15 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	18 654,38 zł	19 848,04 zł	19 998,58 zł	23 394,02 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	19 020,62 zł	20 240,71 zł	20 419,13 zł	23 958,47 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	19 073,63 zł	20 297,78 zł	20 474,97 zł	24 019,61 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	24 113,86 zł	25 671,69 zł	25 841,04 zł	30 224,75 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	26 056,94 zł	27 724,28 zł	27 934,56 zł	32 677,40 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	26 700,10 zł	28 404,35 zł	28 653,58 zł	33 597,42 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	28 026,36 zł	29 832,31 zł	30 050,60 zł	35 127,10 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	16 881,85 zł	17 972,46 zł	18 091,02 zł	21 160,01 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	18 242,18 zł	19 409,46 zł	19 556,67 zł	22 877,09 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	18 593,00 zł	19 786,12 zł	19 960,60 zł	23 421,73 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	18 575,11 zł	19 766,86 zł	19 941,76 zł	23 401,10 zł

6. Wyliczenie poziomu kosztów minimalnych

Dla potrzeb obliczeń optymalnych pod względem kosztów poziomów wymagań minimalnych stosuje się ramy metodologii porównawczej.

Przyjęto następujące założenia:

Rok zerowy - 2016

Okres obliczeniowy – 30 lat

Poziomy stopy dyskontowej 2,83% (bazowy) oraz 2,66% i 3,00% (porównawcze)

Koszty emisji CO₂

Tabl. 253. Zmiana poziomu opłaty za emisję 1 t CO₂

Cena emisji	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Euro	16,5	20	36	50	52	51	50
zł	73,24	88,77	159,79	221,93	230,80	226,36	221,93

Tabl. 254. Indeks wzrostu cen energii

węgiel	gaz	olej opałowy	ciepło sieciowe	biomasa	energia el.
3,0%	5,0%	5,5%	2,0%	3,0%	2,5%

7. Analiza finansowa

Zdyskontowane skorygowane koszty dla różnych wariantów i stóp dyskontowych przedstawiają tabele 255- 263.

Tabl. 255. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-146 405,31 zł	-165 760,94 zł	-167 912,85 zł	-222 262,69 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-145 164,48 zł	-165 857,31 zł	-168 131,61 zł	-226 475,29 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-118 047,24 zł	-139 401,66 zł	-142 081,88 zł	-202 803,04 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-91 999,10 zł	-112 514,81 zł	-115 336,59 zł	-174 620,04 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-310 496,32 zł	-340 537,57 zł	-343 337,15 zł	-425 358,67 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-306 509,54 zł	-337 705,01 zł	-340 610,23 zł	-426 079,07 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-277 585,15 zł	-309 351,67 zł	-312 607,27 zł	-400 128,24 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-241 919,64 zł	-272 177,95 zł	-275 688,10 zł	-360 623,73 zł

Tabl. 255. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,66%) (cd)

Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-482 185,73 zł	-523 384,24 zł	-526 972,14 zł	-638 370,60 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-478 198,95 zł	-520 551,68 zł	-524 245,22 zł	-639 091,00 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-449 274,56 zł	-492 198,34 zł	-496 242,26 zł	-613 140,17 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-413 609,04 zł	-455 024,62 zł	-459 323,09 zł	-573 635,66 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-280 041,71 zł	-308 108,14 zł	-310 747,46 zł	-387 479,81 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-275 524,71 zł	-304 710,02 zł	-307 451,75 zł	-387 525,89 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-246 251,36 zł	-275 990,25 zł	-279 071,63 zł	-361 135,09 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-208 728,81 zł	-236 830,22 zł	-240 187,97 zł	-319 444,47 zł

Tabl. 256. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-138 710,85 zł	-157 570,60 zł	-159 667,38 zł	-212 624,81 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-136 955,93 zł	-157 118,62 zł	-159 334,66 zł	-216 183,60 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-109 719,98 zł	-130 527,31 zł	-133 138,87 zł	-192 304,39 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-83 980,50 zł	-103 970,62 zł	-106 720,10 zł	-164 484,75 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-299 324,53 zł	-328 643,36 zł	-331 374,55 zł	-411 419,05 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-294 894,01 zł	-325 337,48 zł	-328 171,61 zł	-411 575,11 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-265 897,20 zł	-296 897,10 zł	-300 072,63 zł	-385 475,69 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-230 786,75 zł	-260 317,08 zł	-263 740,64 zł	-346 624,59 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-467 223,31 zł	-507 453,06 zł	-510 955,17 zł	-619 728,02 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-462 792,79 zł	-504 147,19 zł	-507 752,23 zł	-619 884,08 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-433 795,98 zł	-475 706,81 zł	-479 653,25 zł	-593 784,66 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-398 685,53 zł	-439 126,79 zł	-443 321,26 zł	-554 933,56 zł

Tabl. 256. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,83%) (cd)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-269 570,40 zł	-296 959,82 zł	-299 534,50 zł	-374 411,69 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-264 623,24 zł	-293 102,88 zł	-295 777,34 zł	-373 910,70 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-235 286,43 zł	-264 305,46 zł	-267 310,87 zł	-347 382,58 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-198 366,51 zł	-225 790,01 zł	-229 064,71 zł	-306 401,39 zł

Tabl. 257. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-131 284,08 zł	-149 665,21 zł	-151 708,77 zł	-203 322,23 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-129 032,95 zł	-148 683,95 zł	-150 843,75 zł	-206 249,96 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-101 682,51 zł	-121 961,79 zł	-124 507,07 zł	-182 171,07 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-76 240,96 zł	-95 723,76 zł	-98 403,47 zł	-154 702,15 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-288 529,83 zł	-317 150,62 zł	-319 815,75 zł	-397 950,03 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-283 671,00 zł	-313 387,90 zł	-316 153,35 zł	-397 561,38 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-254 604,39 zł	-284 863,59 zł	-287 961,78 zł	-371 318,63 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-220 029,69 zł	-248 856,61 zł	-252 196,54 zł	-333 098,21 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-452 760,18 zł	-492 053,50 zł	-495 472,71 zł	-601 707,65 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-447 901,36 zł	-488 290,78 zł	-491 810,31 zł	-601 319,00 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-418 834,75 zł	-459 766,47 zł	-463 618,74 zł	-575 076,25 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-384 260,04 zł	-423 759,50 zł	-427 853,49 zł	-536 855,82 zł

Tabl. 257. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 3,00%) cd

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-259 453,10 zł	-286 188,39 zł	-288 700,62 zł	-361 785,43 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-254 090,74 zł	-281 888,59 zł	-284 498,07 zł	-360 756,41 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-224 692,75 zł	-253 016,30 zł	-255 948,33 zł	-334 095,84 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-188 354,50 zł	-215 123,01 zł	-218 317,50 zł	-293 799,38 zł

Tabl. 258. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2017 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-147 706,23 zł	-167 308,46 zł	-169 466,82 zł	-224 569,70 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-145 785,58 zł	-166 804,70 zł	-169 220,10 zł	-228 636,85 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-118 389,83 zł	-139 979,02 zł	-142 911,31 zł	-204 747,90 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-93 323,73 zł	-114 114,47 zł	-117 231,53 zł	-177 821,63 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-311 318,47 zł	-341 572,57 zł	-344 377,72 zł	-427 049,24 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-306 308,62 zł	-337 785,72 zł	-340 812,74 zł	-427 207,81 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-277 143,82 zł	-309 113,00 zł	-312 586,17 zł	-401 069,93 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-243 244,27 zł	-273 777,61 zł	-277 583,04 zł	-363 825,31 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-483 007,88 zł	-524 419,24 zł	-528 012,71 zł	-640 061,17 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-477 998,03 zł	-520 632,39 zł	-524 447,73 zł	-640 219,74 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-448 833,23 zł	-491 959,66 zł	-496 221,15 zł	-614 081,86 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-414 933,68 zł	-456 624,28 zł	-461 218,03 zł	-576 837,25 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-280 771,41 zł	-309 044,17 zł	-311 688,90 zł	-389 051,34 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-275 165,05 zł	-304 623,39 zł	-307 483,18 zł	-388 455,19 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-245 658,67 zł	-275 594,00 zł	-278 886,30 zł	-361 883,07 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-210 053,44 zł	-238 429,88 zł	-242 082,90 zł	-322 646,06 zł

Tabl. 259. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2017 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-139 922,14 zł	-159 022,17 zł	-161 125,24 zł	-214 816,41 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-137 423,13 zł	-157 903,75 zł	-160 257,27 zł	-218 151,80 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-109 915,80 zł	-130 951,90 zł	-133 809,06 zł	-194 061,44 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-85 133,22 zł	-105 391,31 zł	-108 428,51 zł	-167 466,32 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-300 069,31 zł	-329 595,54 zł	-332 332,15 zł	-413 010,00 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-294 560,24 zł	-325 278,14 zł	-328 230,94 zł	-412 536,94 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-265 329,20 zł	-296 526,56 zł	-299 914,08 zł	-386 255,27 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-231 939,46 zł	-261 737,77 zł	-265 449,04 zł	-349 606,16 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-467 968,09 zł	-508 405,24 zł	-511 912,78 zł	-621 318,97 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-462 459,02 zł	-504 087,85 zł	-507 811,57 zł	-620 845,91 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-433 227,98 zł	-475 336,26 zł	-479 494,70 zł	-594 564,24 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-399 838,24 zł	-440 547,48 zł	-445 029,66 zł	-557 915,13 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-270 225,10 zł	-297 815,57 zł	-300 395,51 zł	-375 886,66 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-264 134,82 zł	-292 880,48 zł	-295 669,98 zł	-374 678,22 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-234 570,94 zł	-263 781,38 zł	-266 992,29 zł	-347 973,42 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-199 519,22 zł	-227 210,70 zł	-230 773,11 zł	-309 382,96 zł

Tabl. 260. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2017 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-132 408,85 zł	-151 024,16 zł	-153 073,85 zł	-205 402,44 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-129 351,61 zł	-149 312,47 zł	-151 606,26 zł	-208 031,53 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-101 736,68 zł	-122 238,91 zł	-125 023,57 zł	-183 746,84 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-77 227,73 zł	-96 971,71 zł	-99 931,83 zł	-157 471,37 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-289 199,93 zł	-318 022,86 zł	-320 693,28 zł	-399 444,83 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-283 209,02 zł	-313 193,38 zł	-316 074,49 zł	-398 362,12 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-253 914,12 zł	-284 365,76 zł	-287 670,57 zł	-371 941,74 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-221 016,46 zł	-250 104,56 zł	-253 724,90 zł	-335 867,43 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-453 430,28 zł	-492 925,74 zł	-496 350,23 zł	-603 202,44 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-447 439,37 zł	-488 096,26 zł	-491 731,45 zł	-602 119,74 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-418 144,47 zł	-459 268,64 zł	-463 327,52 zł	-575 699,35 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-385 246,81 zł	-425 007,45 zł	-429 381,85 zł	-539 625,04 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-260 035,40 zł	-286 966,65 zł	-289 484,00 zł	-363 167,19 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-253 478,03 zł	-281 535,14 zł	-284 256,74 zł	-361 367,76 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-223 858,73 zł	-252 368,83 zł	-255 501,16 zł	-334 534,99 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-189 341,27 zł	-216 370,96 zł	-219 845,85 zł	-296 568,60 zł

Tabl. 261. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2021 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-148 706,13 zł	-168 671,88 zł	-170 842,36 zł	-227 025,85 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-139 659,79 zł	-161 029,03 zł	-163 724,08 zł	-224 510,40 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-111 829,30 zł	-133 671,69 zł	-136 865,90 zł	-200 228,27 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-87 982,29 zł	-109 069,63 zł	-112 493,50 zł	-174 870,95 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-311 604,39 zł	-342 172,27 zł	-344 987,87 zł	-428 592,13 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-299 150,21 zł	-330 929,53 zł	-334 197,92 zł	-421 775,14 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-269 610,17 zł	-301 797,89 zł	-305 497,14 zł	-395 297,90 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-237 902,82 zł	-268 732,77 zł	-272 845,01 zł	-360 874,64 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-483 293,79 zł	-525 018,93 zł	-528 622,86 zł	-641 604,06 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-470 839,62 zł	-513 776,20 zł	-517 832,91 zł	-634 787,07 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-441 299,58 zł	-484 644,56 zł	-489 132,12 zł	-608 309,83 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-409 592,23 zł	-451 579,44 zł	-456 480,00 zł	-573 886,57 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-280 919,46 zł	-309 496,40 zł	-312 151,26 zł	-390 417,89 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-267 807,26 zł	-297 558,55 zł	-300 652,33 zł	-382 770,31 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-237 937,11 zł	-268 084,31 zł	-271 595,75 zł	-355 869,20 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 204 712,00 zł	- 233 385,03 zł	- 237 344,87 zł	- 319 695,38 zł

Tabl. 262. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2021 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-140 788,37 zł	-160 242,60 zł	-162 357,48 zł	-217 101,58 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-131 104,01 zł	-151 925,79 zł	-154 551,79 zł	-213 780,80 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-103 173,09 zł	-124 455,89 zł	-127 568,27 zł	-189 307,33 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-79 578,35 zł	-100 125,45 zł	-103 461,60 zł	-164 240,98 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-300 239,84 zł	-330 071,81 zł	-332 818,62 zł	-414 405,30 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-287 234,96 zł	-318 247,33 zł	-321 435,33 zł	-406 893,19 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-257 638,28 zł	-289 048,59 zł	-292 656,40 zł	-380 280,84 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-226 384,59 zł	-256 471,91 zł	-260 482,13 zł	-346 380,82 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-468 138,63 zł	-508 881,52 zł	-512 399,24 zł	-622 714,27 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-455 133,75 zł	-497 057,04 zł	-501 015,95 zł	-615 202,16 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-425 537,07 zł	-467 858,30 zł	-472 237,03 zł	-588 589,81 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-394 283,37 zł	-435 281,62 zł	-440 062,76 zł	-554 689,79 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-270 261,31 zł	-298 148,16 zł	-300 737,97 zł	-377 110,13 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-256 615,26 zł	-285 646,38 zł	-288 663,87 zł	-368 788,71 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-226 696,93 zł	-256 113,81 zł	-259 538,27 zł	-341 763,36 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-193 964,35 zł	-221 944,84 zł	-225 806,20 zł	-306 157,61 zł

Tabl. 263. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2021 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-133 146,06 zł	-152 106,58 zł	-154 167,78 zł	-207 522,58 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-122 845,89 zł	-143 139,25 zł	-145 698,61 zł	-203 424,48 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-94 818,11 zł	-115 560,80 zł	-118 594,18 zł	-178 766,42 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-71 466,87 zł	-91 492,52 zł	-94 744,01 zł	-153 980,91 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-289 259,11 zł	-318 380,01 zł	-321 060,36 zł	-400 697,68 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-275 722,68 zł	-305 994,03 zł	-309 104,37 zł	-392 514,63 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-246 071,42 zł	-276 730,61 zł	-280 250,11 zł	-365 771,97 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-215 255,60 zł	-244 625,37 zł	-248 537,07 zł	-332 376,97 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-453 489,46 zł	-493 282,89 zł	-496 717,31 zł	-604 455,30 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-439 953,03 zł	-480 896,91 zł	-484 761,33 zł	-596 272,24 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-410 301,77 zł	-451 633,49 zł	-455 907,07 zł	-569 529,58 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-379 485,95 zł	-419 528,26 zł	-424 194,03 zł	-536 134,58 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-259 963,65 zł	-287 183,75 zł	-289 710,73 zł	-364 252,58 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-245 802,33 zł	-274 137,66 zł	-277 081,47 zł	-355 280,75 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-215 837,59 zł	-244 548,89 zł	-247 889,33 zł	-328 135,57 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-183 580,41 zł	-210 891,77 zł	-214 658,03 zł	-293 078,14 zł

8. Analiza Makroekonomiczna (uwzględniająca koszty emisji CO₂)

Zdyskontowane skorygowane koszty dla różnych wariantów i stóp dyskontowych przedstawiają tabele 264-272.

Tabl. 264. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-233 280,25 zł	-258 234,65 zł	-261 009,02 zł	-331 079,99 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-237 843,82 zł	-264 522,22 zł	-267 454,38 zł	-342 674,44 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-213 317,78 zł	-240 849,13 zł	-244 304,63 zł	-322 589,87 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-207 598,93 zł	-235 706,76 zł	-239 064,97 zł	-318 338,40 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-353 642,57 zł	-386 464,44 zł	-389 573,16 zł	-479 402,54 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-352 538,53 zł	-386 706,72 zł	-389 938,67 zł	-483 789,12 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-324 282,54 zł	-359 116,82 zł	-362 757,46 zł	-459 001,60 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-298 713,52 zł	-332 742,45 zł	-336 519,01 zł	-431 382,62 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-541 713,71 zł	-586 748,58 zł	-590 762,99 zł	-712 933,80 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-541 704,19 zł	-588 158,32 zł	-592 302,63 zł	-718 712,35 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-514 168,51 zł	-561 324,82 zł	-565 899,97 zł	-694 833,06 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-492 432,93 zł	-539 050,74 zł	-543 716,77 zł	-671 726,77 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-349 974,44 zł	-382 547,78 zł	-385 688,17 zł	-475 075,74 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-350 129,88 zł	-384 133,47 zł	-387 404,76 zł	-481 064,07 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-322 702,77 zł	-357 413,97 zł	-361 119,44 zł	-457 321,66 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-301 544,92 zł	-335 757,84 zł	-339 547,41 zł	-434 895,48 zł

Tabl. 265. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-223 124,68 zł	-247 424,59 zł	-250 126,19 zł	-318 359,38 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-227 009,71 zł	-252 988,41 zł	-255 843,67 zł	-329 090,89 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-202 291,55 zł	-229 100,83 zł	-232 465,71 zł	-308 697,73 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-196 305,45 zł	-223 672,61 zł	-226 943,32 zł	-304 131,64 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-341 248,47 zł	-373 269,14 zł	-376 300,71 zł	-463 931,89 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-339 619,02 zł	-372 951,00 zł	-376 102,60 zł	-467 650,26 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-311 271,68 zł	-345 252,43 zł	-348 802,09 zł	-442 681,19 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-285 971,69 zł	-319 165,82 zł	-322 848,24 zł	-415 378,92 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-525 064,89 zł	-569 022,32 zł	-572 938,87 zł	-692 178,88 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-524 498,96 zł	-569 838,57 zł	-573 881,62 zł	-697 249,80 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-496 851,53 zł	-542 874,98 zł	-547 337,60 zł	-673 163,23 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-475 276,37 zł	-520 772,49 zł	-525 324,12 zł	-650 245,80 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-337 521,98 zł	-369 290,63 zł	-372 352,18 zł	-459 526,08 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-337 114,89 zł	-370 276,31 zł	-373 465,33 zł	-464 799,01 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-309 572,01 zł	-343 422,49 zł	-347 034,30 zł	-440 844,24 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-288 553,19 zł	-321 915,07 zł	-325 609,35 zł	-418 581,73 zł

Tabl. 266. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-213 325,76 zł	-236 994,16 zł	-239 625,56 zł	-306 085,50 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-216 556,10 zł	-241 859,66 zł	-244 640,72 zł	-315 984,40 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-191 652,69 zł	-217 765,25 zł	-221 042,68 zł	-295 293,59 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-185 409,42 zł	-212 061,95 zł	-215 248,24 zł	-290 424,76 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-329 275,65 zł	-360 522,35 zł	-363 479,43 zł	-448 987,18 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-327 139,18 zł	-359 663,41 zł	-362 737,41 zł	-452 060,74 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-298 703,78 zł	-331 860,07 zł	-335 321,87 zł	-426 916,58 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-273 663,86 zł	-306 051,62 zł	-309 643,13 zł	-399 920,44 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-508 976,33 zł	-551 892,58 zł	-555 714,57 zł	-672 122,54 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-507 873,49 zł	-552 136,14 zł	-556 081,36 zł	-676 510,63 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-480 118,34 zł	-525 047,12 zł	-529 401,06 zł	-652 224,16 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-458 698,57 zł	-503 110,84 zł	-507 551,95 zł	-629 489,65 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-325 495,14 zł	-356 486,60 zł	-359 472,02 zł	-444 507,98 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-324 545,27 zł	-356 893,33 zł	-360 002,91 zł	-449 090,62 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-296 890,80 zł	-329 910,03 zł	-333 431,43 zł	-424 931,09 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-276 006,80 zł	-308 546,82 zł	-312 149,09 zł	-402 827,29 zł

Tabl. 267. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2017 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-235 593,21 zł	-260 865,54 zł	-263 648,22 zł	-334 690,06 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-240 202,52 zł	-267 301,60 zł	-270 415,67 zł	-347 019,20 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-215 317,41 zł	-243 151,45 zł	-246 931,93 zł	-326 655,25 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-208 923,56 zł	-237 306,42 zł	-240 959,90 zł	-321 539,98 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-354 967,34 zł	-388 037,49 zł	-391 152,71 zł	-481 740,27 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-353 200,58 zł	-387 697,28 zł	-391 071,29 zł	-486 002,13 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-324 664,18 zł	-359 734,84 zł	-363 629,26 zł	-460 996,43 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-300 038,15 zł	-334 342,11 zł	-338 413,95 zł	-434 584,20 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-543 229,31 zł	-588 525,91 zł	-592 547,18 zł	-715 517,24 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-542 693,89 zł	-589 494,33 zł	-593 788,41 zł	-721 337,05 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-514 862,62 zł	-562 268,11 zł	-567 110,79 zł	-697 227,75 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-493 757,56 zł	-540 650,40 zł	-545 611,71 zł	-674 928,35 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-351 518,81 zł	-384 355,91 zł	-387 503,20 zł	-477 696,21 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-351 168,97 zł	-385 521,55 zł	-388 943,76 zł	-483 750,81 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-323 443,96 zł	-358 406,29 zł	-362 381,35 zł	-459 776,62 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-302 869,55 zł	-337 357,50 zł	-341 442,34 zł	-438 097,06 zł

Tabl. 268. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2017 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-225 319,32 zł	-249 928,82 zł	-252 638,53 zł	-321 817,12 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-229 165,29 zł	-255 553,63 zł	-258 586,03 zł	-333 180,44 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-204 097,48 zł	-231 201,51 zł	-234 882,83 zł	-312 515,22 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-197 458,16 zł	-225 093,30 zł	-228 651,72 zł	-307 113,21 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-342 481,63 zł	-374 744,12 zł	-377 782,03 zł	-466 151,66 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-340 123,79 zł	-373 775,74 zł	-377 065,70 zł	-469 665,66 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-311 503,32 zł	-345 714,31 zł	-349 511,15 zł	-444 484,08 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-287 124,40 zł	-320 586,51 zł	-324 556,64 zł	-418 360,49 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-526 483,48 zł	-570 695,81 zł	-574 619,02 zł	-694 637,41 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-525 322,09 zł	-570 998,97 zł	-575 187,86 zł	-699 665,21 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-497 386,79 zł	-543 652,91 zł	-548 376,08 zł	-675 354,65 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-476 429,08 zł	-522 193,18 zł	-527 032,52 zł	-653 227,37 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-338 968,27 zł	-370 993,77 zł	-374 062,03 zł	-462 020,26 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-337 985,58 zł	-371 486,84 zł	-374 822,83 zł	-467 274,16 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-310 152,61 zł	-344 247,63 zł	-348 121,98 zł	-443 093,69 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-289 705,90 zł	-323 335,76 zł	-327 317,75 zł	-421 563,30 zł

Tabl. 269. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2017 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-215 406,25 zł	-239 376,20 zł	-242 015,49 zł	-309 396,27 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-218 515,69 zł	-244 218,24 zł	-247 171,84 zł	-319 827,70 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-193 271,71 zł	-219 671,37 zł	-223 257,02 zł	-298 871,90 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-186 396,19 zł	-213 309,90 zł	-216 776,60 zł	-293 193,98 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-330 420,41 zł	-361 902,70 zł	-364 865,94 zł	-451 093,13 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-327 492,17 zł	-360 328,12 zł	-363 536,92 zł	-453 885,44 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-298 790,69 zł	-332 171,27 zł	-335 873,89 zł	-428 534,24 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-274 650,63 zł	-307 299,57 zł	-311 171,49 zł	-402 689,66 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-510 301,31 zł	-553 465,85 zł	-557 294,34 zł	-674 460,53 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-508 535,90 zł	-553 127,08 zł	-557 214,37 zł	-678 724,10 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-480 500,32 zł	-525 665,50 zł	-530 273,23 zł	-654 219,44 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-459 685,34 zł	-504 358,79 zł	-509 080,31 zł	-632 258,87 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-326 846,79 zł	-358 088,43 zł	-361 080,39 zł	-446 880,32 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-325 253,48 zł	-357 932,55 zł	-361 185,28 zł	-451 361,63 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-297 316,45 zł	-330 573,87 zł	-334 350,98 zł	-426 982,25 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-276 993,57 zł	-309 794,77 zł	-313 677,45 zł	-405 596,51 zł

Tabl. 270. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2021 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-238 102,33 zł	-263 843,33 zł	-266 641,64 zł	-339 076,66 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-236 259,49 zł	-263 809,96 zł	-267 284,57 zł	-345 653,82 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-210 813,88 zł	-238 974,37 zł	-243 092,52 zł	-324 782,97 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-203 582,11 zł	-232 261,58 zł	-236 221,87 zł	-318 589,30 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-356 002,81 zł	-389 438,96 zł	-392 566,37 zł	-484 241,91 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-347 126,24 zł	-381 975,45 zł	-385 631,01 zł	-481 940,75 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-318 152,13 zł	-353 477,72 zł	-357 635,84 zł	-456 539,20 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-294 696,71 zł	-329 297,27 zł	-333 675,92 zł	-431 633,53 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-544 549,37 zł	-590 231,80 zł	-594 265,92 zł	-718 382,90 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-537 031,14 zł	-584 203,19 zł	-588 794,07 zł	-717 796,31 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-508 738,45 zł	-556 412,68 zł	-561 533,35 zł	-693 269,72 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-488 416,11 zł	-535 605,56 zł	-540 873,68 zł	-671 977,67 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-352 881,76 zł	-386 107,67 zł	-389 267,92 zł	-480 616,74 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-345 568,25 zł	-380 295,31 zł	-384 016,63 zł	-480 288,54 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-317 378,25 zł	-352 611,39 zł	-356 866,60 zł	-455 893,82 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-297 528,10 zł	-332 312,66 zł	-336 704,31 zł	-435 146,39 zł

Tabl. 271. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2021 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-227 652,02 zł	-252 717,90 zł	-255 442,82 zł	-325 978,05 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-224 967,10 zł	-251 794,99 zł	-255 178,47 zł	-331 492,30 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-199 353,49 zł	-226 775,40 zł	-230 785,55 zł	-310 333,47 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-191 903,30 zł	-219 827,44 zł	-223 684,82 zł	-303 887,87 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-343 380,49 zł	-375 999,46 zł	-379 049,25 zł	-468 478,56 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-333 851,86 zł	-367 847,15 zł	-371 411,34 zł	-465 354,34 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-304 805,08 zł	-339 264,36 zł	-343 318,04 zł	-439 787,21 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-281 569,54 zł	-315 320,65 zł	-319 589,74 zł	-415 135,14 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-527 658,87 zł	-572 246,94 zł	-576 182,67 zł	-697 318,02 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-519 450,10 zł	-565 488,87 zł	-569 966,82 zł	-695 859,79 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-491 065,44 zł	-537 593,27 zł	-542 587,16 zł	-671 142,84 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-470 874,22 zł	-516 927,32 zł	-522 065,61 zł	-650 002,02 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-340 184,96 zł	-372 589,08 zł	-375 669,96 zł	-464 753,70 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-332 173,32 zł	-366 039,25 zł	-369 666,50 zł	-463 544,31 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-303 887,55 zł	-338 246,29 zł	-342 393,44 zł	-438 954,33 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-284 151,03 zł	-318 069,90 zł	-322 350,84 zł	-418 337,96 zł

Tabl. 272. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2021 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-217 568,72 zł	-241 983,19 zł	-244 637,29 zł	-313 339,46 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-214 071,29 zł	-240 201,98 zł	-243 497,53 zł	-317 828,12 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-188 295,71 zł	-215 004,98 zł	-218 910,91 zł	-296 391,54 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-180 635,33 zł	-207 830,71 zł	-211 588,78 zł	-289 703,52 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-331 187,43 zł	-363 017,02 zł	-365 991,84 zł	-453 251,40 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-321 029,57 zł	-354 200,02 zł	-357 675,99 zł	-449 332,94 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-291 912,76 zł	-325 535,24 zł	-329 488,09 zł	-423 606,12 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-268 889,77 zł	-301 820,38 zł	-305 983,67 zł	-399 199,20 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-511 337,09 zł	-554 867,65 zł	-558 708,34 zł	-676 962,57 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-502 462,00 zł	-547 405,71 zł	-551 774,58 zł	-674 663,28 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-473 988,70 zł	-519 408,81 zł	-524 280,27 zł	-649 762,75 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-453 924,48 zł	-498 879,60 zł	-503 892,49 zł	-628 768,41 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-327 922,35 zł	-359 532,77 zł	-362 537,03 zł	-449 433,23 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-319 237,11 zł	-352 271,38 zł	-355 807,81 zł	-447 373,58 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-290 859,04 zł	-324 373,33 zł	-328 416,15 zł	-422 595,33 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-271 232,71 zł	-304 315,58 zł	-308 489,63 zł	-402 106,05 zł

Obliczenia optymalne pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych

I. Budynek wielorodzinny

Obliczenia optymalne pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych wykonamy dla modelu dużego budynku wielorodzinnego przyjęliśmy blok mieszkalny pięciokondygnacyjny o 75 lokalach mieszkalnych.



Rys. 66 Fotografia budynku.

Tabl. 273. Parametry budynku

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	Powierzchnia A_f	4 326,60	m^2
2.	Kubatura	15 457,00	m^3
3.	Średnia temperatura	19,20	$^{\circ}C$
4.	A/V	0,34	1/m

Tabl. 274. Parametry budynku

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	Liczba pięter	5	-
2.	Średni zysk ciepła od mieszkańców	6,65	W/m^2
3.	Średnia wartość współczynnika U ścian	0,81	W/m^2K
4.	Średnia wartość współczynnika U dachu	0,39	W/m^2K
5.	Średnia wartość współczynnika U stropu nad piwnicą	0,83	W/m^2K
6.	Średnia wartość współczynnika U okien	2,6	W/m^2K
7.	Pojemność cieplna budynku	584 164	J/m^2K
8.	Strzelność powietrzna	3,0	1/h
9.	System wentylacji	naturalna	-

Tabl. 275. Zestawienie przegród zewnętrznych

L.p.	Wielkość	Powierzchnia [m ²]
1.	Ściany zewnętrzne	2903,86
2.	Stropodach	1066,00
3.	Drzwi zewnętrzne	18,90
4.	Okna	766,20
5.	Strop nad piwnicą	982,80

1. Budynek referencyjny

Jako budynek referencyjny przyjęto budynek w stanie przed termomodernizacją. Uzyskano dla takiego budynku następujące wartości energii użytkowej dla potrzeb ogrzewania i wentylacji

Tabl. 276. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji

Stacja meteorologiczna	Energia użytkowa [kWh/rok]
Szczecin	340 327,12
Kraków	378 274,28
Warszawa	373 905,96
Zakopane	5,87

2. Wybór wariantów

W ramach analizy wariantów zaproponowano następujący zakres prac:

Tabl. 277. Wybór wariantów.

Wariant	Stan referencyjny	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant 4
Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami		+			
j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej		+	+		
j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)		+	+	+	
j.w.+ zastosowanie OZE		+	+	+	+

Docelowy poziom termomodernizacji jest analizowany w stosunku do WT2014, WT2017 i WT2021

Określenie poziomu kosztów prac termomodernizacyjnych (tabl. 278)

Tabl. 278. Koszty prac termomodernizacyjnych

Wariant	WT2014	WT2017	WT2021
Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	1 224 846,07 zł	1 242 468,26 zł	1 276 366,21 zł
j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	1 633 195,50 zł	1 705 263,38 zł	1 925 293,96 zł
j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	2 543 209,28 zł	2 615 277,16 zł	2 835 307,74 zł
j.w.+ zastosowanie OZE	2 688 209,28 zł	2 760 277,16 zł	2 980 307,74 zł

Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb ogrzewania i wentylacji zawarto w tabeli 279.

Tabl. 279. Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb ogrzewania i wentylacji.

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
WT 2014	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	340 327,12	378 274,28	373 905,96	445 565,87
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	250 818,53	213 622,28	207 417,36	250 818,53
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	112 998,07	136 752,16	129 487,47	156 168,67
	j.w.+ zastosowanie OZE	56 049,35	74 403,65	70 096,87	80 573,19
WT 2017	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	180 822,09	208 385,56	202 054,82	244 434,18
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	98 437,60	121 150,13	114 195,75	136 976,14
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	43 950,96	60 541,98	57 271,14	64 348,53
	j.w.+ zastosowanie OZE	43 950,96	60 541,98	57 271,14	64 348,53
WT 2021	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	173 421,05	200 586,58	194 071,53	234 898,72
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	82 226,81	103 547,40	97 307,79	115 502,11
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	31 004,84	45 279,27	42 999,90	46 952,28
	j.w.+ zastosowanie OZE	31 004,84	45 279,27	42 999,90	46 952,28

Analizę przeprowadzono dla różnych rodzajów systemów grzewczych o parametrach zgodnie z tabelą 280.

Tabl. 280. Sprawności systemu grzewczego.

Rodzaj źródła	Sprawność źródła	Iloczyn sprawności przesyłu, regulacji i akumulacji
Kotłownia węglowa	0,82	0,84
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,98	0,84

Ceny energii przyjęto na poziomie zgodnym z tabelą 281.

Tabl. 281. Wskaźniki cen energii.

Rodzaj źródła	Cena energii [zł/kWh]
Kotłownia węglowa	0,108
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,206
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,288
Kotłownia na biomasę (pelet)	0,160
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,198

Poziom energii użytkowej dla potrzeb przygotowania c.w.u. przyjęto zgodnie z tabelą 282.

Tabl. 282. Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb c.w.u.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	k_r – Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu c.w.u.	0,9	-
2.	V_{wi} – Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	1,6	$\text{dm}^3/(\text{m}^2 \text{dzień})$
3.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	6,23	m^3
4.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	2274,06	m^3
5.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	119 103,94	kWh
6.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	27,53	kWh/(m²rok)

Zapotrzebowanie na energię końcową, pierwotną oraz określenie emisji CO₂ i kosztów użytkowania dla budynku referencyjnego

Energia końcowa dla budynku referencyjnego przedstawiono w tabeli 283

Tabl. 283. Roczne zapotrzebowanie na energię końcową.

Stan bazowy	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
kotłownia węglowa	776 081,07	830 859,74	824 553,85	927 998,61
kotłownia gazowa	669 880,50	717 163,14	711 720,16	801 009,32
kotłownia na olej opałowy	669 880,50	717 163,14	711 720,16	801 009,32
MPEC	649 373,95	695 209,17	689 932,81	776 488,63

Tabl. 284. Zapotrzebowanie na energię końcową w odniesieniu do powierzchni budynku

Stan bazowy	Szczecin [kWh/(m²rok)]	Kraków [kWh/(m²rok)]	Warszawa [kWh/(m²rok)]	Zakopane [kWh/(m²rok)]
kotłownia węglowa	179,37	192,04	190,58	214,49
kotłownia gazowa	154,83	165,76	164,50	185,14
kotłownia na olej opałowy	154,83	165,76	164,50	185,14
MPEC	150,09	160,68	159,46	179,47

Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W} przedstawiają tabele 285-286.

Tabl. 285. Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W}.

Stan bazowy	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
kotłownia węglowa	877 706,99	937 963,54	931 027,05	1 044 816,29
kotłownia gazowa	760 886,37	812 897,28	806 910,00	905 128,08
kotłownia na olej opałowy	760 886,37	812 897,28	806 910,00	905 128,08
MPEC	543 516,98	580 185,16	575 964,07	645 208,73

Tabl. 286. Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W} w odniesieniu do powierzchni budynku

Stan bazowy	Szczecin [kWh/(m²rok)]	Kraków [kWh/(m²rok)]	Warszawa [kWh/(m²rok)]	Zakopane [kWh/(m²rok)]
kotłownia węglowa	202,86	216,79	215,19	241,49
kotłownia gazowa	175,86	187,88	186,50	209,20
kotłownia na olej opałowy	175,86	187,88	186,50	209,20
MPEC	125,62	134,10	133,12	149,13

Roczne koszty użytkowania budynku przedstawia Tabl. 287.

Tabl. 287. Roczne koszty użytkowania budynku referencyjnego.

Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
kotłownia węglowa	88 380,14 zł	94 296,24 zł	93 615,20 zł	104 787,24 zł
kotłownia gazowa	142 558,77 zł	152 298,99 zł	151 177,74 zł	169 571,31 zł
kotłownia na olej opałowy	197 488,97 zł	211 106,37 zł	209 538,79 zł	235 254,07 zł
MPEC	133 139,43 zł	142 214,80 zł	141 170,08 zł	158 308,14 zł

Emisja CO₂ dla budynku referencyjnego ujęto w tabeli 288.

Tabl. 288. Emisja CO₂ budynku referencyjnego.

Stan bazowy	Szczecin [t CO₂]	Kraków [t CO₂]	Warszawa [t CO₂]	Zakopane [t CO₂]
kotłownia węglowa	279,06	298,29	296,08	332,38
kotłownia gazowa	141,95	151,50	150,40	168,43
kotłownia na olej opałowy	193,31	206,49	204,97	229,85
MPEC	225,94	241,42	239,63	268,86

Roczne koszty użytkowania z uwzględnieniem kosztów emisji CO₂ wykazuje Tabl. 289.

Tabl. 289. Roczne koszty użytkowania budynku referencyjnego z uwzględnienie kosztów emisji CO₂.

Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
kotłownia węglowa	108 817,27 zł	116 141,49 zł	115 298,35 zł	129 129,49 zł
kotłownia gazowa	152 954,22 zł	163 393,78 zł	162 192,02 zł	181 906,23 zł
kotłownia na olej opałowy	211 646,25 zł	226 228,52 zł	224 549,87 zł	252 087,21 zł
MPEC	149 686,02 zł	159 894,90 zł	158 719,70 zł	177 998,28 zł

Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k , pierwotną EP oraz określenie emisji CO₂ i kosztów użytkowania dla wybranych wariantów przedstawiono w Tabl.ch 290-300.

Zapotrzebowanie na energię końcową dla WT2014, WT2017 i WT2021

Tabl. 290. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	646 870,82	593 176,12	584 219,00	646 870,82
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	447 919,91	482 210,15	471 723,20	510 238,88
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	365 711,50	392 206,88	385 989,82	401 112,93
	j.w.+ zastosowanie OZE	428 404,90	459 442,34	452 159,50	469 875,14
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	558 351,65	512 004,65	504 273,24	558 351,65
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	386 625,60	416 223,50	407 171,61	440 416,72
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	315 666,77	338 536,46	333 170,16	346 223,79
	j.w.+ zastosowanie OZE	428 404,90	459 442,34	452 159,50	469 875,14
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	558 351,65	512 004,65	504 273,24	558 351,65
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	386 625,60	416 223,50	407 171,61	440 416,72
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	315 666,77	338 536,46	333 170,16	346 223,79
	j.w.+ zastosowanie OZE	428 404,90	459 442,34	452 159,50	469 875,14
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	541 259,26	496 331,04	488 836,31	541 259,26
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	374 790,12	403 481,97	394 707,17	426 934,58
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	306 003,50	328 173,10	322 971,07	335 625,10
	j.w.+ zastosowanie OZE	428 404,90	459 442,34	452 159,50	469 875,14

Tabl. 291. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	149,51	137,10	135,03	149,51
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	103,53	111,45	109,03	117,93
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	84,53	90,65	89,21	92,71
	j.w.+ zastosowanie OZE	99,02	106,19	104,51	108,60
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	129,05	118,34	116,55	129,05
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	89,36	96,20	94,11	101,79
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	72,96	78,25	77,01	80,02
	j.w.+ zastosowanie OZE	99,02	106,19	104,51	108,60
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	129,05	118,34	116,55	129,05
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	89,36	96,20	94,11	101,79
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	72,96	78,25	77,01	80,02
	j.w.+ zastosowanie OZE	99,02	106,19	104,51	108,60
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	125,10	114,72	112,98	125,10
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	86,62	93,26	91,23	98,68
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	70,73	75,85	74,65	77,57
	j.w.+ zastosowanie OZE	99,02	106,19	104,51	108,60

Tabl. 292. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	545 827,36	585 616,65	576 477,90	637 654,68
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	426 901,12	459 687,82	449 648,82	482 533,48
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	348 246,86	372 196,84	367 475,21	377 691,80
	j.w.+ zastosowanie OZE	407 946,32	436 002,02	430 470,96	442 438,96
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	471 135,20	505 479,63	497 591,45	550 396,67
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	368 483,07	396 783,17	388 117,93	416 502,58
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	300 592,02	321 264,65	317 189,13	326 007,65
	j.w.+ zastosowanie OZE	407 946,32	436 002,02	430 470,96	442 438,96
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	471 135,20	505 479,63	497 591,45	550 396,67
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	368 483,07	396 783,17	388 117,93	416 502,58
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	300 592,02	321 264,65	317 189,13	326 007,65
	j.w.+ zastosowanie OZE	407 946,32	436 002,02	430 470,96	442 438,96
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	456 712,69	490 005,77	482 359,06	533 547,79
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	357 202,98	384 636,75	376 236,77	403 752,50
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	291 390,23	311 430,01	307 479,26	316 027,83
	j.w.+ zastosowanie OZE	407 946,32	436 002,02	430 470,96	442 438,96

Tabl. 293 Zapotrzebowanie na energię końcową w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	126,16	135,35	133,24	147,38
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	98,67	106,25	103,93	111,53
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	80,49	86,03	84,93	87,30
	j.w.+ zastosowanie OZE	94,29	100,77	99,49	102,26
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	108,89	116,83	115,01	127,21
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	85,17	91,71	89,71	96,27
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	69,48	74,25	73,31	75,35
	j.w.+ zastosowanie OZE	94,29	100,77	99,49	102,26
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	108,89	116,83	115,01	127,21
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	85,17	91,71	89,71	96,27
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	69,48	74,25	73,31	75,35
	j.w.+ zastosowanie OZE	94,29	100,77	99,49	102,26
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	105,56	113,25	111,49	123,32
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	82,56	88,90	86,96	93,32
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	67,35	71,98	71,07	73,04
	j.w.+ zastosowanie OZE	94,29	100,77	99,49	102,26

Tabl. 294. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k dla wariantu WT2021

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	535 143,58	574 358,42	564 953,61	623 889,76
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	403 500,01	434 277,38	425 270,18	451 534,62
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	329 558,47	350 164,34	346 873,95	352 579,41
	j.w.+ zastosowanie OZE	386 054,20	410 192,51	406 338,06	413 021,60
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	461 913,41	495 762,00	487 644,17	538 515,37
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	348 284,22	374 849,95	367 075,31	389 745,67
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	284 460,99	302 247,11	299 406,99	304 331,71
	j.w.+ zastosowanie OZE	386 054,20	410 192,51	406 338,06	413 021,60
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	461 913,41	495 762,00	487 644,17	538 515,37
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	348 284,22	374 849,95	367 075,31	389 745,67
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	284 460,99	302 247,11	299 406,99	304 331,71
	j.w.+ zastosowanie OZE	386 054,20	410 192,51	406 338,06	413 021,60
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	447 773,20	480 585,62	472 716,29	522 030,20
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	337 622,46	363 374,95	355 838,31	377 814,68
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	275 753,00	292 994,65	290 241,47	295 015,43
	j.w.+ zastosowanie OZE	386 054,20	410 192,51	406 338,06	413 021,60

Tabl. 295 Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2021.

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	123,69	132,75	130,58	144,20
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	93,26	100,37	98,29	104,36
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	76,17	80,93	80,17	81,49
	j.w.+ zastosowanie OZE	89,23	94,81	93,92	95,46
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	106,76	114,58	112,71	124,47
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	80,50	86,64	84,84	90,08
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	65,75	69,86	69,20	70,34
	j.w.+ zastosowanie OZE	89,23	94,81	93,92	95,46
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	106,76	114,58	112,71	124,47
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	80,50	86,64	84,84	90,08
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	65,75	69,86	69,20	70,34
	j.w.+ zastosowanie OZE	89,23	94,81	93,92	95,46
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	103,49	111,08	109,26	120,66
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	78,03	83,99	82,24	87,32
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	63,73	67,72	67,08	68,19
	j.w.+ zastosowanie OZE	89,23	94,81	93,92	95,46

Analogicznie jak dla budynku referencyjnego wyliczono Energię Pierwotną EP_{H+W} .

Tabl. 296. Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W} dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	735 575,72	676 511,56	666 658,72	735 575,72
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	516 729,72	554 448,99	542 913,34	585 280,59
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	449 041,08	478 186,00	471 347,23	487 982,65
	j.w.+ zastosowanie OZE	132 439,41	138 646,90	137 190,33	140 733,46
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	638 204,64	587 222,94	578 718,39	638 204,64
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	449 305,98	481 863,67	471 906,59	508 476,21
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	393 991,88	419 148,54	413 245,61	427 604,60
	j.w.+ zastosowanie OZE	132 439,41	138 646,90	137 190,33	140 733,46
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	638 204,64	587 222,94	578 718,39	638 204,64
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	449 305,98	481 863,67	471 906,59	508 476,21
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	393 991,88	419 148,54	413 245,61	427 604,60
	j.w.+ zastosowanie OZE	132 439,41	138 646,90	137 190,33	140 733,46
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	457 025,23	421 082,65	415 086,87	457 025,23
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	323 849,92	346 803,39	339 783,56	365 565,48
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	291 561,23	309 296,91	305 135,29	315 258,51
	j.w.+ zastosowanie OZE	132 439,41	138 646,90	137 190,33	140 733,46

Tabl. 297 Zapotrzebowanie na energię EP_{H+W} w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2014

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	170,01	156,36	154,08	170,01
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	119,43	128,15	125,48	135,27
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	103,79	110,52	108,94	112,79
	j.w.+ zastosowanie OZE	30,61	32,05	31,71	32,53
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	147,51	135,72	133,76	147,51
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	103,85	111,37	109,07	117,52
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	91,06	96,88	95,51	98,83
	j.w.+ zastosowanie OZE	30,61	32,05	31,71	32,53
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	147,51	135,72	133,76	147,51
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	103,85	111,37	109,07	117,52
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	91,06	96,88	95,51	98,83
	j.w.+ zastosowanie OZE	30,61	32,05	31,71	32,53
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	105,63	97,32	95,94	105,63
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	74,85	80,16	78,53	84,49
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	67,39	71,49	70,53	72,87
	j.w.+ zastosowanie OZE	30,61	32,05	31,71	32,53

Tabl. 298. Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W} dla wariantu 2017

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	624 427,92	668 196,13	658 143,51	725 437,97
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	493 609,05	529 674,43	518 631,52	554 804,65
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	429 829,97	456 174,96	450 981,17	462 219,41
	j.w.+ zastosowanie OZE	128 347,69	133 958,84	132 852,62	135 246,22
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	542 266,54	580 045,42	571 368,42	629 454,16
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	429 349,20	460 479,31	450 947,54	482 170,66
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	377 409,66	400 149,54	395 666,48	405 366,85
	j.w.+ zastosowanie OZE	128 347,69	133 958,84	132 852,62	135 246,22
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	542 266,54	580 045,42	571 368,42	629 454,16
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	429 349,20	460 479,31	450 947,54	482 170,66
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	377 409,66	400 149,54	395 666,48	405 366,85
	j.w.+ zastosowanie OZE	128 347,69	133 958,84	132 852,62	135 246,22
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	389 387,97	416 022,43	409 905,07	450 856,06
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	309 780,20	331 727,22	325 007,23	347 019,83
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	279 870,61	295 902,44	292 741,84	299 580,69
	j.w.+ zastosowanie OZE	128 347,69	133 958,84	132 852,62	135 246,22

Tabl. 299 Zapotrzebowanie na energię EP_{H+W} w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu 2017

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	144,32	154,44	152,12	167,67
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	114,09	122,42	119,87	128,23
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	99,35	105,43	104,23	106,83
	j.w.+ zastosowanie OZE	29,66	30,96	30,71	31,26
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	125,33	134,06	132,06	145,48
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	99,23	106,43	104,23	111,44
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	87,23	92,49	91,45	93,69
	j.w.+ zastosowanie OZE	29,66	30,96	30,71	31,26
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	125,33	134,06	132,06	145,48
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	99,23	106,43	104,23	111,44
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	87,23	92,49	91,45	93,69
	j.w.+ zastosowanie OZE	29,66	30,96	30,71	31,26
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	90,00	96,15	94,74	104,21
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	71,60	76,67	75,12	80,21
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	64,69	68,39	67,66	69,24
	j.w.+ zastosowanie OZE	29,66	30,96	30,71	31,26

Tabl. 300. Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W} dla wariantu 2021

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	612 675,76	655 812,08	645 466,79	710 296,55
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	467 867,83	501 722,94	491 815,02	520 705,90
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	409 272,74	431 939,20	428 319,78	434 595,79
	j.w.+ zastosowanie OZE	123 969,27	128 796,93	128 026,04	129 362,75
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	532 122,57	569 356,03	560 426,41	616 384,73
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	407 130,46	436 352,76	427 800,67	452 738,06
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	359 665,52	379 230,26	376 106,12	381 523,31
	j.w.+ zastosowanie OZE	123 969,27	128 796,93	128 026,04	129 362,75
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	532 122,57	569 356,03	560 426,41	616 384,73
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	407 130,46	436 352,76	427 800,67	452 738,06
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	359 665,52	379 230,26	376 106,12	381 523,31
	j.w.+ zastosowanie OZE	123 969,27	128 796,93	128 026,04	129 362,75
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	382 236,38	408 486,31	402 190,85	441 641,98
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	294 115,79	314 717,78	308 688,47	326 269,56
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	267 360,83	281 154,15	278 951,61	282 770,77
	j.w.+ zastosowanie OZE	123 969,27	128 796,93	128 026,04	129 362,75

Tabl. 291 Zapotrzebowanie na energię EP_{H+W} w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu 2021

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	141,61	151,58	149,19	164,17
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	108,14	115,96	113,67	120,35
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	94,59	99,83	99,00	100,45
	j.w.+ zastosowanie OZE	28,65	29,77	29,59	29,90
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	122,99	131,59	129,53	142,46
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	94,10	100,85	98,88	104,64
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	83,13	87,65	86,93	88,18
	j.w.+ zastosowanie OZE	28,65	29,77	29,59	29,90
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	122,99	131,59	129,53	142,46
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	94,10	100,85	98,88	104,64
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	83,13	87,65	86,93	88,18
	j.w.+ zastosowanie OZE	28,65	29,77	29,59	29,90
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	88,35	94,41	92,96	102,08
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	67,98	72,74	71,35	75,41
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	61,79	64,98	64,47	65,36
	j.w.+ zastosowanie OZE	28,65	29,77	29,59	29,90

Roczne koszty użytkowania budynku dla wariantów WT2014, WT2017, WT2021

Tabl. 292. Roczna koszty użytkowania budynku dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	74 425,43 zł	68 626,41 zł	67 659,04 zł	74 425,43 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	52 938,74 zł	56 642,08 zł	55 509,49 zł	59 669,19 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	48 380,94 zł	51 242,44 zł	50 571,00 zł	52 204,30 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	77 428,89 zł	82 394,88 zł	81 229,62 zł	84 064,12 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	119 583,83 zł	110 036,34 zł	108 443,67 zł	119 583,83 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	84 208,26 zł	90 305,43 zł	88 440,74 zł	95 289,23 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	73 911,46 zł	78 622,61 zł	77 517,15 zł	80 206,20 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	77 428,89 zł	82 394,88 zł	81 229,62 zł	84 064,12 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	165 368,66 zł	152 020,73 zł	149 794,08 zł	165 368,66 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	115 911,56 zł	124 435,75 zł	121 828,81 zł	131 403,40 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	99 796,13 zł	106 382,60 zł	104 837,11 zł	108 596,55 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	77 428,89 zł	82 394,88 zł	81 229,62 zł	84 064,12 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	111 732,72 zł	102 836,93 zł	101 352,97 zł	111 732,72 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	78 771,83 zł	84 452,82 zł	82 715,41 zł	89 096,43 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	69 472,80 zł	73 862,38 zł	72 832,37 zł	75 337,87 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	77 428,89 zł	82 394,88 zł	81 229,62 zł	84 064,12 zł

Tabl. 293. Roczna koszty użytkowania budynku dla wariantu WT2017

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	63 512,74 zł	67 809,98 zł	66 823,00 zł	73 430,09 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	50 668,71 zł	54 209,67 zł	53 125,46 zł	56 677,00 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	46 494,76 zł	49 081,36 zł	48 571,43 zł	49 674,82 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	74 155,51 zł	78 644,42 zł	77 759,46 zł	79 674,34 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	101 617,24 zł	108 692,19 zł	107 067,22 zł	117 945,10 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	80 470,90 zł	86 300,72 zł	84 515,68 zł	90 362,92 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	70 806,06 zł	75 064,62 zł	74 225,06 zł	76 041,68 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	74 155,51 zł	78 644,42 zł	77 759,46 zł	79 674,34 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	140 250,32 zł	150 141,52 zł	147 869,72 zł	163 077,63 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	110 686,51 zł	118 836,94 zł	116 341,35 zł	124 516,13 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	95 454,60 zł	101 408,32 zł	100 234,57 zł	102 774,31 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	74 155,51 zł	78 644,42 zł	77 759,46 zł	79 674,34 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	94 992,50 zł	101 584,53 zł	100 070,48 zł	110 205,85 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	75 289,58 zł	80 721,46 zł	79 058,27 zł	84 506,38 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	66 579,37 zł	70 547,24 zł	69 765,00 zł	71 457,61 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	74 155,51 zł	78 644,42 zł	77 759,46 zł	79 674,34 zł

Tabl. 294. Roczna koszty użytkowania budynku dla wariantu WT2017

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	62 358,89 zł	66 594,10 zł	65 578,38 zł	71 943,48 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	48 141,39 zł	51 465,34 zł	50 492,57 zł	53 329,12 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	44 476,42 zł	46 701,85 zł	46 346,49 zł	46 962,68 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	70 652,77 zł	74 514,90 zł	73 898,19 zł	74 967,56 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	99 717,55 zł	106 690,36 zł	105 018,08 zł	115 497,55 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	76 309,94 zł	81 782,48 zł	80 180,90 zł	84 850,99 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	67 483,07 zł	71 147,01 zł	70 561,94 zł	71 576,43 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	70 652,77 zł	74 514,90 zł	73 898,19 zł	74 967,56 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	137 594,45 zł	147 342,84 zł	145 004,91 zł	159 655,81 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	104 869,24 zł	112 520,17 zł	110 281,08 zł	116 810,14 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	90 808,87 zł	95 931,27 zł	95 113,31 zł	96 531,63 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	70 652,77 zł	74 514,90 zł	73 898,19 zł	74 967,56 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	93 222,48 zł	99 719,34 zł	98 161,21 zł	107 925,37 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	71 412,63 zł	76 511,63 zł	75 019,37 zł	79 370,69 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	63 483,20 zł	66 897,04 zł	66 351,91 zł	67 297,16 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	70 652,77 zł	74 514,90 zł	73 898,19 zł	74 967,56 zł

Kolejnym elementem jest policzenie rocznej emisji CO₂ dla poszczególnych wariantów

Tabl. 295. Roczna emisja CO₂ dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [t CO ₂]	Kraków [t CO ₂]	Warszawa [t CO ₂]	Zakopane [t CO ₂]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	233,71	214,86	211,72	233,71
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	163,88	175,91	172,23	185,75
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	141,32	150,62	148,44	153,75
	j.w.+ zastosowanie OZE	12,96	12,96	12,96	12,96
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	119,42	110,06	108,50	119,42
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	84,74	90,72	88,89	95,60
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	76,71	81,33	80,25	82,88
	j.w.+ zastosowanie OZE	12,96	12,96	12,96	12,96
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	162,24	149,32	147,17	162,24
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	114,39	122,63	120,11	129,37
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	100,92	107,29	105,79	109,43
	j.w.+ zastosowanie OZE	12,96	12,96	12,96	12,96
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	189,43	174,26	171,73	189,43
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	133,22	142,90	139,94	150,82
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	116,29	123,78	122,02	126,29
	j.w.+ zastosowanie OZE	12,96	12,96	12,96	12,96

Tabl. 296. Roczna emisja CO₂ dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin [t CO ₂]	Kraków [t CO ₂]	Warszawa [t CO ₂]	Zakopane [t CO ₂]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	198,24	212,21	209,00	230,47
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	156,50	168,01	164,48	176,03
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	135,19	143,60	141,94	145,53
	j.w.+ zastosowanie OZE	12,96	12,96	12,96	12,96
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	101,81	108,74	107,15	117,82
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	81,08	86,79	85,04	90,77
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	73,67	77,84	77,02	78,80
	j.w.+ zastosowanie OZE	12,96	12,96	12,96	12,96
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	137,93	147,50	145,31	160,02
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	109,33	117,22	114,80	122,71
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	96,72	102,48	101,34	103,80
	j.w.+ zastosowanie OZE	12,96	12,96	12,96	12,96
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	160,88	172,12	169,54	186,83
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	127,28	136,54	133,70	143,00
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	111,36	118,12	116,79	119,68
	j.w.+ zastosowanie OZE	12,96	12,96	12,96	12,96

Tabl. 297. Roczna emisja CO₂ dla wariantu WT2021

	Wariant	Szczecin [t CO ₂]	Kraków [t CO ₂]	Warszawa [t CO ₂]	Zakopane [t CO ₂]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	194,49	208,26	204,96	225,64
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	148,29	159,09	155,93	165,15
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	128,63	135,87	134,71	136,72
	j.w.+ zastosowanie OZE	12,96	12,96	12,96	12,96
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	99,94	106,78	105,14	115,42
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	77,00	82,36	80,79	85,37
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	70,41	74,00	73,43	74,42
	j.w.+ zastosowanie OZE	12,96	12,96	12,96	12,96
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	135,36	144,80	142,53	156,71
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	103,70	111,11	108,94	115,26
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	92,22	97,18	96,39	97,76
	j.w.+ zastosowanie OZE	12,96	12,96	12,96	12,96
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	157,86	168,94	166,28	182,94
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	120,67	129,36	126,82	134,24
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	106,08	111,90	110,97	112,58
	j.w.+ zastosowanie OZE	12,96	12,96	12,96	12,96

Roczne koszty emisji CO₂

Tabl. 298. Roczna koszty emisji CO₂ dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	17 115,71 zł	15 735,45 zł	15 505,21 zł	17 115,71 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	12 001,56 zł	12 883,01 zł	12 613,44 zł	13 603,51 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	10 349,94 zł	11 031,02 zł	10 871,21 zł	11 259,96 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	8 745,87 zł	8 060,37 zł	7 946,02 zł	8 745,87 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	6 205,94 zł	6 643,71 zł	6 509,83 zł	7 001,55 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	5 618,02 zł	5 956,27 zł	5 876,90 zł	6 069,97 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	11 881,40 zł	10 935,63 zł	10 777,86 zł	11 881,40 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	8 377,11 zł	8 981,09 zł	8 796,38 zł	9 474,79 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	7 390,70 zł	7 857,39 zł	7 747,88 zł	8 014,26 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	13 872,91 zł	12 761,83 zł	12 576,48 zł	13 872,91 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	9 756,11 zł	10 465,66 zł	10 248,66 zł	11 045,65 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	8 516,61 zł	9 064,87 zł	8 936,22 zł	9 249,16 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł

Tabl. 299 Roczna koszty emisji CO₂ dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	14 518,33 zł	15 541,13 zł	15 306,22 zł	16 878,80 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	11 461,26 zł	12 304,06 zł	12 046,00 zł	12 891,32 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	9 901,00 zł	10 516,65 zł	10 395,28 zł	10 657,90 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	7 455,89 zł	7 963,87 zł	7 847,19 zł	8 628,21 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	5 937,61 zł	6 356,18 zł	6 228,02 zł	6 647,84 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	5 395,05 zł	5 700,81 zł	5 640,53 zł	5 770,97 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	10 101,63 zł	10 802,48 zł	10 641,51 zł	11 719,07 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	8 006,89 zł	8 584,39 zł	8 407,56 zł	8 986,79 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	7 083,08 zł	7 504,93 zł	7 421,77 zł	7 601,72 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	11 782,06 zł	12 605,40 zł	12 416,30 zł	13 682,20 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	9 321,18 zł	9 999,62 zł	9 791,89 zł	10 472,35 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	8 155,22 zł	8 650,81 zł	8 553,11 zł	8 764,51 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł

Tabl. 300. Roczna koszty emisji CO₂ dla wariantu WT2021.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	14 243,69 zł	15 251,73 zł	15 009,98 zł	16 524,97 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	10 859,72 zł	11 650,87 zł	11 419,34 zł	12 094,48 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	9 420,61 zł	9 950,29 zł	9 865,71 zł	10 012,38 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	7 319,49 zł	7 820,14 zł	7 700,07 zł	8 452,48 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	5 638,85 zł	6 031,77 zł	5 916,78 zł	6 252,09 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	5 156,47 zł	5 419,53 zł	5 377,53 zł	5 450,37 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	9 913,45 zł	10 604,18 zł	10 438,52 zł	11 476,61 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	7 594,70 zł	8 136,81 zł	7 978,16 zł	8 440,78 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	6 753,91 zł	7 116,86 zł	7 058,90 zł	7 159,39 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	11 560,99 zł	12 372,44 zł	12 177,83 zł	13 397,37 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	8 836,95 zł	9 473,81 zł	9 287,43 zł	9 830,91 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	7 768,51 zł	8 194,90 zł	8 126,81 zł	8 244,87 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł	949,12 zł

Roczne koszty użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji CO₂ dla poszczególnych wariantów zawarto w Tabl.ch 301-303

Tabl. 301. Roczne koszty użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	91 541,14 zł	84 361,86 zł	83 164,24 zł	91 541,14 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	64 940,30 zł	69 525,09 zł	68 122,93 zł	73 272,69 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	58 730,89 zł	62 273,47 zł	61 442,21 zł	63 464,26 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	78 378,01 zł	83 344,00 zł	82 178,74 zł	85 013,24 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	128 329,70 zł	118 096,72 zł	116 389,70 zł	128 329,70 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	90 414,20 zł	96 949,14 zł	94 950,57 zł	102 290,78 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	79 529,47 zł	84 578,89 zł	83 394,06 zł	86 276,18 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	78 378,01 zł	83 344,00 zł	82 178,74 zł	85 013,24 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	177 250,06 zł	162 956,35 zł	160 571,94 zł	177 250,06 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	124 288,67 zł	133 416,85 zł	130 625,18 zł	140 878,19 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	107 186,83 zł	114 239,99 zł	112 584,99 zł	116 610,81 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	78 378,01 zł	83 344,00 zł	82 178,74 zł	85 013,24 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	125 605,63 zł	115 598,76 zł	113 929,46 zł	125 605,63 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	88 527,94 zł	94 918,48 zł	92 964,07 zł	100 142,08 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	77 989,41 zł	82 927,24 zł	81 768,59 zł	84 587,03 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	78 378,01 zł	83 344,00 zł	82 178,74 zł	85 013,24 zł

Tabl. 302. Roczne koszty użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2017

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	78 031,07 zł	83 351,12 zł	82 129,22 zł	90 308,89 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	62 129,97 zł	66 513,73 zł	65 171,46 zł	69 568,32 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	56 395,77 zł	59 598,01 zł	58 966,71 zł	60 332,72 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	75 104,63 zł	79 593,54 zł	78 708,58 zł	80 623,46 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	109 073,13 zł	116 656,06 zł	114 914,42 zł	126 573,32 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	86 408,50 zł	92 656,90 zł	90 743,70 zł	97 010,76 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	76 201,11 zł	80 765,43 zł	79 865,60 zł	81 812,64 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	75 104,63 zł	79 593,54 zł	78 708,58 zł	80 623,46 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	150 351,96 zł	160 944,00 zł	158 511,23 zł	174 796,69 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	118 693,40 zł	127 421,33 zł	124 748,91 zł	133 502,92 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	102 537,69 zł	108 913,25 zł	107 656,34 zł	110 376,03 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	75 104,63 zł	79 593,54 zł	78 708,58 zł	80 623,46 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	106 774,56 zł	114 189,93 zł	112 486,78 zł	123 888,05 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	84 610,76 zł	90 721,08 zł	88 850,15 zł	94 978,74 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	74 734,59 zł	79 198,05 zł	78 318,10 zł	80 222,13 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	75 104,63 zł	79 593,54 zł	78 708,58 zł	80 623,46 zł

Tabl. 303. Roczne koszty użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2021.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	76 602,59 zł	81 845,83 zł	80 588,35 zł	88 468,45 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	59 001,11 zł	63 116,21 zł	61 911,90 zł	65 423,60 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	53 897,03 zł	56 652,15 zł	56 212,20 zł	56 975,05 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	71 601,89 zł	75 464,02 zł	74 847,31 zł	75 916,68 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	107 037,04 zł	114 510,49 zł	112 718,15 zł	123 950,04 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	81 948,79 zł	87 814,25 zł	86 097,68 zł	91 103,09 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	72 639,53 zł	76 566,54 zł	75 939,47 zł	77 026,80 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	71 601,89 zł	75 464,02 zł	74 847,31 zł	75 916,68 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	147 507,90 zł	157 947,02 zł	155 443,43 zł	171 132,42 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	112 463,95 zł	120 656,98 zł	118 259,24 zł	125 250,92 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	97 562,78 zł	103 048,13 zł	102 172,21 zł	103 691,03 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	71 601,89 zł	75 464,02 zł	74 847,31 zł	75 916,68 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	104 783,47 zł	112 091,78 zł	110 339,04 zł	121 322,74 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	80 249,59 zł	85 985,44 zł	84 306,80 zł	89 201,60 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	71 251,71 zł	75 091,94 zł	74 478,73 zł	75 542,03 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	71 601,89 zł	75 464,02 zł	74 847,31 zł	75 916,68 zł

Ilość zaoszczędzonej Energii Pierwotnej EP_{H+W} i oszczędność kosztów użytkowania budynku zawarto w Tabl.ch 304-306

Po uwzględnieniu wariantów przedsięwzięć, uzyskano następujące zmniejszenie zapotrzebowania na Energię Pierwotną EP_{H+W}

Tabl. 304. Zmniejszenie zapotrzebowania na Energię Pierwotną EP_{H+W} dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	32,85	60,43	61,10	71,47
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	83,43	88,64	89,70	106,21
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	99,08	106,27	106,25	128,70
	j.w.+ zastosowanie OZE	172,25	184,74	183,48	208,96
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	28,36	52,16	52,74	61,69
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	72,02	76,51	77,43	91,68
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	84,80	91,01	90,99	110,37
	j.w.+ zastosowanie OZE	145,25	155,84	154,79	176,67
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	28,36	52,16	52,74	61,69
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	72,02	76,51	77,43	91,68
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	84,80	91,01	90,99	110,37
	j.w.+ zastosowanie OZE	145,25	155,84	154,79	176,67
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	19,99	36,77	37,18	43,49
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	101,01	107,73	107,97	124,71
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	108,47	116,40	115,97	136,34
	j.w.+ zastosowanie OZE	145,25	155,84	154,79	176,67

Tabl. 305. Zmniejszenie zapotrzebowania na Energię Pierwotną EP_{H+W} dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	58,54	62,35	63,07	73,82
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	88,78	94,37	95,32	113,26
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	103,52	111,36	110,95	134,65
	j.w.+ zastosowanie OZE	173,20	185,83	184,48	210,23
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	50,53	53,82	54,44	63,72
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	76,63	81,45	82,27	97,76
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	88,63	95,40	95,05	115,51
	j.w.+ zastosowanie OZE	146,20	156,92	155,79	177,94
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	50,53	53,82	54,44	63,72
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	76,63	81,45	82,27	97,76
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	88,63	95,40	95,05	115,51
	j.w.+ zastosowanie OZE	146,20	156,92	155,79	177,94
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	35,62	37,94	38,38	44,92
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	104,26	111,21	111,38	128,99
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	111,18	119,49	118,84	139,96
	j.w.+ zastosowanie OZE	146,20	156,92	155,79	177,94

Tabl. 305. Zmniejszenie zapotrzebowania na Energię Pierwotną EP_{H+W} dla wariantu WT2021.

	Wariant	Szczecin [kWh/(m ² rok)]	Kraków [kWh/(m ² rok)]	Warszawa [kWh/(m ² rok)]	Zakopane [kWh/(m ² rok)]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	61,26	65,21	66,00	77,32
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	94,73	100,83	101,51	121,14
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	108,27	116,96	116,19	141,04
	j.w.+ zastosowanie OZE	174,21	187,02	185,60	211,59
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	52,87	56,29	56,97	66,74
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	81,76	87,03	87,62	104,56
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	92,73	100,23	99,57	121,02
	j.w.+ zastosowanie OZE	147,21	158,11	156,91	179,30
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	52,87	56,29	56,97	66,74
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	81,76	87,03	87,62	104,56
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	92,73	100,23	99,57	121,02
	j.w.+ zastosowanie OZE	147,21	158,11	156,91	179,30
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	37,28	39,68	40,16	47,05
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	107,88	115,14	115,15	133,79
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	114,07	122,90	122,03	143,84
	j.w.+ zastosowanie OZE	147,21	158,11	156,91	179,30

Wpływ wariantów przedsięwzięć na obniżenie kosztów użytkowania budynku przedstawiają tabele 306-308

Tabl. 306. Zmniejszenie rocznych kosztów użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	17 276,13 zł	31 779,62 zł	32 134,11 zł	37 588,35 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	43 876,98 zł	46 616,39 zł	47 175,42 zł	55 856,80 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	50 086,38 zł	53 868,02 zł	53 856,14 zł	65 665,24 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	30 439,27 zł	32 797,49 zł	33 119,61 zł	44 116,25 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	24 624,52 zł	45 297,06 zł	45 802,33 zł	53 576,53 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	62 540,02 zł	66 444,64 zł	67 241,46 zł	79 615,45 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	73 424,75 zł	78 814,90 zł	78 797,97 zł	95 630,05 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	74 576,21 zł	80 049,79 zł	80 013,28 zł	96 892,99 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	34 396,20 zł	63 272,17 zł	63 977,93 zł	74 837,15 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	87 357,59 zł	92 811,67 zł	93 924,68 zł	111 209,02 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	104 459,42 zł	111 988,53 zł	111 964,88 zł	135 476,40 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	133 268,25 zł	142 884,52 zł	142 371,13 zł	167 073,96 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	24 080,39 zł	44 296,14 zł	44 790,24 zł	52 392,66 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	61 158,08 zł	64 976,42 zł	65 755,63 zł	77 856,20 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	71 696,61 zł	76 967,66 zł	76 951,10 zł	93 411,26 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	71 308,01 zł	76 550,91 zł	76 540,96 zł	92 985,04 zł

Tabl. 307. Zmniejszenie rocznych kosztów użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	30 786,20 zł	32 790,37 zł	33 169,14 zł	38 820,60 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	46 687,30 zł	49 627,75 zł	50 126,89 zł	59 561,17 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	52 421,51 zł	56 543,47 zł	56 331,65 zł	68 796,77 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	33 712,64 zł	36 547,94 zł	36 589,78 zł	48 506,04 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	43 881,09 zł	46 737,73 zł	47 277,61 zł	55 332,92 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	66 545,72 zł	70 736,88 zł	71 448,33 zł	84 895,47 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	76 753,11 zł	82 628,35 zł	82 326,43 zł	100 093,59 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	77 849,59 zł	83 800,24 zł	83 483,45 zł	101 282,78 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	61 294,30 zł	65 284,52 zł	66 038,64 zł	77 290,51 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	92 952,86 zł	98 807,19 zł	99 800,96 zł	118 584,29 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	109 108,57 zł	117 315,27 zł	116 893,53 zł	141 711,18 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	136 541,62 zł	146 634,97 zł	145 841,29 zł	171 463,75 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	42 911,46 zł	45 704,97 zł	46 232,92 zł	54 110,23 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	65 075,26 zł	69 173,82 zł	69 869,54 zł	83 019,55 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	74 951,43 zł	80 696,85 zł	80 401,60 zł	97 776,16 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	74 581,39 zł	80 301,36 zł	80 011,12 zł	97 374,83 zł

Tabl. 308. Zmniejszenie rocznych kosztów użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2021

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	32 214,68 zł	34 295,66 zł	34 710,00 zł	40 661,05 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	49 816,16 zł	53 025,27 zł	53 386,45 zł	63 705,89 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	54 920,25 zł	59 489,34 zł	59 086,15 zł	72 154,44 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	37 215,38 zł	40 677,46 zł	40 451,04 zł	53 212,82 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	45 917,18 zł	48 883,29 zł	49 473,87 zł	57 956,20 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	71 005,43 zł	75 579,53 zł	76 094,34 zł	90 803,15 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	80 314,69 zł	86 827,24 zł	86 252,56 zł	104 879,43 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	81 352,33 zł	87 929,76 zł	87 344,71 zł	105 989,55 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	64 138,36 zł	68 281,50 zł	69 106,44 zł	80 954,78 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	99 182,31 zł	105 571,54 zł	106 290,63 zł	126 836,29 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	114 083,48 zł	123 180,39 zł	122 377,65 zł	148 396,18 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	140 044,36 zł	150 764,50 zł	149 702,56 zł	176 170,53 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	44 902,55 zł	47 803,12 zł	48 380,65 zł	56 675,55 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	69 436,44 zł	73 909,46 zł	74 412,89 zł	88 796,68 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	78 434,31 zł	84 802,96 zł	84 240,97 zł	102 456,25 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	78 084,13 zł	84 430,88 zł	83 872,39 zł	102 081,61 zł

6. Wyliczenie poziomu kosztów minimalnych

Dla potrzeb obliczeń optymalnych pod względem kosztów poziomów wymagań minimalnych stosuje się ramy metodologii porównawczej.

Przyjęto następujące założenia:

1. Rok zerowy - 2016
2. Okres obliczeniowy – 30 lat
3. Poziomy stopy dyskontowej 2,83% (bazowy) oraz 2,66% i 3,00% (porównawcze)
4. Koszty emisji CO₂

Tabl. 309. Zmiana poziomu opłaty za emisję 1 t CO₂

Cena emisji	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Euro	16,5	20	36	50	52	51	50
zł	73,24	88,77	159,79	221,93	230,80	226,36	221,93

5. indeks wzrostu cen energii

Tabl. 310. Indeks wzrostu cen energii

węgiel	gaz	olej opałowy	ciepło sieciowe	biomasa	energia el.
3,0%	5,0%	5,5%	2,0%	3,0%	2,5%

7. Analiza finansowa

Zdyskontowane skorygowane koszty dla różnych wariantów i stóp dyskontowych zawarto w tabelach 311-319.

Tabl. 311. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	784 009,86 zł	413 923,19 zł	404 877,81 zł	265 701,49 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	513 583,67 zł	443 681,78 zł	429 416,95 zł	207 893,59 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	1 269 657,75 zł	1 173 161,51 zł	1 173 464,60 zł	872 131,04 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	1 628 553,48 zł	1 547 553,75 zł	1 544 220,63 zł	1 251 732,21 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 500 841,91 zł	- 915 232,69 zł	- 912 110,32 zł	- 1 211 541,64 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 678 383,01 zł	- 833 666,93 zł	- 835 049,76 zł	- 1 205 559,59 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	116 072,07 zł	- 62 166,98 zł	- 50 975,39 zł	- 490 374,02 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	645 709,13 zł	495 336,60 zł	499 989,39 zł	76 496,49 zł

Tabl. 311. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,66%)(cd)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 626 397,94 zł	- 2 120 234,63 zł	- 2 107 966,77 zł	- 2 557 424,79 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 803 939,04 zł	- 2 038 668,87 zł	- 2 030 906,22 zł	- 2 551 442,74 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 009 483,97 zł	- 1 267 168,92 zł	- 1 246 831,85 zł	- 1 836 257,17 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 479 846,90 zł	- 709 665,34 zł	- 695 867,07 zł	- 1 269 386,66 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 341 565,92 zł	- 735 757,72 zł	- 733 595,86 zł	- 1 009 672,23 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 501 171,60 zł	- 644 188,38 zł	- 646 393,81 zł	- 991 372,81 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	300 694,56 zł	135 425,37 zł	145 409,42 zł	- 266 349,54 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	863 300,52 zł	728 286,40 zł	731 171,19 zł	336 681,30 zł

Tabl. 312. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	795 303,82 zł	434 698,55 zł	425 884,90 zł	290 274,20 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	542 267,46 zł	474 156,42 zł	460 257,04 zł	244 408,97 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	1 302 359,76 zł	1 208 335,70 zł	1 208 631,03 zł	915 017,46 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	1 655 775,62 zł	1 576 851,05 zł	1 573 603,32 zł	1 288 608,28 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 461 394,10 zł	- 865 504,65 zł	- 862 423,56 zł	- 1 154 818,54 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 623 925,04 zł	- 775 566,88 zł	- 776 875,58 zł	- 1 138 528,08 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	173 564,97 zł	- 443,90 zł	10 499,66 zł	- 418 276,74 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	693 347,87 zł	546 491,58 zł	551 063,87 zł	137 785,70 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 562 099,66 zł	- 2 043 902,08 zł	- 2 031 877,44 zł	- 2 470 986,76 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 724 630,60 zł	- 1 953 964,32 zł	- 1 946 329,46 zł	- 2 454 696,30 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 927 140,60 zł	- 1 178 841,34 zł	- 1 158 954,21 zł	- 1 734 444,96 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 407 357,70 zł	- 631 905,86 zł	- 618 390,00 zł	- 1 178 382,52 zł

Tabl. 312. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,83%)(cd)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 305 675,92 zł	- 690 068,07 zł	- 687 927,14 zł	- 957 495,83 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 450 730,93 zł	-590 383,01 zł	- 592 497,48 zł	- 929 203,56 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	353 980,30 zł	192 645,89 zł	202 408,62 zł	- 199 366,55 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	905 887,45 zł	774 032,99 zł	776 878,33 zł	391 929,81 zł

Tabl. 313. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	806 204,87 zł	454 751,14 zł	446 161,17 zł	313 992,03 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	569 953,34 zł	503 570,84 zł	490 024,21 zł	279 653,99 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	1 333 922,81 zł	1 242 284,92 zł	1 242 572,75 zł	956 410,58 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	1 682 049,43 zł	1 605 127,82 zł	1 601 962,52 zł	1 324 200,16 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 423 242,83 zł	- 817 425,44 zł	- 814 384,82 zł	- 1 099 978,14 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 571 285,80 zł	- 719 406,93 zł	- 720 644,70 zł	- 1 073 737,89 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	229 132,28 zł	59 211,76 zł	69 915,31 zł	- 348 598,30 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	739 403,83 zł	595 946,81 zł	600 440,79 zł	197 032,08 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 499 899,01 zł	- 1 970 076,00 zł	- 1 958 287,23 zł	-2 387 389,32 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 647 941,99 zł	- 1 872 057,49 zł	- 1 864 547,10 zł	- 2 361 149,07 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 847 523,91 zł	- 1 093 438,80 zł	- 1 073 987,09 zł	- 1 636 009,48 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 337 252,36 zł	- 556 703,75 zł	- 543 461,62 zł	- 1 090 379,09 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 270 967,00 zł	- 645 895,67 zł	- 643 775,49 zł	- 907 053,89 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 401 977,55 zł	- 538 377,24 zł	- 540 404,47 zł	- 869 116,43 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	405 478,48 zł	247 946,74 zł	257 495,28 zł	- 134 634,43 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	947 059,02 zł	818 259,08 zł	821 065,79 zł	445 335,70 zł

Tabl. 314. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2017 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	456 894,58 zł	405 754,16 zł	396 089,11 zł	251 880,30 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	513 940,20 zł	438 908,56 zł	426 172,03 zł	185 436,90 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	1 282 140,20 zł	1 176 959,68 zł	1 182 364,83 zł	864 291,32 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	1 630 821,29 zł	1 539 648,54 zł	1 542 292,12 zł	1 230 194,04 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 780 782,58 zł	- 919 872,39 zł	- 917 284,89 zł	- 1 221 060,05 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 668 213,35 zł	- 827 925,06 zł	- 827 988,72 zł	- 1 215 081,35 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	136 708,31 zł	- 49 026,63 zł	- 33 431,17 zł	- 487 279,02 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	647 976,94 zł	487 431,39 zł	498 060,88 zł	54 958,32 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 906 338,62 zł	- 2 124 874,33 zł	- 2 113 141,35 zł	- 2 566 943,20 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 793 769,38 zł	- 2 032 927,00 zł	- 2 023 845,18 zł	- 2 560 964,50 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 988 847,72 zł	- 1 254 028,58 zł	- 1 229 287,63 zł	- 1 833 162,17 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 477 579,09 zł	- 717 570,55 zł	- 697 795,58 zł	- 1 290 924,83 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 612 397,53 zł	- 739 715,94 zł	- 738 072,58 zł	- 1 018 359,81 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 489 107,09 zł	- 636 416,12 zł	- 637 342,76 zł	- 998 396,93 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	322 905,25 zł	150 369,62 zł	164 622,74 zł	- 261 143,12 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	865 568,33 zł	720 381,19 zł	729 242,68 zł	315 143,13 zł

Tabl. 315. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2017 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	477 020,51 zł	427 190,28 zł	417 772,83 zł	277 258,57 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	544 461,19 zł	471 351,81 zł	458 941,58 zł	224 373,94 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	1 316 368,76 zł	1 213 882,90 zł	1 219 149,57 zł	909 224,92 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	1 659 831,66 zł	1 570 994,70 zł	1 573 570,55 zł	1 269 468,24 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-733 711,39 zł	-869 574,01 zł	-867 014,10 zł	-1 163 641,63 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-612 169,58 zł	-768 125,78 zł	-768 149,11 zł	-1 145 959,56 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	195 518,87 zł	14 206,13 zł	29 440,75 zł	-413 414,70 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	697 403,91 zł	540 635,23 zł	551 031,10 zł	118 645,66 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-1 834 416,96 zł	-2 047 971,45 zł	-2 036 467,97 zł	-2 479 809,84 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-1 712 875,14 zł	-1 946 523,22 zł	-1 937 602,98 zł	-2 462 127,77 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-905 186,70 zł	-1 164 191,31 zł	-1 140 013,12 zł	-1 729 582,91 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-403 301,66 zł	-637 762,21 zł	-618 422,77 zł	-1 197 522,56 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-569 117,51 zł	-693 473,41 zł	-691 837,69 zł	-965 509,36 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-437 129,17 zł	-580 963,53 zł	-581 831,99 zł	-934 201,38 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	377 468,30 zł	209 053,61 zł	222 976,04 zł	-192 447,19 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	909 943,49 zł	768 176,64 zł	776 845,57 zł	372 789,77 zł

Tabl. 316. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2017 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	496 446,26 zł	447 880,64 zł	438 702,19 zł	301 753,94 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	573 920,36 zł	502 666,37 zł	490 571,09 zł	261 956,37 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	1 349 405,24 zł	1 249 520,30 zł	1 254 653,31 zł	952 594,01 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	1 687 831,49 zł	1 601 249,06 zł	1 603 759,54 zł	1 307 374,82 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-688 201,96 zł	-820 944,31 zł	-818 411,64 zł	-1 108 130,09 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-557 999,72 zł	-710 325,71 zł	-710 310,73 zł	-1 079 151,81 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	252 357,98 zł	75 318,95 zł	90 204,67 zł	-342 030,68 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	745 185,89 zł	592 068,04 zł	602 237,81 zł	180 206,74 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-1 764 858,14 zł	-1 973 594,87 zł	-1 962 314,04 zł	-2 395 541,26 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-1 634 655,90 zł	-1 862 976,27 zł	-1 854 213,13 zł	-2 366 562,99 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-824 298,20 zł	-1 077 331,61 zł	-1 053 697,73 zł	-1 629 441,86 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-331 470,29 zł	-560 582,52 zł	-541 664,59 zł	-1 107 204,43 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-527 275,68 zł	-648 767,37 zł	-647 139,58 zł	-914 416,84 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-386 892,03 zł	-527 367,85 zł	-528 180,68 zł	-872 158,45 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	430 199,36 zł	265 767,02 zł	279 369,70 zł	-126 061,71 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	952 841,09 zł	814 380,31 zł	822 862,82 zł	428 510,36 zł

Tabl. 317. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2021 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	454 341,88 zł	401 241,58 zł	390 668,78 zł	238 815,43 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	654 131,47 zł	572 244,43 zł	563 028,19 zł	299 706,33 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	1 438 410,21 zł	1 321 820,32 zł	1 332 108,55 zł	998 644,12 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	1 776 160,91 zł	1 671 622,90 zł	1 679 986,66 zł	1 349 859,22 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-778 347,30 zł	-919 128,80 zł	-917 324,82 zł	-1 227 698,43 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-517 096,70 zł	-682 725,70 zł	-679 750,80 zł	-1 086 339,33 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	301 703,45 zł	106 120,41 zł	125 930,75 zł	-341 201,90 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	793 316,56 zł	619 405,75 zł	635 755,42 zł	174 623,50 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-1 903 903,33 zł	-2 124 130,74 zł	-2 113 181,28 zł	-2 573 581,58 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-1 642 652,73 zł	-1 887 727,65 zł	-1 875 607,26 zł	-2 432 222,48 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-823 852,58 zł	-1 098 881,53 zł	-1 069 925,71 zł	-1 687 085,05 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-332 239,47 zł	-585 596,19 zł	-560 101,04 zł	-1 171 259,65 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-608 999,10 zł	-737 957,41 zł	-737 073,59 zł	-1 023 757,28 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-335 880,83 zł	-488 926,01 zł	-486 907,11 zł	-866 860,36 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	489 585,14 zł	307 502,89 zł	325 841,86 zł	-112 802,12 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	1 010 907,95 zł	852 355,55 zł	866 937,22 zł	434 808,31 zł

Tabl. 318. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2021 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	475 401,65 zł	423 661,75 zł	413 359,82 zł	265 396,86 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	686 697,90 zł	606 908,75 zł	597 928,62 zł	341 352,92 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	1 474 272,27 zł	1 360 669,35 zł	1 370 694,00 zł	1 045 772,73 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	1 807 084,82 zł	1 705 225,01 zł	1 713 374,49 zł	1 391 704,72 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 730 470,05 zł	- 867 981,02 zł	- 866 184,56 zł	- 1 169 241,49 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 459 287,39 zł	- 621 009,29 zł	- 618 071,90 zł	- 1 014 878,78 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	361 923,98 zł	171 015,45 zł	190 356,96 zł	- 265 442,93 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	844 657,07 zł	674 865,54 zł	690 835,04 zł	240 882,14 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 831 175,62 zł	- 2 046 378,46 zł	- 2 035 638,43 zł	- 2 485 409,71 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 559 992,96 zł	- 1 799 406,73 zł	- 1 787 525,77 zł	- 2 331 047,00 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 738 781,59 zł	- 1 007 381,99 zł	- 979 096,91 zł	- 1 581 611,15 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 256 048,50 zł	- 503 531,90 zł	- 478 618,83 zł	- 1 075 286,08 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 564 937,71 zł	- 690 891,49 zł	- 689 995,86 zł	- 969 900,11 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 282 191,42 zł	- 431 614,98 zł	- 429 613,35 zł	- 800 397,65 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	545 515,01 zł	367 798,28 zł	385 701,87 zł	- 42 269,54 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	1 057 196,65 zł	902 406,95 zł	916 649,50 zł	495 026,25 zł

Tabl. 319. Zdyskontowane skorygowane koszty dla Wariantu WT2021 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	495 728,76 zł	445 301,93 zł	435 261,44 zł	291 053,53 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	718 131,34 zł	640 367,10 zł	631 614,88 zł	381 550,62 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	1 508 885,43 zł	1 398 165,55 zł	1 407 935,79 zł	1 091 260,47 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	1 836 931,62 zł	1 737 656,83 zł	1 745 599,50 zł	1 432 093,15 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-684 182,61 zł	-818 531,47 zł	-816 742,88 zł	-1 112 727,57 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-403 413,43 zł	-561 358,79 zł	-558 458,22 zł	-945 813,65 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	420 124,01 zł	233 732,73 zł	252 621,10 zł	-192 230,19 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	894 286,02 zł	728 475,81 zł	744 077,76 zł	304 925,07 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-1 760 838,79 zł	-1 971 182,04 zł	-1 960 645,28 zł	-2 400 138,74 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-1 480 069,61 zł	-1 714 009,35 zł	-1 702 360,63 zł	-2 233 224,82 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-656 532,17 zł	-918 917,84 zł	-891 281,30 zł	-1 479 641,36 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-182 370,17 zł	-424 174,75 zł	-399 824,64 zł	-982 486,10 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-522 341,68 zł	-645 390,70 zł	-644 484,21 zł	-917 835,88 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-230 302,34 zł	-376 225,52 zł	-374 241,09 zł	-736 166,44 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	599 565,32 zł	426 067,02 zł	443 549,83 zł	25 888,69 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	1 101 941,21 zł	950 788,08 zł	964 702,77 zł	553 228,69 zł

6. Analiza Makroekonomiczna (uwzględniająca koszty emisji CO₂)

Zdyskontowane skorygowane koszty dla różnych wariantów i stóp dyskontowych zawarto w Tabl.ch 320-328.

Tabl. 320. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	656 494,44 zł	179 357,22 zł	167 695,39 zł	-11 738,80 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	189 726,94 zł	99 605,37 zł	81 214,32 zł	-204 386,45 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	882 392,48 zł	757 983,93 zł	758 374,69 zł	369 877,98 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	880 373,68 zł	745 313,79 zł	748 203,86 zł	353 627,54 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-564 172,16 zł	-1 031 729,35 zł	-1 029 906,44 zł	-1 349 331,74 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-839 225,74 zł	-1 004 551,71 zł	-1 007 983,82 zł	-1 410 317,56 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-67 342,19 zł	-259 443,82 zł	-248 208,69 zł	-730 896,71 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	283 047,48 zł	105 826,10 zł	113 569,62 zł	-360 625,01 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-1 713 773,36 zł	-2 280 962,65 zł	-2 270 487,62 zł	-2 747 530,92 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-2 025 850,40 zł	-2 274 435,05 zł	-2 269 499,74 zł	-2 833 943,04 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-1 269 265,29 zł	-1 546 076,16 zł	-1 525 679,02 zł	-2 174 829,81 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-986 932,12 zł	-1 253 793,37 zł	-1 235 730,87 zł	-1 879 202,58 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-444 213,50 zł	-924 579,03 zł	-924 523,36 zł	-1 233 006,58 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-761 870,34 zł	-921 163,59 zł	-926 690,55 zł	-1 323 250,70 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-7 590,86 zł	-195 328,95 zł	-185 274,33 zł	-667 198,03 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	264 485,51 zł	85 953,95 zł	93 848,30 zł	-382 820,48 zł

Tabl. 321. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	671 400,84 zł	206 777,71 zł	195 421,73 zł	20 693,65 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	227 585,41 zł	139 827,50 zł	121 918,80 zł	-156 191,40 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	926 065,51 zł	804 919,87 zł	805 300,39 zł	426 992,94 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	928 791,34 zł	797 338,11 zł	800 137,27 zł	415 946,42 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-522 930,24 zł	-978 701,02 zł	-976 882,58 zł	-1 288 705,13 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-780 211,18 zł	-941 610,60 zł	-944 910,52 zł	-1 337 485,37 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-4 653,26 zł	-192 132,00 zł	-181 146,13 zł	-651 985,55 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	340 960,22 zł	168 015,69 zł	175 591,16 zł	-286 952,39 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-1 646 999,79 zł	-2 200 076,77 zł	-2 189 794,16 zł	-2 655 707,28 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-1 940 255,33 zł	-2 183 051,37 zł	-2 178 163,75 zł	-2 729 193,51 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-1 179 562,45 zł	-1 449 847,30 zł	-1 429 901,80 zł	-2 063 426,02 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-900 077,47 zł	-1 160 619,03 zł	-1 142 959,76 zł	-1 770 922,69 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-405 415,54 zł	-873 540,17 zł	-873 445,77 zł	-1 174 503,24 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-704 044,21 zł	-859 511,67 zł	-864 853,57 zł	-1 251 679,53 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	54 428,44 zł	-128 738,34 zł	-118 907,04 zł	-588 859,23 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	324 036,54 zł	149 897,47 zł	157 610,45 zł	-307 188,88 zł

Tabl. 322. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	685 783,74 zł	233 235,20 zł	222 174,34 zł	51 987,08 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	264 114,31 zł	178 637,04 zł	161 193,76 zł	-109 688,94 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	968 202,96 zł	850 205,65 zł	850 576,27 zł	482 100,26 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	975 494,45 zł	847 520,32 zł	850 231,97 zł	476 061,36 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-483 049,71 zł	-927 440,83 zł	-925 627,38 zł	-1 230 102,32 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-723 180,08 zł	-880 784,58 zł	-883 957,61 zł	-1 267 104,19 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	55 922,24 zł	-127 089,63 zł	-116 344,95 zł	-575 739,56 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	396 918,78 zł	228 106,64 zł	235 519,39 zł	-215 770,25 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-1 582 413,32 zł	-2 121 861,95 zł	-2 111 766,26 zł	-2 566 918,93 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-1 857 507,35 zł	-2 094 706,87 zł	-2 089 866,52 zł	-2 627 932,52 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-1 092 852,35 zł	-1 356 829,10 zł	-1 337 320,66 zł	-1 955 745,69 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-816 126,00 zł	-1 070 559,33 zł	-1 053 290,22 zł	-1 666 268,03 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-367 903,80 zł	-824 211,94 zł	-824 080,78 zł	-1 117 963,08 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-648 172,37 zł	-799 942,99 zł	-805 106,96 zł	-1 182 530,36 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	114 344,46 zł	-64 406,14 zł	-54 790,95 zł	-513 181,80 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	381 558,96 zł	211 662,66 zł	219 200,22 zł	-234 136,75 zł

Tabl. 323. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2017 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	229 661,07 zł	163 727,88 zł	151 267,12 zł	-34 655,24 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	169 340,38 zł	72 605,23 zł	56 184,56 zł	-254 185,15 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	877 639,36 zł	742 034,54 zł	749 003,17 zł	338 924,33 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	882 641,49 zł	737 408,58 zł	746 275,34 zł	332 089,37 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-893 637,60 zł	-1 040 074,21 zł	-1 038 875,19 zł	-1 363 367,29 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-839 358,08 zł	-1 009 848,79 zł	-1 011 742,18 zł	-1 433 418,65 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-55 265,95 zł	-256 111,06 zł	-239 739,09 zł	-739 281,18 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	285 315,29 zł	97 920,89 zł	111 641,11 zł	-382 163,18 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-2 062 042,33 zł	-2 290 714,27 zł	-2 280 896,94 zł	-2 763 281,53 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-2 029 894,20 zł	-2 283 923,38 zł	-2 277 365,99 zł	-2 862 199,93 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-1 260 439,10 zł	-1 546 467,14 zł	-1 520 654,87 zł	-2 187 572,80 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-984 664,31 zł	-1 261 698,57 zł	-1 237 659,39 zł	-1 900 740,76 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-795 316,34 zł	-934 542,66 zł	-935 149,79 zł	-1 249 015,67 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-766 503,64 zł	-931 283,58 zł	-935 175,90 zł	-1 352 284,62 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	745,51 zł	-196 281,13 zł	-180 769,44 zł	-680 597,90 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	266 753,32 zł	78 048,74 zł	91 919,78 zł	-404 358,65 zł

Tabl. 324. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2017 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	256 224,40 zł	192 020,47 zł	179 886,53 zł	-1 159,57 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	209 623,69 zł	115 425,66 zł	99 435,66 zł	-202 793,85 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	923 327,21 zł	791 278,95 zł	798 064,81 zł	398 741,29 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	932 847,38 zł	791 481,76 zł	800 104,50 zł	396 806,38 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-843 369,29 zł	-986 370,58 zł	-985 159,81 zł	-1 301 917,38 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-778 465,87 zł	-944 895,71 zł	-946 696,93 zł	-1 358 111,49 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	8 983,13 zł	-187 011,71 zł	-171 022,58 zł	-658 277,78 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	345 016,26 zł	162 159,35 zł	175 558,39 zł	-306 092,43 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-1 985 709,67 zł	-2 209 113,23 zł	-2 199 471,14 zł	-2 670 586,01 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-1 942 310,68 zł	-2 190 409,00 zł	-2 183 941,68 zł	-2 754 829,37 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-1 169 084,05 zł	-1 448 345,25 zł	-1 423 126,09 zł	-2 073 953,29 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-896 021,43 zł	-1 166 475,38 zł	-1 142 992,53 zł	-1 790 062,73 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-746 854,33 zł	-882 780,80 zł	-883 331,82 zł	-1 189 630,87 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-706 667,22 zł	-867 477,57 zł	-871 227,67 zł	-1 278 063,63 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	64 435,17 zł	-127 776,71 zł	-112 631,37 zł	-600 019,04 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	328 092,58 zł	144 041,13 zł	157 577,68 zł	-326 328,92 zł

Tabl. 325. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2017 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	281 854,84 zł	219 319,43 zł	207 500,83 zł	31 159,75 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	248 492,28 zł	156 742,25 zł	141 167,80 zł	-153 207,39 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	967 408,72 zł	838 792,12 zł	845 401,63 zł	456 455,70 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	981 276,52 zł	843 641,56 zł	852 029,00 zł	459 236,02 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-794 778,31 zł	-934 458,72 zł	-933 237,28 zł	-1 242 520,09 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-719 622,85 zł	-882 128,15 zł	-883 841,10 zł	-1 285 341,97 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	71 064,17 zł	-120 244,37 zł	-104 625,36 zł	-580 012,76 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	402 700,85 zł	224 227,87 zł	237 316,42 zł	-232 595,59 zł
Olaj Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-1 911 899,31 zł	-2 130 208,34 zł	-2 120 736,59 zł	-2 580 956,35 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-1 857 643,96 zł	-2 100 008,52 zł	-2 093 629,36 zł	-2 651 039,25 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-1 080 779,66 zł	-1 353 500,41 zł	-1 328 854,82 zł	-1 964 134,93 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-810 343,93 zł	-1 074 438,09 zł	-1 051 493,19 zł	-1 683 093,37 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-700 017,84 zł	-832 754,95 zł	-833 252,44 zł	-1 132 240,21 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-648 855,67 zł	-805 830,43 zł	-809 443,93 zł	-1 206 357,68 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	125 962,91 zł	-61 597,89 zł	-46 806,66 zł	-522 180,20 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	387 341,03 zł	207 783,90 zł	220 997,25 zł	-250 962,09 zł

Tabl. 326. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2021 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	216 564,73 zł	148 104,74 zł	134 473,67 zł	- 61 304,48 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	286 437,49 zł	180 863,96 zł	168 981,85 zł	- 170 507,97 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	1 015 466,11 zł	865 151,66 zł	878 415,84 zł	448 494,14 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	1 027 981,11 zł	869 382,94 zł	883 969,88 zł	451 754,55 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 896 438,79 zł	- 1 044 848,64 zł	- 1 044 563,55 zł	- 1 376 752,32 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 699 711,09 zł	- 877 103,94 zł	- 875 453,04 zł	- 1 319 870,22 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	100 569,39 zł	- 111 762,88 zł	- 90 474,54 zł	- 605 512,47 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	430 654,91 zł	229 895,25 zł	249 335,65 zł	- 262 498,01 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 066 831,70 zł	-2 297 583,79 zł	- 2 288 729,90 zł	- 2 779 228,12 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 894 602,00 zł	- 2 155 907,24 zł	- 2 145 613,55 zł	- 2 754 420,17 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-1 108 081,55 zł	- 1 406 219,06 zł	- 1 375 224,08 zł	- 2 058 477,34 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 839 324,69 zł	- 1 129 724,22 zł	- 1 099 964,85 zł	- 1 781 075,58 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 800 405,36 zł	- 941 727,93 zł	- 943 305,96 zł	- 1 265 348,31 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 631 867,75 zł	- 803 980,12 zł	- 804 107,19 zł	- 1 245 374,26 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	152 578,92 zł	- 56 650,98 zł	- 35 916,43 zł	- 552 206,74 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	412 092,94 zł	210 023,10 zł	229 614,32 zł	- 284 693,47 zł

Tabl. 327. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2021 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	244 360,60 zł	177 696,14 zł	164 422,58 zł	- 26 220,82 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	329 420,49 zł	226 615,88 zł	215 045,41 zł	-115 540,47 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	1 063 309,95 zł	916 937,86 zł	929 854,16 zł	511 208,20 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	1 080 100,54 zł	925 712,07 zł	939 908,44 zł	519 042,86 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 845 216,08 zł	- 990 139,30 zł	- 989 818,69 zł	- 1 314 072,76 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 636 728,42 zł	- 809 880,90 zł	- 808 230,00 zł	- 1 241 793,86 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	166 487,93 zł	- 40 695,32 zł	- 19 917,69 zł	- 522 265,73 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	492 269,42 zł	296 389,65 zł	315 362,33 zł	- 183 855,95 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 989 488,32 zł	- 2 214 917,68 zł	- 2 206 213,86 zł	- 2 685 230,39 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 804 804,65 zł	- 2 059 988,95 zł	- 2 049 882,94 zł	- 2 644 117,01 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 014 958,51 zł	- 1 306 012,82 zł	- 1 275 746,34 zł	- 1 942 482,10 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 748 768,27 zł	- 1 032 245,07 zł	-1 003 188,59 zł	- 1 667 826,25 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 750 921,52 zł	- 888 889,30 zł	- 890 385,78 zł	- 1 204 647,00 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 569 793,19 zł	- 737 743,78 zł	- 737 827,33 zł	- 1 168 188,46 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	218 055,99 zł	13 960,68 zł	34 192,00 zł	- 469 226,07 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	475 345,74 zł	278 271,43 zł	297 381,62 zł	- 204 092,44 zł

Tabl. 328. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2021 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	271 180,29 zł	206 248,30 zł	193 319,69 zł	7 630,73 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	370 893,94 zł	270 761,01 zł	259 491,23 zł	- 62 503,40 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	1 109 471,74 zł	966 903,56 zł	979 484,19 zł	571 717,97 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	1 130 376,64 zł	980 049,33 zł	993 868,95 zł	583 954,35 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 795 704,10 zł	- 937 256,93 zł	- 936 902,71 zł	- 1 253 488,87 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 575 868,11 zł	- 744 922,84 zł	-743 272,61 zł	- 1 166 352,09 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	230 180,00 zł	27 971,33 zł	48 255,48 zł	- 441 835,90 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	551 800,97 zł	360 635,64 zł	379 156,37 zł	- 107 877,27 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 914 702,67 zł	- 2 134 985,06 zł	- 2 126 427,30 zł	- 2 594 344,18 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 718 001,73 zł	-1 967 268,84 zł	- 1 957 345,18 zł	- 2 537 497,11 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 924 948,12 zł	- 1 209 156,71 zł	- 1 179 594,46 zł	- 1 830 371,33 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 661 243,80 zł	- 938 030,32 zł	- 909 653,24 zł	- 1 558 375,05 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 703 099,08 zł	- 837 824,49 zł	- 839 242,89 zł	- 1 145 986,05 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 509 822,08 zł	- 673 751,65 zł	- 673 793,82 zł	- 1 093 621,80 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	281 308,37 zł	82 172,76 zł	101 917,88 zł	- 389 069,75 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	536 441,15 zł	344 191,67 zł	362 837,20 zł	- 126 243,77 zł

Obliczenia optymalne pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych

III. Budynek biurowy

Do modelu budynku biurowego przyjęto budynek czterokondygnacyjny.



Rys. 67 Fotografia budynku

Tabl. 329. Parametry budynku

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	Powierzchnia A_f	2 963,10	m^2
2.	Kubatura	10 511,37	m^3
3.	Średnia temperatura	18,8	$^{\circ}C$
4.	A/V	0,33	1/m

Tabl. 330. Parametry budynku

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	Liczba pięter	4	-
2.	Średni wewnętrzne zyski ciepła	9,11	W/m^2
3.	Średnia wartość współczynnika U ścian	0,81	W/m^2K
4.	Średnia wartość współczynnika U dachu	0,43	W/m^2K
5.	Średnia wartość współczynnika U stropu nad piwnicą	0,49	W/m^2K
6.	Średnia wartość współczynnika U okien	2,6	W/m^2K
7.	Pojemność cieplna budynku	223 915	J/m^2K
8.	Strzelność powietrzna	3,0	1/h
9.	System wentylacji	naturalna	-

Tabl. 331. Zestawienie przegród zewnętrznych

L.p.	Wielkość	Powierzchnia [m ²]
1.	Ściany zewnętrzne	1779,08
2.	Stropodach	652,88
3.	Drzwi zewnętrzne	34,33
4.	Okna	306,81
5.	Strop nad piwnicą	615,66

1. Budynek referencyjny

Jako budynek referencyjny przyjęto budynek w stanie przed termomodernizacją. Uzyskano dla takiego budynku następujące wartości energii użytkowej dla potrzeb ogrzewania i wentylacji

Tabl. 332. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji

Stacja meteorologiczna	Energia Użytkowa [kWh/rok]
Szczecin	302 424,16
Kraków	343 783,12
Warszawa	334 379,36
Zakopane	407 618,71

2. Wybór wariantów

W ramach analizy wariantów zaproponowano następujący zakres prac:

Tabl. 333. Wybór wariantów.

Wariant	Stan referencyjny	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant 4
Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami		+			
j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej		+	+		
j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)		+	+	+	
j.w.+ zastosowanie OZE		+	+	+	+

Docelowy poziom termomodernizacji jest analizowany w stosunku do WT2014, WT2017 i WT2021

Określenie poziomu kosztów prac termomodernizacyjnych pokazano w tabeli 334.

Tabl. 334. Koszty prac termomodernizacyjnych

Wariant	WT2014	WT2017	WT2021
Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	752 518,21 zł	763 313,19 zł	784 078,24 zł
j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	968 952,76 zł	1 012 254,21 zł	1 128 961,96 zł
j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (50%)	1 592 181,58 zł	1 635 483,03 zł	1 752 190,79 zł
j.w.+ zastosowanie OZE	1 691 181,58 zł	1 734 483,03 zł	1 851 190,79 zł

Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb ogrzewania i wentylacji (tabl. 335)

Tabl. 335. Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb ogrzewania i wentylacji.

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
WT 2014	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	159 434,39	185 116,80	178 742,83	221 888,13
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	63 355,20	83 575,33	76 132,43	103 013,40
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	45 275,58	60 047,42	54 645,44	72 492,90
	j.w.+ zastosowanie OZE	45 275,58	60 047,42	54 645,44	72 492,90
WT 2017	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	134 955,37	160 483,32	153 288,17	193 769,79
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	57 070,39	76 251,01	69 067,42	94 107,91
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	38 727,58	52 543,69	47 383,26	63 365,72
	j.w.+ zastosowanie OZE	38 727,58	52 543,69	47 383,26	63 365,72
WT 2021	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	115 011,53	139 884,48	132 240,02	169 859,47
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	49 681,14	67 262,81	60 722,66	83 525,75
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	31 234,59	43 791,48	32 002,87	52 740,65
	j.w.+ zastosowanie OZE	31 234,59	43 791,48	32 002,87	52 740,65

Analizę przeprowadzono dla różnych rodzajów systemów grzewczych (tabl. 337)

Tabl. 337. Sprawności systemu grzewczego.

Rodzaj źródła	Sprawność źródła	Iloczyn sprawności przesyłu, regulacji i akumulacji
Kotłownia węglowa	0,82	0,84
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,99	0,84

Ceny energii przyjęto zgodnie z tabelą 338:

Tabl. 338. Wskaźniki cen energii.

Rodzaj źródła	Cena energii [zł/kWh]
Kotłownia węglowa	0,108
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,206
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,288
Kotłownia na biomasę (pelet)	0,160
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,198
Energia elektryczna	0,570

Poziom energii użytkowej dla potrzeb przygotowania c.w.u. przyjęto zgodnie z tabelą 339

Tabl. 339. Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb c.w.u.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	k_r - Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu c.w.u.	0,7	-
2.	V_{wi} - Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	0,35	$\text{dm}^3/(\text{m}^2 \text{ dzień})$
3.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	0,73	m^3
4.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	264,98	m^3
5.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	13 878,08	kWh
6.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	4,68	kWh/m²

Zapotrzebowanie na energię końcową, pierwotną

Energia końcowa dla potrzeb ogrzewania i wentylacji dla budynku referencyjnego została przedstawiona w Tabl.ch poniżej.

Tabl. 340. Roczne zapotrzebowanie na energię końcową.

Stan bazowy	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
kotłownia węglowa	461 453,76	521 157,55	507 582,73	613 307,50
kotłownia gazowa	398 307,46	449 841,25	438 124,04	529 381,21
kotłownia na olej opałowy	398 307,46	449 841,25	438 124,04	529 381,21
MPEC	382 214,23	431 665,85	420 422,06	507 992,07

Tabl. 341. Zapotrzebowanie na energię końcową dla potrzeb ogrzewania i wentylacji przypadającą na jednostkę powierzchni budynku

Stan bazowy	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
kotłownia węglowa	155,73	175,88	171,30	206,98
kotłownia gazowa	134,42	151,81	147,86	178,66
kotłownia na olej opałowy	134,42	151,81	147,86	178,66
MPEC	128,99	145,68	141,89	171,44

Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W} przedstawiają tabele 342-343.

Tabl. 342. Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W} .

Stan bazowy	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
kotłownia węglowa	524 047,90	589 722,06	574 789,77	691 087,01
kotłownia gazowa	454 586,96	511 274,14	498 385,21	598 768,09
kotłownia na olej opałowy	665 285,60	721 972,77	709 083,84	809 466,72
MPEC	566 186,98	605 748,28	596 753,25	666 809,26

Tabl. 343. Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W} odniesieniu do powierzchni budynku

Stan bazowy	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
kotłownia węglowa	176,86	199,02	193,98	233,23
kotłownia gazowa	153,42	172,55	168,20	202,07
kotłownia na olej opałowy	224,52	243,65	239,30	273,18
MPEC	191,08	204,43	201,39	225,04

Oświetlenie

Dla budynku biurowego konieczne jest uwzględnienie oświetlenia wewnętrznego.

Dla budynku referencyjnego przyjęto parametry oświetlenia zgodnie z tabelą 344.

Tabl. 344.. Parametry budynku

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	Średnie natężenie oświetlenia w budynku	362,00	lx
2.	Rodzaj źródła światła	światłówki	-
3.	Skuteczność świetlna	104,00	lm/W
4.	Czas użytkowania	2500	h
5.	Moc jednostkowa opraw oświetleniowych	14,97	W/m ²
6.	Roczne zapotrzebowanie na energię do oświetlenia	110894,02	kWh
7.	Roczne jednostkowe zapotrzebowanie na energię do oświetlenia	37,42	kWh/m ²
8.	Częstkowe zapotrzebowanie na EP_L	112,26	kWh/m ²

Zapotrzebowanie na energię końcową, pierwotną oraz określenie emisji CO₂ i kosztów użytkowania dla budynku referencyjnego przedstawiono w tabl. 345-349

Energia końcowa (z uwzględnieniem oświetlenia) dla budynku referencyjnego wynosi:

Tabl. 345. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k na potrzeby oświetlenia

Stan bazowy	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
kotłownia węglowa	572 347,78	632 051,56	618 476,75	724 201,52
kotłownia gazowa	509 201,48	560 735,27	549 018,06	640 275,23
kotłownia na olej opałowy	509 201,48	560 735,27	549 018,06	640 275,23
MPEC	493 108,24	542 559,86	531 316,08	618 886,09

Tabl. 346. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k dla potrzeb ogrzewania i wentylacji w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku.

Stan bazowy	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
kotłownia węglowa	193,16	213,31	208,73	244,41
kotłownia gazowa	171,85	189,24	185,29	216,08
kotłownia na olej opałowy	171,85	189,24	185,29	216,08
MPEC	166,42	183,11	179,31	208,86

Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP przedstawiono w Tabl.ch 345-346.

Tabl. 345. Roczne zapotrzebowanie na energię EP

Stan bazowy	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
kotłownia węglowa	856 729,95	922 404,11	907 471,82	1 023 769,06
kotłownia gazowa	576 570,38	633 257,55	620 368,63	720 751,51
kotłownia na olej opałowy	787 269,02	843 956,19	831 067,26	931 450,14
MPEC	654 902,20	694 463,49	685 468,46	755 524,47

Tabl. 346. Zapotrzebowanie na energię EP w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku

Stan bazowy	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
kotłownia węglowa	289,13	311,30	306,26	345,51
kotłownia gazowa	194,58	213,71	209,36	243,24
kotłownia na olej opałowy	265,69	284,82	280,47	314,35
MPEC	221,02	234,37	231,33	254,98

Roczne koszty użytkowania budynku przedstawiono w tabeli 347.

Tabl. 347. Roczne koszty użytkowania budynku referencyjnego.

Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
kotłownia węglowa	116 171,86 zł	122 619,87 zł	121 153,79 zł	132 572,06 zł
kotłownia gazowa	148 386,19 zł	159 002,15 zł	156 588,41 zł	175 387,38 zł
kotłownia na olej opałowy	181 047,40 zł	195 889,13 zł	192 514,58 zł	218 796,64 zł
MPEC	142 013,27 zł	151 804,69 zł	149 578,42 zł	166 917,28 zł

Emisja CO₂ dla budynku referencyjnego przedstawiona została w tabeli 348.

Tabl. 348. Emisja CO₂ budynku referencyjnego.

Stan bazowy	Szczecin [t CO ₂]	Kraków [t CO ₂]	Warszawa [t CO ₂]	Zakopane [t CO ₂]
kotłownia węglowa	258,74	279,69	274,93	312,04
kotłownia gazowa	177,21	187,62	185,25	203,68
kotłownia na olej opałowy	207,75	222,11	218,85	244,27
MPEC	225,83	242,53	238,74	268,31

Roczne koszty użytkowania z uwzględnieniem kosztów emisji CO₂

Tabl. 349. Roczne koszty użytkowania budynku referencyjnego z uwzględnienie kosztów emisji CO₂.

Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
kotłownia węglowa	135 120,58 zł	143 103,31 zł	141 288,28 zł	155 424,27 zł
kotłownia gazowa	161 364,18 zł	172 742,36 zł	170 155,31 zł	190 304,03 zł
kotłownia na olej opałowy	196 262,16 zł	212 155,50 zł	208 541,84 zł	236 686,13 zł
MPEC	158 552,25 zł	169 566,61 zł	167 062,28 zł	1866,75 zł

Zapotrzebowanie na energię końcową, pierwotną oraz określenie emisji CO₂ i kosztów użytkowania dla wybranych wariantów.

Zapotrzebowanie na energię końcową, pierwotną dla potrzeb ogrzewania i wentylacji przedstawiono w tabelach 350-355

Zapotrzebowanie na energię końcową dla WT2014, WT2017 i WT2021

Tabl. 350. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k dla potrzeb ogrzewania i wentylacji dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	255 040,68	292 114,56	282 913,41	345 195,87
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	116 345,44	145 534,23	134 790,03	173 594,09
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	90 246,58	111 570,49	103 772,45	129 536,18
	j.w.+ zastosowanie OZE	105 717,42	130 696,86	121 562,02	151 742,38
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	220 140,38	252 140,99	244 198,94	297 958,54
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	100 424,48	125 619,02	116 345,08	149 839,11
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	77 897,05	96 302,95	89 572,01	111 810,17
	j.w.+ zastosowanie OZE	105 717,42	130 696,86	121 562,02	151 742,38
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	220 140,38	252 140,99	244 198,94	297 958,54
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	100 424,48	125 619,02	116 345,08	149 839,11
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	77 897,05	96 302,95	89 572,01	111 810,17
	j.w.+ zastosowanie OZE	105 717,42	130 696,86	121 562,02	151 742,38
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	211 245,82	241 953,48	234 332,32	285 919,81
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	96 366,93	120 543,51	111 644,26	143 785,00
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	74 749,69	92 411,92	85 952,94	107 292,59
	j.w.+ zastosowanie OZE	105 717,42	130 696,86	121 562,02	151 742,38

Tabl. 351. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k dla potrzeb ogrzewania i wentylacji w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	86,07	98,58	95,48	116,50
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	39,26	49,12	45,49	58,59
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	30,46	37,65	35,02	43,72
	j.w.+ zastosowanie OZE	35,68	44,11	41,03	51,21
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	74,29	85,09	82,41	100,56
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	33,89	42,39	39,26	50,57
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	26,29	32,50	30,23	37,73
	j.w.+ zastosowanie OZE	35,68	44,11	41,03	51,21
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	74,29	85,09	82,41	100,56
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	33,89	42,39	39,26	50,57
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	26,29	32,50	30,23	37,73
	j.w.+ zastosowanie OZE	35,68	44,11	41,03	51,21
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	71,29	81,66	79,08	96,49
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	32,52	40,68	37,68	48,53
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	25,23	31,19	29,01	36,21
	j.w.+ zastosowanie OZE	35,68	44,11	41,03	51,21

Tabl. 352. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k dla potrzeb ogrzewania i wentylacji dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	219 703,96	256 554,87	246 168,30	304 605,60
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	107 272,99	134 961,20	124 591,32	160 738,55
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	80 794,20	100 738,47	93 289,12	116 360,62
	j.w.+ zastosowanie OZE	94 644,64	118 007,92	109 281,54	136 308,16

Tabl. 352. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k dla potrzeb ogrzewania i wentylacji dla wariantu WT2017. (Cd)

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	189 639,21	221 447,36	212 482,11	262 922,73
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	92 593,53	116 492,83	107 541,98	138 742,75
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	69 738,15	86 953,20	80 523,24	100 437,59
	j.w.+ zastosowanie OZE	94 644,64	118 007,92	109 281,54	136 308,16
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	189 639,21	221 447,36	212 482,11	262 922,73
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	92 593,53	116 492,83	107 541,98	138 742,75
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	69 738,15	86 953,20	80 523,24	100 437,59
	j.w.+ zastosowanie OZE	94 644,64	118 007,92	109 281,54	136 308,16
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	181 977,02	212 499,99	203 896,98	252 299,59
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	88 852,38	111 786,05	103 196,85	133 136,98
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	66 920,45	83 439,94	77 269,78	96 379,51
	j.w.+ zastosowanie OZE	94 644,64	118 007,92	109 281,54	136 308,16

Tabl. 353 Zapotrzebowanie na energię końcową w ogrzewania i wentylacji odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	74,15	86,58	83,08	102,80
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	36,20	45,55	42,05	54,25
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	27,27	34,00	31,48	39,27
	j.w.+ zastosowanie OZE	31,94	39,83	36,88	46,00
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	64,00	74,74	71,71	88,73
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	31,25	39,31	36,29	46,82
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	23,54	29,35	27,18	33,90
	j.w.+ zastosowanie OZE	31,94	39,83	36,88	46,00

Tabl. 353 Zapotrzebowanie na energię końcową w ogrzewaniu i wentylacji odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2017 (cd)

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	64,00	74,74	71,71	88,73
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	31,25	39,31	36,29	46,82
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	23,54	29,35	27,18	33,90
	j.w.+ zastosowanie OZE	31,94	39,83	36,88	46,00
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	61,41	71,72	68,81	85,15
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	29,99	37,73	34,83	44,93
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	22,58	28,16	26,08	32,53
	j.w.+ zastosowanie OZE	31,94	39,83	36,88	46,00

Tabl. 354. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k dla potrzeb ogrzewania i wentylacji dla wariantu WT2021

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	190 914,00	226 819,39	215 784,21	270 089,82
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	96 606,23	121 986,27	112 545,23	145 462,66
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	69 977,69	88 104,20	71 086,74	101 022,79
	j.w.+ zastosowanie OZE	81 973,86	103 207,78	83 273,04	118 340,98
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	164 788,93	195 780,94	186 255,85	233 130,16
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	83 386,43	105 293,42	97 144,31	125 557,25
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	60 401,79	76 047,84	61 359,08	87 198,62
	j.w.+ zastosowanie OZE	81 973,86	103 207,78	83 273,04	118 340,98
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	164 788,93	195 780,94	186 255,85	233 130,16
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	83 386,43	105 293,42	97 144,31	125 557,25
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	60 401,79	76 047,84	61 359,08	87 198,62
	j.w.+ zastosowanie OZE	81 973,86	103 207,78	83 273,04	118 340,98

Tabl. 354. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k dla potrzeb ogrzewania i wentylacji dla wariantu WT2021(cd)

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	158 130,79	187 870,60	178 730,36	223 710,76
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	80 017,28	101 039,14	93 219,28	120 484,23
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	57 961,32	72 975,20	58 879,93	83 675,44
	j.w.+ zastosowanie OZE	81 973,86	103 207,78	83 273,04	118 340,98

Tabl. 355 Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k dla potrzeb ogrzewania i wentylacji w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2021.

	Wariant	Szczecin [kWh/m²rok]	Kraków [kWh/m²rok]	Warszawa [kWh/m²rok]	Zakopane [kWh/m²rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	64,43	76,55	72,82	91,15
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	32,60	41,17	37,98	49,09
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	23,62	29,73	23,99	34,09
	j.w.+ zastosowanie OZE	27,66	34,83	28,10	39,94
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	55,61	66,07	62,86	78,68
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	28,14	35,53	32,78	42,37
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	20,38	25,66	20,71	29,43
	j.w.+ zastosowanie OZE	27,66	34,83	28,10	39,94
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	55,61	66,07	62,86	78,68
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	28,14	35,53	32,78	42,37
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	20,38	25,66	20,71	29,43
	j.w.+ zastosowanie OZE	27,66	34,83	28,10	39,94
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	53,37	63,40	60,32	75,50
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	27,00	34,10	31,46	40,66
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	19,56	24,63	19,87	28,24
	j.w.+ zastosowanie OZE	27,66	34,83	28,10	39,94

Analogicznie jak dla budynku referencyjnego wyliczono Energię Pierwotną EP_{H+W} .

Tabl. 356. Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W} dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	296 993,51	337 774,78	327 653,51	396 164,21
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	144 428,74	176 536,42	164 717,79	207 402,26
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	142 387,90	165 844,20	157 266,36	185 606,46
	j.w.+ zastosowanie OZE	64 260,14	69 256,03	67 429,06	73 465,14
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	258 603,18	293 803,85	285 067,60	344 203,15
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	126 915,69	154 629,69	144 428,34	181 271,78
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	128 803,41	149 049,90	141 645,87	166 107,85
	j.w.+ zastosowanie OZE	64 260,14	69 256,03	67 429,06	73 465,14
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	258 603,18	293 803,85	285 067,60	344 203,15
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	126 915,69	154 629,69	144 428,34	181 271,78
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	128 803,41	149 049,90	141 645,87	166 107,85
	j.w.+ zastosowanie OZE	64 260,14	69 256,03	67 429,06	73 465,14
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	185 445,42	210 011,54	203 914,62	245 184,61
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	93 542,30	112 883,57	105 764,17	131 476,76
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	102 916,41	117 046,20	111 879,01	128 950,73
	j.w.+ zastosowanie OZE	64 260,14	69 256,03	67 429,06	73 465,14

Tabl. 357. Zapotrzebowanie na energię EP_{H+W} w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2014

	Wariant	Szczecin [kWh/m²rok]	Kraków [kWh/m²rok]	Warszawa [kWh/m²rok]	Zakopane [kWh/m²rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	100,23	113,99	110,58	133,70
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	48,74	59,58	55,59	70,00
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	48,05	55,97	53,07	62,64
	j.w.+ zastosowanie OZE	21,69	23,37	22,76	24,79

Tabl. 357 Zapotrzebowanie na energie EP_{H+W} w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2014 (cd)

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	87,27	99,15	96,21	116,16
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	42,83	52,19	48,74	61,18
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	43,47	50,30	47,80	56,06
	j.w.+ zastosowanie OZE	21,69	23,37	22,76	24,79
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	87,27	99,15	96,21	116,16
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	42,83	52,19	48,74	61,18
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	43,47	50,30	47,80	56,06
	j.w.+ zastosowanie OZE	21,69	23,37	22,76	24,79
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	62,58	70,88	68,82	82,75
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	31,57	38,10	35,69	44,37
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	34,73	39,50	37,76	43,52
	j.w.+ zastosowanie OZE	21,69	23,37	22,76	24,79

Tabl. 358. Zapotrzebowanie na energie pierwotną EP_{H+W} dla wariantu 2017

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	258 123,12	298 659,12	287 233,89	351 514,92
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	134 449,05	164 906,08	153 499,21	193 261,17
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	131 990,28	153 928,98	145 734,70	171 113,35
	j.w.+ zastosowanie OZE	62 045,59	66 718,24	64 972,97	70 378,29
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	225 051,89	260 040,86	250 179,08	305 663,76
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	118 301,64	144 590,87	134 744,94	169 065,79
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	119 828,63	138 765,19	131 692,23	153 598,01
	j.w.+ zastosowanie OZE	62 045,59	66 718,24	64 972,97	70 378,29

Tabl. 358. Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W} dla wariantu 2017(cd)

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	225 051,89	260 040,86	250 179,08	305 663,76
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	118 301,64	144 590,87	134 744,94	169 065,79
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	119 828,63	138 765,19	131 692,23	153 598,01
	j.w.+ zastosowanie OZE	62 045,59	66 718,24	64 972,97	70 378,29
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	162 030,38	186 448,75	179 566,34	218 288,43
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	87 530,66	105 877,60	99 006,24	122 958,35
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	96 653,02	109 868,62	104 932,48	120 220,27
	j.w.+ zastosowanie OZE	62 045,59	66 718,24	64 972,97	70 378,29

Tabl. 359 Zapotrzebowanie na energię EP_{H+W} w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu 2017

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	87,11	100,79	96,94	118,63
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	45,37	55,65	51,80	65,22
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	44,54	51,95	49,18	57,75
	j.w.+ zastosowanie OZE	20,94	22,52	21,93	23,75
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	75,95	87,76	84,43	103,16
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	39,92	48,80	45,47	57,06
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	40,44	46,83	44,44	51,84
	j.w.+ zastosowanie OZE	20,94	22,52	21,93	23,75
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	75,95	87,76	84,43	103,16
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	39,92	48,80	45,47	57,06
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	40,44	46,83	44,44	51,84
	j.w.+ zastosowanie OZE	20,94	22,52	21,93	23,75

Tabl. 359 Zapotrzebowanie na energię EP_{H+W} w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu 2017(cd)

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	54,68	62,92	60,60	73,67
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	29,54	35,73	33,41	41,50
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	32,62	37,08	35,41	40,57
	j.w.+ zastosowanie OZE	20,94	22,52	21,93	23,75

Tabl. 360. Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP_{H+W} dla wariantu 2021

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	226 454,17	265 950,08	253 811,40	313 547,57
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	122 715,61	150 633,66	140 248,52	176 457,69
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	120 092,12	140 031,28	121 312,07	154 241,73
	j.w.+ zastosowanie OZE	59 511,43	63 758,22	59 771,27	66 784,86
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	197 716,58	231 807,80	221 330,19	272 891,94
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	108 173,83	132 271,52	123 307,50	154 561,73
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	109 558,63	126 769,28	110 611,65	139 035,14
	j.w.+ zastosowanie OZE	59 511,43	63 758,22	59 771,27	66 784,86
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	197 716,58	231 807,80	221 330,19	272 891,94
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	108 173,83	132 271,52	123 307,50	154 561,73
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	109 558,63	126 769,28	110 611,65	139 035,14
	j.w.+ zastosowanie OZE	59 511,43	63 758,22	59 771,27	66 784,86
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	142 953,39	166 745,24	159 433,05	195 417,37
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	80 462,59	97 280,07	91 024,19	112 836,14
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	89 485,71	101 496,82	90 220,60	110 057,01
	j.w.+ zastosowanie OZE	59 511,43	63 758,22	59 771,27	66 784,86

Tabl. 361 Zapotrzebowanie na energię EP_{H+W} w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu 2021

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	76,42	89,75	85,66	105,82
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	41,41	50,84	47,33	59,55
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	40,53	47,26	40,94	52,05
	j.w.+ zastosowanie OZE	20,08	21,52	20,17	22,54
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	66,73	78,23	74,70	92,10
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	36,51	44,64	41,61	52,16
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	36,97	42,78	37,33	46,92
	j.w.+ zastosowanie OZE	20,08	21,52	20,17	22,54
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	66,73	78,23	74,70	92,10
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	36,51	44,64	41,61	52,16
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	36,97	42,78	37,33	46,92
	j.w.+ zastosowanie OZE	20,08	21,52	20,17	22,54
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	48,24	56,27	53,81	65,95
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	27,15	32,83	30,72	38,08
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	30,20	34,25	30,45	37,14
	j.w.+ zastosowanie OZE	20,08	21,52	20,17	22,54

Zapotrzebowanie na energię końcową, pierwotną dla potrzeb ogrzewania, wentylacji i oświetlenia

Zapotrzebowanie na energię końcową dla WT2014, WT2017 i WT2021

Tabl. 362. Zapotrzebowanie na energię końcową (łącznie z oświetleniem) dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	365 934,70	403 008,58	393 807,43	456 089,88
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	227 239,46	256 428,25	245 684,04	284 488,10
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	201 140,60	222 464,51	214 666,47	240 430,20
	j.w.+ zastosowanie OZE	216 611,44	241 590,87	232 456,03	262 636,40
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	331 034,40	363 035,01	355 092,96	408 852,55
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	211 318,50	236 513,04	227 239,09	260 733,12
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	188 791,06	207 196,96	200 466,03	222 704,19
	j.w.+ zastosowanie OZE	216 611,44	241 590,87	232 456,03	262 636,40
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	331 034,40	363 035,01	355 092,96	408 852,55
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	211 318,50	236 513,04	227 239,09	260 733,12
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	188 791,06	207 196,96	200 466,03	222 704,19
	j.w.+ zastosowanie OZE	216 611,44	241 590,87	232 456,03	262 636,40
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	322 139,84	352 847,49	345 226,34	396 813,83
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	207 260,95	231 437,52	222 538,28	254 679,02
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	185 643,71	203 305,94	196 846,96	218 186,61
	j.w.+ zastosowanie OZE	216 611,44	241 590,87	232 456,03	262 636,40

Tabl. 363. Zapotrzebowanie na energię końcową (łącznie z oświetleniem) odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	123,50	136,01	132,90	153,92
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	76,69	86,54	82,91	96,01
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	67,88	75,08	72,45	81,14
	j.w.+ zastosowanie OZE	73,10	81,53	78,45	88,64
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	111,72	122,52	119,84	137,98
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	71,32	79,82	76,69	87,99
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	63,71	69,93	67,65	75,16
	j.w.+ zastosowanie OZE	73,10	81,53	78,45	88,64
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	111,72	122,52	119,84	137,98
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	71,32	79,82	76,69	87,99
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	63,71	69,93	67,65	75,16
	j.w.+ zastosowanie OZE	73,10	81,53	78,45	88,64
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	108,72	119,08	116,51	133,92
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	69,95	78,11	75,10	85,95
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	62,65	68,61	66,43	73,63
	j.w.+ zastosowanie OZE	73,10	81,53	78,45	88,64

Tabl. 364. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k (łącznie z oświetleniem) dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	330 597,98	367 448,89	357 062,32	415 499,62
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	218 167,01	245 855,22	235 485,34	271 632,57
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	191 688,22	211 632,49	204 183,14	227 254,64
	j.w.+ zastosowanie OZE	205 538,66	228 901,94	220 175,56	247 202,18

Tabl. 364. Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k (łącznie z oświetleniem) dla wariantu WT2017 (cd)

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	300 533,23	332 341,38	323 376,13	373 816,74
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	203 487,55	227 386,84	218 436,00	249 636,77
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	180 632,17	197 847,22	191 417,26	211 331,61
	j.w.+ zastosowanie OZE	205 538,66	228 901,94	220 175,56	247 202,18
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	300 533,23	332 341,38	323 376,13	373 816,74
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	203 487,55	227 386,84	218 436,00	249 636,77
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	180 632,17	197 847,22	191 417,26	211 331,61
	j.w.+ zastosowanie OZE	205 538,66	228 901,94	220 175,56	247 202,18
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	292 871,04	323 394,01	314 790,99	363 193,60
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	199 746,39	222 680,06	214 090,87	244 031,00
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	177 814,47	194 333,96	188 163,80	207 273,52
	j.w.+ zastosowanie OZE	205 538,66	228 901,94	220 175,56	247 202,18

Tabl. 365 Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k (łącznie z oświetleniem) w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	111,57	124,01	120,50	140,22
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	73,63	82,97	79,47	91,67
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	64,69	71,42	68,91	76,69
	j.w.+ zastosowanie OZE	69,37	77,25	74,31	83,43
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	101,43	112,16	109,13	126,16
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	68,67	76,74	73,72	84,25
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	60,96	66,77	64,60	71,32
	j.w.+ zastosowanie OZE	69,37	77,25	74,31	83,43

Tabl. 365 Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k (łącznie z oświetleniem) w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2017 (cd)

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	101,43	112,16	109,13	126,16
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	68,67	76,74	73,72	84,25
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	60,96	66,77	64,60	71,32
	j.w.+ zastosowanie OZE	69,37	77,25	74,31	83,43
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	98,84	109,14	106,24	122,57
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	67,41	75,15	72,25	82,36
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	60,01	65,58	63,50	69,95
	j.w.+ zastosowanie OZE	69,37	77,25	74,31	83,43

Tabl. 366 Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k (łącznie z oświetleniem) dla wariantu WT2021.

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	301 808,02	337 713,40	326 678,23	380 983,84
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	207 500,25	232 880,29	223 439,25	256 356,68
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	180 871,71	198 998,22	181 980,76	211 916,81
	j.w.+ zastosowanie OZE	192 867,88	214 101,80	194 167,06	229 235,00
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	275 682,95	306 674,96	297 149,87	344 024,18
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	194 280,45	216 187,43	208 038,32	236 451,26
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	171 295,81	186 941,86	172 253,10	198 092,64
	j.w.+ zastosowanie OZE	192 867,88	214 101,80	194 167,06	229 235,00
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	275 682,95	306 674,96	297 149,87	344 024,18
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	194 280,45	216 187,43	208 038,32	236 451,26
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	171 295,81	186 941,86	172 253,10	198 092,64
	j.w.+ zastosowanie OZE	192 867,88	214 101,80	194 167,06	229 235,00

Tabl. 366 Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k (łącznie z oświetleniem) dla wariantu WT2021 (cd).

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	269 024,81	298 764,62	289 624,38	334 604,78
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	190 911,30	211 933,15	204 113,30	231 378,24
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	168 855,33	183 869,22	169 773,94	194 569,46
	j.w.+ zastosowanie OZE	192 867,88	214 101,80	194 167,06	229 235,00

Tabl. 367 Zapotrzebowanie na energię końcową Q_k (łącznie z oświetleniem) w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2021.

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	101,86	113,97	110,25	128,58
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	70,03	78,59	75,41	86,52
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	61,04	67,16	61,42	71,52
	j.w.+ zastosowanie OZE	65,09	72,26	65,53	77,36
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	93,04	103,50	100,28	116,10
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	65,57	72,96	70,21	79,80
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	57,81	63,09	58,13	66,85
	j.w.+ zastosowanie OZE	65,09	72,26	65,53	77,36
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	93,04	103,50	100,28	116,10
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	65,57	72,96	70,21	79,80
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	57,81	63,09	58,13	66,85
	j.w.+ zastosowanie OZE	65,09	72,26	65,53	77,36
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	90,79	100,83	97,74	112,92
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	64,43	71,52	68,89	78,09
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	56,99	62,05	57,30	65,66
	j.w.+ zastosowanie OZE	65,09	72,26	65,53	77,36

Analogicznie jak dla budynku referencyjnego wyliczono Energię Pierwotną

Tabl. 368. Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	629 675,57	670 456,83	660 335,56	728 846,27
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	477 110,80	509 218,47	497 399,84	540 084,31
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	475 069,95	498 526,25	489 948,41	518 288,51
	j.w.+ zastosowanie OZE	396 942,20	401 938,08	400 111,12	406 147,19
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	591 285,23	626 485,90	617 749,65	676 885,20
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	459 597,75	487 311,74	477 110,40	513 953,83
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	461 485,46	481 731,96	474 327,93	498 789,90
	j.w.+ zastosowanie OZE	396 942,20	401 938,08	400 111,12	406 147,19
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	591 285,23	626 485,90	617 749,65	676 885,20
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	459 597,75	487 311,74	477 110,40	513 953,83
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	461 485,46	481 731,96	474 327,93	498 789,90
	j.w.+ zastosowanie OZE	396 942,20	401 938,08	400 111,12	406 147,19
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	484 859,26	509 425,39	503 328,46	544 598,45
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	392 956,15	412 297,41	405 178,02	430 890,61
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	402 330,26	416 460,04	411 292,86	428 364,58
	j.w.+ zastosowanie OZE	396 942,20	401 938,08	400 111,12	406 147,19

Tabl. 369 Zapotrzebowanie na energię EP w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2014

	Wariant	Szczecin [kWh/m²rok]	Kraków [kWh/m²rok]	Warszawa [kWh/m²rok]	Zakopane [kWh/m²rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	212,51	226,27	222,85	245,97
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	161,02	171,85	167,86	182,27
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	160,33	168,24	165,35	174,91
	j.w.+ zastosowanie OZE	133,96	135,65	135,03	137,07

Tabl. 369 Zapotrzebowanie na energię EP w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2014 (cd)

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	199,55	211,43	208,48	228,44
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	155,11	164,46	161,02	173,45
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	155,74	162,58	160,08	168,33
	j.w.+ zastosowanie OZE	133,96	135,65	135,03	137,07
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	199,55	211,43	208,48	228,44
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	155,11	164,46	161,02	173,45
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	155,74	162,58	160,08	168,33
	j.w.+ zastosowanie OZE	133,96	135,65	135,03	137,07
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	163,63	171,92	169,87	183,79
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	132,62	139,14	136,74	145,42
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	135,78	140,55	138,80	144,57
	j.w.+ zastosowanie OZE	133,96	135,65	135,03	137,07

Tabl. 370 Zapotrzebowanie na energię EP dla wariantu WT2017

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	590 805,17	631 341,17	619 915,94	684 196,97
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	467 131,10	497 588,14	486 181,27	525 943,22
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	464 672,34	486 611,03	478 416,75	503 795,40
	j.w.+ zastosowanie OZE	394 727,64	399 400,30	397 655,02	403 060,35
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	557 733,94	592 722,91	582 861,14	638 345,81
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	450 983,70	477 272,92	467 426,99	501 747,84
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	452 510,68	471 447,24	464 374,28	486 280,06
	j.w.+ zastosowanie OZE	394 727,64	399 400,30	397 655,02	403 060,35

Tabl. 370 Zapotrzebowanie na energię EP dla wariantu WT2017 (cd)

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	557 733,94	592 722,91	582 861,14	638 345,81
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	450 983,70	477 272,92	467 426,99	501 747,84
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	452 510,68	471 447,24	464 374,28	486 280,06
	j.w.+ zastosowanie OZE	394 727,64	399 400,30	397 655,02	403 060,35
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	461 444,22	485 862,60	478 980,19	517 702,28
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	386 944,51	405 291,45	398 420,09	422 372,20
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	396 066,87	409 282,46	404 346,33	419 634,11
	j.w.+ zastosowanie OZE	394 727,64	399 400,30	397 655,02	403 060,35

Tabl. 371 Zapotrzebowanie na energię EP w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu 2017

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	175,46	188,35	183,92	202,21
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	157,65	167,93	164,08	177,50
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	156,82	164,22	161,46	170,02
	j.w.+ zastosowanie OZE	133,21	134,79	134,20	136,03
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	167,57	178,70	174,88	190,67
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	152,20	161,07	157,75	169,33
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	152,72	159,11	156,72	164,11
	j.w.+ zastosowanie OZE	133,21	134,79	134,20	136,03
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	167,57	178,70	174,88	190,67
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	152,20	161,07	157,75	169,33
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	152,72	159,11	156,72	164,11
	j.w.+ zastosowanie OZE	133,21	134,79	134,20	136,03

Tabl. 371 Zapotrzebowanie na energię EP w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu 2017(cd)

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	141,31	149,08	146,42	157,43
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	130,59	136,78	134,46	142,54
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	133,67	138,13	136,46	141,62
	j.w.+ zastosowanie OZE	133,21	134,79	134,20	136,03

Tabl. 372. Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP dla wariantu 2021

	Wariant	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	559 136,22	598 632,14	586 493,45	646 229,62
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	455 397,67	483 315,71	472 930,57	509 139,74
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	452 774,17	472 713,34	453 994,13	486 923,78
	j.w.+ zastosowanie OZE	392 193,49	396 440,27	392 453,32	399 466,91
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	530 398,64	564 489,85	554 012,25	605 573,99
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	440 855,89	464 953,57	455 989,55	487 243,78
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	442 240,69	459 451,34	443 293,70	471 717,19
	j.w.+ zastosowanie OZE	392 193,49	396 440,27	392 453,32	399 466,91
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	530 398,64	564 489,85	554 012,25	605 573,99
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	440 855,89	464 953,57	455 989,55	487 243,78
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	442 240,69	459 451,34	443 293,70	471 717,19
	j.w.+ zastosowanie OZE	392 193,49	396 440,27	392 453,32	399 466,91
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	442 367,24	466 159,09	458 846,90	494 831,22
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	379 876,43	396 693,92	390 438,03	412 249,99
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	388 899,56	400 910,67	389 634,45	409 470,86
	j.w.+ zastosowanie OZE	392 193,49	396 440,27	392 453,32	399 466,91

Tabl. 375 Zapotrzebowanie na energię EP_{H+W} w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu 2021

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	188,70	202,03	197,93	218,09
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	153,69	163,11	159,61	171,83
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	152,80	159,53	153,22	164,33
	j.w.+ zastosowanie OZE	132,36	133,79	132,45	134,81
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	179,00	190,51	186,97	204,37
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	148,78	156,91	153,89	164,44
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	149,25	155,06	149,60	159,20
	j.w.+ zastosowanie OZE	132,36	133,79	132,45	134,81
Oil Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	179,00	190,51	186,97	204,37
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	148,78	156,91	153,89	164,44
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	149,25	155,06	149,60	159,20
	j.w.+ zastosowanie OZE	132,36	133,79	132,45	134,81
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	149,29	157,32	154,85	167,00
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	128,20	133,88	131,77	139,13
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	131,25	135,30	131,50	138,19
	j.w.+ zastosowanie OZE	132,36	133,79	132,45	134,81

Określenie emisji CO₂ i kosztów użytkowania dla wybranych wariantów.

Roczne koszty użytkowania budynku dla wariantów WT2014, WT2017, WT2021

Tabl. 376. Roczna koszty użytkowania budynku dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	93 879,25 zł	97 883,23 zł	96 889,50 zł	103 616,01 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	78 900,16 zł	82 052,55 zł	80 892,18 zł	85 083,02 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	81 148,39 zł	83 451,37 zł	82 609,18 zł	85 391,66 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	88 316,54 zł	92 313,25 zł	90 851,68 zł	95 680,54 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	111 683,77 zł	118 275,90 zł	116 639,84 zł	127 714,31 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	87 022,30 zł	92 212,37 zł	90 301,94 zł	97 201,71 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	87 448,55 zł	91 240,16 zł	89 853,59 zł	94 434,65 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	88 316,54 zł	92 313,25 zł	90 851,68 zł	95 680,54 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	161 672,76 zł	170 888,94 zł	168 601,63 zł	184 084,39 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	95 257,11 zł	102 513,13 zł	99 842,24 zł	109 488,52 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	93 836,10 zł	99 137,00 zł	97 198,49 zł	103 603,09 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	88 316,54 zł	92 313,25 zł	90 851,68 zł	95 680,54 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	108 161,53 zł	114 241,64 zł	112 732,65 zł	122 946,98 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	85 415,51 zł	90 202,47 zł	88 440,42 zł	94 804,28 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	86 202,19 zł	89 699,32 zł	88 420,44 zł	92 645,69 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	88 316,54 zł	92 313,25 zł	90 851,68 zł	95 680,54 zł

Tabl. 377. Roczna koszty użytkowania budynku dla wariantu WT2017

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	90 062,88 zł	94 042,78 zł	92 921,03 zł	99 232,26 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	77 920,34 zł	80 910,66 zł	79 790,72 zł	83 694,62 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	80 127,53 zł	82 281,51 zł	81 476,98 zł	83 968,70 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	86 544,90 zł	90 283,02 zł	88 886,80 zł	93 211,06 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	105 400,53 zł	111 953,01 zł	110 106,17 zł	120 496,94 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	85 409,12 zł	90 332,38 zł	88 488,50 zł	94 915,86 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	85 767,82 zł	89 314,12 zł	87 989,54 zł	92 091,90 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	86 544,90 zł	90 283,02 zł	88 886,80 zł	93 211,06 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	152 888,42 zł	162 049,17 zł	159 467,18 zł	173 994,08 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	93 001,79 zł	99 884,79 zł	97 306,95 zł	106 292,77 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	91 486,34 zł	96 444,28 zł	94 592,45 zł	100 327,78 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	86 544,90 zł	90 283,02 zł	88 886,80 zł	93 211,06 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	102 366,30 zł	108 409,85 zł	106 706,46 zł	116 290,17 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	83 927,63 zł	88 468,49 zł	86 767,83 zł	92 695,98 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	84 652,00 zł	87 922,86 zł	86 701,17 zł	90 484,90 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	86 544,90 zł	90 283,02 zł	88 886,80 zł	93 211,06 zł

Tabl. 378. Roczna koszty użytkowania budynku dla wariantu WT2021

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	86 953,57 zł	90 831,35 zł	89 639,55 zł	95 504,56 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	76 768,33 zł	79 509,37 zł	78 489,74 zł	82 044,82 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	78 959,35 zł	80 917,01 zł	79 079,12 zł	82 312,22 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	84 517,57 zł	87 915,00 zł	84 725,44 zł	90 336,31 zł

Tabl. 378. Roczna koszty użytkowania budynku dla wariantu WT2021(cd)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	100 281,37 zł	106 665,73 zł	104 703,56 zł	114 359,67 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	83 512,46 zł	88 025,30 zł	86 346,58 zł	92 199,65 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	83 844,53 zł	87 067,61 zł	84 041,73 zł	89 364,67 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	84 517,57 zł	87 915,00 zł	84 725,44 zł	90 336,31 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	145 731,54 zł	154 657,24 zł	151 914,02 zł	165 413,82 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	90 350,15 zł	96 659,36 zł	94 312,41 zł	102 495,34 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	88 797,47 zł	93 303,53 zł	89 073,17 zł	96 514,96 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	84 517,57 zł	87 915,00 zł	84 725,44 zł	90 336,31 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	97 644,75 zł	103 533,23 zł	101 723,47 zł	110 629,59 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	82 178,28 zł	86 340,60 zł	84 792,27 zł	90 190,73 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	82 878,10 zł	85 850,84 zł	83 059,98 zł	87 969,49 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	84 517,57 zł	87 915,00 zł	84 725,44 zł	90 336,31 zł

Kolejnym elementem jest policzenie rocznej emisji CO₂ dla poszczególnych wariantów

Tabl. 379. Roczna emisja CO₂ dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [t CO ₂]	Kraków [t CO ₂]	Warszawa [t CO ₂]	Zakopane [t CO ₂]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	186,29	199,30	196,07	217,93
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	137,60	147,85	144,08	157,70
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	135,84	143,32	140,58	149,63
	j.w.+ zastosowanie OZE	104,16	104,16	104,16	104,16
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	141,23	147,69	146,09	156,94
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	117,05	122,14	120,26	127,03
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	119,89	123,61	122,25	126,74
	j.w.+ zastosowanie OZE	104,16	104,16	104,16	104,16

Tabl. 379. Roczna emisja CO₂ dla wariantu WT2014 (cd)

	Wariant	Szczecin [t CO ₂]	Kraków [t CO ₂]	Warszawa [t CO ₂]	Zakopane [t CO ₂]
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	158,11	167,02	164,81	179,79
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	124,75	131,77	129,19	138,52
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	125,86	130,99	129,12	135,31
	j.w.+ zastosowanie OZE	104,16	104,16	104,16	104,16
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	168,10	178,47	175,90	193,32
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	129,31	137,47	134,47	145,32
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	129,40	135,36	133,18	140,39
	j.w.+ zastosowanie OZE	104,16	104,16	104,16	104,16

Tabl. 380. Roczna emisja CO₂ dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin [t CO ₂]	Kraków [t CO ₂]	Warszawa [t CO ₂]	Zakopane [t CO ₂]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	173,88	186,82	183,17	203,68
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	134,42	144,14	140,50	153,19
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	132,52	139,52	136,90	145,00
	j.w.+ zastosowanie OZE	104,16	104,16	104,16	104,16
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	135,07	141,49	139,68	149,87
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	115,47	120,29	118,49	124,79
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	118,24	121,72	120,42	124,44
	j.w.+ zastosowanie OZE	104,16	104,16	104,16	104,16
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	149,61	158,47	155,97	170,03
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	122,57	129,23	126,73	135,43
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	123,59	128,39	126,60	132,14
	j.w.+ zastosowanie OZE	104,16	104,16	104,16	104,16

Tabl. 380. Roczna emisja CO₂ dla wariantu WT2017 (cd)

	Wariant	Szczecin [t CO ₂]	Kraków [t CO ₂]	Warszawa [t CO ₂]	Zakopane [t CO ₂]
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	158,22	168,52	165,62	181,96
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	126,77	134,52	131,61	141,73
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	126,76	132,33	130,25	136,70
	j.w.+ zastosowanie OZE	104,16	104,16	104,16	104,16

Tabl. 381. Roczna emisja CO₂ dla wariantu WT2021

	Wariant	Szczecin [t CO ₂]	Kraków [t CO ₂]	Warszawa [t CO ₂]	Zakopane [t CO ₂]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	163,78	176,38	172,51	191,57
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	130,68	139,58	136,27	147,82
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	128,72	135,08	129,11	139,62
	j.w.+ zastosowanie OZE	104,16	104,16	104,16	104,16
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	130,05	136,31	134,38	143,85
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	113,61	118,03	116,39	122,12
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	116,36	119,52	116,55	121,77
	j.w.+ zastosowanie OZE	104,16	104,16	104,16	104,16
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	142,68	151,32	148,67	161,73
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	120,00	126,11	123,84	131,75
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	120,99	125,35	121,26	128,46
	j.w.+ zastosowanie OZE	104,16	104,16	104,16	104,16
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	150,17	160,21	157,12	172,31
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	123,79	130,89	128,25	137,45
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	123,73	128,80	124,04	132,41
	j.w.+ zastosowanie OZE	104,16	104,16	104,16	104,16

Roczne koszty emisji CO₂

Tabl. 382. Roczna koszty emisji CO₂ dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	13 642,75 zł	14 595,76 zł	14 359,24 zł	15 960,24 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	10 077,51 zł	10 827,83 zł	10 551,64 zł	11 549,12 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	9 947,94 zł	10 496,08 zł	10 295,63 zł	10 957,90 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	10 342,79 zł	10 816,10 zł	10 698,63 zł	11 493,77 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	8 572,12 zł	8 944,77 zł	8 807,60 zł	9 303,00 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	8 780,24 zł	9 052,48 zł	8 952,92 zł	9 281,84 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	11 579,03 zł	12 232,04 zł	12 069,98 zł	13 167,01 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	9 136,08 zł	9 650,20 zł	9 460,96 zł	10 144,44 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	9 217,69 zł	9 593,29 zł	9 455,93 zł	9 909,73 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	12 310,91 zł	13 070,32 zł	12 881,84 zł	14 157,61 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	9 469,95 zł	10 067,84 zł	9 847,76 zł	10 642,60 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	9 476,67 zł	9 913,46 zł	9 753,72 zł	10 281,46 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł

Tabl. 383 Roczna koszty emisji CO₂ dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	12 734,40 zł	13 681,68 zł	13 414,68 zł	14 916,85 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	9 844,30 zł	10 556,04 zł	10 289,48 zł	11 218,66 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	9 704,96 zł	10 217,64 zł	10 026,15 zł	10 619,22 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł

Tabl. 383 Roczna koszty emisji CO₂ dla wariantu WT2017 (cd).

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	9 891,66 zł	10 362,12 zł	10 229,52 zł	10 975,57 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	8 456,30 zł	8 809,78 zł	8 677,40 zł	9 138,87 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	8 659,57 zł	8 914,19 zł	8 819,09 zł	9 113,63 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	10 956,62 zł	11 605,70 zł	11 422,75 zł	12 452,06 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	8 976,28 zł	9 463,97 zł	9 281,32 zł	9 918,01 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	9 051,20 zł	9 402,49 zł	9 271,28 zł	9 677,66 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	11 587,09 zł	12 341,93 zł	12 129,17 zł	13 326,18 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	9 284,11 zł	9 851,26 zł	9 638,85 zł	10 379,27 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	9 283,05 zł	9 691,58 zł	9 538,99 zł	10 011,57 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł

Tabl. 384. Roczna koszty emisji CO₂ dla wariantu WT2021.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	11 994,34 zł	12 917,31 zł	12 633,64 zł	14 029,60 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	9 570,10 zł	10 222,51 zł	9 979,83 zł	10 825,99 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	9 426,92 zł	9 892,87 zł	9 455,43 zł	10 224,95 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	9 524,11 zł	9 982,50 zł	9 841,62 zł	10 534,92 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	8 320,12 zł	8 644,14 zł	8 523,61 zł	8 943,85 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	8 521,48 zł	8 752,89 zł	8 535,64 zł	8 917,82 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł

Tabl. 384. Roczna koszty emisji CO₂ dla wariantu WT2021.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	10 449,51 zł	11 081,95 zł	10 887,57 zł	11 844,10 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	8 788,39 zł	9 235,43 zł	9 069,14 zł	9 648,94 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	8 860,68 zł	9 179,95 zł	8 880,21 zł	9 407,50 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	10 997,37 zł	11 732,84 zł	11 506,80 zł	12 619,17 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	9 065,62 zł	9 585,49 zł	9 392,11 zł	10 066,37 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	9 061,49 zł	9 432,78 zł	9 084,21 zł	9 697,40 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł	7 628,10 zł

Roczne koszty użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji CO₂ dla poszczególnych wariantów

Tabl. 385.. Roczne koszty użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	107 522,00 zł	112 478,99 zł	111 248,74 zł	119 576,25 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	88 977,67 zł	92 880,38 zł	91 443,82 zł	96 632,14 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	91 096,33 zł	93 947,45 zł	92 904,81 zł	96 349,57 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	95 944,64 zł	99 941,35 zł	98 479,78 zł	103 308,64 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	122 026,57 zł	129 092,00 zł	127 338,47 zł	139 208,08 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	95 594,42 zł	101 157,14 zł	99 109,54 zł	106 504,71 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	96 228,79 zł	100 292,64 zł	98 806,51 zł	103 716,49 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	95 944,64 zł	99 941,35 zł	98 479,78 zł	103 308,64 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	173 251,79 zł	183 120,98 zł	180 671,60 zł	197 251,40 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	104 393,18 zł	112 163,34 zł	109 303,19 zł	119 632,96 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	103 053,79 zł	108 730,29 zł	106 654,43 zł	113 512,82 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	95 944,64 zł	99 941,35 zł	98 479,78 zł	103 308,64 zł

Tabl. 385. Roczne koszty użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2014 (cd).

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	120 472,44 zł	127 311,96 zł	125 614,50 zł	137 104,58 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	94 885,45 zł	100 270,31 zł	98 288,18 zł	105 446,89 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	95 678,86 zł	99 612,77 zł	98 174,16 zł	102 927,14 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	95 944,64 zł	99 941,35 zł	98 479,78 zł	103 308,64 zł

Tabl. 386. Roczne koszty użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2017

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	102 797,28 zł	107 724,46 zł	106 335,71 zł	114 149,11 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	87 764,64 zł	91 466,71 zł	90 080,19 zł	94 913,28 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	89 832,49 zł	92 499,15 zł	91 503,13 zł	94 587,92 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	94 173,00 zł	97 911,12 zł	96 514,90 zł	100 839,16 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	115 292,19 zł	122 315,13 zł	120 335,69 zł	131 472,51 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	93 865,42 zł	99 142,16 zł	97 165,90 zł	104 054,74 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	94 427,39 zł	98 228,31 zł	96 808,63 zł	101 205,53 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	94 173,00 zł	97 911,12 zł	96 514,90 zł	100 839,16 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	163 845,04 zł	173 654,87 zł	170 889,93 zł	186 446,14 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	101 978,07 zł	109 348,76 zł	106 588,26 zł	116 210,78 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	100 537,54 zł	105 846,77 zł	103 863,73 zł	110 005,44 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	94 173,00 zł	97 911,12 zł	96 514,90 zł	100 839,16 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	113 953,40 zł	120 751,78 zł	118 835,63 zł	129 616,35 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	93 211,74 zł	98 319,76 zł	96 406,68 zł	103 075,25 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	93 935,05 zł	97 614,44 zł	96 240,16 zł	100 496,47 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	94 173,00 zł	97 911,12 zł	96 514,90 zł	100 839,16 zł

Tabl. 387. Roczne koszty użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2021.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	98 947,91 zł	103 748,66 zł	102 273,19 zł	109 534,16 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	86 338,43 zł	89 731,89 zł	88 469,57 zł	92 870,81 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	88 386,26 zł	90 809,88 zł	88 534,55 zł	92 537,17 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	92 145,67 zł	95 543,10 zł	92 353,54 zł	97 964,41 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	109 805,49 zł	116 648,23 zł	114 545,18 zł	124 894,59 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	91 832,58 zł	96 669,44 zł	94 870,19 zł	101 143,50 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	92 366,00 zł	95 820,50 zł	92 577,36 zł	98 282,49 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	92 145,67 zł	95 543,10 zł	92 353,54 zł	97 964,41 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	156 181,06 zł	165 739,19 zł	162 801,59 zł	177 257,92 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	99 138,54 zł	105 894,79 zł	103 381,55 zł	112 144,28 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	97 658,15 zł	102 483,49 zł	97 953,38 zł	105 922,46 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	92 145,67 zł	95 543,10 zł	92 353,54 zł	97 964,41 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	108 642,12 zł	115 266,07 zł	113 230,27 zł	123 248,76 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	91 243,90 zł	95 926,10 zł	94 184,38 zł	100 257,10 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	91 939,59 zł	95 283,63 zł	92 144,19 zł	97 666,89 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	92 145,67 zł	95 543,10 zł	92 353,54 zł	97 964,41 zł

Ilość zaoszczędzonej Energii Pierwotnej i oszczędność kosztów użytkowania budynku

Po uwzględnieniu wariantów przedsięwzięć, uzyskujemy następujące zmniejszenie zapotrzebowania na Energię Pierwotną

Tabl. 388. Zmniejszenie zapotrzebowania na Energię Pierwotną EP dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	76,63	85,03	83,40	99,53
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	128,12	139,44	138,39	163,24
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	128,80	143,05	140,91	170,59
	j.w.+ zastosowanie OZE	155,17	175,65	171,23	208,44
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 4,97	2,29	0,88	14,80
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	39,48	49,25	48,35	69,79
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	38,84	51,14	49,29	74,91
	j.w.+ zastosowanie OZE	60,62	78,07	74,33	106,17
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	66,14	73,39	71,99	85,91
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	110,58	120,36	119,45	140,90
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	109,95	122,25	120,39	146,02
	j.w.+ zastosowanie OZE	131,73	149,17	145,44	177,28
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	57,39	62,45	61,47	71,18
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	133,07	145,68	143,73	168,93
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	129,91	144,27	141,67	169,78
	j.w.+ zastosowanie OZE	131,73	149,17	145,44	177,28

Tabl. 389. Zmniejszenie zapotrzebowania na Energię Pierwotną EP w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	89,75	98,23	97,05	114,60
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	131,48	143,37	142,18	168,01
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	132,31	147,07	144,80	175,48
	j.w.+ zastosowanie OZE	155,92	176,51	172,06	209,48
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	6,36	13,68	12,66	27,81
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	42,38	52,64	51,62	73,91
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	41,87	54,61	52,65	79,13
	j.w.+ zastosowanie OZE	61,37	78,92	75,16	107,22
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	77,46	84,79	83,77	98,92
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	113,49	123,75	122,72	145,02
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	112,98	125,72	123,75	150,24
	j.w.+ zastosowanie OZE	132,48	150,03	146,27	178,32
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	65,29	70,40	69,69	80,26
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	135,10	148,04	146,01	171,81
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	132,02	146,70	144,01	172,73
	j.w.+ zastosowanie OZE	132,48	150,03	146,27	178,32

Tabl. 390. Zmniejszenie zapotrzebowania na Energię Pierwotną EP w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2021.

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	100,43	109,27	108,33	127,41
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	135,44	148,19	146,65	173,68
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	136,33	151,76	153,04	181,18
	j.w.+ zastosowanie OZE	156,77	177,50	173,81	210,69

Tabl. 390. Zmniejszenie zapotrzebowania na Energię Pierwotną EP w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku dla wariantu WT2021 (cd).

	Wariant	Szczecin [kWh/m ² rok]	Kraków [kWh/m ² rok]	Warszawa [kWh/m ² rok]	Zakopane [kWh/m ² rok]
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	15,58	23,21	22,39	38,87
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	45,80	56,80	55,48	78,81
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	45,33	58,66	59,76	84,05
	j.w.+ zastosowanie OZE	62,22	79,92	76,92	108,43
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	86,69	94,32	93,50	109,98
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	116,91	127,91	126,58	149,91
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	116,44	129,76	130,87	155,15
	j.w.+ zastosowanie OZE	133,33	151,03	148,03	179,54
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	71,73	77,05	76,48	87,98
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	137,49	150,94	148,71	175,22
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	134,44	149,52	148,98	176,16
	j.w.+ zastosowanie OZE	133,33	151,03	148,03	179,54

Wpływ wariantów przedsięwzięć na obniżenie kosztów użytkowania budynku.

Tabl. 391. Zmniejszenie rocznych kosztów użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2014.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	27 598,58 zł	30 624,32 zł	30 039,54 zł	35 848,02 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	46 142,91 zł	50 222,93 zł	49 844,46 zł	58 792,13 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	44 024,25 zł	49 155,86 zł	48 383,47 zł	59 074,71 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	39 175,94 zł	43 161,96 zł	42 808,50 zł	52 115,63 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	39 337,61 zł	43 650,36 zł	42 816,84 zł	51 095,95 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	65 769,76 zł	71 585,22 zł	71 045,77 zł	83 799,33 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	65 135,39 zł	72 449,71 zł	71 348,79 zł	86 587,54 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	65 419,54 zł	72 801,00 zł	71 675,53 zł	86 995,39 zł

Tabl. 391. Zmniejszenie rocznych kosztów użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2014 (cd).

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	23 010,37 zł	29 034,52 zł	27 870,24 zł	39 434,73 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	91 868,98 zł	99 992,17 zł	99 238,65 zł	117 053,16 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	93 208,36 zł	103 425,21 zł	101 887,42 zł	123 173,31 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	100 317,51 zł	112 214,15 zł	110 062,06 zł	133 377,49 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	38 079,81 zł	42 254,65 zł	41 447,78 zł	49 462,17 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	63 666,79 zł	69 296,30 zł	68 774,10 zł	81 119,87 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	62 873,38 zł	69 953,84 zł	68 888,12 zł	83 639,61 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	62 607,60 zł	69 625,25 zł	68 582,50 zł	83 258,12 zł

Tabl. 392. Zmniejszenie rocznych kosztów użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2017.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	32 323,30 zł	35 378,85 zł	34 952,57 zł	41 275,16 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	47 355,94 zł	51 636,60 zł	51 208,09 zł	60 510,99 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	45 288,09 zł	50 604,16 zł	49 785,15 zł	60 836,35 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	40 947,58 zł	45 192,19 zł	44 773,38 zł	54 585,11 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	46 071,99 zł	50 427,22 zł	49 819,62 zł	58 831,53 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	67 498,76 zł	73 600,20 zł	72 989,41 zł	86 249,30 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	66 936,79 zł	74 514,05 zł	73 346,68 zł	89 098,50 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	67 191,18 zł	74 831,23 zł	73 640,40 zł	89 464,87 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	32 417,12 zł	38 500,63 zł	37 651,91 zł	50 239,99 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	94 284,09 zł	102 806,74 zł	101 953,58 zł	120 475,35 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	95 724,62 zł	106 308,73 zł	104 678,11 zł	126 680,69 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	102 089,16 zł	114 244,38 zł	112 026,94 zł	135 846,96 zł

Tabl. 392. Zmniejszenie rocznych kosztów użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2017 (cd).

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	44 598,85 zł	48 814,83 zł	48 226,65 zł	56 950,41 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	65 340,51 zł	71 246,85 zł	70 655,60 zł	83 491,50 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	64 617,19 zł	71 952,17 zł	70 822,12 zł	86 070,28 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	64 379,25 zł	71 655,48 zł	70 547,38 zł	85 727,59 zł

Tabl. 393. Zmniejszenie rocznych kosztów użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2021.

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	36 172,67 zł	39 354,65 zł	39 015,09 zł	45 890,12 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	48 782,15 zł	53 371,42 zł	52 818,72 zł	62 553,46 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	46 734,32 zł	52 293,43 zł	52 753,73 zł	62 887,10 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	42 974,91 zł	47 560,21 zł	48 934,74 zł	57 459,86 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	51 558,69 zł	56 094,13 zł	55 610,13 zł	65 409,44 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	69 531,60 zł	76 072,92 zł	75 285,12 zł	89 160,53 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	68 998,18 zł	76 921,85 zł	77 577,94 zł	92 021,54 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	69 218,51 zł	77 199,25 zł	77 801,76 zł	92 339,62 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	40 081,10 zł	46 416,31 zł	45 740,25 zł	59 428,20 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	97 123,62 zł	106 260,71 zł	105 160,29 zł	124 541,84 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	98 604,01 zł	109 672,02 zł	110 588,46 zł	130 763,67 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	104 116,48 zł	116 612,40 zł	116 188,30 zł	138 721,71 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	49 910,12 zł	54 300,53 zł	53 832,01 zł	63 318,00 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	67 308,35 zł	73 640,51 zł	72 877,90 zł	86 309,65 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	66 612,66 zł	74 282,98 zł	74 918,09 zł	88 899,86 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	66 406,57 zł	74 023,51 zł	74 708,74 zł	88 602,34 zł

Wyliczenie poziomu kosztów minimalnych

Dla potrzeb obliczeń optymalnych pod względem kosztów poziomów wymagań minimalnych stosuje się ramy metodologii porównawczej.

Przyjęto następujące założenia:

1. Rok zerowy - 2016
2. Okres obliczeniowy – 30 lat
3. Poziomy stopy dyskontowej 2,83% (bazowy) oraz 2,66% i 3,00% (porównawcze)
4. Koszty emisji CO₂

Tabl. 394. Zmniejszenie rocznych kosztów użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji dla wariantu WT2014.

Cena emisji	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Euro	16,5	20	36	50	52	51	50
zł	73,24	88,77	159,79	221,93	230,80	226,36	221,93

5. indeks wzrostu cen energii

Tabl. 395. Indeks wzrostu cen energii

węgiel	gaz	olej opalowy	ciepło sieciowe	biomasa	energia el.
3,0%	5,0%	5,5%	2,0%	3,0%	2,5%

6. Analiza finansowa

Tabl. 396. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-1 379 860,68 zł	-1 457 068,81 zł	-1 442 146,88 zł	-1 590 362,23 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-1 636 623,02 zł	-1 740 733,27 zł	-1 731 075,89 zł	-1 959 394,23 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-954 047,96 zł	-1 084 991,42 zł	-1 065 282,37 zł	-1 338 091,39 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-802 264,94 zł	-920 736,57 zł	-905 588,40 zł	-1 163 328,84 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-2 083 326,78 zł	-2 253 453,80 zł	-2 217 044,68 zł	-2 528 230,04 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-2 275 335,86 zł	-2 468 683,66 zł	-2 436 818,68 zł	-2 817 145,56 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-1 580 575,91 zł	-1 797 085,01 zł	-1 756 543,85 zł	-2 175 273,21 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-1 386 659,07 zł	-1 580 740,75 zł	-1 548 401,17 zł	-1 940 033,54 zł

Tabl. 396. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,66%)(cd)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-2 752 576,54 zł	-3 009 292,39 zł	-2 953 195,62 zł	-3 417 714,38 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-2 944 585,62 zł	-3 224 522,25 zł	-3 172 969,62 zł	-3 706 629,90 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-2 249 825,67 zł	-2 552 923,60 zł	-2 492 694,79 zł	-3 064 757,55 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-2 055 908,83 zł	-2 336 579,34 zł	-2 284 552,11 zł	-2 829 517,88 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-1 963 795,40 zł	-2 118 942,24 zł	-2 085 847,33 zł	-2 370 104,60 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-2 139 301,71 zł	-2 316 731,10 zł	-2 287 996,74 zł	-2 638 601,94 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-1 441 436,36 zł	-1 641 091,25 zł	-1 604 031,26 zł	-1 991 487,33 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-1 236 781,46 zł	-1 411 471,68 zł	-1 383 541,13 zł	-1 740 834,68 zł

Tabl. 397. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-1 328 947,76 zł	-1 404 177,86 zł	-1 389 638,22 zł	-1 534 056,38 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-1 573 587,07 zł	-1 675 030,08 zł	-1 665 620,12 zł	-1 888 089,08 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-892 445,19 zł	-1 020 033,97 zł	-1 000 829,85 zł	-1 266 649,67 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-742 014,44 zł	-857 450,90 zł	-842 690,82 zł	-1 093 828,11 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-2 017 223,70 zł	-2 183 358,61 zł	-2 147 798,95 zł	-2 451 660,82 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-2 198 768,70 zł	-2 387 529,48 zł	-2 356 397,54 zł	-2 727 629,58 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-1 505 754,10 zł	-1 717 082,81 zł	-1 677 496,97 zł	-2 086 147,63 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-1 314 268,97 zł	-1 503 744,84 zł	-1 472 150,46 zł	-1 854 398,34 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-2 671 697,50 zł	-2 922 509,50 zł	-2 867 696,86 zł	-3 321 506,78 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-2 853 242,49 zł	-3 126 680,37 zł	-3 076 295,46 zł	-3 597 475,53 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-2 160 227,90 zł	-2 456 233,70 zł	-2 397 394,88 zł	-2 955 993,59 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-1 968 742,77 zł	-2 242 895,73 zł	-2 192 048,38 zł	-2 724 244,30 zł

Tabl. 397. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,83%) cd

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-1 900 418,35 zł	-2 051 913,34 zł	-2 019 592,88 zł	-2 297 139,50 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-2 065 883,36 zł	-2 239 090,05 zł	-2 211 018,42 zł	-2 553 213,18 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-1 369 842,93 zł	-1 564 705,71 zł	-1 528 521,74 zł	-1 906 623,27 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-1 167 894,84 zł	-1 338 432,54 zł	-1 311 144,12 zł	-1 659 855,88 zł

Tabl. 398. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-1 279 746,90 zł	-1 353 067,79 zł	-1 338 897,14 zł	-1 479 650,22 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-1 512 684,95 zł	-1 611 553,51 zł	-1 602 382,35 zł	-1 819 205,43 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-832 927,89 zł	-957 278,68 zł	-938 561,92 zł	-1 197 635,69 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-683 802,36 zł	-796 309,24 zł	-781 923,74 zł	-1 026 687,60 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-1 953 316,05 zł	-2 115 591,90 zł	-2 080 853,47 zł	-2 377 636,31 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-2 124 761,01 zł	-2 309 088,52 zł	-2 278 665,45 zł	-2 641 108,71 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-1 433 432,54 zł	-1 639 755,24 zł	-1 601 092,81 zł	-2 000 005,09 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-1 244 294,52 zł	-1 429 318,97 zł	-1 398 445,20 zł	-1 771 624,74 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-2 593 490,21 zł	-2 838 593,03 zł	-2 785 022,29 zł	-3 228 476,95 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-2 764 935,17 zł	-3 032 089,66 zł	-2 982 834,28 zł	-3 491 949,35 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-2 073 606,70 zł	-2 362 756,37 zł	-2 305 261,63 zł	-2 850 845,73 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-1 884 468,69 zł	-2 152 320,11 zł	-2 102 614,02 zł	-2 622 465,38 zł

Tabl. 398. Zdyskontowane skorygowane koszty dla wariantu WT2014 (stopa dyskonta 3,00%) (cd)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	-1 839 147,25 zł	-1 987 112,30 zł	-1 955 540,52 zł	-2 226 600,84 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	-1 994 920,30 zł	-2 164 046,05 zł	-2 136 615,27 zł	-2 470 683,07 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	-1 300 642,79 zł	-1 490 875,03 zł	-1 455 537,79 zł	-1 824 601,11 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	-1 101 307,34 zł	-1 267 831,83 zł	-1 241 164,38 zł	-1 581 583,79 zł

Tabl. 399. Zdyskontowane skorygowane koszty dla Wariantu WT2017 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 489 626,63 zł	- 1 567 595,49 zł	- 1 556 717,92 zł	- 1 718 052,09 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 624 274,71 zł	- 1 733 504,62 zł	- 1 722 570,12 zł	- 1 959 952,95 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 942 995,88 zł	- 1 078 646,38 zł	- 1 057 747,68 zł	- 1 339 741,96 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 796 741,32 zł	- 920 726,91 zł	- 904 185,15 zł	- 1 172 685,47 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 176 594,92 zł	- 2 347 378,56 zł	- 2 314 460,37 zł	- 2 636 969,34 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 258 751,85 zł	- 2 456 518,73 zł	- 2 423 551,39 zł	- 2 811 702,37 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 565 110,75 zł	- 1 785 682,77 zł	- 1 744 114,75 zł	- 2 170 772,45 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 381 135,45 zł	- 1 580 731,09 zł	- 1 546 997,92 zł	- 1 949 390,16 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 845 844,67 zł	- 3 103 217,15 zł	- 3 050 611,31 zł	- 3 526 453,68 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 928 001,61 zł	- 3 212 357,32 zł	- 3 159 702,34 zł	- 3 701 186,70 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 2 234 360,51 zł	- 2 541 521,36 zł	- 2 480 265,70 zł	- 3 060 256,79 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 2 050 385,21 zł	- 2 336 569,68 zł	- 2 283 148,86 zł	- 2 838 874,50 zł

Tabl. 399. Zdyskontowane skorygowane koszty dla Wariantu WT2017 (stopa dyskonta 2,66%)(cd).

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 052 858,97 zł	- 2 208 635,90 zł	- 2 178 890,87 zł	- 2 474 014,23 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 121 638,21 zł	- 2 303 308,13 zł	- 2 273 515,95 zł	- 2 631 629,12 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 424 846,51 zł	- 1 628 400,16 zł	- 1 590 354,80 zł	- 1 985 418,86 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 231 257,84 zł	- 1 411 462,02 zł	- 1 382 137,88 zł	- 1 750 191,30 zł

Tabl. 400. Zdyskontowane skorygowane koszty dla Wariantu WT2017 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 435 625,01 zł	- 1 511 596,35 zł	- 1 500 997,46 zł	- 1 658 198,34 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 560 445,76 zł	- 1 666 877,26 zł	- 1 656 222,90 zł	- 1 887 524,13 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 880 566,90 zł	- 1 012 742,12 zł	- 992 378,83 zł	- 1 267 148,59 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 735 522,98 zł	- 856 332,13 zł	- 840 214,16 zł	- 1 101 835,66 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 107 825,80 zł	- 2 274 600,51 zł	- 2 242 442,35 zł	- 2 557 337,72 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 181 500,21 zł	- 2 374 566,85 zł	- 2 342 360,80 zł	- 2 721 216,48 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 489 575,80 zł	- 1 704 863,33 zł	- 1 664 276,94 zł	- 2 080 652,82 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 307 777,51 zł	- 1 502 626,07 zł	- 1 469 673,80 zł	- 1 862 405,90 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 762 299,60 zł	- 3 013 751,40 zł	- 2 962 340,26 zł	- 3 427 183,68 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 835 974,01 zł	- 3 113 717,74 zł	- 3 062 258,72 zł	- 3 591 062,43 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 2 144 049,60 zł	- 2 444 014,22 zł	- 2 384 174,86 zł	- 2 950 498,78 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 962 251,31 zł	- 2 241 776,96 zł	- 2 189 571,72 zł	- 2 732 251,85 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 986 923,60 zł	- 2 139 032,54 zł	- 2 109 976,15 zł	- 2 398 110,47 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 047 563,04 zł	- 2 224 901,62 zł	- 2 195 799,27 zł	- 2 545 309,64 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 352 568,74 zł	- 1 551 230,40 zł	- 1 514 086,31 zł	- 1 899 600,92 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 161 403,38 zł	- 1 337 313,77 zł	- 1 308 667,46 zł	- 1 667 863,43 zł

Tabl. 401. Zdyskontowane skorygowane koszty dla Wariantu WT2017 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 383 442,90 zł	- 1 457 486,22 zł	- 1 447 156,32 zł	- 1 600 367,71 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 498 778,22 zł	- 1 602 508,68 zł	- 1 592 124,71 zł	- 1 817 555,91 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 820 252,13 zł	- 949 072,97 zł	- 929 226,46 zł	- 1 197 023,03 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 676 376,72 zł	- 794 119,95 zł	- 778 411,02 zł	- 1 033 393,02 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 041 344,87 zł	- 2 204 244,28 zł	- 2 172 821,03 zł	- 2 480 357,36 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 106 831,85 zł	- 2 295 355,95 zł	- 2 263 886,02 zł	- 2 633 759,45 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 416 565,89 zł	- 1 626 746,96 zł	- 1 587 109,37 zł	- 1 993 550,80 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 236 868,89 zł	- 1 427 129,68 zł	- 1 394 932,48 zł	- 1 778 330,16 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 681 519,03 zł	- 2 927 245,42 zł	- 2 876 989,85 zł	- 3 331 197,99 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 747 006,01 zł	- 3 018 357,08 zł	- 2 968 054,85 zł	- 3 484 600,09 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 2 056 740,06 zł	- 2 349 748,09 zł	- 2 291 278,19 zł	- 2 844 391,44 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 877 043,05 zł	- 2 150 130,81 zł	- 2 099 101,30 zł	- 2 629 170,80 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 923 183,18 zł	- 2 071 746,61 zł	- 2 043 356,05 zł	- 2 324 735,38 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 975 966,00 zł	- 2 149 118,78 zł	- 2 120 683,43 zł	- 2 461 881,19 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 282 708,07 zł	- 1 476 642,78 zł	- 1 440 369,78 zł	- 1 816 658,05 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 093 881,71 zł	- 1 265 642,54 zł	- 1 237 651,66 zł	- 1 588 289,22 zł

Tabl. 402. Zdyskontowane skorygowane koszty dla Wariantu WT2021 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 567 086,41 zł	- 1 648 281,19 zł	- 1 639 616,51 zł	- 1 815 047,07 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 543 959,53 zł	- 1 661 064,39 zł	- 1 646 960,90 zł	- 1 895 363,09 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 863 191,63 zł	- 1 005 043,89 zł	- 1 016 789,44 zł	- 1 275 363,43 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 723 263,39 zł	- 854 513,89 zł	- 876 212,54 zł	- 1 117 277,66 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 240 613,41 zł	- 2 414 181,54 zł	- 2 383 173,41 zł	- 2 717 849,79 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 173 456,64 zł	- 2 378 020,84 zł	- 2 342 318,16 zł	- 2 739 980,58 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 480 256,56 zł	- 1 706 181,66 zł	- 1 692 790,80 zł	- 2 099 233,08 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 307 657,52 zł	- 1 514 518,07 zł	- 1 519 025,32 zł	- 1 893 982,36 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 909 863,17 zł	- 3 170 020,13 zł	- 3 119 324,35 zł	- 3 607 334,13 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 842 706,40 zł	- 3 133 859,43 zł	- 3 078 469,11 zł	- 3 629 464,92 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 2 149 506,31 zł	- 2 462 020,25 zł	- 2 428 941,74 zł	- 2 988 717,42 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 976 907,28 zł	- 2 270 356,66 zł	- 2 255 176,26 zł	- 2 783 466,70 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 113 451,86 zł	- 2 271 900,77 zł	- 2 243 988,64 zł	- 2 550 787,80 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 035 073,81 zł	- 2 223 266,41 zł	- 2 190 849,41 zł	- 2 558 089,72 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 338 705,30 zł	- 1 547 395,75 zł	- 1 536 389,07 zł	- 1 912 054,50 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 157 779,91 zł	- 1 345 249,00 zł	- 1 354 165,27 zł	- 1 694 783,50 zł

Tabl. 403. Zdyskontowane skorygowane koszty dla Wariantu WT2021 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 510 568,33 zł	- 1 589 682,95 zł	- 1 581 240,25 zł	- 1 752 176,38 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 479 198,23 zł	- 1 593 302,93 zł	- 1 579 560,77 zł	- 1 821 599,04 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 799 817,21 zł	- 938 035,30 zł	- 949 479,94 zł	- 1 201 429,42 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 660 937,53 zł	- 788 825,47 zł	- 809 968,22 zł	- 1 044 857,39 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 169 672,19 zł	- 2 339 160,04 zł	- 2 308 863,01 zł	- 2 635 614,08 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 095 400,23 zł	- 2 295 090,05 zł	- 2 260 218,74 zł	- 2 648 342,18 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 403 905,53 zł	- 1 624 409,01 zł	- 1 611 277,89 zł	- 2 007 956,26 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 233 192,06 zł	- 1 435 119,40 zł	- 1 439 427,86 zł	- 1 805 427,63 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 824 145,99 zł	- 3 078 310,93 zł	- 3 028 760,93 zł	- 3 505 460,03 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 749 874,03 zł	- 3 034 240,94 zł	- 2 980 116,65 zł	- 3 518 188,13 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 2 058 379,33 zł	- 2 363 559,90 zł	- 2 331 175,80 zł	- 2 877 802,22 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 887 665,86 zł	- 2 174 270,29 zł	- 2 159 325,77 zł	- 2 675 273,58 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 045 432,15 zł	- 2 200 144,62 zł	- 2 172 874,16 zł	- 2 472 385,15 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 960 226,38 zł	- 2 143 920,53 zł	- 2 112 260,61 zł	- 2 470 664,29 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 265 644,44 zł	- 1 469 311,29 zł	- 1 458 513,17 zł	- 1 825 126,13 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 086 817,93 zł	- 1 269 807,10 zł	- 1 278 421,52 zł	- 1 610 885,16 zł

Tabl. 404. Zdyskontowane skorygowane koszty dla Wariantu WT2021 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 455 957,31 zł	- 1 533 064,13 zł	- 1 524 835,70 zł	- 1 691 433,76 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 416 630,78 zł	- 1 527 839,69 zł	- 1 514 446,28 zł	- 1 750 342,04 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 738 589,88 zł	- 873 300,23 zł	- 884 454,43 zł	- 1 130 009,86 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 600 722,28 zł	- 725 364,64 zł	- 745 970,82 zł	- 974 898,91 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 101 094,72 zł	- 2 266 638,42 zł	- 2 237 029,07 zł	- 2 556 120,21 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 019 955,09 zł	- 2 214 934,28 zł	- 2 180 866,74 zł	- 2 559 772,74 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 330 107,95 zł	- 1 545 372,58 zł	- 1 532 493,50 zł	- 1 919 737,32 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 161 214,44 zł	- 1 358 374,37 zł	- 1 362 492,28 zł	- 1 719 836,06 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 741 268,88 zł	- 2 989 639,56 zł	- 2 941 197,89 zł	- 3 406 960,85 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 660 129,26 zł	- 2 937 935,42 zł	- 2 885 035,56 zł	- 3 410 613,37 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 970 282,11 zł	- 2 268 373,72 zł	- 2 236 662,32 zł	- 2 770 577,96 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 801 388,61 zł	- 2 081 375,51 zł	- 2 066 661,10 zł	- 2 570 676,70 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 979 679,91 zł	- 2 130 780,78 zł	- 2 104 130,83 zł	- 2 396 598,12 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 887 883,95 zł	- 2 067 231,01 zł	- 2 036 303,00 zł	- 2 386 168,37 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 195 027,91 zł	- 1 393 840,80 zł	- 1 383 245,15 zł	- 1 741 111,46 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 018 227,26 zł	- 1 196 887,23 zł	- 1 205 211,47 zł	- 1 529 795,11 zł

8. Analiza Makroekonomiczna (uwzględniająca koszty emisji CO₂)

Tabl. 405. Zdyskontowane skorygowane koszty dla Wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 583 566,28 zł	- 1 683 107,48 zł	- 1 663 869,26 zł	- 1 854 957,09 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 977 204,62 zł	- 2 111 429,60 zł	- 2 098 978,75 zł	- 2 393 340,00 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 299 604,03 zł	- 1 468 423,95 zł	- 1 443 013,90 zł	- 1 794 735,12 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 236 883,84 zł	- 1 414 276,13 zł	- 1 385 731,21 zł	- 1 747 809,65 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 184 496,71 zł	- 2 365 715,40 zł	- 2 327 162,61 zł	- 2 659 640,48 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 444 484,95 zł	- 2 652 789,16 zł	- 2 619 536,81 zł	- 3 032 663,76 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 741 734,87 zł	- 1 977 055,23 zł	- 1 933 682,67 zł	- 2 391 603,61 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 592 050,89 zł	- 1 815 395,38 zł	- 1 776 402,34 zł	- 2 219 853,94 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 892 158,58 zł	- 3 164 177,38 zł	- 3 105 123,03 zł	- 3 599 018,63 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 3 177 957,09 zł	- 3 478 528,77 zł	- 3 425 062,02 zł	- 4 003 975,87 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 2 480 063,84 zł	- 2 809 115,27 zł	- 2 744 980,05 zł	- 3 371 114,60 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 2 347 174,15 zł	- 2 668 217,96 zł	- 2 607 011,08 zł	- 3 223 470,76 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 126 118,32 zł	- 2 299 061,27 zł	- 2 262 526,93 zł	- 2 580 947,16 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 410 694,35 zł	- 2 612 120,68 zł	- 2 581 160,33 zł	- 2 984 391,87 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 712 571,05 zł	- 1 942 407,81 zł	- 1 900 804,97 zł	- 2 351 142,27 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 578 885,91 zł	- 1 800 527,10 zł	- 1 761 921,33 zł	- 2 202 356,67 zł

Tabl. 406. Zdyskontowane skorygowane koszty dla Wariantu WT2014 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 526 882,49 zł	- 1 623 812,98 zł	- 1 605 079,33 zł	- 1 791 155,42 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 904 520,18 zł	- 2 035 224,78 zł	- 2 023 100,49 zł	- 2 309 741,40 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 228 211,85 zł	- 1 392 604,06 zł	- 1 367 860,45 zł	- 1 710 356,93 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 164 320,83 zł	- 1 337 008,76 zł	- 1 309 231,45 zł	- 1 661 750,89 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 115 527,54 zł	- 2 292 439,90 zł	- 2 254 797,29 zł	- 2 579 348,48 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 363 125,89 zł	- 2 566 419,37 zł	- 2 533 939,37 zł	- 2 937 042,26 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 662 347,52 zł	- 1 891 954,57 zł	- 1 849 617,55 zł	- 2 296 349,51 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 513 842,15 zł	- 1 731 751,83 zł	- 1 693 692,48 zł	- 2 126 291,58 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 807 325,26 zł	- 3 073 006,68 zł	- 3 015 320,25 zł	- 3 497 674,78 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 3 080 002,69 zł	- 3 373 491,03 zł	- 3 321 246,22 zł	- 3 886 397,85 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 2 383 943,55 zł	- 2 705 167,59 zł	- 2 642 533,04 zł	- 3 253 671,71 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 2 251 756,71 zł	- 2 565 139,20 zł	- 2 505 372,25 zł	- 3 107 036,70 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 058 142,75 zł	- 2 226 929,71 zł	- 2 191 267,25 zł	- 2 502 009,01 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 329 587,60 zł	- 2 526 111,40 zł	- 2 495 876,85 zł	- 2 889 207,07 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 633 296,52 zł	- 1 857 486,14 zł	- 1 816 888,02 zł	- 2 256 089,39 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 500 307,66 zł	- 1 716 466,22 zł	- 1 678 805,02 zł	- 2 108 303,20 zł

Tabl. 407. Zdyskontowane skorygowane koszty dla Wariantu WT2014 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 472 119,38 zł	- 1 566 530,85 zł	- 1 548 284,04 zł	- 1 729 524,40 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 834 318,36 zł	- 1 961 626,22 zł	- 1 949 817,01 zł	- 2 229 008,72 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 159 259,02 zł	- 1 319 379,01 zł	- 1 295 278,43 zł	- 1 628 874,14 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 094 241,33 zł	- 1 262 390,83 zł	- 1 235 353,91 zł	- 1 578 650,93 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 048 857,41 zł	- 2 221 607,85 zł	- 2 184 845,01 zł	- 2 501 735,77 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 284 499,53 zł	- 2 482 951,36 zł	- 2 451 218,10 zł	- 2 844 636,61 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 585 625,45 zł	- 1 809 712,85 zł	- 1 768 376,56 zł	- 2 204 299,99 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 438 259,41 zł	- 1 650 918,64 zł	- 1 613 761,57 zł	- 2 035 877,39 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 725 306,64 zł	- 2 984 861,03 zł	- 2 928 497,25 zł	- 3 399 694,38 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 985 323,07 zł	- 3 271 964,58 zł	- 3 220 901,57 zł	- 3 772 752,54 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 2 291 035,62 zł	- 2 604 694,87 zł	- 2 543 511,05 zł	- 3 140 158,67 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 2 159 529,52 zł	- 2 465 508,08 zł	- 2 407 133,05 zł	- 2 994 500,77 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 992 439,36 zł	- 2 157 210,46 zł	- 2 122 390,59 zł	- 2 425 713,22 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 251 214,07 zł	- 2 443 001,69 zł	- 2 413 468,77 zł	- 2 797 235,05 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 556 692,95 zł	- 1 775 427,90 zł	- 1 735 800,56 zł	- 2 164 246,73 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 424 378,89 zł	- 1 635 242,23 zł	- 1 598 493,48 zł	- 2 017 429,11 zł

Tabl. 408. Zdyskontowane skorygowane koszty dla Wariantu WT2017 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 728 205,44 zł	- 1 828 727,42 zł	- 1 814 703,43 zł	- 2 022 704,80 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 973 809,75 zł	- 2 114 635,29 zł	- 2 100 537,91 zł	- 2 406 585,63 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 297 880,34 zł	- 1 472 768,85 zł	- 1 445 825,02 zł	- 1 809 388,42 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 231 360,22 zł	- 1 414 266,47 zł	- 1 384 327,96 zł	- 1 757 166,27 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 295 084,55 zł	- 2 477 069,16 zł	- 2 442 588,30 zł	- 2 788 274,43 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 432 347,66 zł	- 2 645 806,43 zł	- 2 611 268,25 zł	- 3 033 521,49 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 730 902,64 zł	- 1 970 962,13 zł	- 1 926 391,81 zł	- 2 393 560,63 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 586 527,27 zł	- 1 815 385,72 zł	- 1 774 999,09 zł	- 2 229 210,56 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 3 009 322,35 zł	- 3 282 148,56 zł	- 3 227 386,75 zł	- 3 735 206,16 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 3 167 508,12 zł	- 3 473 513,61 zł	- 3 418 691,37 zł	- 4 007 225,93 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 2 470 990,63 zł	- 2 805 037,93 zł	- 2 739 640,06 zł	- 3 375 523,50 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 2 341 650,53 zł	- 2 668 208,30 zł	- 2 605 607,83 zł	- 3 232 827,38 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 242 970,63 zł	- 2 416 719,02 zł	- 2 384 466,77 zł	- 2 716 776,92 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 400 165,41 zł	- 2 607 012,32 zł	- 2 574 699,79 zł	- 2 987 528,62 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 703 414,53 zł	- 1 938 235,00 zł	- 1 895 372,58 zł	- 2 355 435,04 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 573 362,29 zł	- 1 800 517,44 zł	- 1 760 518,08 zł	- 2 211 713,30 zł

Tabl. 409. Zdyskontowane skorygowane koszty dla Wariantu WT2017 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 667 445,01 zł	- 1 765 330,55 zł	- 1 751 674,38 zł	- 1 954 220,41 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 900 078,67 zł	- 2 037 210,72 zł	- 2 023 483,07 zł	- 2 321 503,95 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 225 397,68 zł	- 1 395 699,31 zł	- 1 369 462,16 zł	- 1 723 490,22 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 157 829,37 zł	- 1 335 889,99 zł	- 1 306 754,79 zł	- 1 669 758,44 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 222 958,69 zł	- 2 400 617,04 zł	- 2 366 940,48 zł	- 2 704 356,42 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 350 178,13 zł	- 2 558 492,13 zł	- 2 524 759,74 zł	- 2 936 751,59 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 650 670,89 zł	- 1 884 893,82 zł	- 1 841 390,19 zł	- 2 297 129,53 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 507 350,69 zł	- 1 730 633,06 zł	- 1 691 215,82 zł	- 2 134 299,13 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 921 146,05 zł	- 3 187 613,78 zł	- 3 134 107,74 zł	- 3 630 022,32 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 3 068 695,43 zł	- 3 367 475,62 zł	- 3 313 910,73 zł	- 3 888 431,73 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 2 373 976,11 zł	- 2 700 065,51 zł	- 2 636 201,29 zł	- 3 256 834,15 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 2 245 265,24 zł	- 2 564 020,43 zł	- 2 502 895,60 zł	- 3 115 044,26 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 171 649,50 zł	- 2 341 220,79 zł	- 2 309 728,19 zł	- 2 633 995,82 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 318 199,71 zł	- 2 520 002,03 zł	- 2 488 450,73 zł	- 2 891 126,70 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 623 245,08 zł	- 1 852 287,79 zł	- 1 810 463,11 zł	- 2 259 134,74 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 493 816,20 zł	- 1 715 347,45 zł	- 1 676 328,36 zł	- 2 116 310,76 zł

Tabl. 410. Zdyskontowane skorygowane koszty dla Wariantu WT2017 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 608 748,43 zł	- 1 704 090,13 zł	- 1 690 788,86 zł	- 1 888 071,13 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 828 866,96 zł	- 1 962 435,23 zł	- 1 949 064,33 zł	- 2 239 340,27 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 155 392,67 zł	- 1 321 268,51 zł	- 1 295 713,21 zł	- 1 640 540,81 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 086 815,69 zł	- 1 260 201,54 zł	- 1 231 841,19 zł	- 1 585 356,35 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 153 242,36 zł	- 2 326 719,56 zł	- 2 293 820,58 zł	- 2 623 244,62 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 270 769,68 zł	- 2 474 112,67 zł	- 2 441 159,30 zł	- 2 843 237,72 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 573 133,98 zł	- 1 801 718,33 zł	- 1 759 245,48 zł	- 2 203 944,21 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 430 833,77 zł	- 1 648 729,35 zł	- 1 610 248,85 zł	- 2 042 582,81 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 835 901,66 zł	- 3 096 222,01 zł	- 3 043 930,41 zł	- 3 528 336,57 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 973 187,62 zł	- 3 264 984,00 zł	- 3 212 635,08 zł	- 3 773 612,88 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 2 280 205,31 zł	- 2 598 603,97 zł	- 2 536 222,32 zł	- 3 142 118,36 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 2 152 103,88 zł	- 2 463 318,78 zł	- 2 403 620,33 zł	- 3 001 206,19 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 102 718,02 zł	- 2 268 253,08 zł	- 2 237 494,78 zł	- 2 553 992,02 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 238 997,39 zł	- 2 435 926,45 zł	- 2 405 110,97 zł	- 2 797 980,30 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 545 778,02 zł	- 1 769 240,03 zł	- 1 728 417,97 zł	- 2 166 088,46 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 416 953,25 zł	- 1 633 052,93 zł	- 1 594 980,76 zł	- 2 024 134,53 zł

Tabl. 411. Zdyskontowane skorygowane koszty dla Wariantu WT2021 (stopa dyskonta 2,66%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 834 077,55 zł	- 1 938 758,57 zł	- 1 927 587,57 zł	- 2 153 762,82 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 904 021,43 zł	- 2 054 999,80 zł	- 2 036 816,77 zł	- 2 357 071,29 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 228 750,73 zł	- 1 411 634,89 zł	- 1 426 777,95 zł	- 1 760 146,54 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 157 882,29 zł	- 1 348 053,45 zł	- 1 356 355,35 zł	- 1 701 758,47 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 373 213,96 zł	- 2 558 446,48 zł	- 2 526 193,59 zł	- 2 886 072,21 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 352 280,58 zł	- 2 573 667,98 zł	- 2 535 939,21 zł	- 2 969 286,93 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 651 349,98 zł	- 1 897 653,49 zł	- 1 885 949,98 zł	- 2 329 538,84 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 513 049,34 zł	- 1 749 172,70 zł	- 1 747 026,48 zł	- 2 173 802,76 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 3 092 809,38 zł	- 3 369 059,46 zł	- 3 316 646,32 zł	- 3 839 427,10 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 3 089 426,06 zł	- 3 403 789,72 zł	- 3 345 604,03 zł	- 3 945 834,11 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 2 393 450,85 zł	- 2 734 080,45 zł	- 2 703 329,95 zł	- 3 314 355,99 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 2 268 172,60 zł	- 2 601 995,27 zł	- 2 577 635,23 zł	- 3 177 419,58 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 326 203,90 zł	- 2 503 367,83 zł	- 2 473 458,53 zł	- 2 820 693,63 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 321 989,33 zł	- 2 537 174,06 zł	- 2 501 506,28 zł	- 2 926 002,16 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 625 779,41 zł	- 1 867 166,16 zł	- 1 858 866,77 zł	- 2 294 132,33 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 499 884,37 zł	- 1 734 304,41 zł	- 1 732 545,48 zł	- 2 156 305,49 zł

Tabl. 412. Zdyskontowane skorygowane koszty dla Wariantu WT2021 (stopa dyskonta 2,83%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 769 995,75 zł	- 1 871 931,26 zł	- 1 861 053,24 zł	- 2 081 296,50 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 829 059,77 zł	- 1 976 078,37 zł	- 1 958 372,23 zł	- 2 270 227,30 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 155 020,22 zł	- 1 333 107,80 zł	- 1 347 853,69 zł	- 1 672 478,89 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 083 243,92 zł	- 1 268 383,32 zł	- 1 276 508,84 zł	- 1 612 780,17 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 298 516,24 zł	- 2 479 338,04 zł	- 2 447 831,51 zł	- 2 799 070,85 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 269 158,18 zł	- 2 485 194,62 zł	- 2 448 354,61 zł	- 2 871 152,40 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 570 151,97 zł	- 1 810 456,54 zł	- 1 798 964,98 zł	- 2 231 737,59 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 432 765,24 zł	- 1 663 126,40 zł	- 1 660 969,88 zł	- 2 077 320,86 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 3 001 909,44 zł	- 3 271 711,59 zł	- 3 220 492,87 zł	- 3 730 977,94 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 989 604,25 zł	- 3 296 524,25 zł	- 3 239 683,79 zł	- 3 825 594,76 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 2 295 413,05 zł	- 2 627 912,78 zł	- 2 597 790,75 zł	- 3 194 215,62 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 2 170 679,79 zł	- 2 496 513,76 zł	- 2 472 649,65 zł	- 3 058 065,99 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 252 157,04 zł	- 2 425 054,35 zł	- 2 395 843,29 zł	- 2 734 644,71 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 239 013,74 zł	- 2 448 935,35 zł	- 2 414 116,74 zł	- 2 828 153,97 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 544 585,89 zł	- 1 780 022,78 zł	- 1 771 855,26 zł	- 2 196 379,90 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 419 230,75 zł	- 1 647 840,79 zł	- 1 646 082,42 zł	- 2 059 332,49 zł

Tabl. 413. Zdyskontowane skorygowane koszty dla Wariantu WT2021 (stopa dyskonta 3,00%)

	Wariant	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
Węgiel	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 1 708 094,45 zł	- 1 807 380,87 zł	- 1 796 785,54 zł	- 2 011 305,14 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 1 756 660,70 zł	- 1 899 858,59 zł	- 1 882 612,60 zł	- 2 186 363,20 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 083 811,18 zł	- 1 257 270,63 zł	- 1 271 633,31 zł	- 1 587 822,16 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 011 161,25 zł	- 1 191 446,23 zł	- 1 199 400,99 zł	- 1 526 862,25 zł
Gaz	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 226 318,07 zł	- 2 402 877,21 zł	- 2 372 092,35 zł	- 2 714 983,61 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 188 830,20 zł	- 2 399 696,64 zł	- 2 363 715,73 zł	- 2 776 321,68 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 491 682,62 zł	- 1 726 191,91 zł	- 1 714 906,32 zł	- 2 137 230,07 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 355 179,33 zł	- 1 579 974,04 zł	- 1 577 808,65 zł	- 1 984 088,71 zł
Olej Opalowy	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 914 036,92 zł	- 3 177 605,38 zł	- 3 127 541,88 zł	- 3 626 141,37 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 893 122,72 zł	- 3 192 848,19 zł	- 3 137 308,49 zł	- 3 709 381,43 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 2 200 654,84 zł	- 2 525 297,91 zł	- 2 495 785,00 zł	- 3 078 099,69 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 2 076 449,44 zł	- 2 394 563,48 zł	- 2 371 180,13 zł	- 2 942 712,09 zł
MPEC	Ocieplenie ścian, dachu, stropu nad piwnicami	- 2 180 595,53 zł	- 2 349 370,22 zł	- 2 320 834,22 zł	- 2 651 487,80 zł
	j.w.+ Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	- 2 158 836,99 zł	- 2 363 674,48 zł	- 2 329 676,54 zł	- 2 733 612,08 zł
	j.w. + wentylacja mechaniczna wraz z rekuperacją (60%)	- 1 466 130,71 zł	- 1 695 820,85 zł	- 1 687 781,87 zł	- 2 101 932,47 zł
	j.w.+ zastosowanie OZE	- 1 341 298,81 zł	- 1 564 297,63 zł	- 1 562 540,57 zł	- 1 965 640,43 zł

Obliczenia optymalne pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych dla budynku nowego

Analizę kosztu optymalnego dla nowego budynku, oparto na trzech modelach budynków przedstawionych w poprzednim rozdziale. Są to:

- a) budynek jednorodzinny,
- b) budynek wielorodzinny,
- c) biurowiec.

I. Budynek jednorodzinny

Analizę przeprowadzono dla trzech standardów zgodnych z WT2014, WT2017 i WT2021.

Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb ogrzewania i wentylacji

Tabl. 414. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT).

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh/rok]	WT 2017 [kWh/rok]	WT 2021 [kWh/rok]
Szczecin	10 966,44	9 746,74	8 214,57
Kraków	12 094,15	10 808,20	9 204,94
Warszawa	12 008,91	10 694,31	9 034,27
Zakopane	14 194,48	12 662,00	10 723,88

Tal415. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT).

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh/m ² /rok]	WT 2017 [kWh/m ² /rok]	WT 2021 [kWh/m ² /rok]
Szczecin	73,11	64,98	54,76
Kraków	80,63	72,05	61,37
Warszawa	80,06	71,30	60,23
Zakopane	94,63	84,41	71,49

Koszt budowy budynku jednorodzinnego wg standardu WT2014 wynosi 3645,45 zł.m².
Koszt budowy budynku wg standardu WT2017 i WT2021 oszacowano w analogiczny sposób jak przy termomodernizacji budynków (pokazanych w poprzednim rozdziale)

Tabela 416. Koszt budowy budynku wg standardu WT2014, WT2017, WT2021

	WT2014	WT2017	WT2021
Koszt budowy	546 817,41 zł	552 203,42 zł	565 875,26 zł

Analizę przeprowadzono dla różnych rodzajów systemów grzewczych

Tabl. 417. Sprawności systemu grzewczego.

Rodzaj źródła	Sprawność źródła	Iloczyn sprawności przesyłu, regulacji i akumulacji
Kotłownia węglowa	0,82	0,84
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,98	0,84

Przyjęto to samo źródło dla potrzeb c.o. i c.w.u.

Ceny energii przyjęto na poziomie:

Tabl. 418. Wskaźniki cen energii.

Rodzaj źródła	Cena energii [zł/kWh]
Kotłownia węglowa	0,108
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,206
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,288
Kotłownia na biomasę (pelet)	0,160
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,198

Przyjęto następujące poziom energii użytkowej dla potrzeb przygotowania c.w.u.

Tabl. 419. Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb c.w.u.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	k_r – Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu c.w.u.	0,9	-
2.	V_{wi} – Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	1,4	$\text{dm}^3/(\text{m}^2 \text{ dzień})$
3.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	0,19	m^3
4.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	68,99	m^3
5.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	3 613,09	kWh
6.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	24,09	kWh/m²

Energia końcowa dla budynku referencyjnego wynosi:

Tabl. 420. Roczne zapotrzebowanie na energię końcową.

	Stan bazowy	Szczecin [kWh/rok]	Kraków [kWh/rok]	Warszawa [kWh/rok]	Zakopane [kWh/rok]
WT2014	kotłownia węglowa	24 470,24	26 098,15	25 975,10	29 130,08
	kotłownia gazowa	21 121,68	22 526,82	22 420,61	25 143,86
	kotłownia na olej opałowy	21 121,68	22 526,82	22 420,61	25 143,86
	MPEC	20 475,10	21 837,23	21 734,27	24 374,15
WT2017	kotłownia węglowa	22 709,54	24 241,81	24 077,41	26 917,87
	kotłownia gazowa	19 601,92	20 924,51	20 782,60	23 234,37
	kotłownia na olej opałowy	19 601,92	20 924,51	20 782,60	23 234,37
	MPEC	19 001,86	20 283,97	20 146,40	22 523,12
WT2021	kotłownia węglowa	20 497,78	21 927,43	21 681,06	24 120,09
	kotłownia gazowa	17 692,82	18 926,83	18 714,17	20 819,45
	kotłownia na olej opałowy	17 692,82	18 926,83	18 714,17	20 819,45
	MPEC	17 151,20	18 347,44	18 141,29	20 182,12

Tabl. 421. Roczne jednostkowe zapotrzebowanie na energię końcową.

	Stan bazowy	Szczecin [kWh/m ²]	Kraków [kWh/m ²]	Warszawa [kWh/m ²]	Zakopane [kWh/m ²]
WT2014	kotłownia węglowa	163,13	173,99	173,17	194,20
	kotłownia gazowa	140,81	150,18	149,47	167,63
	kotłownia na olej opałowy	140,81	150,18	149,47	167,63
	MPEC	136,50	145,58	144,90	162,49
WT2017	kotłownia węglowa	151,40	161,61	160,52	179,45
	kotłownia gazowa	130,68	139,50	138,55	154,90
	kotłownia na olej opałowy	130,68	139,50	138,55	154,90
	MPEC	126,68	135,23	134,31	150,15
WT2021	kotłownia węglowa	136,65	146,18	144,54	160,80
	kotłownia gazowa	117,95	126,18	124,76	138,80
	kotłownia na olej opałowy	117,95	126,18	124,76	138,80
	MPEC	114,34	122,32	120,94	134,55

Tabl. 422. Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną

	Stan bazowy	Szczecin [kWh]	Kraków [kWh]	Warszawa [kWh]	Zakopane [kWh]
WT2014	kotłownia węglowa	27 592,27	29 382,96	29 247,61	32 718,09
	kotłownia gazowa	23 908,85	25 454,51	25 337,67	28 333,25
	kotłownia na olej opałowy	23 908,85	25 454,51	25 337,67	28 333,25
	MPEC	17 055,08	18 144,78	18 062,41	20 174,32
WT2017	kotłownia węglowa	25 655,50	27 341,00	27 160,15	30 284,66
	kotłownia gazowa	22 237,11	23 691,96	23 535,87	26 232,81
	kotłownia na olej opałowy	22 237,11	23 691,96	23 535,87	26 232,81
	MPEC	15 876,49	16 902,17	16 792,12	18 693,49
WT2021	kotłownia węglowa	23 222,55	24 795,17	24 524,16	27 207,10
	kotłownia gazowa	20 137,10	21 494,51	21 260,59	23 576,39
	kotłownia na olej opałowy	20 137,10	21 494,51	21 260,59	23 576,39
	MPEC	14 395,96	15 352,95	15 188,03	16 820,70

Tabl. 423. Roczne jednostkowe zapotrzebowanie na energię pierwotną

	Stan bazowy	Szczecin [kWh/m ²]	Kraków [kWh/m ²]	Warszawa [kWh/m ²]	Zakopane [kWh/m ²]
WT2014	kotłownia węglowa	183,95	195,89	194,98	218,12
	kotłownia gazowa	159,39	169,70	168,92	188,89
	kotłownia na olej opałowy	159,39	169,70	168,92	188,89
	MPEC	113,70	120,97	120,42	134,50
WT2017	kotłownia węglowa	171,04	182,27	181,07	201,90
	kotłownia gazowa	148,25	157,95	156,91	174,89
	kotłownia na olej opałowy	148,25	157,95	156,91	174,89
	MPEC	105,84	112,68	111,95	124,62
WT2021	kotłownia węglowa	154,82	165,30	163,49	181,38
	kotłownia gazowa	134,25	143,30	141,74	157,18
	kotłownia na olej opałowy	134,25	143,30	141,74	157,18
	MPEC	95,97	102,35	101,25	112,14

Roczna emisja CO₂ wynosi:

Tabl. 424. Roczna emisja CO₂

	Stan bazowy	Szczecin [t CO ₂]	Kraków [t CO ₂]	Warszawa [t CO ₂]	Zakopane [t CO ₂]
WT2014	kotłownia węglowa	8,78	9,35	9,30	10,41
	kotłownia gazowa	4,45	4,74	4,72	5,27
	kotłownia na olej opałowy	6,07	6,46	6,43	7,19
	MPEC	7,10	7,56	7,53	8,42
WT2017	kotłownia węglowa	8,16	8,70	8,64	9,64
	kotłownia gazowa	4,15	4,41	4,38	4,88
	kotłownia na olej opałowy	5,65	6,02	5,98	6,66
	MPEC	6,60	7,04	6,99	7,79
WT2021	kotłownia węglowa	7,38	7,88	7,80	8,65
	kotłownia gazowa	3,76	4,01	3,97	4,39
	kotłownia na olej opałowy	5,12	5,46	5,40	5,99
	MPEC	5,98	6,38	6,31	7,00

Roczne koszty emisji CO₂ wynoszą:

Tabl. 425 Roczna koszty emisji CO₂

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2014	kotłownia węglowa	642,72 zł	684,57 zł	681,41 zł	762,51 zł
	kotłownia gazowa	326,10 zł	346,89 zł	345,32 zł	385,59 zł
	kotłownia na olej opałowy	444,72 zł	473,39 zł	471,22 zł	526,79 zł
	MPEC	520,05 zł	553,74 zł	551,19 zł	616,48 zł
WT2017	kotłownia węglowa	597,46 zł	636,85 zł	632,62 zł	705,64 zł
	kotłownia gazowa	303,63 zł	323,19 zł	321,09 zł	357,35 zł
	kotłownia na olej opałowy	413,70 zł	440,69 zł	437,80 zł	487,83 zł
	MPEC	483,62 zł	515,33 zł	511,92 zł	570,70 zł
WT2021	kotłownia węglowa	540,61 zł	577,36 zł	571,03 zł	633,72 zł
	kotłownia gazowa	275,39 zł	293,64 zł	290,50 zł	321,63 zł
	kotłownia na olej opałowy	374,75 zł	399,93 zł	395,59 zł	438,55 zł
	MPEC	437,85 zł	467,43 zł	462,34 zł	512,81 zł

Roczne koszty użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji CO₂ wynoszą:

Tabl 426. Roczna koszty użytkowania z uwzględnieniem kosztów emisji CO₂

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2014	kotłownia węglowa	3 413,76 zł	3 631,42 zł	3 614,97 zł	4 036,81 zł
	kotłownia gazowa	4 805,42 zł	5 115,66 zł	5 092,21 zł	5 693,48 zł
	kotłownia na olej opałowy	6 656,01 zł	7 089,36 zł	7 056,61 zł	7 896,48 zł
	MPEC	4 702,37 zł	5 005,76 zł	4 982,83 zł	5 570,81 zł
WT2017	kotłownia węglowa	3 178,34 zł	3 383,22 zł	3 361,24 zł	3 741,02 zł
	kotłownia gazowa	4 469,87 zł	4 761,89 zł	4 730,56 zł	5 271,88 zł
	kotłownia na olej opałowy	6 187,31 zł	6 595,20 zł	6 551,44 zł	7 307,58 zł
	MPEC	4 374,24 zł	4 659,80 zł	4 629,16 zł	5 158,53 zł
WT2021	kotłownia węglowa	2 882,62 zł	3 073,77 zł	3 040,83 zł	3 366,94 zł
	kotłownia gazowa	4 048,36 zł	4 320,82 zł	4 273,86 zł	4 738,69 zł
	kotłownia na olej opałowy	5 598,53 zł	5 979,10 zł	5 913,52 zł	6 562,80 zł
	MPEC	3 962,04 zł	4 228,48 zł	4 182,56 zł	4 637,12 zł

3. Wyliczenie poziomu kosztów minimalnych

Dla potrzeb obliczeń optymalnych pod względem kosztów poziomów wymagań minimalnych stosuje się ramy metodologii porównawczej.

Przyjęto następujące założenia:

8. Rok zerowy - 2016
9. Okres obliczeniowy – 30 lat
10. Poziomy stopy dyskontowej 2,83% (bazowy) oraz 2,66% i 3,00% (porównawcze)
11. Amortyzacja 1,5%
12. Koszty emisji CO₂

Tabl. 427. Zmiana poziomu opłaty za emisję 1 t CO₂.

Cena emisji	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Euro	16,5	20	36	50	52	51	50
zł	73,24	88,77	159,79	221,93	230,80	226,36	221,93

13. indeks wzrostu cen energii

Tabl. 428. Indeks wzrostu cen energii

węgiel	gaz	olej opałowy	ciepło sieciowe	biomasa	energia el.
3,0%	5,0%	5,5%	2,0%	3,0%	2,5%

4. Analiza finansowa

Tabl. 429. Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 2,66%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	-935,64 zł	-1 261,92 zł	-1 403,02 zł	-2 476,10 zł
	kotłownia gazowa	-8 502,61 zł	-9 239,91 zł	-9 558,76 zł	-11 983,55 zł
	kotłownia na olej opałowy	-15 536,24 zł	-16 655,58 zł	-17 139,65 zł	-20 820,89 zł
	MPEC	-2 859,36 zł	-3 290,14 zł	-3 476,43 zł	-4 893,15 zł
WT2021	kotłownia węglowa	4 391,74 zł	3 715,33 zł	3 294,58 zł	851,95 zł
	kotłownia gazowa	-12 680,77 zł	-14 209,23 zł	-15 159,98 zł	-20 679,54 zł
	kotłownia na olej opałowy	-28 549,94 zł	-30 870,40 zł	-32 313,80 zł	-40 693,41 zł
	MPEC	51,45 zł	-841,57 zł	-1 397,06 zł	-4 621,94 zł

Tabl.430 Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 2,83%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	-774,79 zł	-1 092,72 zł	-1 230,21 zł	-2 275,79 zł
	kotłownia gazowa	-8 116,67 zł	-8 833,38 zł	-9 143,32 zł	-11 500,41 zł
	kotłownia na olej opałowy	-14 942,42 zł	-16 029,88 zł	-16 500,16 zł	-20 076,56 zł
	MPCE	-2 658,58 zł	-3 078,83 zł	-3 260,57 zł	-4 642,66 zł
WT2021	kotłownia węglowa	4 763,54 zł	4 104,46 zł	3 694,49 zł	1 314,43 zł
	kotłownia gazowa	-11 801,09 zł	-13 286,88 zł	-14 211,09 zł	-19 576,53 zł
	kotłownia na olej opałowy	-27 201,26 zł	-29 455,63 zł	-30 857,93 zł	-38 998,89 zł
	MPCE	513,36 zł	-357,84 zł	-899,75 zł	-4 045,81 zł

Tabl. 431. Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 3,00%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	-619,53 zł	-929,39 zł	-1 063,38 zł	-2 082,43 zł
	kotłownia gazowa	-7 744,70 zł	-8 441,57 zł	-8 742,94 zł	-11 034,78 zł
	kotłownia na olej opałowy	-14 370,32 zł	-15 427,08 zł	-15 884,08 zł	-19 359,49 zł
	MPEC	-2 464,61 zł	-2 874,69 zł	-3 052,03 zł	-4 400,67 zł
WT2021	kotłownia węglowa	5 122,46 zł	4 480,11 zł	4 080,54 zł	1 760,89 zł
	kotłownia gazowa	-10 953,25 zł	-12 397,91 zł	-13 296,53 zł	-18 513,46 zł
	kotłownia na olej opałowy	-25 901,89 zł	-28 092,61 zł	-29 455,30 zł	-37 366,37 zł
	MPEC	959,61 zł	109,50 zł	-419,30 zł	-3 489,21 zł

5. Analiza Makroekonomiczna (uwzględniająca koszty emisji CO₂)

Tabl 432.. Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 2,66%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	-14 178,71 zł	-15 348,48 zł	-15 473,77 zł	-18 309,04 zł
	kotłownia gazowa	-15 203,22 zł	-16 359,43 zł	-16 670,42 zł	-19 970,40 zł
	kotłownia na olej opałowy	-24 687,80 zł	-26 385,10 zł	-26 858,34 zł	-31 747,05 zł
	MPEC	-13 567,63 zł	-14 677,39 zł	-14 850,96 zł	-17 686,21 zł
WT2021	kotłownia węglowa	-11 034,09 zł	-12 655,25 zł	-13 141,09 zł	-17 742,07 zł
	kotłownia gazowa	-20 465,43 zł	-22 463,10 zł	-23 446,18 zł	-30 037,67 zł
	kotłownia na olej opałowy	-39 197,15 zł	-42 164,97 zł	-43 652,97 zł	-53 511,50 zł
	MPEC	-12 413,89 zł	-14 067,43 zł	-14 675,31 zł	-19 637,61 zł

Tabl. 433. Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 2,83%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	-13 560,38 zł	-14 692,53 zł	-14 815,06 zł	-17 562,52 zł
	kotłownia gazowa	-14 585,67 zł	-15 706,77 zł	-16 009,29 zł	-19 211,61 zł
	kotłownia na olej opałowy	-23 777,75 zł	-25 423,14 zł	-25 883,17 zł	-30 625,72 zł
	MPEC	-12 996,88 zł	-14 072,56 zł	-14 242,26 zł	-16 994,33 zł
WT2021	kotłownia węglowa	-10 142,96 zł	-11 714,67 zł	-12 188,29 zł	-16 655,16 zł
	kotłownia gazowa	-19 323,45 zł	-21 262,49 zł	-22 218,31 zł	-28 620,16 zł
	kotłownia na olej opałowy	-37 489,88 zł	-40 369,60 zł	-41 815,51 zł	-51 386,39 zł
	MPEC	-11 532,24 zł	-13 138,08 zł	-13 731,23 zł	-18 557,13 zł

Tabl. 434. Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 3,00%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	-12 965,29 zł	-14 061,25 zł	-14 181,11 zł	-16 844,05 zł
	kotłownia gazowa	-13 991,06 zł	-15 078,35 zł	-15 372,69 zł	-18 480,98 zł
	kotłownia na olej opałowy	-22 901,66 zł	-24 497,06 zł	-24 944,37 zł	-29 546,20 zł
	MPEC	-12 447,23 zł	-13 490,10 zł	-13 656,06 zł	-16 328,01 zł
WT2021	kotłownia węglowa	-9 284,62 zł	-10 808,71 zł	-11 270,53 zł	-15 608,20 zł
	kotłownia gazowa	-18 223,36 zł	-20 105,93 zł	-21 035,47 zł	-27 254,64 zł
	kotłownia na olej opałowy	-35 845,67 zł	-38 640,57 zł	-40 045,92 zł	-49 339,76 zł
	MPEC	-10 682,33 zł	-12 242,22 zł	-12 821,13 zł	-17 515,51 zł

II. Budynek wielorodzinny

Analizę przeprowadzono dla trzech standardów zgodnych z WT2014, WT2017 i WT2021.

Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb ogrzewania i wentylacji

Tabl. 435. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT).

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh]	WT 2017 [kWh]	WT 2021 [kWh]
Szczecin	112 998,07	98 437,60	82 226,81
Kraków	136 752,16	121 150,13	103 547,40
Warszawa	129 487,47	114 195,75	97 307,79
Zakopane	156 168,67	136 976,14	115 502,11

Tabl. 436. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT).

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Szczecin	26,12	22,75	19,00
Kraków	31,61	28,00	23,93
Warszawa	29,93	26,39	22,49
Zakopane	36,10	31,66	26,70

Koszt budowy budynku wielorodzinnego wg standardu WT2014 wynosi 3415,78 zł.m².
Koszt budowy budynku wg standardu WT2017 i WT2021 oszacowano w analogiczny sposób jak przy termomodernizacji budynków (pokazanych w poprzednim rozdziale)

Tabl. 438. Koszt budowy budynku wg standardu WT2014, WT2017, WT2021

	WT2014	WT2017	WT2021
Koszt budowy	14 778 713,75 zł	14 706 645,86 zł	15 070 812,21 zł

Analizę przeprowadzono dla różnych rodzajów systemów grzewczych

Tabl. 439. Sprawności systemu grzewczego.

Rodzaj źródła	Sprawność źródła	Iloczyn sprawności przesyłu, regulacji i akumulacji
Kotłownia węglowa	0,82	0,84
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,99	0,84

Przyjęto to samo źródło dla potrzeb c.o. i c.w.u.

Ceny energii przyjęto na poziomie:

Tabl. 440. Wskaźniki cen energii.

Rodzaj źródła	Cena energii [zł/kWh]
Kotłownia węglowa	0,108
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,206
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,288
Kotłownia na biomasę (pelet)	0,160
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,198

Przyjęto następujące poziom energii użytkowej dla potrzeb przygotowania c.w.u.

Tabl. 441. Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb c.w.u.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	k_r – Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu c.w.u.	0,9	-
2.	V_{wi} – Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	1,6	dm ³ /(m ² dzień)
3.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	6,23	m ³
4.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	2274,06	m ³
5.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	119 103,94	kWh
6.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	27,53	kWh/m ²

Energia końcowa dla budynku referencyjnego wynosi:

Tabela 442. Roczne zapotrzebowanie na energię końcową.

	Stan bazowy	Szczecin [kWh]	Kraków [kWh]	Warszawa [kWh]	Zakopane [kWh]
WT2014	kotłownia węglowa	447 919,91	482 210,15	471 723,20	510 238,88
	kotłownia gazowa	386 625,60	416 223,50	407 171,61	440 416,72
	kotłownia na olej opałowy	386 625,60	416 223,50	407 171,61	440 416,72
	MPEC	374 790,12	403 481,97	394 707,17	426 934,58
WT2017	kotłownia węglowa	426 901,12	459 687,82	449 648,82	482 533,48
	kotłownia gazowa	368 483,07	396 783,17	388 117,93	416 502,58
	kotłownia na olej opałowy	368 483,07	396 783,17	388 117,93	416 502,58
	MPEC	357 202,98	384 636,75	376 236,77	403 752,50
WT2021	kotłownia węglowa	403 500,01	434 277,38	425 270,18	451 534,62
	kotłownia gazowa	348 284,22	374 849,95	367 075,31	389 745,67
	kotłownia na olej opałowy	348 284,22	374 849,95	367 075,31	389 745,67
	MPEC	337 622,46	363 374,95	355 838,31	377 814,68

Tabl. 443. Roczne jednostkowe zapotrzebowanie na energię końcową.

	Stan bazowy	Szczecin [kWh/m ²]	Kraków [kWh/m ²]	Warszawa [kWh/m ²]	Zakopane [kWh/m ²]
WT2014	kotłownia węglowa	103,53	111,45	109,03	117,93
	kotłownia gazowa	89,36	96,20	94,11	101,79
	kotłownia na olej opałowy	89,36	96,20	94,11	101,79
	MPEC	86,62	93,26	91,23	98,68
WT2017	kotłownia węglowa	98,67	106,25	103,93	111,53
	kotłownia gazowa	85,17	91,71	89,71	96,27
	kotłownia na olej opałowy	85,17	91,71	89,71	96,27
	MPEC	82,56	88,90	86,96	93,32
WT2021	kotłownia węglowa	93,26	100,37	98,29	104,36
	kotłownia gazowa	80,50	86,64	84,84	90,08
	kotłownia na olej opałowy	80,50	86,64	84,84	90,08
	MPEC	78,03	83,99	82,24	87,32

Tabl. 444. Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną

	Stan bazowy	Szczecin [kWh]	Kraków [kWh]	Warszawa [kWh]	Zakopane [kWh]
WT2014	kotłownia węglowa	516 729,72	554 448,99	542 913,34	585 280,59
	kotłownia gazowa	449 305,98	481 863,67	471 906,59	508 476,21
	kotłownia na olej opałowy	449 305,98	481 863,67	471 906,59	508 476,21
	MPEC	323 849,92	346 803,39	339 783,56	365 565,48
WT2017	kotłownia węglowa	493 609,05	529 674,43	518 631,52	554 804,65
	kotłownia gazowa	429 349,20	460 479,31	450 947,54	482 170,66
	kotłownia na olej opałowy	429 349,20	460 479,31	450 947,54	482 170,66
	MPEC	309 780,20	331 727,22	325 007,23	347 019,83
WT2021	kotłownia węglowa	467 867,83	501 722,94	491 815,02	520 705,90
	kotłownia gazowa	407 130,46	436 352,76	427 800,67	452 738,06
	kotłownia na olej opałowy	407 130,46	436 352,76	427 800,67	452 738,06
	MPEC	294 115,79	314 717,78	308 688,47	326 269,56

Tabl. 445. Roczne jednostkowe zapotrzebowanie na energię pierwotną

	Stan bazowy	Szczecin [kWh/m ²]	Kraków [kWh/m ²]	Warszawa [kWh/m ²]	Zakopane [kWh/m ²]
WT2014	kotłownia węglowa	119,43	128,15	125,48	135,27
	kotłownia gazowa	103,85	111,37	109,07	117,52
	kotłownia na olej opałowy	103,85	111,37	109,07	117,52
	MPEC	74,85	80,16	78,53	84,49
WT2017	kotłownia węglowa	114,09	122,42	119,87	128,23
	kotłownia gazowa	99,23	106,43	104,23	111,44
	kotłownia na olej opałowy	99,23	106,43	104,23	111,44
	MPEC	71,60	76,67	75,12	80,21
WT2021	kotłownia węglowa	108,14	115,96	113,67	120,35
	kotłownia gazowa	94,10	100,85	98,88	104,64
	kotłownia na olej opałowy	94,10	100,85	98,88	104,64
	MPEC	67,98	72,74	71,35	75,41

Roczna emisja CO₂ wynosi:

Tabl. 446. Roczna emisja CO₂

	Stan bazowy	Szczecin [t CO ₂]	Kraków [t CO ₂]	Warszawa [t CO ₂]	Zakopane [t CO ₂]
WT2014	kotłownia węglowa	163,88	175,91	172,23	185,75
	kotłownia gazowa	84,74	90,72	88,89	95,60
	kotłownia na olej opałowy	114,39	122,63	120,11	129,37
	MPEC	133,22	142,90	139,94	150,82
WT2017	kotłownia węglowa	156,50	168,01	164,48	176,03
	kotłownia gazowa	81,08	86,79	85,04	90,77
	kotłownia na olej opałowy	109,33	117,22	114,80	122,71
	MPEC	127,28	136,54	133,70	143,00
WT2021	kotłownia węglowa	148,29	159,09	155,93	165,15
	kotłownia gazowa	77,00	82,36	80,79	85,37
	kotłownia na olej opałowy	103,70	111,11	108,94	115,26
	MPEC	120,67	129,36	126,82	134,24

Roczne koszty emisji CO₂ wynoszą:

Tabl. 447. Roczna koszty emisji CO₂

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa J	Zakopane
WT2014	kotłownia węglowa	12 001,56 zł	12 883,01 zł	12 613,44 zł	13 603,51 zł
	kotłownia gazowa	6 205,94 zł	6 643,71 zł	6 509,83 zł	7 001,55 zł
	kotłownia na olej opałowy	8 377,11 zł	8 981,09 zł	8 796,38 zł	9 474,79 zł
	MPEC	9 756,11 zł	10 465,66 zł	10 248,66 zł	11 045,65 zł
WT2017	kotłownia węglowa	11 461,26 zł	12 304,06 zł	12 046,00 zł	12 891,32 zł
	kotłownia gazowa	5 937,61 zł	6 356,18 zł	6 228,02 zł	6 647,84 zł
	kotłownia na olej opałowy	8 006,89 zł	8 584,39 zł	8 407,56 zł	8 986,79 zł
	MPEC	9 321,18 zł	9 999,62 zł	9 791,89 zł	10 472,35 zł
WT2021	kotłownia węglowa	10 859,72 zł	11 650,87 zł	11 419,34 zł	12 094,48 zł
	kotłownia gazowa	5 638,85 zł	6 031,77 zł	5 916,78 zł	6 252,09 zł
	kotłownia na olej opałowy	7 594,70 zł	8 136,81 zł	7 978,16 zł	8 440,78 zł
	MPEC	8 836,95 zł	9 473,81 zł	9 287,43 zł	9 830,91 zł

Roczne koszty użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji CO₂ wynoszą:

Tabl. 447. Roczna koszty użytkowania z uwzględnieniem kosztów emisji CO₂

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa J	Zakopane
WT2014	kotłownia węglowa	64 940,30 zł	69 525,09 zł	68 122,93 zł	73 272,69 zł
	kotłownia gazowa	90 414,20 zł	96 949,14 zł	94 950,57 zł	102 290,78 zł
	kotłownia na olej opałowy	124 288,67 zł	133 416,85 zł	130 625,18 zł	140 878,19 zł
	MPEC	88 527,94 zł	94 918,48 zł	92 964,07 zł	100 142,08 zł
WT2017	kotłownia węglowa	62 129,97 zł	66 513,73 zł	65 171,46 zł	69 568,32 zł
	kotłownia gazowa	86 408,50 zł	92 656,90 zł	90 743,70 zł	97 010,76 zł
	kotłownia na olej opałowy	118 693,40 zł	127 421,33 zł	124 748,91 zł	133 502,92 zł
	MPEC	84 610,76 zł	90 721,08 zł	88 850,15 zł	94 978,74 zł
WT2021	kotłownia węglowa	59 001,11 zł	63 116,21 zł	61 911,90 zł	65 423,60 zł
	kotłownia gazowa	81 948,79 zł	87 814,25 zł	86 097,68 zł	91 103,09 zł
	kotłownia na olej opałowy	112 463,95 zł	120 656,98 zł	118 259,24 zł	125 250,92 zł
	MPEC	80 249,59 zł	85 985,44 zł	84 306,80 zł	89 201,60 zł

6. Wyliczenie poziomu kosztów minimalnych

Dla potrzeb obliczeń optymalnych pod względem kosztów poziomów wymagań minimalnych stosuje się ramy metodologii porównawczej.

Przyjęto następujące założenia:

14. Rok zerowy - 2016
15. Okres obliczeniowy – 30 lat
16. Poziomy stopy dyskontowej 2,83% (bazowy) oraz 2,66% i 3,00% (porównawcze)
17. Amortyzacja 1,5%
18. Koszty emisji CO₂

Tabl. 448. Zmiana poziomu opłaty za emisję 1 t CO₂

Cena emisji	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Euro	16,5	20	36	50	52	51	50
zł	73,24	88,77	159,79	221,93	230,80	226,36	221,93

19. indeks wzrostu cen energii

Tabela 449. Indeks wzrostu cen energii.

węgiel	gaz	olej opałowy	ciepło sieciowe	biomasa	energia el.
3,0%	5,0%	5,5%	2,0%	3,0%	2,5%

6.1. Analiza finansowa

Tabl. 450. Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 2,66%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	-139 570,60 zł	-144 700,35 zł	-143 172,05 zł	-162 383,82 zł
	kotłownia gazowa	-229 903,26 zł	-241 494,82 zł	-238 041,37 zł	-281 453,63 zł
	kotłownia na olej opałowy	-313 868,94 zł	-331 466,85 zł	-326 223,94 zł	-392 130,95 zł
	MPEC	-162 535,59 zł	-169 308,11 zł	-167 290,39 zł	-192 654,57 zł
WT2021	kotłownia węglowa	123 489,73 zł	111 504,57 zł	116 553,16 zł	74 754,67 zł
	kotłownia gazowa	-67 414,14 zł	-94 496,65 zł	-83 088,50 zł	-177 539,30 zł
	kotłownia na olej opałowy	-244 862,38 zł	-285 978,12 zł	-268 658,65 zł	-412 050,65 zł
	MPEC	74 956,83 zł	59 133,51 zł	65 798,88 zł	10 614,75 zł

Tabl. 451. Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 2,83%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	-137 826,31 zł	-142 824,65 zł	-141 335,50 zł	-160 055,08 zł
	kotłownia gazowa	-225 471,74 zł	-236 739,65 zł	-233 382,62 zł	-275 582,77 zł
	kotłownia na olej opałowy	-306 955,84 zł	-324 052,59 zł	-318 958,99 zł	-382 989,06 zł
	MPEC	-160 314,52 zł	-166 921,51 zł	-164 953,10 zł	-189 697,36 zł
WT2021	kotłownia węglowa	127 748,98 zł	116 070,87 zł	120 990,12 zł	80 262,48 zł
	kotłownia gazowa	-57 475,82 zł	-83 802,16 zł	-72 712,54 zł	-164 526,18 zł
	kotłownia na olej opałowy	-229 679,64 zł	-269 624,47 zł	-252 798,23 zł	-392 106,62 zł
	MPEC	80 223,70 zł	64 787,12 zł	71 289,58 zł	17 454,21 zł

Tabl. 452. Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 3,00%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	-136 142,95 zł	-141 014,44 zł	-139 563,09 zł	-157 807,59 zł
	kotłownia gazowa	-221 201,43 zł	-232 157,44 zł	-228 893,34 zł	-269 925,36 zł
	kotłownia na olej opałowy	-300 296,49 zł	-316 910,43 zł	-311 960,67 zł	-374 182,58 zł
	MPEC	-158 169,07 zł	-164 616,16 zł	-162 695,39 zł	-186 840,79 zł
WT2021	kotłownia węglowa	131 861,01 zł	120 479,28 zł	125 273,68 zł	85 579,64 zł
	kotłownia gazowa	-47 896,69 zł	-73 494,30 zł	-62 711,64 zł	-151 983,83 zł
	kotłownia na olej opałowy	-215 051,62 zł	-253 868,44 zł	-237 517,36 zł	-372 891,79 zł
	MPEC	85 312,28 zł	70 249,30 zł	76 594,38 zł	24 061,95 zł

6.2. Analiza Makroekonomiczna (uwzględniająca koszty emisji CO₂)

Tabl. 453. Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 2,66%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	-375 155,29 zł	-397 547,84 zł	-390 751,80 zł	-433 244,07 zł
	kotłownia gazowa	-351 298,74 zł	-371 463,82 zł	-365 394,16 zł	-420 368,63 zł
	kotłownia na olej opałowy	-478 042,21 zł	-507 468,84 zł	-498 616,39 zł	-580 475,54 zł
	MPEC	-353 878,92 zł	-374 547,68 zł	-368 289,52 zł	-412 394,08 zł
WT2021	kotłownia węglowa	-135 189,13 zł	-166 420,06 zł	-155 085,46 zł	-226 697,84 zł
	kotłownia gazowa	-200 279,27 zł	-236 920,16 zł	-222 390,07 zł	-331 647,88 zł
	kotłownia na olej opałowy	-424 860,10 zł	-479 163,33 zł	-457 536,59 zł	-621 357,50 zł
	MPEC	-134 976,88 zł	-166 292,69 zł	-154 567,20 zł	-233 750,96 zł

Tabl. 454. Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 2,83%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	-365 199,76 zł	-386 858,94 zł	-380 285,82 zł	-421 499,55 zł
	kotłownia gazowa	-342 633,24 zł	-362 175,72 zł	-356 293,75 zł	-409 665,56 zł
	kotłownia na olej opałowy	-465 405,16 zł	-493 918,16 zł	-485 340,94 zł	-564 784,34 zł
	MPEC	-344 987,55 zł	-365 006,22 zł	-358 945,30 zł	-401 796,95 zł
WT2021	kotłownia węglowa	-122 064,39 zł	-152 330,14 zł	-141 337,49 zł	-210 907,59 zł
	kotłownia gazowa	-185 782,05 zł	-221 339,91 zł	-207 233,94 zł	-313 372,13 zł
	kotłownia na olej opałowy	-403 505,11 zł	-456 186,47 zł	-435 198,65 zł	-594 270,31 zł
	MPEC	-122 513,06 zł	-152 912,35 zł	-141 520,91 zł	-218 573,94 zł

Tabl. 455. Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 3,00%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	-355 623,25 zł	-376 576,95 zł	-370 218,26 zł	-410 200,76 zł
	kotłownia gazowa	-334 293,00 zł	-353 236,21 zł	-347 534,89 zł	-399 363,04 zł
	kotłownia na olej opałowy	-453 243,61 zł	-480 877,33 zł	-472 564,98 zł	-549 682,09 zł
	MPEC	-336 430,22 zł	-355 823,20 zł	-349 952,11 zł	-391 596,20 zł
WT2021	kotłownia węglowa	-109 428,60 zł	-138 765,21 zł	-128 101,85 zł	-195 703,79 zł
	kotłownia gazowa	-171 819,81 zł	-206 334,67 zł	-192 637,21 zł	-295 769,80 zł
	kotłownia na olej opałowy	-382 942,81 zł	-434 062,57 zł	-413 690,00 zł	-568 187,33 zł
	MPEC	-110 504,98 zł	-140 021,30 zł	-128 951,81 zł	-203 949,60 zł

III. Biurowiec

Analizę przeprowadzono dla trzech standardów zgodnych z WT2014, WT2017 i WT2021.

Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb ogrzewania i wentylacji

Tabl. 456. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT).

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh]	WT 2017 [kWh]	WT 2021 [kWh]
Szczecin	63 355,20	57 070,39	49 681,14
Kraków	83 575,33	76 251,01	67 262,81
Warszawa	76 132,43	69 067,42	60 722,66
Zakopane	103 013,40	94 107,91	83 525,75

Tabl. 457. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji (w modelach przyjęto współczynniki U dla przegród zgodnie z WT).

Stacja meteorologiczna	WT 2014 [kWh/m ²]	WT 2017 [kWh/m ²]	WT 2021 [kWh/m ²]
Szczecin	21,38	19,26	16,77
Kraków	28,21	25,73	22,70
Warszawa	25,69	23,31	20,49
Zakopane	34,77	31,76	28,19

Koszt budowy budynku biurowego wg standardu WT2014 wynosi 2951,35 zł.m².

Koszt budowy budynku wg standardu WT2017 i WT2021 oszacowano w analogiczny sposób jak przy termomodernizacji budynków (pokazanych w poprzednim rozdziale)

Tabl. 458. Koszt budowy budynku wg standardu WT2014, WT2017, WT2021

	WT2014	WT2017	WT2021
Koszt budowy	8 745 145,19 zł	8 701 843,73 zł	8 905 154,39 zł

Analizę przeprowadzono dla różnych rodzajów systemów grzewczych

Tabl. 459. Sprawności systemu grzewczego.

Rodzaj źródła	Sprawność źródła	Iloczyn sprawności przesyłu, regulacji i akumulacji
Kotłownia węglowa	0,82	0,84
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,95	0,84
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,99	0,84

Przyjęto to samo źródło dla potrzeb c.o. i c.w.u.

Ceny energii przyjęto na poziomie:

Tabl.460. Wskaźniki cen energii.

Rodzaj źródła	Cena energii [zł/kWh]
Kotłownia węglowa	0,108
Kotłownia gazowa (kocioł kondensacyjny)	0,206
Kotłownia na olej opałowy (kocioł kondensacyjny)	0,288
Kotłownia na biomasę (pelet)	0,160
Ogrzewanie zdalaczynne (PEC)	0,198

Przyjęto następujące poziom energii użytkowej dla potrzeb przygotowania c.w.u.

Tabl. 461. Zapotrzebowanie na energię użytkową dla potrzeb c.w.u.

L.p.	Wielkość	Wartość	Jednostka
1.	k_r – Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu c.w.u.	0,7	-
2.	V_{wi} – Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	0,35	$\text{dm}^3/(\text{m}^2 \text{ dzień})$
3.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	0,73	m^3
4.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	264,98	m^3
5.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	13 878,08	kWh
6.	Zapotrzebowanie na energię użytkową dla c.w.u.	4,68	kWh/m²

Energia końcowa dla budynku referencyjnego wynosi:

Tabl. 462. Roczne zapotrzebowanie na energię końcową.

	Stan bazowy	Szczecin [kWh]	Kraków [kWh]	Warszawa [kWh]	Zakopane [kWh]
WT2014	kotłownia węglowa	227 239,46	256 428,25	245 684,04	284 488,10
	kotłownia gazowa	211 318,50	236 513,04	227 239,09	260 733,12
	kotłownia na olej opałowy	211 318,50	236 513,04	227 239,09	260 733,12
	MPEC	207 260,95	231 437,52	222 538,28	254 679,02
WT2017	kotłownia węglowa	218 167,01	245 855,22	235 485,34	271 632,57
	kotłownia gazowa	203 487,55	227 386,84	218 436,00	249 636,77
	kotłownia na olej opałowy	203 487,55	227 386,84	218 436,00	249 636,77
	MPEC	199 746,39	222 680,06	214 090,87	244 031,00
WT2021	kotłownia węglowa	207 500,25	232 880,29	223 439,25	256 356,68
	kotłownia gazowa	194 280,45	216 187,43	208 038,32	236 451,26
	kotłownia na olej opałowy	194 280,45	216 187,43	208 038,32	236 451,26
	MPEC	190 911,30	211 933,15	204 113,30	231 378,24

Tabl. 463. Roczne jednostkowe zapotrzebowanie na energię końcową

	Stan bazowy	Szczecin [kWh/m²]	Kraków [kWh/m²]	Warszawa [kWh/m²]	Zakopane [kWh/m²]
WT2014	kotłownia węglowa	76,69	86,54	82,91	96,01
	kotłownia gazowa	71,32	79,82	76,69	87,99
	kotłownia na olej opałowy	71,32	79,82	76,69	87,99
	MPEC	69,95	78,11	75,10	85,95
WT2017	kotłownia węglowa	73,63	82,97	79,47	91,67
	kotłownia gazowa	68,67	76,74	73,72	84,25
	kotłownia na olej opałowy	68,67	76,74	73,72	84,25
	MPEC	67,41	75,15	72,25	82,36
WT2021	kotłownia węglowa	70,03	78,59	75,41	86,52
	kotłownia gazowa	65,57	72,96	70,21	79,80
	kotłownia na olej opałowy	65,57	72,96	70,21	79,80
	MPEC	64,43	71,52	68,89	78,09

Tabl. 464. Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną

	Stan bazowy	Szczecin [kWh]	Kraków [kWh]	Warszawa [kWh]	Zakopane [kWh]
WT2014	kotłownia węglowa	477 110,80	509 218,47	497 399,84	540 084,31
	kotłownia gazowa	475 069,95	498 526,25	489 948,41	518 288,51
	kotłownia na olej opałowy	396 942,20	401 938,08	400 111,12	406 147,19
	MPEC	591 285,23	626 485,90	617 749,65	676 885,20
WT2017	kotłownia węglowa	467 131,10	497 588,14	486 181,27	525 943,22
	kotłownia gazowa	464 672,34	486 611,03	478 416,75	503 795,40
	kotłownia na olej opałowy	394 727,64	399 400,30	397 655,02	403 060,35
	MPEC	557 733,94	592 722,91	582 861,14	638 345,81
WT2021	kotłownia węglowa	455 397,67	483 315,71	472 930,57	509 139,74
	kotłownia gazowa	452 774,17	472 713,34	453 994,13	486 923,78
	kotłownia na olej opałowy	392 193,49	396 440,27	392 453,32	399 466,91
	MPEC	530 398,64	564 489,85	554 012,25	605 573,99

Tabl. 465. Roczne jednostkowe zapotrzebowanie na energię pierwotną

	Stan bazowy	Szczecin [kWh/m ²]	Kraków [kWh/m ²]	Warszawa [kWh/m ²]	Zakopane [kWh/m ²]
WT2014	kotłownia węglowa	161,02	171,85	167,86	182,27
	kotłownia gazowa	160,33	168,24	165,35	174,91
	kotłownia na olej opałowy	133,96	135,65	135,03	137,07
	MPEC	199,55	211,43	208,48	228,44
WT2017	kotłownia węglowa	157,65	167,93	164,08	177,50
	kotłownia gazowa	156,82	164,22	161,46	170,02
	kotłownia na olej opałowy	133,21	134,79	134,20	136,03
	MPEC	188,23	200,03	196,71	215,43
WT2021	kotłownia węglowa	153,69	163,11	159,61	171,83
	kotłownia gazowa	152,80	159,53	153,22	164,33
	kotłownia na olej opałowy	132,36	133,79	132,45	134,81
	MPEC	179,00	190,51	186,97	204,37

Roczna emisja CO₂ wynosi:

Tabl. 466. Roczna emisja CO₂

	Stan bazowy	Szczecin [t CO ₂]	Kraków [t CO ₂]	Warszawa [t CO ₂]	Zakopane [t CO ₂]
WT2014	kotłownia węglowa	137,60	147,85	144,08	157,70
	kotłownia gazowa	117,05	122,14	120,26	127,03
	kotłownia na olej opałowy	124,75	131,77	129,19	138,52
	MPCE	129,31	137,47	134,47	145,32
WT2017	kotłownia węglowa	134,42	144,14	140,50	153,19
	kotłownia gazowa	115,47	120,29	118,49	124,79
	kotłownia na olej opałowy	122,57	129,23	126,73	135,43
	MPCE	126,77	134,52	131,61	141,73
WT2021	kotłownia węglowa	130,68	139,58	136,27	147,82
	kotłownia gazowa	113,61	118,03	116,39	122,12
	kotłownia na olej opałowy	120,00	126,11	123,84	131,75
	MPCE	123,79	130,89	128,25	137,45

Roczne koszty emisji CO₂ wynoszą:

Tabl. 467. Roczna koszty emisji CO₂

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2014	kotłownia węglowa	10 077,51 zł	10 827,83 zł	10 551,64 zł	11 549,12 zł
	kotłownia gazowa	8 572,12 zł	8 944,77 zł	8 807,60 zł	9 303,00 zł
	kotłownia na olej opałowy	9 136,08 zł	9 650,20 zł	9 460,96 zł	10 144,44 zł
	MPEC	9 469,95 zł	10 067,84 zł	9 847,76 zł	10 642,60 zł
WT2017	kotłownia węglowa	9 844,30 zł	10 556,04 zł	10 289,48 zł	11 218,66 zł
	kotłownia gazowa	8 456,30 zł	8 809,78 zł	8 677,40 zł	9 138,87 zł
	kotłownia na olej opałowy	8 976,28 zł	9 463,97 zł	9 281,32 zł	9 918,01 zł
	MPEC	9 284,11 zł	9 851,26 zł	9 638,85 zł	10 379,27 zł
WT2021	kotłownia węglowa	9 570,10 zł	10 222,51 zł	9 979,83 zł	10 825,99 zł
	kotłownia gazowa	8 320,12 zł	8 644,14 zł	8 523,61 zł	8 943,85 zł
	kotłownia na olej opałowy	8 788,39 zł	9 235,43 zł	9 069,14 zł	9 648,94 zł
	MPEC	9 065,62 zł	9 585,49 zł	9 392,11 zł	10 066,37 zł

Roczne koszty użytkowania budynku z uwzględnieniem kosztów emisji CO₂ wynoszą:

Tabl. 468. Roczna koszty użytkowania z uwzględnieniem kosztów emisji CO₂

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2014	kotłownia węglowa	88 977,67 zł	92 880,38 zł	91 443,82 zł	96 632,14 zł
	kotłownia gazowa	95 594,42 zł	101 157,14 zł	99 109,54 zł	106 504,71 zł
	kotłownia na olej opałowy	104 393,18 zł	112 163,34 zł	109 303,19 zł	119 632,96 zł
	MPEC	94 885,45 zł	100 270,31 zł	98 288,18 zł	105 446,89 zł
WT2017	kotłownia węglowa	87 764,64 zł	91 466,71 zł	90 080,19 zł	94 913,28 zł
	kotłownia gazowa	93 865,42 zł	99 142,16 zł	97 165,90 zł	104 054,74 zł
	kotłownia na olej opałowy	101 978,07 zł	109 348,76 zł	106 588,26 zł	116 210,78 zł
	MPEC	93 211,74 zł	98 319,76 zł	96 406,68 zł	103 075,25 zł
WT2021	kotłownia węglowa	86 338,43 zł	89 731,89 zł	88 469,57 zł	92 870,81 zł
	kotłownia gazowa	91 832,58 zł	96 669,44 zł	94 870,19 zł	101 143,50 zł
	kotłownia na olej opałowy	99 138,54 zł	105 894,79 zł	103 381,55 zł	112 144,28 zł
	MPEC	91 243,90 zł	95 926,10 zł	94 184,38 zł	100 257,10 zł

7. Wyliczenie poziomu kosztów minimalnych

Dla potrzeb obliczeń optymalnych pod względem kosztów poziomów wymagań minimalnych stosuje się ramy metodologii porównawczej.

Przyjęto następujące założenia:

20. Rok zerowy - 2016
21. Okres obliczeniowy – 30 lat
22. Poziomy stopy dyskontowej 2,83% (bazowy) oraz 2,66% i 3,00% (porównawcze)
23. Amortyzacja 1,5%
24. Koszty emisji CO₂

Tabl. 469. Zmiana poziomu opłaty za emisję 1 t CO₂

Cena emisji	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Euro	16,5	20	36	50	52	51	50
zł	73,24	88,77	159,79	221,93	230,80	226,36	221,93

25. indeks wzrostu cen energii

Tabl. 470. Indeks wzrostu cen energii

węgiel	gaz	olej opałowy	ciepło sieciowe	biomasa	energia el.
3,0%	5,0%	5,5%	2,0%	3,0%	2,5%

7.1. Analiza finansowa

Tabl. 471. Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 2,66%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	- 71 725,85 zł	-76 845,52 zł	- 75 568,40 zł	- 84 632,89 zł
	kotłownia gazowa	- 110 716,60 zł	- 122 285,35 zł	-119 399,48 zł	- 139 882,25 zł
	kotłownia na olej opałowy	- 146 959,14 zł	- 164 522,41 zł	-160 141,18 zł	- 191 237,43 zł
	MPEC	- 81 225,57 zł	- 87 916,49 zł	- 86 247,41 zł	- 98 093,86 zł
WT2021	kotłownia węglowa	83 319,20 zł	70 324,60 zł	74 770,71 zł	54 686,86 zł
	kotłownia gazowa	- 1 514,20 zł	-30 877,73 zł	- 20 830,99 zł	- 66 213,87 zł
	kotłownia na olej opałowy	- 80 368,23 zł	-124 946,93 zł	-109 694,31 zł	- 178 593,05 zł
	MPEC	62 650,38 zł	45 667,65 zł	51 478,29 zł	25 230,58 zł

Tabl. 472. Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 2,83%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	-70 988,68 zł	-75 977,18 zł	-74 732,78 zł	-83 565,05 zł
	kotłownia gazowa	-108 819,53 zł	-120 065,26 zł	-117 259,97 zł	-137 170,84 zł
	kotłownia na olej opałowy	-143 990,93 zł	-161 054,02 zł	-156 797,56 zł	-187 008,23 zł
	MPCE	-80 292,69 zł	-86 820,07 zł	-85 191,79 zł	-96 748,70 zł
WT2021	kotłownia węglowa	85 250,87 zł	72 589,18 zł	76 921,38 zł	57 352,07 zł
	kotłownia gazowa	2 941,11 zł	-25 602,55 zł	-15 836,33 zł	-59 952,07 zł
	kotłownia na olej opałowy	-73 582,42 zł	-116 891,57 zł	-102 073,33 zł	-169 009,93 zł
	MPCE	65 007,85 zł	48 440,20 zł	54 108,83 zł	28 502,64 zł

Tabl. 473. Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 3,00%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	-70 277,30 zł	-75 139,20 zł	-73 926,38 zł	-82 534,50 zł
	kotłownia gazowa	-106 991,53 zł	-117 925,98 zł	-115 198,33 zł	-134 558,06 zł
	kotłownia na olej opałowy	-141 131,73 zł	-157 712,98 zł	-153 576,72 zł	-182 934,26 zł
	MPEC	-79 391,60 zł	-85 761,01 zł	-84 172,13 zł	-95 449,34 zł
WT2021	kotłownia węglowa	87 115,86 zł	74 775,50 zł	78 997,76 zł	59 925,08 zł
	kotłownia gazowa	7 235,55 zł	-20 518,00 zł	-11 022,12 zł	-53 916,71 zł
	kotłownia na olej opałowy	-67 044,36 zł	-109 130,50 zł	-94 730,71 zł	-159 777,08 zł
	MPEC	67 285,59 zł	51 118,91 zł	56 650,34 zł	31 663,88 zł

7.2. Analiza Makroekonomiczna (uwzględniająca koszty emisji CO₂)

Tabl. 474. Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 2,66%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	-261 078,26 zł	-281 110,31 zł	-274 519,73 zł	-304 062,24 zł
	kotłownia gazowa	-268 614,10 zł	-287 589,05 zł	-282 064,26 zł	-312 717,40 zł
	kotłownia na olej opałowy	-316 640,34 zł	-344 421,80 zł	-336 399,71 zł	-381 527,79 zł
	MPEC	-257 882,99 zł	-276 456,86 zł	-270 553,75 zł	-298 718,11 zł
WT2021	kotłownia węglowa	-116 560,05 zł	-146 744,94 zł	-136 068,71 zł	-179 818,02 zł
	kotłownia gazowa	-164 639,84 zł	-202 540,87 zł	-189 399,96 zł	-246 536,24 zł
	kotłownia na olej opałowy	-257 262,58 zł	-313 620,31 zł	-294 098,73 zł	-379 213,38 zł
	MPEC	-122 395,37 zł	-153 076,19 zł	-142 301,07 zł	-187 406,61 zł

Tabl. 475. Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 2,83%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	-253 686,03 zł	-273 068,35 zł	-266 696,39 zł	-295 298,78 zł
	kotłownia gazowa	-261 145,88 zł	-279 540,28 zł	-274 188,39 zł	-303 918,05 zł
	kotłownia na olej opałowy	-307 694,92 zł	-334 620,88 zł	-326 850,94 zł	-370 608,38 zł
	MPEC	-250 732,51 zł	-268 729,63 zł	-263 015,45 zł	-290 326,18 zł
WT2021	kotłownia węglowa	-107 675,10 zł	-136 943,98 zł	-126 593,53 zł	-169 030,11 zł
	kotłownia gazowa	-154 465,28 zł	-191 256,86 zł	-178 501,69 zł	-233 974,40 zł
	kotłownia na olej opałowy	-244 295,22 zł	-298 983,86 zł	-280 041,83 zł	-362 647,41 zł
	MPEC	-113 582,66 zł	-143 383,76 zł	-132 919,49 zł	-176 747,47 zł

Tabl. 480. Zdyskontowane skorygowane koszty (stopa dyskonta 3,00%)

	Stan bazowy	Szczecin	Kraków	Warszawa	Zakopane
WT2017	kotłownia węglowa	-246 578,01 zł	-265 335,24 zł	-259 173,56 zł	-286 871,26 zł
	kotłownia gazowa	-253 963,32 zł	-271 798,86 zł	-266 613,37 zł	-295 453,90 zł
	kotłownia na olej opałowy	-299 090,78 zł	-325 193,31 zł	-317 666,02 zł	-360 104,02 zł
	MPEC	-243 855,36 zł	-261 297,28 zł	-255 764,90 zł	-282 253,64 zł
WT2021	kotłownia węglowa	-99 126,04 zł	-127 512,89 zł	-117 476,11 zł	-158 648,48 zł
	kotłownia gazowa	-144 673,51 zł	-180 396,52 zł	-168 012,87 zł	-221 883,22 zł
	kotłownia na olej opałowy	-231 815,26 zł	-284 896,69 zł	-266 512,71 zł	-346 702,10 zł
	MPEC	-105 099,82 zł	-134 053,15 zł	-123 888,41 zł	-166 485,02 zł

OBLICZENIE KOSZTU CAŁKOWITEGO

Obliczono koszt całkowity dla wariantów zakładając średnią cenę energii. Początkowy koszt inwestycji zawiera koszt wybudowania budynku. Sposób ogrzewania budynku wpływa na koszty inwestycyjne i stanowi korektę do wartości bazowej odniesionej dla kotłowni węglowej. Koszty bieżące zostały wskaźnikowo, jako koszty nie związane z ogrzewaniem, przygotowaniem c.w.u. czy oświetleniem (w przypadku budynku biurowego). Cykl życia budynku został oparty na stawkach wynikających z amortyzacji tj. 1,5% dla budynków mieszkalnych i 2,5% dla budynków niemieszkalnych. Stąd cykle życia budynków wynoszą odpowiednio 66,67 lat oraz 40 lat. Uznano, iż koszty usunięcia nie mają tu zastosowania, gdyż w ocenianym okresie nie zakłada się konieczności usunięcia budynku. Z kolei amortyzacja wpływa na wartość rezydualną stanowiącą różnicę pomiędzy początkowym kosztem inwestycji, a odpisami amortyzacyjnymi prowadzonymi przez okres obliczeniowy (30 lat).

Jako wartość bazową do obliczeń przyjęto standard zgodny z WT2014. Zakres optymalny zawiera standard zgodny z WT2021 (w zakresie maksymalnych wartości współczynników U obowiązujących od 2021 roku), co wynika z poprzedniej analizy kosztu optymalnego.

Tabela 6
do Rozporządzenia Delegowanego Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012
Dane wyjściowe oraz obliczenia kosztu całkowitego w odniesieniu
makroekonomicznym a) Obiekt referencyjny: Budynek jednorodzinny

Wariant	Początkowy koszt inwestycji (w powiązaniu z rokiem zerowym)	Roczne koszty bieżące	Okres obliczeniowy 30 lat	Koszty emisji gazów cieplarnianych (tylko w przypadku obliczenia makroekonomicznego)	Wartość rezydualna	Stopa dyskontowa (różne stopy dla obliczenia makroekonomicznego i finansowego)	Szacunkowy ekonomiczny cykl życia	Koszty usunięcia (jeśli mają zastosowanie)	Obliczony koszt całkowity
			Koszty energii według paliwa przy założeniu, że ceny energii pozostają na średnim poziomie						
Szczecin									
kotłownia węglowa	546 817,41 zł	4 901,40 zł	2 771,04 zł	642,72 zł	300 749,58 zł	2,83	66,67 lat	- zł	495 522,61 zł
kotłownia gazowa	554 817,41 zł	4 901,40 zł	4 479,32 zł	326,10 zł	305 149,58 zł	2,83	66,67 lat	- zł	540 872,44 zł
kotłownia na olej opałowy	556 817,41 zł	4 901,40 zł	6 211,29 zł	444,72 zł	306 249,58 zł	2,83	66,67 lat	- zł	597 290,15 zł
MPCE	551 817,41 zł	4 901,40 zł	4 182,32 zł	520,05 zł	303 499,58 zł	2,83	66,67 lat	- zł	536 431,00 zł
Kraków									
kotłownia węglowa	546 817,41 zł	4 901,40 zł	2 946,85 zł	684,57 zł	300 749,58 zł	2,83	66,67 lat	- zł	502 052,42 zł
kotłownia gazowa	554 817,41 zł	4 901,40 zł	4 768,78 zł	346,89 zł	305 149,58 zł	2,83	66,67 lat	- zł	550 179,70 zł
kotłownia na olej opałowy	556 817,41 zł	4 901,40 zł	6 615,98 zł	473,39 zł	306 249,58 zł	2,83	66,67 lat	- zł	610 290,78 zł
MPCE	551 817,41 zł	4 901,40 zł	4 452,02 zł	553,74 zł	303 499,58 zł	2,83	66,67 lat	- zł	545 532,59 zł
Warszawa									
kotłownia węglowa	546 817,41 zł	4 901,40 zł	2 933,56 zł	681,41 zł	300 749,58 zł	2,83	66,67 lat	- zł	501 558,85 zł
kotłownia gazowa	554 817,41 zł	4 901,40 zł	4 746,90 zł	345,32 zł	305 149,58 zł	2,83	66,67 lat	- zł	549 476,19 zł
kotłownia na olej opałowy	556 817,41 zł	4 901,40 zł	6 585,39 zł	471,22 zł	306 249,58 zł	2,83	66,67 lat	- zł	609 308,11 zł
MPCE	551 817,41 zł	4 901,40 zł	4 431,64 zł	551,19 zł	303 499,58 zł	2,83	66,67 lat	- zł	544 844,63 zł
Zakopane									
kotłownia węglowa	546 817,41 zł	4 901,40 zł	3 274,30 zł	762,51 zł	300 749,58 zł	2,83	66,67 lat	- zł	514 214,01 zł
kotłownia gazowa	554 817,41 zł	4 901,40 zł	5 307,89 zł	385,59 zł	305 149,58 zł	2,83	66,67 lat	- zł	567 514,22 zł
kotłownia na olej opałowy	556 817,41 zł	4 901,40 zł	7 369,68 zł	526,79 zł	306 249,58 zł	2,83	66,67 lat	- zł	634 504,11 zł
MPCE	551 817,41 zł	4 901,40 zł	4 954,33 zł	616,48 zł	303 499,58 zł	2,83	66,67 lat	- zł	562 484,08 zł

Tabela 6
do Rozporządzenia Delegowanego Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012
Dane wyjściowe oraz obliczenia kosztu całkowitego w odniesieniu
makroekonomicznym b) Obiekt referencyjny: Budynek wielorodzinny

Wariant	Początkowy koszt inwestycji (w powiązaniu z rokiem zerowym)	Roczne koszty bieżące	Okres obliczeniowy 30 lat	Koszty emisji gazów cieplarnianych (tylko w przypadku obliczenia makroekonomicznego)	Wartość rezydualna	Stopa dyskontowa (różne stopy dla obliczenia makroekonomicznego i finansowego)	Szacunkowy ekonomiczny cykl życia	Koszty usunięcia (jeśli mają zastosowanie)	Obliczony koszt całkowity
			Koszty energii według paliwa przy założeniu, że ceny energii pozostają na średnim poziomie						
Szczecin									
kotłownia węglowa	14 778 713,75 zł	140 181,84 zł	52 938,74 zł	12 001,56 zł	8 128 292,56 zł	2,83	66,67 lat	- zł	12 804 085,28 zł
kotłownia gazowa	14 848 713,75 zł	140 181,84 zł	84 208,26 zł	6 205,94 zł	8 166 792,56 zł	2,83	66,67 lat	- zł	13 599 802,51 zł
kotłownia na olej opałowy	14 868 713,75 zł	140 181,84 zł	115 911,56 zł	8 377,11 zł	8 177 792,56 zł	2,83	66,67 lat	- zł	14 625 036,45 zł
MPCE	14 818 713,75 zł	140 181,84 zł	78 771,83 zł	9 756,11 zł	8 150 292,56 zł	2,83	66,67 lat	- zł	13 529 714,68 zł
Kraków									
kotłownia węglowa	14 778 713,75 zł	140 181,84 zł	56 642,08 zł	12 883,01 zł	8 128 292,56 zł	2,83	66,67 lat	- zł	12 941 629,20 zł
kotłownia gazowa	14 848 713,75 zł	140 181,84 zł	90 305,43 zł	6 643,71 zł	8 166 792,56 zł	2,83	66,67 lat	- zł	13 795 850,64 zł
kotłownia na olej opałowy	14 868 713,75 zł	140 181,84 zł	124 435,75 zł	8 981,09 zł	8 177 792,56 zł	2,83	66,67 lat	- zł	14 898 881,78 zł
MPCE	14 818 713,75 zł	140 181,84 zł	84 452,82 zł	10 465,66 zł	8 150 292,56 zł	2,83	66,67 lat	- zł	13 721 430,76 zł
Warszawa									
kotłownia węglowa	14 778 713,75 zł	140 181,84 zł	55 509,49 zł	12 613,44 zł	8 128 292,56 zł	2,83	66,67 lat	- zł	12 899 564,28 zł
kotłownia gazowa	14 848 713,75 zł	140 181,84 zł	88 440,74 zł	6 509,83 zł	8 166 792,56 zł	2,83	66,67 lat	- zł	13 735 893,43 zł
kotłownia na olej opałowy	14 868 713,75 zł	140 181,84 zł	121 828,81 zł	8 796,38 zł	8 177 792,56 zł	2,83	66,67 lat	- zł	14 815 131,93 zł
MPCE	14 818 713,75 zł	140 181,84 zł	82 715,41 zł	10 248,66 zł	8 150 292,56 zł	2,83	66,67 lat	- zł	13 662 798,42 zł
Zakopane									
kotłownia węglowa	14 778 713,75 zł	140 181,84 zł	59 669,19 zł	13 603,51 zł	8 128 292,56 zł	2,83	66,67 lat	- zł	13 054 057,12 zł
kotłownia gazowa	14 848 713,75 zł	140 181,84 zł	95 289,23 zł	7 001,55 zł	8 166 792,56 zł	2,83	66,67 lat	- zł	13 956 099,70 zł
kotłownia na olej opałowy	14 868 713,75 zł	140 181,84 zł	131 403,40 zł	9 474,79 zł	8 177 792,56 zł	2,83	66,67 lat	- zł	15 122 722,00 zł
MPCE	14 818 713,75 zł	140 181,84 zł	89 096,43 zł	11 045,65 zł	8 150 292,56 zł	2,83	66,67 lat	- zł	13 878 138,81 zł

Tabela 6
do Rozporządzenia Delegowanego Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012
Dane wyjściowe oraz obliczenia kosztu całkowitego w odniesieniu
makroekonomiczny c) Obiekt referencyjny: Budynek biurowy

Wariant	Początkowy koszt inwestycji (w powiązaniu z rokiem zerowym)	Roczne koszty bieżące	Okres obliczeniowy 30 lat	Koszty emisji gazów cieplarnianych (tylko w przypadku obliczenia makroekonomicznego)	Wartość rezydualna	Stopa dyskontowa (różne stopy dla obliczenia makroekonomicznego i finansowego)	Szacunkowy ekonomiczny cykl życia	Koszty usunięcia (jeśli mają zastosowanie)	Obliczony koszt całkowity
			Koszty energii według paliwa przy założeniu, że ceny energii pozostają na średnim poziomie						
Szczecin									
kotłownia węglowa	8 745 145,19 zł	58 428,60 zł	78 900,16 zł	10 077,51 zł	2 186 286,30 zł	2,83	40 lat	- zł	10 981 047,01 zł
kotłownia gazowa	8 795 145,19 zł	58 428,60 zł	87 022,30 zł	8 572,12 zł	2 198 786,30 zł	2,83	40 lat	- zł	11 217 049,44 zł
kotłownia na olej opałowy	8 810 145,19 zł	58 428,60 zł	95 257,11 zł	9 136,08 zł	2 202 536,30 zł	2,83	40 lat	- zł	11 492 262,22 zł
MPCE	8 785 145,19 zł	58 428,60 zł	85 415,51 zł	9 469,95 zł	2 196 286,30 zł	2,83	40 lat	- zł	11 188 280,41 zł
Kraków									
kotłownia węglowa	8 745 145,19 zł	58 428,60 zł	82 052,55 zł	10 827,83 zł	2 186 286,30 zł	2,83	40 lat	- zł	11 098 128,15 zł
kotłownia gazowa	8 795 145,19 zł	58 428,60 zł	92 212,37 zł	8 944,77 zł	2 198 786,30 zł	2,83	40 lat	- zł	11 383 930,96 zł
kotłownia na olej opałowy	8 810 145,19 zł	58 428,60 zł	102 513,13 zł	9 650,20 zł	2 202 536,30 zł	2,83	40 lat	- zł	11 725 366,84 zł
MPCE	8 785 145,19 zł	58 428,60 zł	90 202,47 zł	10 067,84 zł	2 196 286,30 zł	2,83	40 lat	- zł	11 349 825,95 zł
Warszawa									
kotłownia węglowa	8 745 145,19 zł	58 428,60 zł	80 892,18 zł	10 551,64 zł	2 186 286,30 zł	2,83	40 lat	- zł	11 055 031,33 zł
kotłownia gazowa	8 795 145,19 zł	58 428,60 zł	90 301,94 zł	8 807,60 zł	2 198 786,30 zł	2,83	40 lat	- zł	11 322 502,94 zł
kotłownia na olej opałowy	8 810 145,19 zł	58 428,60 zł	99 842,24 zł	9 460,96 zł	2 202 536,30 zł	2,83	40 lat	- zł	11 639 562,52 zł
MPCE	8 785 145,19 zł	58 428,60 zł	88 440,42 zł	9 847,76 zł	2 196 286,30 zł	2,83	40 lat	- zł	11 290 362,08 zł
Zakopane									
kotłownia węglowa	8 745 145,19 zł	58 428,60 zł	85 083,02 zł	11 549,12 zł	2 186 286,30 zł	2,83	40 lat	- zł	11 210 680,91 zł
kotłownia gazowa	8 795 145,19 zł	58 428,60 zł	97 201,71 zł	9 303,00 zł	2 198 786,30 zł	2,83	40 lat	- zł	11 544 357,95 zł
kotłownia na olej opałowy	8 810 145,19 zł	58 428,60 zł	109 488,52 zł	10 144,44 zł	2 202 536,30 zł	2,83	40 lat	- zł	11 949 455,60 zł
MPCE	8 785 145,19 zł	58 428,60 zł	94 804,28 zł	10 642,60 zł	2 196 286,30 zł	2,83	40 lat	- zł	11 505 123,35 zł

Tabela 6
do Rozporządzenia Delegowanego Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012
Dane wyjściowe oraz obliczenia kosztu całkowitego w odniesieniu finansowym

a) Obiekt referencyjny: Budynek jednorodzinny

Wariant	Początkowy koszt inwestycji (w powiązaniu z rokiem zerowym)	Roczne koszty bieżące	Okres obliczeniowy 30 lat	Koszty emisji gazów cieplarnianych (tylko w przypadku obliczenia makroekonomicznego)	Wartość rezydualna	Stopa dyskontowa (różne stopy dla obliczenia makroekonomicznego i finansowego)	Szacunkowy ekonomiczny cykl życia	Koszty usunięcia (jeśli mają zastosowanie)	Obliczony koszt całkowity
			Koszty energii według paliwa przy założeniu, że ceny energii pozostają na średnim poziomie						
Szczecin									
kotłownia węglowa	546 817,41 zł	4 901,40 zł	2 771,04 zł	- zł	300 749,58 zł	2,83	66,67 lat	zł -	476 240,92 zł
kotłownia gazowa	554 817,41 zł	4 901,40 zł	4 479,32 zł	- zł	305 149,58 zł	2,83	66,67 lat	zł -	531 089,33 zł
kotłownia na olej opałowy	556 817,41 zł	4 901,40 zł	6 211,29 zł	- zł	306 249,58 zł	2,83	66,67 lat	zł -	583 948,67 zł
MPCE	551 817,41 zł	4 901,40 zł	4 182,32 zł	- zł	303 499,58 zł	2,83	66,67 lat	zł -	520 829,43 zł
Kraków									
kotłownia węglowa	546 817,41 zł	4 901,40 zł	2 946,85 zł	- zł	300 749,58 zł	2,83	66,67 lat	zł -	481 515,34 zł
kotłownia gazowa	554 817,41 zł	4 901,40 zł	4 768,78 zł	- zł	305 149,58 zł	2,83	66,67 lat	zł -	539 773,10 zł
kotłownia na olej opałowy	556 817,41 zł	4 901,40 zł	6 615,98 zł	- zł	306 249,58 zł	2,83	66,67 lat	zł -	596 089,09 zł
MPCE	551 817,41 zł	4 901,40 zł	4 452,02 zł	- zł	303 499,58 zł	2,83	66,67 lat	zł -	528 920,46 zł
Warszawa									
kotłownia węglowa	546 817,41 zł	4 901,40 zł	2 933,56 zł	- zł	300 749,58 zł	2,83	66,67 lat	zł -	481 116,66 zł
kotłownia gazowa	554 817,41 zł	4 901,40 zł	4 746,90 zł	- zł	305 149,58 zł	2,83	66,67 lat	zł -	539 116,72 zł
kotłownia na olej opałowy	556 817,41 zł	4 901,40 zł	6 585,39 zł	- zł	306 249,58 zł	2,83	66,67 lat	zł -	595 171,43 zł
MPCE	551 817,41 zł	4 901,40 zł	4 431,64 zł	- zł	303 499,58 zł	2,83	66,67 lat	zł -	528 308,89 zł
Zakopane									
kotłownia węglowa	546 817,41 zł	4 901,40 zł	3 274,30 zł	- zł	300 749,58 zł	2,83	66,67 lat	zł -	491 338,80 zł
kotłownia gazowa	554 817,41 zł	4 901,40 zł	5 307,89 zł	- zł	305 149,58 zł	2,83	66,67 lat	zł -	555 946,40 zł
kotłownia na olej opałowy	556 817,41 zł	4 901,40 zł	7 369,68 zł	- zł	306 249,58 zł	2,83	66,67 lat	zł -	618 700,30 zł
MPCE	551 817,41 zł	4 901,40 zł	4 954,33 zł	- zł	303 499,58 zł	2,83	66,67 lat	zł -	543 989,79 zł

Tabela 6 do Rozporządzenia Delegowanego Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012 Dane wyjściowe oraz obliczenia kosztu całkowitego w odniesieniu finansowym b) Obiekt referencyjny: Budynek wielorodzinny

Wariant	Początkowy koszt inwestycji (w powiązaniu z rokiem zerowym)	Roczne koszty bieżące	Okres obliczeniowy 30 lat	Koszty emisji gazów cieplarnianych (tylko w przypadku obliczenia makroekonomicznego)	Wartość rezydualna	Stopa dyskontowa (różne stopy dla obliczenia makroekonomicznego i finansowego)	Szacunkowy ekonomiczny cykl życia	Koszty usunięcia (jeśli mają zastosowanie)	Obliczony koszt całkowity
			Koszty energii według paliwa przy założeniu, że ceny energii pozostają na średnim poziomie						
Szczecin									
kotłownia węglowa	14 778 713,75 zł	140 181,84 zł	52 938,74 zł	- zł	8 128 292,56 zł	2,83	66,67 lat	zł -	12 444 038,47 zł
kotłownia gazowa	14 848 713,75 zł	140 181,84 zł	84 208,26 zł	- zł	8 166 792,56 zł	2,83	66,67 lat	zł -	13 413 624,20 zł
kotłownia na olej opałowy	14 868 713,75 zł	140 181,84 zł	115 911,56 zł	- zł	8 177 792,56 zł	2,83	66,67 lat	zł -	14 373 723,18 zł
MPCE	14 818 713,75 zł	140 181,84 zł	78 771,83 zł	- zł	8 150 292,56 zł	2,83	66,67 lat	zł -	13 237 031,31 zł
Kraków									
kotłownia węglowa	14 778 713,75 zł	140 181,84 zł	56 642,08 zł	- zł	8 128 292,56 zł	2,83	66,67 lat	zł -	12 555 138,87 zł
kotłownia gazowa	14 848 713,75 zł	140 181,84 zł	90 305,43 zł	- zł	8 166 792,56 zł	2,83	66,67 lat	zł -	13 596 539,21 zł
kotłownia na olej opałowy	14 868 713,75 zł	140 181,84 zł	124 435,75 zł	- zł	8 177 792,56 zł	2,83	66,67 lat	zł -	14 629 449,03 zł
MPCE	14 818 713,75 zł	140 181,84 zł	84 452,82 zł	- zł	8 150 292,56 zł	2,83	66,67 lat	zł -	13 407 460,85 zł
Warszawa									
kotłownia węglowa	14 778 713,75 zł	140 181,84 zł	55 509,49 zł	- zł	8 128 292,56 zł	2,83	66,67 lat	zł -	12 521 161,15 zł
kotłownia gazowa	14 848 713,75 zł	140 181,84 zł	88 440,74 zł	- zł	8 166 792,56 zł	2,83	66,67 lat	zł -	13 540 598,49 zł
kotłownia na olej opałowy	14 868 713,75 zł	140 181,84 zł	121 828,81 zł	- zł	8 177 792,56 zł	2,83	66,67 lat	zł -	14 551 240,64 zł
MPCE	14 818 713,75 zł	140 181,84 zł	82 715,41 zł	- zł	8 150 292,56 zł	2,83	66,67 lat	zł -	13 355 338,55 zł
Zakopane									
kotłownia węglowa	14 778 713,75 zł	140 181,84 zł	59 669,19 zł	- zł	8 128 292,56 zł	2,83	66,67 lat	zł -	12 645 951,96 zł
kotłownia gazowa	14 848 713,75 zł	140 181,84 zł	95 289,23 zł	- zł	8 166 792,56 zł	2,83	66,67 lat	zł -	13 746 053,31 zł
kotłownia na olej opałowy	14 868 713,75 zł	140 181,84 zł	131 403,40 zł	- zł	8 177 792,56 zł	2,83	66,67 lat	zł -	14 838 478,44 zł
MPCE	14 818 713,75 zł	140 181,84 zł	89 096,43 zł	- zł	8 150 292,56 zł	2,83	66,67 lat	zł -	13 546 769,36 zł

Tabela 6 do Rozporządzenia Delegowanego Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012 Dane wyjściowe oraz obliczenia kosztu całkowitego w odniesieniu finansowym c) Obiekt referencyjny: Budynek biurowy

Wariant	Początkowy koszt inwestycji (w powiązaniu z rokiem zerowym)	Roczne koszty bieżące	Okres obliczeniowy 30 lat	Koszty emisji gazów cieplarnianych (tylko w przypadku obliczenia makroekonomicznego)	Wartość rezydualna	Stopa dyskontowa (różne stopy dla obliczenia makroekonomicznego i finansowego)	Szacunkowy ekonomiczny cykl życia	Koszty usunięcia (jeśli mają zastosowanie)	Obliczony koszt całkowity
			Koszty energii według paliwa przy założeniu, że ceny energii pozostają na średnim poziomie						
Szczecin									
kotłownia węglowa	8 745 145,19 zł	58 428,60 zł	78 900,16 zł	- zł	2 186 286,30 zł	2,83	40 lat	zł -	10 678 721,63 zł
kotłownia gazowa	8 795 145,19 zł	58 428,60 zł	87 022,30 zł	- zł	2 198 786,30 zł	2,83	40 lat	zł -	10 959 885,72 zł
kotłownia na olej opałowy	8 810 145,19 zł	58 428,60 zł	95 257,11 zł	- zł	2 202 536,30 zł	2,83	40 lat	zł -	11 218 179,95 zł
MPCE	8 785 145,19 zł	58 428,60 zł	85 415,51 zł	- zł	2 196 286,30 zł	2,83	40 lat	zł -	10 904 181,97 zł
Kraków									
kotłownia węglowa	8 745 145,19 zł	58 428,60 zł	82 052,55 zł	- zł	2 186 286,30 zł	2,83	40 lat	zł -	10 773 293,33 zł
kotłownia gazowa	8 795 145,19 zł	58 428,60 zł	92 212,37 zł	- zł	2 198 786,30 zł	2,83	40 lat	zł -	11 115 587,97 zł
kotłownia na olej opałowy	8 810 145,19 zł	58 428,60 zł	102 513,13 zł	- zł	2 202 536,30 zł	2,83	40 lat	zł -	11 435 860,77 zł
MPCE	8 785 145,19 zł	58 428,60 zł	90 202,47 zł	- zł	2 196 286,30 zł	2,83	40 lat	zł -	11 047 790,84 zł
Warszawa									
kotłownia węglowa	8 745 145,19 zł	58 428,60 zł	80 892,18 zł	- zł	2 186 286,30 zł	2,83	40 lat	zł -	10 738 482,09 zł
kotłownia gazowa	8 795 145,19 zł	58 428,60 zł	90 301,94 zł	- zł	2 198 786,30 zł	2,83	40 lat	zł -	11 058 274,97 zł
kotłownia na olej opałowy	8 810 145,19 zł	58 428,60 zł	99 842,24 zł	- zł	2 202 536,30 zł	2,83	40 lat	zł -	11 355 733,86 zł
MPCE	8 785 145,19 zł	58 428,60 zł	88 440,42 zł	- zł	2 196 286,30 zł	2,83	40 lat	zł -	10 994 929,34 zł
Zakopane									
kotłownia węglowa	8 745 145,19 zł	58 428,60 zł	85 083,02 zł	- zł	2 186 286,30 zł	2,83	40 lat	zł -	10 864 207,25 zł
kotłownia gazowa	8 795 145,19 zł	58 428,60 zł	97 201,71 zł	- zł	2 198 786,30 zł	2,83	40 lat	zł -	11 265 268,09 zł
kotłownia na olej opałowy	8 810 145,19 zł	58 428,60 zł	109 488,52 zł	- zł	2 202 536,30 zł	2,83	40 lat	zł -	11 645 122,29 zł
MPCE	8 785 145,19 zł	58 428,60 zł	94 804,28 zł	- zł	2 196 286,30 zł	2,83	40 lat	zł -	11 185 845,32 zł

POZIOM OPTYMALNY POD WZGLĘDEM KOSZTÓW DLA BUDYNKÓW REFERENCYJNYCH

Sformułowano optymalny ekonomicznie poziom charakterystyki energetycznej wyrażony jako energia pierwotna (w kWh/m²rok) dla każdego przypadku w odniesieniu do budynków referencyjnych. Poziomy określono na poziomie finansowym. Przeprowadzone analizy modeli budynków uzasadniają konieczność wprowadzenia zmian w wartości energii pierwotnej dla poszczególnych grup budynków. Proponuje się zastąpienie WT2017 i WT2021 jedną grupą wytycznych np. WT2019 przy założeniu współczynników izolacyjności przegród na poziomie WT2021. Maksymalna wartość wskaźnika EP określającego roczne obliczeniowe zapotrzebowanie budynku na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji, chłodzenia, przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz oświetlenia wyraża się poniższym wzorem:

$$EP = EP_{H+W} + \Delta EP_C + \Delta EP_L \text{ [kWh/(m}^2 \text{ rok)]}$$

gdzie:

EP_{H+W} - cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej,

ΔEP_C - cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby chłodzenia,

ΔEP_L - cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby oświetlenia.

EP_{H+W} . Cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej

Za punkt wyjścia do określenia wskaźników przyjęto jako źródła ogrzewania i przygotowania c.w.u. gazowy lub olejowy kocioł kondensacyjny. Optymalizacja przeprowadzona została tak, aby możliwe do spełnienia były te wymagania we wszystkich przypadkach dla stacji Szczecin, Kraków i Warszawa. W niektórych przypadkach podane wartości mogą być niższe, niż dla stacji klimatycznej Zakopane. Dla tej lokalizacji albo będzie konieczne zwiększenie grubości ocieplenia albo częściowe wytwarzanie energii za pomocą OZE. Rozgraniczenie wartości wskaźników dla przychodni i szpitali wynika z różnego poziomu zużycia c.w.u. z uwagi na odmienną funkcję obiektu.

L.p.	Rodzaj Budynku	Cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP_{H+W} na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej [kWh/(m ² rok)]
Budynki mieszkalne i zamieszkania zbiorowego		
1	Budynek mieszkalny jednorodzinny	140
2	Budynek mieszkalny wielorodzinny	100
3	Budynek zamieszkania zbiorowego	140
Budynki użyteczności publicznej		
4	Przedszkola i żłobki	90

5	Szkoły	70
6	Przychodzenie, gabinety lekarskie	200
7	Szpitala, sanatoria	280
8	Budynki biurowe (w tym sady, urzędy itp.)	60
9	Obiekty sportowe widowiskowe	80
10	Pozostałe obiekty	70

Uwagi:

ΔEP_C - cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby chłodzenia

Nie proponuje się zmian tego wskaźnika.

ΔEP_L - cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby oświetlenia

Dla budynku biurowego o powierzchni $A_F=2\ 963,10\ m^2$, uzyskano następujące wyniki zapotrzebowania na energię dla potrzeb oświetlenia:

L.p.	Wielkość	Wartość
1	Czas użytkowania	2500 h
2	Rodzaj regulacji	Ręczna
3	Średnie natężenie oświetlenia	288 lx
4	Rodzaj oświetlenia	Świetlówka
5	Skuteczność świetlna	104 lm/W
6	Moc opraw oświetleniowych	14,05 W
7	LENI	29,77 kWh/(m ² rok)
8	Cząstkowa wartość EP na potrzeby oświetlenia	89,31 kWh/(m ² rok)

W przypadku oświetlenia proponujemy pozostawienie wartości jak dla WT2017 tj.

Dla $t_0 < 2500\ h$ $\Delta EP_L = 50\ kWh/(m^2\ rok)$

Dla $t_0 \geq 2500\ h$ $\Delta EP_L = 100\ kWh/(m^2\ rok)$

Proponowane w obecnych WT2021 obniżenie o połowę w.w. wartości nie jest technicznie możliwe bez zastosowania znacznego udziału OZE. Należy zauważyć, że w przypadku budynków wymagających mocy jednostkowych opraw powyżej $13,2\ W/m^2$ lub o średnim natężeniu oświetlenia na poziomie 320 lx z zastosowaniem oświetlenia typu LED będzie konieczność użycia OZE np. paneli PV, kogeneracji.

Tabela 7
do Rozporządzenia Delegowanego Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012 r.

Tabela porównawcza zarówno dla nowych, jak i dla istniejących budynków

a) Obiekt referencyjny: Nowy budynek jednorodzinny

Budynek Referencyjny WT2014	Zakres/Poziom optymalny pod względem kosztów kWh/(m ² rok)	Obecne wymagania dla budynków referencyjnych kWh/(m ² rok)	Różnica kWh/(m ² rok)
Szczecin			
kotłownia węglowa	154,82	183,95	29,13
kotłownia gazowa	134,25	159,39	25,15
kotłownia na olej opałowy	134,25	159,39	25,15
MPCE	95,97	113,70	17,73
Kraków			
kotłownia węglowa	165,30	195,89	30,59
kotłownia gazowa	143,30	169,70	26,40
kotłownia na olej opałowy	143,30	169,70	26,40
MPCE	102,35	120,97	18,61
Warszawa			
kotłownia węglowa	163,49	194,98	31,49
kotłownia gazowa	141,74	168,92	27,18
kotłownia na olej opałowy	141,74	168,92	27,18
MPCE	101,25	120,42	19,16
Zakopane			
kotłownia węglowa	181,38	218,12	36,74
kotłownia gazowa	157,18	188,89	31,71
kotłownia na olej opałowy	157,18	188,89	31,71
MPCE	112,14	134,50	22,36

Tabela 7
do Rozporządzenia Delegowanego Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012 r.

Tabela porównawcza zarówno dla nowych, jak i dla istniejących budynków
b) Obiekt referencyjny: Nowy budynek wielorodzinny

Budynek Referencyjny WT2014	Zakres/Poziom optymalny pod względem kosztów kWh/(m ² rok)	Obecne wymagania dla budynków referencyjnych kWh/(m ² rok)	Różnica kWh/(m ² rok)
Szczecin			
kotłownia węglowa	108,14	119,43	11,29
kotłownia gazowa	94,10	103,85	9,75
kotłownia na olej opałowy	94,10	103,85	9,75
MPCE	67,98	74,85	6,87
Kraków			
kotłownia węglowa	115,96	128,15	12,19
kotłownia gazowa	100,85	111,37	10,52
kotłownia na olej opałowy	100,85	111,37	10,52
MPCE	72,74	80,16	7,42
Warszawa			
kotłownia węglowa	113,67	125,48	11,81
kotłownia gazowa	98,88	109,07	10,19
kotłownia na olej opałowy	98,88	109,07	10,19
MPCE	71,35	78,53	7,19
Zakopane			
kotłownia węglowa	120,35	135,27	14,93
kotłownia gazowa	104,64	117,52	12,88
kotłownia na olej opałowy	104,64	117,52	12,88
MPCE	75,41	84,49	9,08

Tabela 7
do Rozporządzenia Delegowanego Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012 r.

Tabela porównawcza zarówno dla nowych, jak i dla istniejących budynków
c) Obiekt referencyjny: Nowy budynek biurowy

Budynek Referencyjny WT2014	Zakres/Poziom optymalny pod względem kosztów kWh/(m ² rok)	Obecne wymagania dla budynków referencyjnych kWh/(m ² rok)	Różnica kWh/(m ² rok)
Szczecin			
kotłownia węglowa	153,69	161,02	7,33
kotłownia gazowa	152,80	160,33	7,52
kotłownia na olej opałowy	132,36	133,96	1,60
MPCE	179,00	199,55	20,55
Kraków			
kotłownia węglowa	163,11	171,85	8,74
kotłownia gazowa	159,53	168,24	8,71
kotłownia na olej opałowy	133,79	135,65	1,86
MPCE	190,51	211,43	20,92
Warszawa			
kotłownia węglowa	159,61	167,86	8,26
kotłownia gazowa	153,22	165,35	12,13
kotłownia na olej opałowy	132,45	135,03	2,58
MPCE	186,97	208,48	21,51
Zakopane			
kotłownia węglowa	171,83	182,27	10,44
kotłownia gazowa	164,33	174,91	10,59
kotłownia na olej opałowy	134,81	137,07	2,25
MPCE	204,37	228,44	24,07

Proponowane w WT na 2017 (EP_{H+W}) i 2021 (EP_{H+W} i EP_L) są w wielu przypadkach niemożliwe do spełnienia bez znacznego udziału OZE. Powyższe wynika m.in. ze zmiany metodologii dotyczącej obliczeń charakterystyki energetycznej budynku. Uważa się, że zakładany w 2013 r. w opracowaniach na temat warunków technicznych poziom postępu w dostępnych materiałach czy rozwiązaniach nie nastąpił. Ważnym aspektem niniejszego opracowania jest zwiększenie kategorii budynków z sześciu do dziesięciu.

Zakłada się zwiększenie wartości EP_{H+W} , co wynika z konieczności urealnienia ich wartości, a nie odejścia od idei budownictwa energooszczędnego. Wskazuje się na pilną konieczność zmian WT w zakresie maksymalnej wartości współczynnika EP. Z tego punktu widzenia optymalne jest zastosowanie maksymalnych współczynników przenikania dla nowych budynków na poziomie WT2021. Dla obecnych budynków zaś na poziomie WT2014. Istnieje istotna różnica kosztu robót podejmowanych w celu spełnienia WT2014, a spełnieniem WT2021 dla istniejącego budynku poddawanego termomodernizacji. W przypadku nowych budynków różnica ta ma mniejszą wagę.

Ponadto wskazuje się na konieczność analiz następujących dokumentów pod kątem możliwości wprowadzenia korekt w metodologii obliczeń charakterystyki energetycznej:

- a) Ustawy o Charakterystyce Energetycznej w świetle Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków
- b) 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.

Rozdział IV

WYNIKI EKSPERTYZY

IV/1. Sformułowanie pytań badawczych oraz udzielone odpowiedzi

Po przeprowadzeniu wnikliwej analizy zarówno przepisów techniczno-budowlanych, jak i analizy obejmującej symulacje na reprezentatywnej grupie budynków udzielono następujących odpowiedzi na postawione niżej pytania.

IV/1.1. Czy wymagania określone w przepisach właściwie uwzględniają poziom rozwoju techniki w sektorze budowlanym (czy powszechnie dostępne wyroby budowlane, urządzenia oraz stosowane technologie pozwalają spełnić wymagania stawiane w przepisach lub pozwalają te wymagania zaostrzyć)?

Obecne wymagania odzwierciedlają obecny poziom rozwoju techniki budowlanej, dostępności wyrobów budowlanych i nie wymagają dodatkowego zaostrzenia.

Jedynie wymagania dotyczące stolarki okiennej i drzwiowej zgodnej z WT2017 i WT2021 wymagają obserwacji w 2017 r. i latach następnych pod kątem dostępności tego typu stolarki w akceptowalnych przez rynek cenach.

IV/1.2. Czy sposób sformułowania wymagań minimalnych nie ogranicza swobody w doborze rozwiązań projektowych?

Minimalne wymagania zdefiniowane w WT należy przeanalizować w dwóch kategoriach:

- a) wymagania dotyczące współczynników przenikalności cieplnej U
- b) wymagania dotyczące poziomu maksymalnej wartości EP_{H+W}

W zakresie współczynników przenikalności cieplnej U poziom wymagań nie ogranicza swobody w doborze rozwiązań projektowych i większość wymagań stawianych w WT2021 można zastosować już dzisiaj. Jedynie koszt stolarki budowlanej zgodnej z WT2017 i WT2021 jest zdecydowanie wyższy niż stolarki zgodnej z WT2014. To może być jedynym ograniczeniem przy doborze rozwiązań projektowych.

W zakresie współczynników EP_{H+W} należy zauważyć, iż zmiana metodologii liczenia charakterystyki energetycznej z 2014/2015 roku ma znaczący wpływ na poziom uzyskiwanych wyników.

Z przedstawionych przeliczeń dla modeli wynika, iż występuje zagrożenie braku możliwości wymagań dla EP zgodnych z WT2017 i WT2021. Jedynie zastosowanie kotłów na biomasę pozwala na spełnienie wymienionych wyżej wymagań.

Rozwiązaniami wpływającymi korzystnie na wartość EP to: zastosowanie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła z rekuperacją i paneli PV.

Obecny kształt wymagań na 2017 i 2021 r, zachęca do przewymiarowania instalacji PV dla potrzeb spełnienia wymagań minimalnych. Stwarza to możliwość wystąpienia sytuacji, w której wyłącznie na potrzeby prowadzenia procesu budowy będzie się zakładało montaż kotłów opalanych biomasą.

Konieczne wydaje się rozszerzenie katalogu budynków użyteczności publicznej np. o podkategorię budynki oświatowe (żłobki, przedszkola, szkoły), biurowe (w tym sądy, budynki administracyjne) oraz budynki służby zdrowia (przychodnie, szpitale). W przypadku budynków sportowych decydująca jest kwestia wysokości pomieszczeń i trudności z uzyskaniem wskaźnika EP, który jest wskaźnikiem powierzchniowym a nie kubaturowym.

Na obecnym etapie można postawić tezę iż wymagania w zakresie EP określone na 2017 rok powinno się zawiesić (czyli pozostawić jako obowiązujące wymagania dotychczasowe).

W ocenie autorów konieczna jest analiza samej metodologii sporządzania charakterystyki energetyczne. Następnie korekta wymagań określonych w WT.

Warto zwrócić uwagę, iż wymagania określone jako WT2021 są wymaganiami jakie podano w Krajowym Planie mającym na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii, który stanowi załącznik do przyjętej dnia 22 czerwca 2015 r. uchwały Rady Ministrów.

Jedynie dla budynków, w których instalacje zasilane są ze źródła na biomasę zostaną spełnione wymagania minimalne dotyczące EP.

IV/1.3. Czy aktualnie obowiązujące przepisy umożliwiają uwzględnienie czynników takich jak lokalne warunki klimatyczne, projektowana funkcja oraz kategoria budynku?

Obecne przepisy nie uwzględniają różnorodności lokalnych warunków klimatycznych.

Szczególnie ma to znaczenie w przypadku budynków o niskim zużyciu energii, gdzie występuje znaczna rozbieżność pomiędzy lokalizacją np. Szczecinem a Zakopanym Pokazujemy to zresztą szczegółowo w naszej ocenie.

IV/1.4. Czy określone wymagania pozwalają na osiągnięcie optymalnych pod względem kosztów parametrów budynku zarówno w odniesieniu do ogrzewania, chłodzenia, ochrony pomieszczeń przed przegrzewaniem i jakości powietrza wewnątrz budynku?

Nie. Minimalne wymagania WT w stosunku do EP wymagają korekt. Wymagania dotyczące współczynnika przenikania ciepła są uzasadnione i możliwe do spełnienia..

IV/1.5. Czy sposób podziału budynków na kategorie pozwala na adekwatne określenie wymagań minimalnych wobec poszczególnych rodzajów budynków?

Nie i to zostało wskazane w pkt. 1.2.

Zgodnie z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona) Załącznik nr 1 (Wspólne ramy ogólne do obliczania charakterystyki energetycznej budynków) p.5. zalecane jest aby klasyfikacja obiektów obejmowała następujące kategorie budynków:

- a) domy jednorodzinne różnych rodzajów;
- b) bloki mieszkalne;
- c) biura;
- d) budynki oświatowe;
- e) szpitale;
- f) hotele i restauracje;
- g) obiekty sportowe;
- h) budynki usług handlu hurtowego i detalicznego;
- i) inne rodzaje budynków zużywających energię.

Opieki zdrowotnej (szpitale, przychodnie), oświatowe (złobki, przedszk. Szkoły), biurowe (urzędy, sady).

Rozporządzenie [10], wyszczególnia jedynie cztery rodzaje budynków :

- 1) Budynek mieszkalny - z podziałem na :
 - a) jednorodzinny
 - b) wielorodzinny
- 2) Budynek zamieszkania zbiorowego
- 3) Budynek użyteczności publicznej
 - a) opieki zdrowotnej,
 - b) pozostałe
- 4) Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny.

Kategoria obiektu, jako taka nie jest uwzględniona w metodologii obliczeń charakterystyki energetycznej obiektu, jest natomiast podstawą do określenia wymagań co do wskaźnika EP zawartych w WT - 2015. Zbyt mała liczba kategorii obiektów (mniejsza niż zaleca Dyrektywa m28), w sposób znaczący utrudnia projektowanie obiektu z uwagi na obowiązujące wymagania w zakresie oszczędności energii pierwotnej w zakresie funkcji obiektu.

Na przykład w kategorii budynków użyteczności publicznej podpunkt b), mieszczą się zarówno szpitale z niezbędnym wynikającym z innych przepisów oświetleniem części pomieszczeń i dużym zapotrzebowaniem na c.w.u., jak i małe przychodnie zdrowia które nie wymagają takiego oświetlenia i c.w.u. Kategoria obiektu z uwagi na wymagania jest taka sama, a funkcja obiektu zupełnie inna. Stan taki prowadzić będzie w przyszłości do celowego zaniżania wartości wskaźnika EP w niektórych obiektach użyteczności publicznej, lub nieekonomicznego zatasowania znacznej ilości urządzeń obniżających zapotrzebowanie na energię elektryczną.

Podobne zastrzeżenia należy wnieść jeśli rozpatrywać będziemy budynki użyteczności publicznej w kategorii pozostałe p.3b np. nie można porównać budynki o znacząco

zróżnicowanym sposobie eksploatacji takie jak: szkoła z zapleczem sportowym (sala gimnastyczna z zapleczem w tym niezbędne prysznice oraz dodatkowe wymagane oświetlenie) z budynkiem Sądu Administracyjnego.

Podobny przykład można podać w kategorii 4.

Budynek magazynowy o temperaturze eksploatacji na poziomie 12 °C z oświetleniem dziennym, trudno porównać z zakładem produkującym urządzenia elektroniczne lub mechanikę precyzyjną (wymagany poziom oświetlenia).

IV/1.6 Czy przyjęta metodologia obliczania wartości poszczególnych współczynników pozwala uwzględnić wpływ powszechnie stosowanych technologii (np. wpływ sposobu mocowania izolacji do ściany na jej współczynnik przenikania ciepła) i uzyskiwać miarodajne wyniki?

Sama metodologia pozwala na uwzględnienie wpływu stosowanej technologii (np. montażu izolacji) na wyniki. Jednakże dla istniejących budynków żeby dokonać takiej oceny w sposób bezinwazyjny, konieczne były badania termowizyjne każdego z ocenianych obiektów. To ze względu na warunki w jakich możemy takie badania przeprowadzić jest w wielu przypadkach niemożliwe.

IV/1.7 Czy wpływ mostków cieplnych spowodowanych np. mocowaniem izolacji do ściany jest wystarczająco uwzględniony w przepisach?

Mostki cieplne liniowe i punktowe są elementem występującym praktycznie w każdym budynku ogrzewanym. Ich wpływ na końcową charakterystykę energetyczną wyrażoną wskaźnikiem EP może sięgać od 8 do 12 % wartości końcowej w zależności od rodzaju budynku i sposobu ich obliczania.

Obecne WT-2015 poprzez przywołanie normy PN-EN-ISO 6946 uwzględniają jedynie wpływ mostków punktowych. Przy projektowaniu ocieplenia ścian istniejących stosuje się zgodnie z Instrukcją ITB inną metodykę obliczania.

Zgodnie z normą PN – EN - ISO 6946: 2008, poprawki nie należy stosować w następujących przypadkach [N28]:

- gdy kotwy przechodzą przez pustą wnękę,
- gdy współczynnik przewodzenia ciepła łącznika jest mniejszy niż 1 W/mK.

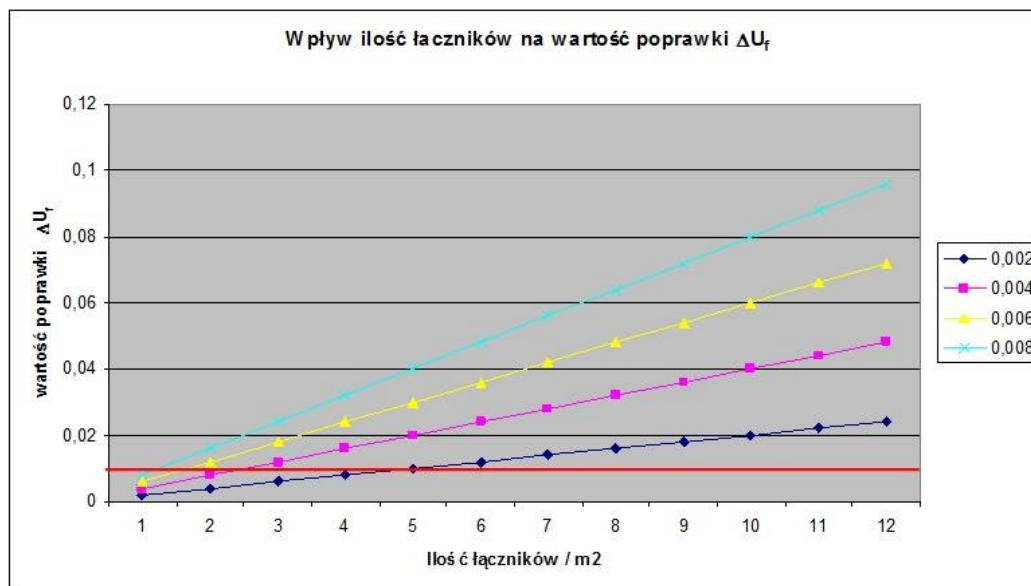
Ostatni akapit dotyczy łączników z rdzeniem tworzywowym, np. z polipropylenu, które nie powinny być stosowane w systemach dociepleń posiadających ETA, zgodnie z ETAG 14.

Zakres stosowania poprawki ΔU_f , uwzględniający łączniki określa norma PN-EN-ISO 6946: 2008. W punkcie 7 normy możemy przeczytać: *Poprawki do współczynnika przenikania ciepła nie są wymagane jeżeli całkowita poprawka jest mniejsza niż 3% wartości współczynnika przenikania ciepła U.*

Przyjmując wartości maksymalne współczynników przenikania ciepła dla przegród zewnętrznych możemy łatwo określić graniczny poziom poprawki, który należy uwzględniać w obliczeniach. Wartość poprawek poniżej której możemy je zaniedbać w obliczeniach wynosi dla łączników mechanicznych odpowiednio :

- dla przegród budowlanych o współczynniku przenikania ciepła $U=0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, $\Delta U_f \leq 0,009 \text{ W/(m}^2\text{K)}$,

- dla przegród budowlanych o współczynniku przenikania ciepła $U=0,25$ $W/(m^2K)$, $\Delta U_f \leq 0,0075$ $W/(m^2K)$. Wartości te zilustrowano na rys 68.



Rys.68. Wpływ ilości łączników mechanicznych na końcową wartość poprawki ΔU_f .

Zgodnie z normą PN-EN- ISO 6946: 2008 , wpływ mostków cieplnych uwzględnia się poprzez obliczenie skorygowanego współczynnika przenikania ciepła U_c metodą uproszczoną, poprzez zastosowanie dodatków uwzględniających wpływ mostków cieplnych:

gdzie:

U_c – skorygowany współczynnik przenikania ciepła,

ΔU – człon korekcyjny określony wzorem :

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r \quad (18)$$

gdzie:

ΔU_g – poprawka ze względu na nieszczelności w warstwie izolacji,

ΔU_f – poprawka ze względu na łączniki mechaniczne,

ΔU_r – poprawka uwzględniająca wpływ opadów dla dachu o odwróconym układzie warstw.

Dla izolacji cieplnej ścian zewnętrznych wykonanej w metodzie ETICS (dawniej metoda lekka mokra BSO), w podanym wzorze można pominąć poprawkę na nieszczelności w warstwie izolacji cieplnej i nie wspominać o poprawce uwzględniającej wpływ opadów, jako że dotyczy jedynie dachów o odwróconym układzie warstw. Wzór przyjmie więc postać:

$$U_c = U_0 + \Delta U_f \quad (19)$$

Wartość poprawki należy obliczyć stosując procedurę dokładną lub uproszczoną. Przez procedurę dokładną należy rozumieć metody numeryczne zgodne z PN – EN - ISO 10211. Stosując te metody można wyznaczyć wartość $\phi W/K$, zwaną punktowym współczynnikiem przenikania ciepła. Znając punktowy współczynnik przenikania ciepła możemy obliczyć wartość poprawki ΔU_f

Zgodnie ze wzorem :

$$\Delta U_f = \phi n \quad (20)$$

gdzie:

ϕ - punktowy współczynnik przenikania ciepła,
 n – ilość łączników na 1 m^2 powierzchni przegrody.

Jeżeli nie jest znana wartość punkтового współczynnika przenikania ciepła, można zgodnie

z normą zastosować przybliżoną metodę oceny wpływu łączników mechanicznych, takich jak kotwy ściennie między warstwami muru, łączniki dachowe, lub łączniki w złożonych systemach paneli ściennych. W metodzie tej dodatek uwzględniający takie łączniki obliczamy zgodnie ze wzorem:

gdzie :

$\phi = 0,8$, jeżeli łącznik przebija całkowicie warstwę izolacji (np. dla dachów płaskich z podłożem z blachy fałdowej za wyjątkiem łączników teleskopowych),

$\phi = 0,8 d_0/d_1$, jeżeli łącznik jest wpuszczony w podłoże (np. kotwy ściennie w murze lub podłoże betonowe w przypadku dachów płaskich) zgodnie z rys.5.29.

ϕ_f – współczynnik przewodzenia ciepła łącznika,

n_f – ilość łączników na 1 m^2 powierzchni,

A_f – pole powierzchni przekroju poprzecznego jednego łącznika w m^2 ,

d_0 - grubość warstwy izolacji zawierającej łącznik w m,

d_1 - długość łącznika, który przebija warstwę izolacji w m,

R_1 – opór cieplny warstwy izolacji przebijanej przez łączniki,

R_{th} – całkowity opór cieplny komponentu z pominięciem wszystkich mostków cieplnych obliczany zgodnie z PN – EN- ISO 6946: 2008.

Od 2009 roku wprowadzane są na rynek Polski złożone systemy izolacji cieplnej ścian zewnętrznych budynków pod wspólną nazwą ETICS. Szczegółowe wytyczne co do zasad projektowania i wykonywania takich systemów można znaleźć w instrukcji ITB nr 447/2009 [11]. W instrukcji tej istotny nacisk położono na sprawę uwzględniania mostków punktowych spowodowanych łącznikami mechanicznymi. Poprawkę uwzględniającą łączniki mechaniczne uwzględnia się zgodnie ze wzorem , czyli analogicznie jak w normie PN-EN-ISO 6946. Dla celów projektowania podano w instrukcji trzy wartości punkowego mostka cieplnego ϕ_p jakie zaleca się stosować przy obliczeniach tj.:

- $\phi_p = 0,002 \text{ W/K}$ dla łączników wykonanych ze stali nierdzewnej z główką pokrytą tworzywem sztucznym oraz łączników ze szczeliną powietrzną przy główce śruby,

- $\phi_p = 0,004$ W/K dla łączników wykonanych ze stali galwanizowanej z główką przykrytą tworzywem sztucznym,
- $\phi_p = 0,008$ W/K w przypadku pozostałych łączników metalowych.

W praktyce stosuje się dwa rozwiązania zapewniające najniższą wartość $\phi_p = 0,002$ W/K, oprócz łączników z główką pokrytą tworzywem oraz łączników ze szczeliną powietrzną można stosować łączniki z dodatkową izolacją przy główce, przy kotwieniu zagłębionym.

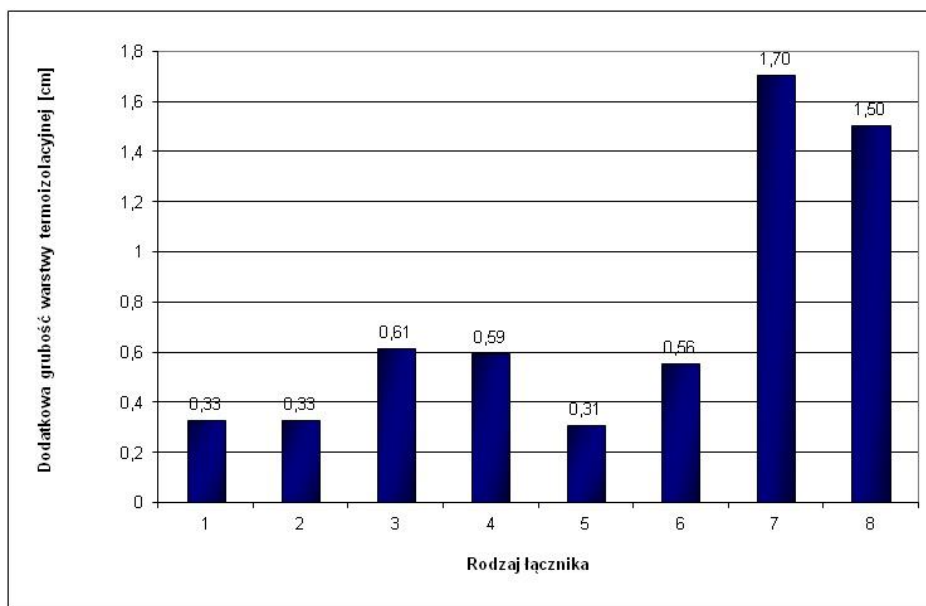
Norma PN- EN-ISO 6946 nie przewiduje innej formy uwzględniania liniowych mostków cieplnych w obliczeniach współczynnika przenikania ciepła U.

WT-2015 nie stawiają żadnych wymogów co do sposobu przyjmowania wartości liniowego mostka cieplnego w obliczaniu wymaganego współczynnika przenikania ciepła, przywołując jedynie trzy normy wg których można dokonywać obliczeń charakterystyki energetycznej EP.

Przykład wpływu łączników do termoizolacji na dodatkową grubość materiału termoizolacyjnego jaka powinna zostać zastosowana aby osiągnąć projektowaną wartość $U \leq 0,25$ W/(m²K). Do obliczeń przyjęto następujące rodzaje łączników :

1. łącznik ze stali galwanizowanej z zaślepką oraz ze szczeliną powietrzną przy główce śruby,
2. j.w. ze szczelina wypełnioną styropianem,
3. łącznik ze stali galwanizowanej z zatyczką wypełnioną powietrzem,
4. łącznik ze stali galwanizowanej z zatyczką wypełnioną styropianem,
5. łącznik z zaślepką wykonany ze stali nierdzewnej,
6. łącznik z zatyczką wykonany ze stali nierdzewnej,
7. łącznik wbijany,
8. łącznik wbijany ze stali nierdzewnej.

Przyjmując średnio minimalną ilość łączników mechanicznych tj. 4 szt/m², dodatkowa grubość izolacji termicznej konieczna do skompensowania wpływu spowodowanych przez nie punktowych mostków cieplnych przyjmuje wartości następujące:



Rys.69. Dodatkowa grubość warstwy termoizolacyjnej dla skompensowania wpływu punktowych mostków cieplnych.

W praktyce projektowej stosuje się 6-8 łączników na m^2 powierzchni a ich wpływ na ogół pomija się w obliczeniach współczynnika przenikania ciepła U . Przy ilości 8 szt/ m^2 wyliczone dodatkowe grubości należy zwiększyć dwukrotnie.

Wnioski :

1. Przy projektowaniu izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych zgodnie z obowiązującymi WT-2015, nie obowiązują żadne wymagania co wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła U . Należało by wzorem innych państw np. Republiki Czeskiej wprowadzić takie wymagania.

2. W WT-2015 przywołane są trzy normy wg których można obliczać (przyjmować) wartości liniowych mostków cieplnych - PN -EN ISO 14683:2008, Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne,

PN-EN 12831:2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach – Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego, w której podano znacznie zawyżone wartości liniowych mostków cieplnych nadające się jedynie do projektowania instalacji c.o. , oraz PN-EN ISO 10211:2008 Mostki cieplne w budynkach – Strumienie ciepła i temperatury powierzchni – Obliczenia szczegółowe. Znaczące różnice pomiędzy tymi normami co do wartości liczbowych powodują niejednoznaczności przy obliczeniach charakterystyki energetycznej EP. Przy obliczaniu. Bardzo niskie wartości graniczne współczynników przenikania ciepła U , oraz wskaźnika EP, wymagały by ustanowienia jednej normy wg której należało by prowadzić obliczenia wymienionych charakterystyk energetycznych (U i EP). Taka normą winna być

PN-EN ISO 10211:2008 Mostki cieplne w budynkach – Strumienie ciepła i temperatury powierzchni – Obliczenia szczegółowe. Norma PN -EN ISO 14683:2008 winna zostać wycofana z powodu niskiej dokładności określania wartości końcowej / błąd do 100 %/, a norma PN-EN 12831:2006, winna służyć jedynie do projektowania instalacji c.o.

3. Obliczenia wpływu łączników do termoizolacji w normie PN-EN-ISO 6946, przywołanej w WT-2015 a mające wpływ na końcową wartość współczynnika przenikania ciepła nie są określone jednoznacznie, pozwalają w pewnych przypadkach pomijać wpływ łączników do mocowania termoizolacji, nie są też uwzględniane w dalszej metodologii obliczeń charakterystyki energetycznej EP. należało by wprowadzić jednolity system uwzględniania punktowych mostków cieplnych przy obliczeniach wartości U. Proponuje się wprowadzenie systemu zawartego w Instrukcji ITB 447/2009

IV/1.8 Czy aktualne przepisy w wystarczający sposób uwzględniają problem przegrzewania powietrza?

Aktualna wersja Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty i ich usytuowanie (Dz.U. z 2015 r. nr 0 poz. 1422) nie uwzględnia w wystarczający sposób problemu przegrzewania powietrza.

Problem przegrzewania i projektowania uwzględniającego tą kwestię nie jest wprost poruszany w przepisach.

W dokumencie słowo „przegrzewanie” występuje w Dziale X paragraf 328 ustęp 2 tj. ”Budynek powinien być zaprojektowany i wykonany w taki sposób, aby ograniczyć ryzyko przegrzewania budynku w okresie letnim”.

Budynki w polskich warunkach klimatycznych są masowo przegrzewane nie tylko w okresie letnim, ale także w okresach przejściowych, stąd konieczny jest zapis zobowiązujący projektantów budynków do przeprowadzania analiz pod tym kątem oraz podający kryteria przegrzewania budynku, na przykład w postaci progowej wartości temperatury operatywnej i czasu jej trwania.

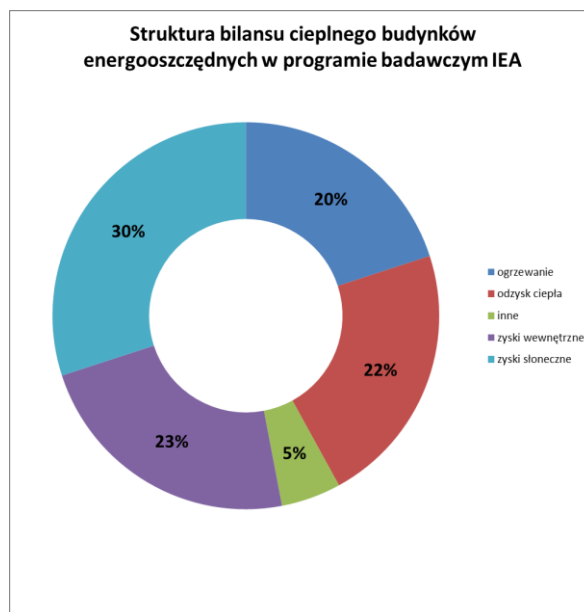
W załączniku nr 2 pt.: „Wymagania izolacyjności cieplnej i inne wymagania związane

z oszczędnością energii” punkt 2. podany został wzór na maksymalne pole powierzchni przegród przeszklonych A_{0max} , który został sformułowany w odniesieniu do okien o współczynniku przenikania ciepła nie mniejszym niż $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Zbyt duża (przewymiarowana) powierzchnia okien nawet o bardzo niskich współczynnikach przenikania ciepła U_w dla okien jest źródłem znacznych strat ciepła w bilansie energetycznym budynku. Okna o najniższych wsp. U_w dostępne na rynku (często określane jako okna pasywne) osiągają wartości na poziomie $U_w = 0,6 \text{ [W}/(\text{m}^2\text{K})]$, gdzie minimalne wymagania izolacyjności cieplnej ścian zewnętrznych wynoszą obecnie $U_c \leq 0,25 \text{ [W}/(\text{m}^2\text{K})]$, a więc ponad dwukrotnie mniej. Proporcjonalnie przekłada się to na straty ciepła.

Przytoczony warunek nie znajduje uzasadnienia także z punktu widzenia przegrzewania budynku. Nawet przy ograniczonej przepuszczalności promieniowania dobrze izolujących okien i dodatkowych zasłonach, zyski cieplne przewymiarowanych przeszkleń pomieszczeń mogą być duże.

Na rys. 70 pokazano uśrednioną strukturę bilansu cieplnego dla 15 doświadczalnych budynków, zrealizowanych na całym świecie, w ramach programu badawczego International Energy Agency [69].



Rys. 70. Struktura bilansu cieplnego energooszczędnych budynków zrealizowanych w programie Badawczym International Energy Agency [69]

W budynkach o niskim zapotrzebowaniu na energię zmieniają się proporcje poszczególnych składników bilansu cieplnego w stosunku do budynków projektowanych dotychczas.

Z analiz opublikowanych przez program Badawczy International Energy Agency wynika, że średnie zyski w całkowitym bilansie energetycznym dla 15 budynków eksperymentalnych o niskim zapotrzebowaniu na energię kształtuje się na poziomie 40%. Tak duży udział energii w całkowitym bilansie energetycznym budynków energooszczędnych, często, szczególnie w okresie dużego nasłonecznienia może prowadzić do przegrzewania wnętrza budynków.

Częściowym rozwiązaniem problemu przegrzewania, jest zastosowanie środków pasywnej (grubość izolacji cieplnej, pojemność cieplna przegród, chodzenie nocne) lub aktywnej (żaluzje, rolety, lamacze promieniowania słonecznego) ochrony przed nadmiernymi zyskami.

Należy również zwrócić uwagę, że problem przegrzewania jest szczególnie istotny dla osiągnięcia minimalnych wymagań dotyczących wskaźnika EP, szczególnie dla budynków wyposażonych w system chodzenia.

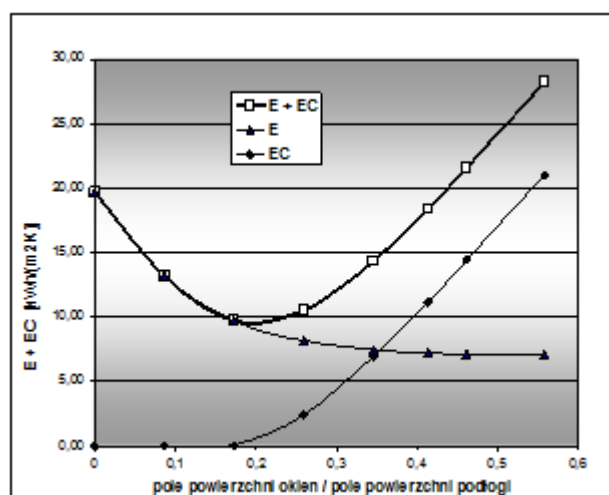
Na rys. pokazano wyniki analizy numerycznej przeprowadzonej dla budynku o niskim zapotrzebowaniu na energię, zaprojektowanym w technologii „masywnej” o dużej pojemności cieplnej oraz oszkleniu trójszybowym. Analizowano pomieszczenie zorientowane na południe.

Zapotrzebowanie na energię (krzywa E) wraz z wzrostem przeszklenia maleje, jednak aby osiągnąć warunki komfortu (temperatura wnętrza nie większa niż 25°C) już przy proporcji pola powierzchni okien wynoszącej 20% pola powierzchni podłogi pojawia się konieczność chłodzenia wnętrza (krzywa EC).

Całościowy bilans energetyczny analizowanej części budynku osiąga wartość minimalną już przy 18-20% stosunku powierzchni południowego przeszklenia i podłogi (E+C).

Można więc stwierdzić, że kryterium minimalizacji łącznego zapotrzebowania na energię wskazuje na optymalne pole powierzchni południowego przeszklenia na poziomie ok. 27 % pola powierzchni podłogi analizowanej części budynku.

Analizowany przypadek jest tylko jednym wariantem symulacji. Nie można na przykładzie tej wybiórczej analizy opracować założeń dla wszystkich budynków. Sformułowanie takich wytycznych wymagałoby wielu symulacji dla różnych typów budynków, zróżnicowanych pod kątem lokalizacji, konstrukcji, grubości ocieplenia, orientacji czy innych parametrów.



Rys. 71. Strefa południowa. Zapotrzebowanie na ogrzewanie, chłodzenie i łączne w zależności od wielkości południowego oszklenia, budynek bardzo masywny. Standard izolacyjny budynku pasywnego z wysokosprawnym odzyskiem ciepła. Potrójne oszklenie niskoemisyjne wypełnione ksenonem.

Reasumując, problem przegrzewania, jest problemem bardzo istotnym, mającym wpływ na osiągnięcie minimalnych wymagań sformułowanych w Warunkach Technicznych, w szczególności dla budynków wyposażonych w system chłodzenia.

Autorzy niniejszego opracowania, uważają, że warunek zawarty w załączniku nr 2 pt. „Wymagania izolacyjności cieplnej i inne wymagania związane z oszczędnością energii” punkt 2. dotyczący maksymalnego pola powierzchni przegród przeszklonych A_{0max} , powinien również być zależny od wartości wskaźnika przepuszczania promieniowania słonecznego dla szyb oraz określony w zależności innych parametrów takich jak masywność obudowy budynku, orientacja i innych. Jednak wymaga to dogłębnej analizy dla różnych wariantów, co nie jest przedmiotem niniejszego opracowania.

Analizy numeryczne powinny być również poparte badaniami w czasie rzeczywistego użytkowania budynków.

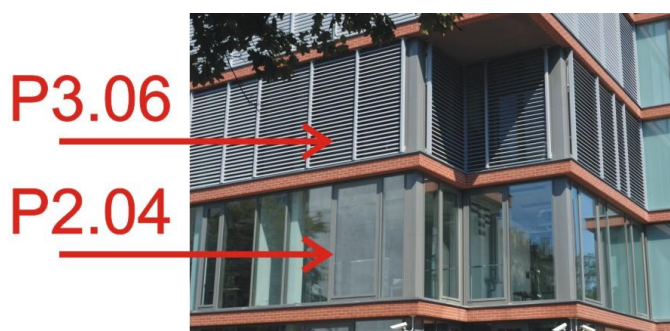
W eksperymentalnym budynku Małopolskiego Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego zlokalizowanym na terenie Politechniki Krakowskiej trwają badania, dotyczące problemu przegrzewania budynków.

Poniżej Autorzy przytaczają fragment badań dla zobrazowania problemu przegrzewania.

W budynku eksperymentalnym MLBE zostały zaprojektowane dwa identyczne pod względem geometrii pomieszczenia, stanowiące niezależne strefy grzewczo chłodzące.

Pomieszczenie P2.04 zlokalizowane jest na pierwszym piętrze, Pomieszczenie P3.06 na drugim piętrze. Pomieszczenia mają identyczną powierzchnię i zlokalizowane są jedno nad drugim. Orientacja obydwu pomieszczeń jest południowa. Obydwa pomieszczenia posiadają fasady szklane od południa i wschodu.

Eksperyment ma pokazać jaki poziom dyskomfortu wystąpi w badanych pomieszczeniach przy różnych warunkach klimatycznych zewnętrznych.



Rys.72 Pomieszczenie P204 na pierwszej kondygnacji oraz pomieszczenie P3.06 na drugiej kondygnacji

W celach porównawczych przeszklenia w pomieszczeniu P3.06 zostało wyposażone w system zewnętrznych żaluzji, które do celów badawczych zostały ustawione pod kątem 45° .

Przegrodami zewnętrznymi analizowanych pomieszczeń jest fasada szklana o parametrach:

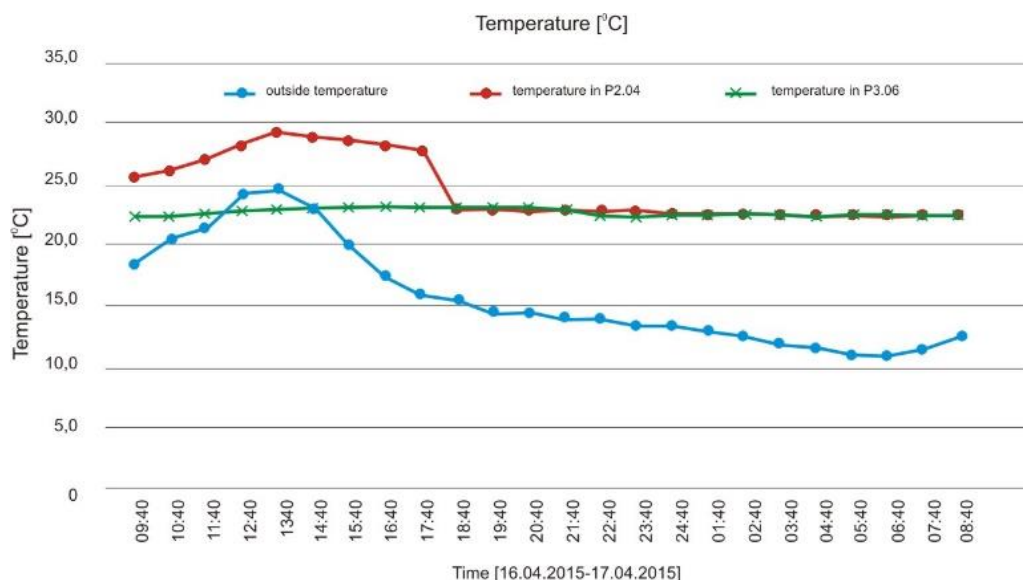
- Współczynnik przenikania ciepła U wynoszący $0,8 [W/(m^2K)]$
- Współczynnik przepuszczania promieniowania słonecznego g wynoszący $0,6 [-]$

Od pozostałych pomieszczeń analizowane pomieszczenia odizolowane są ściankami o dużej pojemności cieplnej oraz podwyższonej izolacyjności cieplnej.

W obydwu badanych pomieszczeniach ustawiono zestawy pomiarowe oraz zapewniono jednakowe warunki użytkowania pomieszczeń. Dla zapewnienia stałych i porównywalnych warunków pomieszczenia nie były ogrzewane ani chłodzone.

Porównanie parametrów komfortu w pomieszczeniach bez żaluzji oraz z żaluzjami.

Poniższy wykres (Rys. 73) przedstawia temperaturę panującą na zewnątrz oraz w pomieszczeniach poddanych badaniom.



Rys. 73 temperatura panująca na zewnątrz oraz w pomieszczeniach poddanych badaniom.

Badania pokazują, że pomieszczenia nie chłodzone w lecie mogą osiągać wyższą temperaturę niż temperatura na zewnątrz.

Wynika to z akumulacji ciepła przez przegrody wewnętrzne (ściany stropy) dostarczanego przez promieniowanie słoneczne wewnątrz pomieszczeń oraz pojemności cieplnej wewnętrznych przegród.

Pomieszczenie wyposażone w żaluzje zapewnia stabilne warunki cieplne (stabilną temperaturę), natomiast pomieszczenie bez żaluzji ulega wahaniom temperatury wynikającym z wahań temperatury zewnętrznej.

Ponieważ badanie przeprowadzone było przy średnich temperaturach zewnętrznych, nie daje więc pełnego obrazu skali problemu przegrzewania, a jedynie zasygnalizowanie potrzeby takich badań.

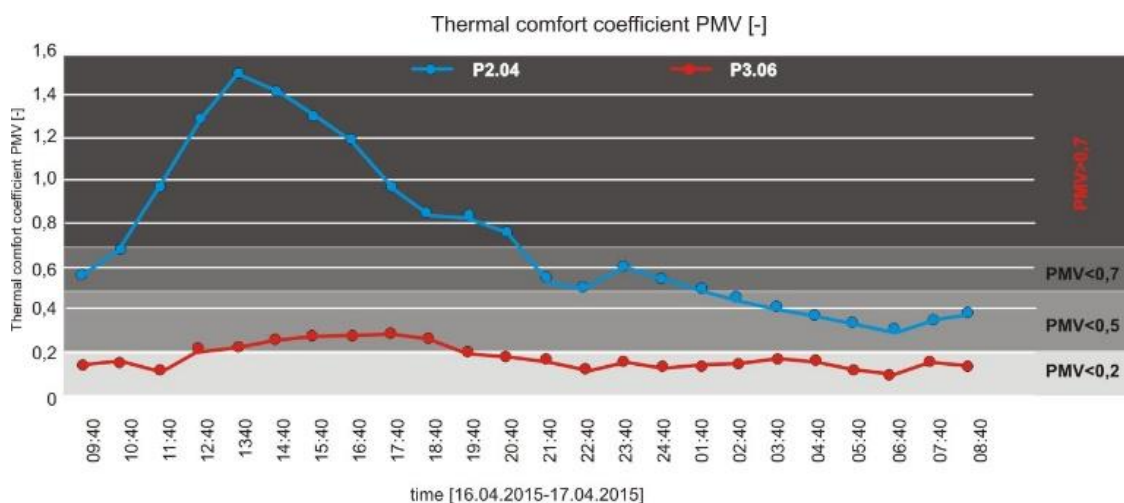
Na wykresie (rys.74) pokazano zależność wskaźników komfortu od warunków zewnętrznych.

Komfort użytkowania pomieszczeń określony przy pomocy wskaźnika PMV, wprowadza podział pomieszczeń na kategorie.

Wpływ przegrzewania pomieszczeń, które jest jedną z głównych przyczyn wystąpienia dyskomfortu użytkowania pomieszczeń jest wyraźnie widoczna w pomieszczeniu bez przesłon słonecznych (niebieska linia).

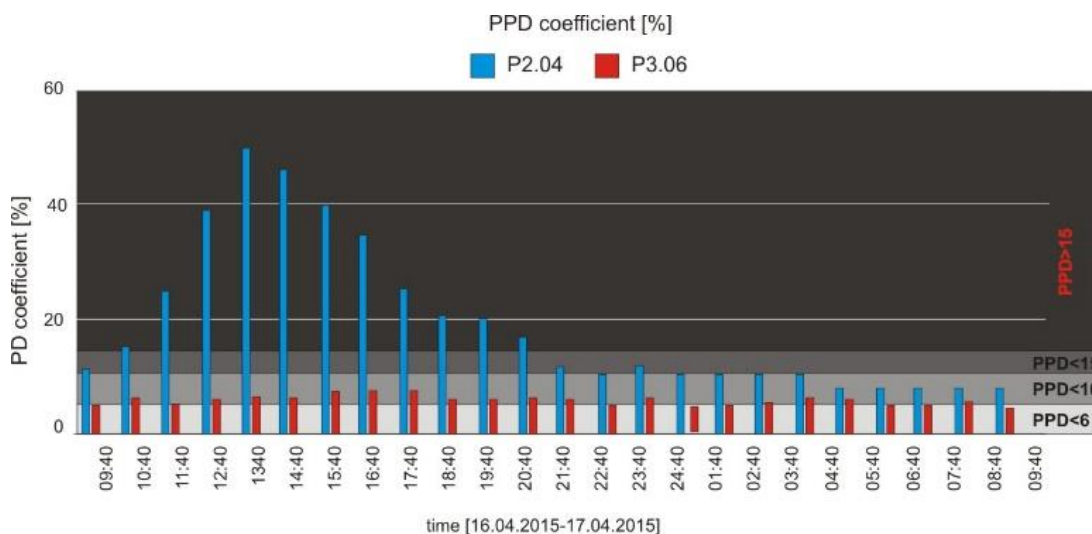
Powyższy wykres pokazuje że w przypadku pomieszczenia bez żaluzji od godz. 10.40-20.40 zostały przekroczone normy komfortu użytkowania pomieszczeń z uwagi na kategorie pomieszczeń ($PMV > 0,7$).

Pomieszczenie wyposażone w system zewnętrznych żaluzji spełnia wymagania dotyczące zapewnienia komfortu użytkowania budynków w kategorii A z wyjątkiem okresu w którym występuje maksymalne promieniowanie (kategoria B).



Rys. 74 Wskaźniki PMV dla pomieszczenia z żaluzjami (czerwona linia) oraz bez żaluzji (niebieska linia)

Drugim wskaźnikiem określającym poziom komfortu jest wskaźnik PPD, określający odsetek ludzi niezadowolonych, użytkujących pomieszczenia.



Rys. 75 Wskaźniki PPD dla pomieszczenia z żaluzjami (czerwona kolor) oraz bez żaluzji (niebieski kolor)

Reasumując, w celu optymalnego doboru, wielkości przeszkleń i rodzaju przesłon słonecznych w budynkach o niskim zapotrzebowaniu na energię, konieczne jest wykorzystanie wielu symulacji dynamicznych oraz badań „in situ”. Dopiero wówczas można sformułować właściwe wskazania dla projektowania powierzchni przeszkleń w budynkach oraz systemów zapobiegających przegrzewaniu.

Obowiązujące przepisy budowlane powinny zobowiązywać projektantów do stosowania biernych środków ochrony przed przegrzewaniem w postaci stałych osłon poziomych nad przeszklonymi otworami, nocnej wentylacji wnętrza czy stosowania dodatkowych mas akumulacyjnych.[62][63][64]

IV/1.9 Zagadnienia dodatkowe

Czy istnieje potrzeba uwzględnienia budynków poddawanych głębokiej modernizacji w przepisach?

Na dzień dzisiejszy istniejące przepisy WT-2015, w zakresie wymagań co do izolacyjności cieplnej i stosowania odpowiednich urządzeń i instalacji dostarczających energię do budynku poddanego termomodernizacji są na odpowiednim poziomie i nie ma potrzeby wprowadzania pojęcia "głębokiej termomodernizacji".

Brak jest dokładnej definicji pojęcia głębokiej modernizacji i jakie elementy muszą w zakres niej wchodzić (ciepło, wentylacja, chłód, oświetlenie, napędy pomocnicze oraz dodatkowo fotowoltaika lub inne źródła odnawialne). Poszczególni organizatorzy projektów subregionalnych, o które następnie mogą ubiegać się beneficjenci z tytułu dofinansowanie ze środków Regionalnego Programu Operacyjnego określają ją różnie. Z uwagi na brak takiej definicji nie wiadomo, ile ulepszeń i które muszą wchodzić w zakres głębokiej modernizacji. Wymaganą oszczędność można uzyskać realizując jedno, dwa ulepszenia, ale czy to będzie głęboka modernizacja? Należy określić minimalną ilość dziedzin ulepszeń które klasyfikowałyby grupę ulepszeń do głębokiej modernizacji.

Uważamy, że w ramach głębokiej modernizacji powinny być realizowane przynajmniej te ulepszenia dla których można określić maksymalnej wartości składowe elementów występujące w Rozporządzeniu WT 2014.

Wadą braku tej definicji jest przyjmowanie jako wartości odniesienia wielkości wyjściowych wyłącznie dla usprawnień objętych projektem. Obecnie dopuszczone jest np. pominięcie ulepszeń związanych z fotowoltaiką i oświetleniem. W przypadku nierealizowania zakresu tych ulepszeń w projekcie wpisuje się „nie dotyczy”, co zmniejsza wartość odniesienia (występującego w mianowniku) do którego jest odnoszona oszczędność.

W Polsce istnieje pojęcie budynków nie będących pod ścisłą ochroną Konserwatora Zabytków, a więc nie będących zabytkami, dla których przeprowadzenie typowych zabiegów termomodernizacyjnych jest znacząco utrudnione. Dotyczy to np. braku możliwości ocieplenia ścian zewnętrznych od strony zewnętrznej np. z uwagi na zabytkowy charakter jednej lub więcej płaszczyzn elewacji. W obowiązujących przepisach WT15 nie został poruszony problem docieplenia przegród zewnętrznych od strony wewnętrznej. Należało by opracować stosowne przepisy w formie zaleceń dla budynków nie będących zabytkami, a usytuowanych w strefie ochrony zabytków. Podstawowym kryterium, które powinno być regulowane jest wartość $f_{Rsi,max}$. Wartość ta powinna być znacznie zaostrzona i obliczana tylko dla miejsc szczególnych wskazanych w wytycznych, np. połączenie drewnianych belek stropowych ze ścianą, wewnętrzne płaszczyzny ościeży okiennych. Przy prowadzeniu prac remontowych w takich obiektach w zależności od rodzaju ściany zewnętrznej należało by wymagać obniżenia współczynnika przenikania ciepła U o min. 25 % w odniesieniu do wartości dla stanu

przed remontem. Należało by zachować wymóg przedstawienia w projekcie obliczeń kondensacji międzywarstwowej, jak w obecnych WT15.

Należy zauważyć potrzebę sformułowania wymagań dotyczących docieplenia budynków zabytkowych. Wprowadzenie zaleceń (bądź wymagań) poprawy jakości cieplnej przegród w takich budynkach pozwoliło by na osiągnięcie znaczących korzyści co do oszczędności Energii Pierwotnej. Zastosowanie izolacji wewnętrznej ścian zewnętrznych o grubości 5-6 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,06$ [W/(mK)] (lub całkowitym oporze cieplnym $R = 1$ m²K/W), pozwoliłoby na zaoszczędzenie ok. 45 % energii końcowej traconej przez ścianę zewnętrzną. Należy przy tym uwzględnić iż obiekty takie zwłaszcza w zabudowie miejskiej (centra wielkich miap. np. Kraków, Katowice, Łódź. itd.) w większości jeszcze ogrzewane są tradycyjnie przy użyciu pieców opalanych węglem. Z dostępnych lokalnych źródeł (administracja , lub zarządcy) można wnioskować, iż zmiana sposobu ogrzewania wymuszona lokalnymi przepisami o ograniczeniu emisji i zanieczyszczeń powietrza spowoduje wprowadzenia ogrzewania elektrycznego, a w nielicznych przypadkach w budynkach będących w zasobach miejskich i korzystających z zanikających programów wsparcia pp.stwa (np. program Kawka,np.b Eleni itp.) na systemy ogrzewania z sieci ciepłowniczych, lub nowoczesnych systemów gazowych.

Prywatni właściciele mieszkań w kamienicach nie decydują się na wprowadzenie kosztownych systemów mieszkaniowego ogrzewania gazowego. Całkowity koszt wykonania takiego ogrzewania wraz z siecią i miejscowym źródłem ciepła w mieszkaniach wzniesionych prznp.1945 r waha sie od 30-50 tys. zł. Bez poprawy izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych inwestycja taka jest nieopłacalna. Indywidualni właściciele mieszkań zdecydowaliby się na przeprowadzenie termomodernizacji po zaakceptowaniu korzyści płynących ze zmniejszenia zapotrzebowania na energię. Dla przykładu wbudowanie grzałki elektrycznej w istniejący piec wraz z jego modernizacją i dodatkowym zasilaniem, to koszt ok. 2000 zł. Działanie takie wpłynie negatywnie na zapotrzebowanie na Nieodnawialna Energię Pierwotną.

Ocieplanie budynków wzniesionych –rzed 1945 rokiem - propozycje zmian :

- 1)wymaganie: ograniczenie strat ciepła przez przegrody zewnętrzne min. 25%, w odniesieniu do stanu istniejącego przy projektowanym remoncie,
- 2)wymaganie: uzyskanie zgody konserwatorskiej (w zależności od charakteru budynku), - indywidualny projekt docieplenia
- 3)wymaganie: obowiązkowe sprawdzenie stanu granicznego w zakresie–użytkowości - brak przyrostu wilgoci w warstwach wykazany w okresie min. 3 lat,
- 4)wymaganie: obowiązkowe sprawdzenie wskaźnika $f_{Rsimax} > 0,78$ w miejscach występowania mostków cieplnych (rejon stolarki otworowej, rejon połączenia ścian zewnętrznych z wewnętrznym, i stropów ze ścianą zewnętrzną).

Wprowadzenie w Rozporządzeniu w sprawie zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej, wzoru karty audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii pojęcia energii finalnej odpowiadającej energii końcowej

w Rozporządzeniu w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej może wprowadzić w błąd osoby stosujące te przepisy. Ujednolicenie pojęć we wszystkich

aktach prawnych spowoduje ich przejrzystość i nie będzie budzić wątpliwości co do ich interpretacji.

Warto zasignalizować, iż nie sformułowano wymagań minimalnych w stosunku do zapotrzebowania na energię końcową. Należy zauważyć, iż wartość ta jest w mniejszym stopniu zależna od wahań cen energii niż w przypadku zapotrzebowania na energię pierwotną.

Dla pokazania celowości umieszczenia w Warunkach Technicznych, oprócz obowiązujących wymagań minimalnych, dodatkowego kryterium oceny budynków, w postaci wskaźnika EK – Energii Końcowej [kWh/(m²rok)], wykonano krótką analizę.

Do analizy przyjęto cztery modele budynku mieszkalnego o takiej samej geometrii:

W1 - Budynek o wysokim standardzie energetycznym

W2 - Budynek o przegrodach zgodnie z WT2021

W3 - Budynek o przegrodach zgodnie z WT2017

W4 - Budynek o przegrodach zgodnie z WT2014

Powierzchnia użytkowa każdego z modeli - 152,9 [m²]

Założenia dla instalacji:

Wentylacja mechaniczna - przyjęto sprawność odzysku ciepła 55%

Sprawności przyjmowane zgodnie z Rozporządzeniem

Sprawność instalacji CO - przyjęto źródło centralne, z zaizolowanymi przewodami w pomieszczeniach ogrzewanych, grzejniki ściennie o P=2K

Sprawność instalacji CWU - przyjęto źródło centralne zasilające zasobnik >2005 r., mieszkaniowe węzły ciepłne

Wskaźniki emisji wg KOBIZE z 2011 roku, do rozliczania w 2014

Ogrzewanie grzejnikami z zaworami termostatycznymi,

Ciepła woda użytkowa z zasobnika.

Każdy model rozpatrywano w wariacie z wentylacją mechaniczną i grawitacyjną.

Przyjęte źródła ciepła / paliwa:

1. węgiel / kocioł węglowy po 2000 r
2. gaz ziemny / kocioł kondensacyjny do 50 kW
3. węgiel / ciepło sieciowe
4. węgiel / ciepło sieciowe z kogeneracji
5. biomasa / kocioł na pellet

Tabela 481 przedstawia zbiorcze wyniki obejmujące założone do obliczeń wartości oraz obliczone wskaźniki EK oraz EP.

Kolorem czerwonym w wierszu „suma EP” oznaczono warianty nie spełniające wymagania minimalnego dotyczącego współczynnika EP.

Tabl. 481 przedstawia zbiorcze wyniki obejmujące założone do obliczeń wartości oraz obliczone wskaźniki EK oraz EP.

Parametr	Wentylacja mechaniczna				Wentylacja grawitacyjna			
	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4
EU _{co}	16,20	26,39	31,61	42,39	40,84	52,94	58,95	71,02
EU _{cwu}	24,09	24,09	24,09	24,09	24,09	24,09	24,09	24,09

węgiel kocioł węglowy po 2000 r.	sprawność CO	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
	sprawność CWU	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
	sprawność instalacji CO	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	sprawność instalacji CWU	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
	EK co	21,79	35,50	42,52	57,02	54,94	71,21	79,30	95,53
	EK cwu	51,30	51,30	51,30	51,30	51,30	51,30	51,30	51,30
	E el pom	6,76	6,76	6,76	6,76	3,47	3,47	3,47	3,47
	SUMA EK	79,84	93,55	100,57	115,07	109,70	125,98	134,06	150,30
	wskaznik emisji	92,71	92,71	92,71	92,71	92,71	92,71	92,71	92,71
	EMISJA CO [Mg/s]	4,07	4,77	5,13	5,87	5,60	6,43	6,84	7,67
	w i	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
	w el	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	EP co	23,97	39,05	46,77	62,72	60,43	78,33	87,22	105,08
	EP cwu	56,43	56,43	56,43	56,43	56,43	56,43	56,43	56,43
	EP el pom	20,27	20,27	20,27	20,27	10,41	10,41	10,41	10,41
	SUMA EP	100,67	115,74	123,47	139,42	127,27	145,17	154,07	171,92

gaz ziemny kocioł kondensacyjny do 50 kW	sprawność CO	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	sprawność CWU	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	sprawność instalacji CO	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	sprawność instalacji CWU	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
	EK co	21,07	34,33	41,12	55,14	53,12	68,86	76,68	92,38

EK cwu	39,23	39,23	39,23	39,23	39,23	39,23	39,23	39,23
E el pom	6,76	6,76	6,76	6,76	3,47	3,47	3,47	3,47
SUMA EK	67,06	80,31	87,10	101,12	95,82	111,56	119,38	135,08
wskaźnik emisji	55,82	55,82	55,82	55,82	55,82	55,82	55,82	55,82
EMISJA CO [Mg/s]	2,06	2,47	2,68	3,11	2,94	3,43	3,67	4,15
w i	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
w el	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
EP co	23,18	37,76	45,23	60,65	58,44	75,75	84,35	101,62
EP cwu	43,15	43,15	43,15	43,15	43,15	43,15	43,15	43,15
EP el pom	20,27	20,27	20,27	20,27	10,41	10,41	10,41	10,41
SUMA EP	86,60	101,18	108,65	124,07	112,00	129,31	137,91	155,18

sprawność CO	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
sprawność CWU	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
sprawność instalacji CO	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
sprawność instalacji CWU	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
EK co	19,57	31,88	38,18	51,20	49,33	63,94	71,20	85,78
EK cwu	34,02	34,02	34,02	34,02	34,02	34,02	34,02	34,02
E el pom	5,85	5,85	5,85	5,85	2,57	2,57	2,57	2,57
SUMA EK	59,44	71,75	78,05	91,08	85,92	100,53	107,79	122,37
wskaźnik emisji	93,87	93,87	93,87	93,87	93,87	93,87	93,87	93,87
EMISJA CO [Mg/s]	3,07	3,71	4,03	4,71	4,44	5,19	5,57	6,32
w i	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
w el	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
EP co	25,44	41,44	49,63	66,56	64,13	83,13	92,57	111,52
EP cwu	44,23	44,23	44,23	44,23	44,23	44,23	44,23	44,23
EP el pom	17,55	17,55	17,55	17,55	7,70	7,70	7,70	7,70

SUMA EP	87,22	103,22	111,42	128,34	116,06	135,06	144,49	163,45
----------------	--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

węgiel ciepło sieciowe z kogeneracji	sprawność CO	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	sprawność CWU	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	sprawność instalacji CO	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	sprawność instalacji CWU	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
	EK co	19,57	31,88	38,18	51,20	49,33	63,94	71,20	85,78
	EK cwu	34,02	34,02	34,02	34,02	34,02	34,02	34,02	34,02
	E el pom	5,85	5,85	5,85	5,85	2,57	2,57	2,57	2,57
	SUMA EK	59,44	71,75	78,05	91,08	85,92	100,53	107,79	122,37
	wskaźnik emisji	93,87	93,87	93,87	93,87	93,87	93,87	93,87	93,87
	EMISJA CO [Mg/s]	3,07	3,71	4,03	4,71	4,44	5,19	5,57	6,32
	w i	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
	w el	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	EP co	15,65	25,50	30,54	40,96	39,46	51,16	56,96	68,63
	EP cwu	27,22	27,22	27,22	27,22	27,22	27,22	27,22	27,22
	EP el pom	17,55	17,55	17,55	17,55	7,70	7,70	7,70	7,70
	SUMA EP	60,43	70,27	75,32	85,73	74,38	86,07	91,88	103,54

biomasa kocioł na pellet	sprawność CO	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
	sprawność CWU	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
	sprawność instalacji CO	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	sprawność instalacji CWU	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
	EK co	27,39	44,63	53,45	71,68	69,06	89,52	99,69	120,10
	EK cwu	51,30	51,30	51,30	51,30	51,30	51,30	51,30	51,30
	E el pom	6,76	6,76	6,76	6,76	3,47	3,47	3,47	3,47
	SUMA EK	85,45	102,68	111,51	129,73	123,83	144,29	154,45	174,86

wskaźnik emisji	109,7 6	109,7 6	109,7 6	109,7 6	109,7 6	109,7 6	109,7 6	109,7 6
EMISJA CO [Mg/s]	5,16	6,20	6,74	7,84	7,48	8,72	9,33	10,56
w _i	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
w _{el}	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
EP _{co}	5,48	8,93	10,69	14,34	13,81	17,90	19,94	24,02
EP _{cwu}	10,26	10,26	10,26	10,26	10,26	10,26	10,26	10,26
EP _{el pom}	20,27	20,27	20,27	20,27	10,41	10,41	10,41	10,41
SUMA EP	36,01	39,45	41,22	44,87	34,49	38,58	40,61	44,69

Z analizy jednoznacznie wynika, że nie ma problemu ze spełnieniem wymagania minimalnego dotyczącego wskaźnika EP, dla budynków zasilanych ciepłem z kotła na pellety (lub inną biomasę). Dotyczy to wszystkich przyjętych do analizy wariantów, tak z wentylacją mechaniczną jak i grawitacyjną. Nawet wariant spełniający najłagodniejsze wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych, określone dla WT2014, spełnia wymaganie dotyczące EP dla WT2021.

Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku zasilania budynków ciepłem sieciowym z elektrociepłowni (wartość w_i przyjęto z rozporządzenia). Warto w tym miejscu podkreślić, że w_i dla ciepła sieciowego podają poszczególni dostawcy np. w Tychach dostawca ciepła sieciowego podaje $w_i=0,00!!$.

Wymagania minimalne w Warunkach Technicznych postawione jedynie na wartość współczynnik przenikania ciepła U oraz wskaźnik nieodnawialnej Energii Pierwotnej, pozwalają na dopuszczenie sytuacji gdzie bardzo dobrze zaprojektowany i wykonany budynek nie będzie spełniał wymagań (przekroczone EP), a budynek o znacznie gorszych parametrach ochrony cieplnej będzie spełniał nawet najostrzejsze wymagania na EP ponieważ jest zasilany ciepłem z tzw. OZE (np. biomasy), lub innym źródłem o niskim wskaźniku w_i .

Autorzy opracowania sugerują rozważenie wprowadzenia dodatkowego kryterium – wskaźnika EK do oceny budynków o niskim zużyciu energii. Jednak aby ustalić poziom wartości minimalnych należałoby przeprowadzić szereg symulacji i obliczeń numerycznych, co nie jest przedmiotem niniejszego opracowania.

Warto zwrócić uwagę na potrzebę ujednolicenia stosowanego w przepisach nazewnictwa, występującego w następujących dokumentach:

- Rozporządzenie w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej,
- Rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,

- Rozporządzenie w sprawie zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej, wzoru karty audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii.

W każdym z tych rozporządzeń inaczej nazywa się tą sama wielkość, co szczególnie dla osób korzystających z opracowanych audytów może powodować wątpliwości, czy jest mowa o tej samej wielkości. Stosowane nazewnictwo pochodzi z nazewnictwa aktualnego w roku 1998 stosowanego w pierwszym rozporządzeniu dotyczącym sporządzania audytów energetycznych. Od tego czasu nastąpiły zmiany w tym nazewnictwie po wprowadzeniu rozporządzenia dotyczącego świadectw charakterystyki energetycznej.

W Rozporządzeniu w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego:

- w załączniku nr 1 w części 1 tabela 2 pkt 6.3. występuje nazwa: „Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]”. Powinno być: „Roczne obliczeniowe zużycie energii użytkowej do ogrzewania budynku – $Q_{H,nd}$ [GJ/rok]” i być adekwatne do nazewnictwa stosowanego w Rozporządzeniu w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej.

- w załączniku nr 1 w części 1 tabela 2 pkt 6.4. występuje nazwa: „Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]”. Powinno być: „Roczne obliczeniowe zużycie energii końcowej do ogrzewania budynku - $Q_{K,H}$ [GJ/rok]” i być adekwatne do nazewnictwa stosowanego w Rozporządzeniu w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej.

- w załączniku nr 1 w części 1 tabela 2 pkt 6.5. występuje nazwa: „Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowania ciepłej wody użytkowej [GJ/rok]”. Nie jest wiadome, o jaką energię chodzi, gdyż wszystkie są obliczeniowe. Należy domniemywać, że jest to energia końcowa do przygotowywania ciepłej wody użytkowej - $Q_{K,W}$ [GJ/rok] i jest adekwatne do nazewnictwa stosowanego w Rozporządzeniu w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej.

- w załączniku nr 1 w części 1 tabela 2 pkt 6.8. występuje nazwa: „Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/(m² rok)]”. Powinno być: „Wskaźnik rocznego zapotrzebowania energii użytkowej do ogrzewania budynku” i mieć oznaczenie EU [GJ/(m²rok)] – co jest adekwatne do obecnego nazewnictwa i oznaczeń.

- w załączniku nr 1 w części 1 tabela 2 pkt. 6.9. występuje nazwa: „Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/(m²rok)]”. Powinno być: „Wskaźnik rocznego zapotrzebowania energii końcowej do ogrzewania budynku” i mieć oznaczenie EK [GJ/(m²rok)] – co jest adekwatne do obecnego nazewnictwa i oznaczeń.

- brak jest punktu 6.10., który powinien brzmieć: „Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię pierwotną do ogrzewania budynku” i mieć oznaczenie EP [GJ/(m²rok)] – co jest adekwatne z obecnym nazewnictwem.

Istotne jest aby zapisy poszczególnych aktów prawnych były ze sobą spójne. Pożądane jest opracowanie na podstawie obowiązujących przepisów mechanizmów wsparcia efektywności energetycznej w budownictwie.

W ramach ustawy o charakterystyce energetycznej mamy zdefiniowany nieco inny zakres budynków:

- podlegających ochronie na podstawie przepisów o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami;
- używanych jako miejsce kultu i do działalności religijnej;
- przemysłowych oraz gospodarczych niewyposażonych w instalacje zużywające energię, z wyłączeniem instalacji oświetlenia wbudowanego;
- mieszkalnych, przeznaczonych do użytkowania nie dłużej niż 4 miesiące w roku;
- wolnostojących o powierzchni użytkowej poniżej 50 m²;
- gospodarstw rolnych o wskaźniku EP określającym roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną nie wyższym niż 50 kWh/(m²·rok). Rozbieżności pojawiają się w zakresie budynków na terenie gospodarstw rolnych, gdzie dyrektywa dopuszcza wyłączenie budynków niemieszkalnych, a Polskie przepisy określają tylko wskaźnik EP, który można interpretować iż dotyczy całego gospodarstwa rolnego,

a nie poszczególnych budynków. Warto przypomnieć, iż budynków mieszkalnych na terenie gospodarstw rolnych jest ok. 1,5 mln z 5,3 mln domów jednorodzinnych w Polsce.

Kolejną rozbieżność stanowi kwestia wymogu posiadania świadectwa. Polskie przepisy pozwalają na nieposiadanie świadectwa charakterystyki energetycznej dla budynków które nie są wykluczone z ww. wykazu budynków. Pierwsza grupa to osoby budujące dom na własny użytek. Takie osoby mogą budować budynek w Polsce w oparciu o zgłoszenie a nie uzyskanie pozwolenia na budowę. Zatem mogą rozpocząć budowę domu wg posiadanego projektu domu wykonanego na podstawie obowiązujących przepisów, ale wcale nie muszą zrealizować zakresu prac zgodnego z projektem w kwestiach tzw. „nieistotnych”, ktp.e mogą oznaczać np. montaż gorszej stolarki okiennej czy mniejsza grubość ocieplenia.

Zgodnie z ustawą o charakterystyce budynku przy sprzedaży czy wynajmie mamy obowiązek przekazania świadectwa charakterystyki energetycznej. Jednakże ustawodawca dodał zapis:

„2. W przypadku gdy zbywca albo wynajmujący nie wywiąże się z obowiązku, o którym mowa w ust. 1, nabywca albo najemca może, w terminie 14 dni od dnia zawarcia umowy przeniesienia własności albo umowy najmu, wezwać pisemnie zbywcę lub wynajmującego do wywiązania się z tego obowiązku w terminie 2 miesięcy od dnia dczenia wezwania.

3. W przypadku gdy świadectwo charakterystyki energetycznej albo jego kopia nie zostaną przekazane w terminie 2 miesięcy od dnia doręczenia wezwania, o którym mowa w ust. 2, nabywca albo najemca może, w terminie nie dłuższym niż 6 miesięcy w przypadku umowy najmu oraz 12 miesięcy w przypadku umowy sprzedaży albo zbycia spółdzielczego

własnościowego prawa do lokalu, licząc od dnia zawarcia umowy, zlecić sporządzenie świadectwa charakterystyki energetycznej na koszt zbywcy albo wynajmującego.”

Powyższa procedura pozwala na niewywiązanie się z obowiązku wskazanego w ww. ustawie.

Warto wskazać ponadto istotne różnice w obliczeniach charakterystyki energetycznej pomiędzy metodologią z 2008 roku, a metodologią z 2015 roku. Porównując metodologię

z 2008 roku i z 2015 roku zauważamy kilka istotnych zmian wpływających na wyliczenie energii pierwotnej EP. Główne uwagi dotyczą:

-obliczania powierzchni o regulowanej temperaturze A_f

Wyliczony wskaźnik energii pierwotnej odnosimy do jednostki powierzchni o regulowanej temperaturze. Według pierwotnej metodologii A_f jest to powierzchnia użytkowa wyznaczana według Polskiej Normy dotyczącej właściwości użytkowych w budownictwie – określanie i obliczanie wskaźników powierzchniowych i kubaturowych, a w przypadku pomieszczeń lub ich części w budynku mieszkalnym jednorodinnym i lokalu mieszkalnym o wysokości w świetle:

- 1) równej lub większej od 2,20 m – powierzchnia ta jest zaliczana do obliczeń w 100%,
- 2) równej lub większej od 1,40 m, lecz mniejszej od 2,20 m – powierzchnia ta jest zaliczana do obliczeń w 50%,
- 3) mniejszej od 1,40 m – powierzchnia ta jest pomijana całkowicie.

Obecna metodologia pomija ten zapis i pozwala na zaliczanie do powierzchni A_f powierzchni bez względu na wysokość. W przypadku budynków dwukondygnacyjnych gdzie mamy dach wielospadowy i poddasze użytkowe, może to prowadzić do rozbieżności w powierzchniach A_f sięgających nawet 20%. Co więcej część osób sporządzająca świadectwa charakterystyki energetycznej nie jest świadoma zmian ww. zapisów. Nowa metodologia przyczynia się do obniżenia wartości wskaźnika EP.

- wentylacja

Obecna metodologia sporządzania świadectw nakazuje nam liczenie wentylacji w budynku metodą wskaźnikową na jednostkę powierzchni. Wartości podane w tabelach są mocno niedokładne i niepotrzebne, gdyż mamy normę PN-83 B-03430/Az3:2000 „Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej”.

Podane wartości odnoszą się do m^2 powierzchni, a więc nie uwzględniają wysokości pomieszczeń. W przypadku budynków wielorodzinnych parametr $V_{ve1,s} m^3/(sm^2)$ dla klatki schodowej przybiera aż trzy różne wartości w zależności od wieku budynku tego, czy była przeprowadzana termomodernizacja oraz czy uwzględniony jest wiatrołap. Natomiast przyjęcie dla lokali mieszkalnych jednego strumienia $0,32 \times 10^{-3} [m^3/(s m^2)]$, nie ma żadnego rzeczywistego uzasadnienia. W mieszkaniach występują pomieszczenia o zdefiniowanych strumieniach wentylacji i stosowanie wskaźników jest niewłaściwym podejściem. Mieszkanie z wentylacją grawitacyjną o powierzchni $50 m^2$ z kuchnią i łazienką wg obecnej metodologii obliczeń ma mieć strumień $0,32 \times 10^{-3} [m^3/(s m^2)]$. Odpowiada to wentylacji $0,32 \times 10^{-3} \times 3600 \times 50 = 57,6 [m^3/h]$. To mniej niż wymagania dla samej kuchni ($70 m^3/h$). Pomijamy fakt wymagań higienicznych i przy rodzinie 3 osobowej występuje niespełnienie wymogu zapewnienia $20 [m^3/h]$ dla wentylacji grawitacyjnej. A wymagania dla wentylacji mechanicznej są przecież jeszcze wyższe. Jeżeli przyjmiemy strumień powietrza wentylacyjnego zgodne z PN to uzyskamy $120 [m^3/h]$. A więc w tym konkretnym przypadku $0,667 \times 10^{-3} m^3/(s m^2)$. Błąd wynosi 108%. Takie same obliczenia dla mieszkania o powierzchni $80 m^2$ mogą dawać błąd

w szacowaniu niemal 63%. W większości przypadków nowa metodologia powoduje w tej kwestii obniżenie wartości wskaźnika EP. Wyniki obliczeń wartości Hve na podstawie Rozporządzenia w sprawie metodologii obliczeń charakterystyki energetycznej są o około 40 - 60% mniejsze w stosunku do wyników obliczeń wartości Hve wynikających ze strumieni wentylacyjnych przyjmowanych na podstawie norm.

-ciepła woda użytkowa

Podobny problem jak przy wentylacji powstaje przy obliczeniach c.w.u., gdzie dokonujemy obliczeń opierając się na wskaźnikach powierzchniowych czyli zużyciu wody na m² powierzchni o regulowanej temperaturze. Przykładowo dla mieszkania z indywidualnym rozliczeniem zużycia wody (50 m², 4 osoby) wg rozporządzenia powinno takie mieszkanie zużywać $1,6 \times 50 = 80$ [dm³/dzień]. Zatem dzienne zużycie c.w.u. winno wynieść 20 dm³ na osobę, lecz w rzeczywistości kształtuje się ono na poziomie około 40-53 dm³ na osobę.

Jeżeli wykonamy podobne obliczenia dla przedszkola (6 oddziałów, powierzchnia 724 m², 150 dzieci i pracowników), to uzyskujemy:

$724 \times 0,8 = 579$ dm³/dzień. Mamy zatem na osobę 3,86 dm³/dzień. Pomijam, że może występować tam przygotowanie posiłków, a mamy do czynienia z trzema posiłkami. A w obliczeniach dodatkowo przemnażamy tę wartość przez współczynnik korekcyjny związany z przerwami 0,55. Nie wiemy jak przedszkole ma pracować przez 55% roku.

Prowadzi to w większości przypadków do zaniżania wartości EP

-metoda uproszczona

Metodologia z 2015 roku pozwoliła na zastosowanie metody zużyciowej do wykonania części wyliczeń w charakterystyce energetycznej. Metoda opiera się na zużyciu ciepła sieciowego czy gazu z ostatnich trzech lat. Takie podejście z jednej strony bardzo upraszcza proces obliczeń, gdyż części obliczeń nie robimy.

Warto przypomnieć, iż rzeczywiste zużycie energii jest zależne od warunków zewnętrznych, obliczeniowych temperatur wewnętrznych, sposobu użytkowania obiektu. Porównując wyniki uzyskane przy zastosowaniu metody obliczeniowej i zużyciowej okazuje się, iż różnice mogą sięgać nawet 50%. Pamiętać należy jednak o tym, iż informacje podane w świadectwach służą przede wszystkim celom porównawczym poszczególnych obiektów budowlanych.

-budynki poddawane termomodernizacji

Osobnym zagadnieniem jest kwestia spełnienia wymagań wskazanych w WT dotyczących budynków poddawanych termomodernizacji. Pierwotna metodologia słusznie zakładała, iż takie budynki mogą mieć problem w spełnieniu wymagań dotyczących energii pierwotnej EP na takim samym poziomie jak budynki nowe. Takim budynkom dano możliwość odstępstwa o 15%, co obrazuje wzór świadectwa charakterystyki energetycznej z 2008 roku.

ŚWIADECTWO CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ

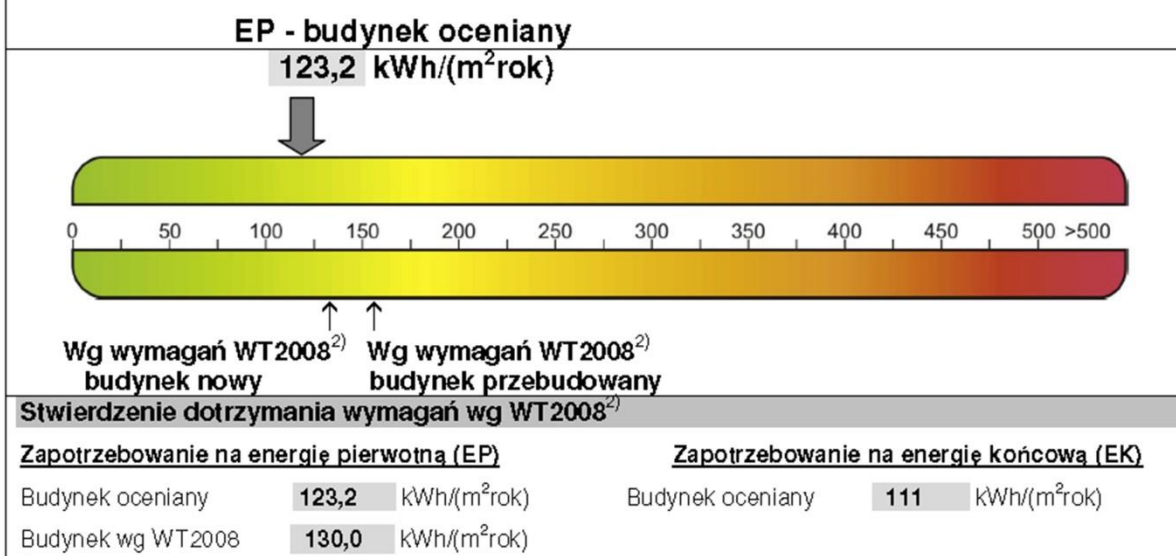
dla budynku mieszkalnego nr

Ważne do:

Budynek oceniany:

Rodzaj budynku		fotografia budynku
Adres budynku		
Całość/Część budynku		
Rok zakończenia budowy/rok oddania do użytkowania		
Rok budowy instalacji		
Liczba lokali mieszkalnych		
Powierzchnia użytkowa (A_f , m ²)		
Cel wykonania świadectwa	<input type="checkbox"/> budynek nowy <input type="checkbox"/> budynek istniejący <input type="checkbox"/> najem/sprzedaż <input type="checkbox"/> rozbudowa	

Obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną¹⁾



Rys 72. Wzór świadectwa charakterystyki energetycznej z 2009 roku (obecnie już nieaktualny).

Obecne przepisy nie dają nam już takiej możliwości, a warto pamiętać iż w procesie termomodernizacji decydujące obok aspektów energetycznych są aspekty ekonomiczne. Zatem istniejącym budynkom będzie znacznie trudniej spełnić wymagania określone na poziomie jak dla nowych budynków. Ma to szczególne znaczenie przy definicji „budynek o niemal zerowym zużyciu energii” oznaczający budynek o bardzo wysokiej charakterystyce energetycznej. Niemal zerowa lub bardzo niska ilość wymaganej energii powinna pochodzić w bardzo wysokim stopniu z energii ze źródeł odnawialnych, w tym energii ze źródeł odnawialnych wytwarzanej na miejscu lub w pobliżu;

Co więcej, powyższa dyrektywa zawiera cały art.9. poświęcony tego typu budynkom. Warto dodać, że sama dyrektywa nie narzuca konkretnej wartości energii końcowej czy pierwotnej, a tylko narzuca ramy czasowe na jej wprowadzenie.

Do dnia 31 grudnia 2020 r. wszystkie nowe budynki były budynkami o niemal zerowym zużyciu energii; oraz po dniu 31 grudnia 2018 r. nowe budynki zajmowane przez władze publiczne oraz będące ich własnością były budynkami o niemal zerowym zużyciu energii. Również w rozdziale 5 Ustawy z 29 sierpnia 2014 roku o charakterystyce energetycznej znajdziemy zapisy na temat „Krajowego planu działań mających na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii”, który ma promować budynki o niskim zużyciu energii, w tym w zakresie projektowania, budowy i przebudowy budynków w sposób zapewniający ich energooszczędność, oraz zwiększenia pozyskania energii ze źródeł odnawialnych

w nowych oraz istniejących budynkach;

W Polskim prawodawstwie Przez „budynek o niskim zużyciu energii” należy rozumieć budynek, spełniający wymogi związane z oszczędnością energii i izolacyjnością cieplną zgodnie z WT2021.

Co to oznacza w praktyce?

Tabl.482. Minimalne wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej przegród (przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$).

**) Zapis WT2017 i WT2021 oznacza wymagania jakie mają obowiązywać od 2017 i 2021 roku (a dla budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będące ich własnością od 2019 roku).*

Przegroda	Współczynnik przenikania ciepła U_{\max} [W/(m ² K)]			
	WT2008	WT 2014	WT2017*	WT2021* Budynek o niemal zerowym zużyciu energii
Ściany zewnętrzne	0,30	0,25	0,23	0,20
dla stropodachów i stropów pod nieogrzewanym poddaszem lub nad przejazdem	0,25	0,20	0,18	0,15
dla stropów nad nieogrzewanymi piwnicami i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi	0,45	0,25	0,25	0,25
Okna (z wyjątkiem okien połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne	1,70-1,80	1,30	1,10	0,90

Zasadnicze zmiany dotyczą wielkości Energii Pierwotnej dla potrzeb ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej EP_{H+W} .

Tabl. 483 Minimalne wymagania Energii Pierwotnej

Lp.	Rodzaj budynku	Częstkowe maksymalne wartości wskaźnika EP_{H+W} na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej [kWh/(m ² · rok)]		
		od 1 stycznia 2014 r.	od 1 stycznia 2017 r.	od 1 stycznia 2021 r. *)
1	Budynek mieszkalny:			
	a) jednorodzinny	120	95	70
	b) wielorodzinny	105	85	65
2	Budynek zamieszkania zbiorowego	95	85	75
3	Budynek użyteczności publicznej:			
	a) opieki zdrowotnej	390	290	190
	b) pozostałe	65	60	45
4	Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny	110	90	70

*) Budynek o niemal zerowym zużyciu energii Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością.

Przedstawione wyżej różnice między zapisami Dyrektywy nr 2010/31/UE, a Ustawą z 29 sierpnia 2014 roku o charakterystyce energetycznej oraz pomiędzy metodologiami obliczeń charakterystyki energetycznej mają na celu zasygnalizowanie problemu.

Rozdział V

PODSUMOWANIE

Przedstawione opracowanie zostało wykonane na zlecenie Ministerstwa Infrastruktury i Budownictwa w celu dokonania przeglądu przepisów dotyczących minimalnych wymagań w zakresie charakterystyki energetycznej budynków.

Opracowanie wykonał zespół ekspercki w którego skład weszli zarówno przedstawiciele nauki jak i doświadczeni audytorzy i certyfikatorzy z wieloletnim doświadczeniem w ocenie energetycznej budynków zgodnej z obowiązującymi przepisami.

Wykonana ekspertyza jest zgodna z postanowieniami Dyrektywy 2010/31/UE oraz służy dostarczeniu informacji na temat celowości aktualizacji obecnie stosowanych przepisów z uwagi na uwzględnienie postępu technicznego w sektorze budowlanym i osiągnięcia poziomów optymalnych pod względem kosztów.

Obliczenie optymalnego pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych, wymagane przez postanowienia Dyrektywy 2010/31/UE opracowane zostało zgodnie z metodologią zawartą w Rozporządzeniu Delegowanym Komisji (UE) nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012 r., które uzupełnia dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE (rozdział III).

Częścią uzupełniającą opracowanie podstawowe były:

- analiza przepisów technicznych w zakresie efektywności energetycznej budynków w ujęciu historycznym, obrazująca zmiany, zarówno w ujęciu metodologii jak i wpływu na projektowanie i realizację budynków (rozdział I).
- analizę implementacji Dyrektywy 2010/31/UE w wybranych krajach europejskich do prawodawstwa wraz z porównaniem z przepisami obowiązującymi w Polsce (rozdział I).
- analizę rynku, ze szczególnym uwzględnieniem reakcji rynku materiałów budowlanych na zmianę przepisów technicznych (rozdział II).
- odpowiedzi na postawione pytania dotyczące różnych aspektów ochrony cieplnej budynków (rozdział IV).

Po przeprowadzeniu wnikliwych analiz zespół ekspercki sformułował następujące wnioski w podsumowaniu opracowania:

1. Należy wprowadzić zmiany w dziale X oraz załączniku nr 2 do „Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” (Dz.U.2015, poz.1422) w postaci nowelizacji.
2. Określone w Warunkach Technicznych wartości wskaźnika EP dla 2021 roku, odpowiadające budynkom o niemal zerowym zużyciu energii, są założone na zbyt restrykcyjnym poziomie, możliwym do osiągnięcia jedynie w nielicznych przypadkach, zasilania budynków ciepłem z biomasy lub innymi źródłami o bardzo niskich wskaźnikach w_i . Wynika to z analiz przeprowadzonych w rozdziale III oraz rozdziale IV.

3. Wymagania minimalne dotyczące izolacyjności cieplnej przegród budowlanych wyrażone przez współczynniki przenikania ciepła U , są postawione na poziomie odpowiednim, przy obecnym rozwoju techniki i dostępności materiałów budowlanych, systemów technicznego wyposażenia budynków, systemów oświetlenia oraz automatyki budynkowej. Wynika to z rozeznania rynku materiałów budowlanych przeprowadzonych w rozdziale II oraz analiz przeprowadzonych w rozdziale III, jak również analizy porównawczej z innymi krajami o podobnym klimacie przeprowadzonej w rozdziale I.
4. Należy rozważyć wprowadzenie dodatkowego kryterium – wskaźnika EK do oceny budynków o niskim zużyciu energii. Jednak aby ustalić poziom wartości minimalnych należałoby przeprowadzić szereg symulacji i obliczeń numerycznych, co nie jest przedmiotem niniejszego opracowania. Wniosek wynika z analizy zawartej w Rozdziale IV.
5. Należy rozważyć obowiązkowe wymaganie badania szczelności obudowy budynków na przenikanie powietrzne, w szczególności dla budynków wyposażonych w system wentylacji mechanicznej. Wniosek oparty jest na wynikach badań przedstawionych w rozdziale I.
6. Należy wprowadzić dodatkowe wymagania dotyczące, np. mostków cieplnych. Wniosek oparty o analizę przedstawioną w rozdziale I.
7. Wymagania minimalne dotyczące wskaźnika EP należy uszczegółowić wyodrębniając klasy i rodzaje budynków, które różnią się znacząco zapotrzebowaniem na energię między sobą. Wniosek oparty na argumentach przedstawionych w Rozdziale IV (pkt. 1.2 oraz 1.5)
8. Należy rozważyć sformułowanie wymagania dla budynków objętych ochroną konserwatorską w zakresie możliwych działań modernizacyjnych. Należy jednak wymagania poprzedzić analizą stanu zabytków w Polsce, technologiami w jakich zostały wybudowane obiekty zabytkowe w różnych przedziałach czasu oraz analizie przeznaczenia funkcjonalnego.
9. Należy zwrócić uwagę na bardzo duży wpływ przeszkleń na bilans energetyczny budynków o niskim zapotrzebowaniu na energię. Problemem związanym z dużymi przeszkleniami w budynkach jest problem związany z przegrzewaniem budynków. Należy rozważyć wykonanie symulacji numerycznych pozwalających sformułować wymagania dotyczące maksymalnych wielkości przeszkleń oraz wprowadzenie systemów zacięniających, ograniczających ryzyko przegrzewania pomieszczeń. Wnioski wynikają z analiz przedstawionych w rozdziale I dotyczących A_{0max} oraz zawartych w rozdziale IV pkt. 1.8.
10. Należy rozważyć wprowadzenie zapisów dotyczących stosowania automatyki budynkowej. Z badań przeprowadzonych w Małopolskim Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego wynika, że istotny wpływ na efektywność energetyczną budynków oraz komfort użytkowania pomieszczeń ma zastosowanie systemu automatyki budynkowej. W celu obniżania wartości wskaźnika EP celowym

jest stosowanie układów automatyki w instalacjach grzewczych, wentylacyjnych, chłodniczych, ciepłej wody użytkowej oraz oświetlenia i osłon przeciwsłonecznych. Skutki wpływu automatyki na oszczędności energetyczne w tych instalacjach ujęte są w Polskiej Normie PN-EN 15232:2012 pt „Energetyczne właściwości budynków – wpływ automatyzacji, sterowania i technicznego zarządzania budynkami”. Zdaniem autorów opracowania celem byłoby wprowadzenie przytoczonej normy do Wykazu Polskich Norm ujętych w Załączniku 1 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

Rozdział VI

LITERATURA

- [1] Report of the World Commission on Environment and Development. www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm
- [2] energo-doradztwo.pl/wspolczynnik-ep/
- [3] www.mcbe.pl
- [4] Szczyt Ziemi w Rio Earth Summit www.un.org/geninfo/bp/enviro.html
- [5] Szczyt Ziemi w Johannesburgu 2002 Earth Summit 2002 www.earthsummit2002.org/
- [6] "Adoption of the Paris agreement", Materiały konferencyjne, 30.11.15-11.12.15, Paryż
- [7] Protokół z Kioto unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php
- [8] Pakiet klimatyczny ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm
- [9] Europa 2020 ec.europa.eu/europe2020/index_pl.htm
eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32010L0031
- [10] "Aktualne potrzeby kodyfikacji ochrony cieplnej budynków" Jerzy A. Pogorzelski. Prace Instytutu Techniki Budowlanej – kwartalnik nr 2 (126) 2003
- [11] ITB nr 447/2009
- [12] „Wady w procedurze obliczania współczynnika przenikania ciepła” A. Dylla, K.Pawłowski. Czasopismo Techniczne
- [13] 12/2015 Instal Reporter, Paweł Lachman, Piotr Jadwiszczak
- [14] www.energiesparaktion.de/downloads/Kacheln/Energieeinsparung/Geschichte_Daemmung.pdf
- [15] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV)
- [16] Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG)
- [17] Bygningsreglementet
- [18] Biuletyn Branżowy URE – energia elektryczna Nr110 (2136) 27 września 2016
- [19] Założenia do planu zaopatrzenia w ciepło elektryczną i paliwa gazowe”
- [20] ec.europa.eu/competition/state_aid/legislation/reference_rates.html
- [21] Analiza przeprowadzona przez ENERGOPROJEKT - KATOWICE S.A. "Dynamika wzrostu cen nośników energetycznych"
- [22] Aktualizacja założeń do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe dla obszaru miasta Poznania
- [23] Efektywność Energetyczna w Polsce. Przegląd 2016
- [24] Efektywność Energetyczna w Polsce. Przegląd 2015
- [25] Strategia modernizacji budynków w Polsce. Mapa drogowa 2050.
- [26] Raport dotyczący przeglądu obowiązujących krajowych przepisów określających minimalne wymagania dotyczące charakterystyki energetycznej budynków pod kątem ich ewentualnej aktualizacji przy uwzględnieniu postępu technicznego w sektorze budowlanym z roku 2011.
- [27] Concerted action “implementing the energy performance of buildings directive” Lisboa 2016
- [28] www.austria.pl/pogoda-klimat.xml#climate

- [29] NEEAP 2014 Erster Nationaler Energieeffizienzaktionsplan der Republik Österreich 2014 gemäß Energieeffizienzrichtlinie 2012/27/EU
- [30] www.slowacja.com.pl/pogoda-klimat.xml
- [31] Technický a skúšobný ústav stavebný building testing and research institute, “Energetická hospodárnosť budov v centre pozornosti - Patince -Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov (revízia STN 73 0540)” prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD.
- [32] Ministerstvo prumyslu a obchodu: „Aktuální situace ve vztahu k implementaci směrnice o energetické účinnosti 2012/27/EU do českého prostředí a k zákonu 406/2000 Sb.”, Ing. Vladimír Sochor, červenec 2016
- [33] technický a skúšobný ústav stavebný building testing and research institute, “požiadavky na významnu obnovu budov A prax” prof. Ing. Zuzana Sternová
- [34] Aproving s.r.o. Projektová, inžinierska a obchodná činnosť vo výstavbe
- [35] Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky Technický a skúšobný ústav stavebný building testing and research institute, “ návrh metodiky a vstupných údajov stanovenia nákladovej efektívnosti výstavby a obnovy budov z hľadiska energetickej hospodárnosti budov -Stanovenie vstupných údajov o stavebných výrobkoch a o technických systémoch na určovanie opatrení ovplyvňujúcich energetickú hospodárnosť budov v rôznych úrovniach požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov”
- [36] www.czechy.pl/pogoda-klimat.xml?zk&id=Praga
- [37] Vysoké učení technické v Brně Fakulta stavební Ústav technologie stavebních hmeot a dílců- Tepelně technické požadavky na budovy dle ČSN 730540
- [38] stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky
- [39] Výpočet energetické náročnosti budov Zbyněk Svoboda, FSv ČVUT Praha
- [40] www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/5700-prukaz-enb-a-dotacni-program-zelena-usporam
- [41] www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/10584-prukaz-energeticke-narocnosti-budovy-a-energeticky-audit
- [42] stavba.tzb-info.cz/smernice-2010-31-eu/7785-nulove-domy
- [43] NESTEN NULLENERGIBYGG FORSLAG TIL NASJONAL DEFINISJON
- [44] www.energimerking.no/no/energimerking-bygg/om-energimerkesystemet-og-regelverket/karakterskalaen/
- [45] m.automatykab2b.pl/rynek/9836-wiecej-niz-przemysl?start=1
- [46] Rynek automatyki budynkowej w Polsce i województwie śląskim, Park Naukowo – technologiczny Euro-Centrum,
- [47] Praca zbiorowa Polskiego Komitetu Oświetleniowego Związku Producentów Sprzętu Oświetleniowego "Pol-lighting"
- [48] livesound.pl/tutorial/artykuly/4701-zrodla-swiatla-lampy-zarowe-wyladowcze-ledy
- [49] inwest.essystem.pl/raporty_inw/QSR_2016_3.pdf
- [50] www.topten.info.pl/index.php?page=rurkowe_e14&direction=horizontal
- [51] www.osram.pl/osram_pl/aktualnosci-i-wiedza/systemy-sterowania-oswietleniem
- [52] Załącznik 7.10 do dok. - eur.lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SEC:2011:0288:FIN:EN:PDF

[53] Raport „Implementacja prawa klimatyczno-energetycznego UE w Polsce“. Changing the law Transforming our planet. ClientEarth

[54] hala.slomniki.pl

[55] www.chronmyklimat.pl/projekty/energooszczedne-4-katy/katalog-dobrych-przykladow/pasywny-dom-w-smolcu-kolo-wroclawia

[56] Materiał należące do SUPERWINDOWS - superwindows.eu

[58] „Analiza porównawcza i ocena stanu obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych dotyczących ochrony cieplnej i energochłonności budynków: dział X rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2002 r. nr 75, poz. 690 z późn. zm.)”

[59] Stowarzyszenie Producentów i Importerów Urządzeń Grzewczych

[60] www.spacetherm.com

[61] Cz. Byrdy „Ciepłochronne konstrukcje ścian zewnętrznych budynków mieszkalnych” Skrypt Politechniki Krakowskiej.

[62] „Przegrzewanie budynków niskoenergetycznych” Tomasz Kisilewicz

[63] “On factors that influence indoor summer conditions in low energy buildings” Tomasz Kisilewicz

[64] „Budynki niskoenergetyczne – zmiana techniki i mentalności” Tomasz Kisilewicz

Dyrektywy UE [D]

[D1] 2002/91/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 2002 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (Dyrektywa 2002/91/WE).

[D2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (Dz. Urz. UE L 153 z 18 czerwca 2010)

[D3] Rozporządzenie nr 244/2012 z dnia 16 stycznia 2012 r. uzupełniające Dyrektywę 2010/31/UE ustanawiające ramy metodologii porównawczej do celów obliczania optymalnego pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych dotyczących charakterystyki energetycznej budynków i elementów budynków, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 081 z 21 marca 2012

[D4] Wytyczne uzupełniające rozporządzenie delegowane Komisji (UE) nr 244/2012 z 16 stycznia 2012 r. uzupełniające dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków i ustanawiające ramy metodologii porównawczej do celów obliczania optymalnego pod względem kosztów poziomu wymagań minimalnych dotyczących charakterystyki energetycznej budynków i elementów budynków.

[D5] Dyrektywa ErP Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE z dnia 21.10.2009 r.

Rozporządzenia – dokumenty krajowe [R]

- [R1] Dz.U. 1994 Nr 89 poz. 414 Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane
- [R2] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 21 listopada 2003 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo Budowlane.
- [R3] Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków . Dz. U. z 2014 r. poz. 1200, z 2015 r. poz. 151, z 2016 r. poz. 1250.
- [R4] Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 14 grudnia 1994 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- [R5] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dn 30 września 1997 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- [R6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2002 r. nr 75, poz. 690)”
- [R7]Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 kwietnia 2004 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz. U. nr 75, poz. 690 z późn. zm)
- [R8] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75, poz. 690 z późn. zm)
- [R9] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75, poz. 690 z późn. zm)
- [R10] 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.2015, poz.1422)
- [R11] Ustawa o charakterystyce energetycznej budynków (Dz. U. z 2014 r. poz. 1200 , z późn. zm.) – obowiązuje od 9 marca 2015 r.
- [R12] Znowelizowany zakres i forma projektu budowlanego (Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2012, poz. 462), - obowiązuje od 3 października 2014 r.
- [R13] Znowelizowana metodyka sporządzania świadectw (Rozporządzenie Ministra infrastruktury i Rozwoju z dnia 3 czerwca 2014 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej)
- [R14] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lutego 2015 r. w sprawie wzorów protokołów z kontroli systemu ogrzewania lub systemu klimatyzacji

- [R15] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lutego 2015 r. w sprawie sposobu dokonywania i szczegółowego zakresu weryfikacji świadectw charakterystyki energetycznej oraz protokołów z kontroli systemu ogrzewania lub systemu klimatyzacji
- [R16] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r., w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej
- [R17] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej.
- [R18] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3 czerwca 2014 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej
- [R19] Dz. U. z 2010, Nr 243, poz. 1623, z późn. zm Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 12 listopada 2010 r w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo Budowlane
- [R20] OIB-Leitfaden Energietechnisches Verhalten von Gebäuden -
www.oib.or.at/sites/default/files/erlaeuternde_bemerkungen_richtlinie_6_26.03.15_0.pdf
- [R21] Zákon 300/2012 o energetickej hospodárnosti budov
- [R22] Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky Zbierka zákonov č. 364/2012, VYHLÁŠKA z 12. novembra 2012 ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov
- [R23] Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky Zbierka zákonov č. 364/2012, VYHLÁŠKA z 12. novembra 2012 ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov
- [R24] novela zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií platnost od 1.7.2015 (změny v zákoně 103/2015 Sb.) novely souvisejících vyhlášek
- [R25] 78/2013 o energetickej účinnosti budov v prípravě novela vyhlášky
- [R26] 118/2013 o energetickej účinnosti budov novela je ve sbírce zákonů
- [R27] 480/2012 o energetickej účinnosti budov a energetickej účinnosti posudku
- [R28] Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky
- [R29] Národný plán zameraný na zvyšovanie počtu budov s takmer nulovou potrebou energie-
www.telecom.gov.sk/index/open_file.php?file=vystavba/StavebnictvoDokumenty/narodny_plan.pdf
- [R30] 406/2000 Sb. ZÁKON ze dne 25. října 2000 o hospodaření energií
- [R31] 103 ZÁKON ze dne 10. dubna 2015, kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů
- [R32] 78/2013 Sb. VYHLÁŠKA ze dne 22. března 2013 o energetickej účinnosti budov
- [R33] 441 VYHLÁŠKA ze dne 5. prosince 2012 o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie

- [R34] (Forskrift om tekniske krav til byggverk - Byggteknisk forskrift),
- [R35] Bygningsreglementet
- [R36] Energieeinsparverordnung - EnEV

Normy [N]

- [N1] PN-B-02405:53;57 Współczynniki przenikania ciepła k dla przegród budowlanych - Wartości liczbowe
- [N2] PN-B-02405:53;57 Współczynniki przenikania ciepła k dla przegród budowlanych - Wartości liczbowe
- [N3] PN-EN ISO 6946:1996 Komponenty budowlane i elementy budynku - Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła - Metoda obliczania
- [N4] EN ISO 6946:1996
- [N5] PN-EN ISO 6946:1999 Komponenty budowlane i elementy budynku - Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła - Metoda obliczania
- [N6] PN-EN-ISO 6946:2004 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania
- [N7] PN-EN-ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania
- [N8] PN-64/B-03404 - Współczynnik przenikania ciepła K dla przegród budowlanych
- [N9] PN-74/B-03404- Współczynnik przenikania ciepła K dla przegród budowlanych
- [N10] PN-82/B-02020 – Ochrona cieplna budynków
- [N11] PN-91/B-02020 – Ochrona cieplna budynków
- [N12] PN-EN ISO 10211-1 Mostki cieplne w budynkach – Strumień cieplny i temperatura powierzchni – Ogólne metody obliczania
- [N13] PN-EN ISO 10211-2 Mostki cieplne w budynkach – Strumień cieplny i temperatura powierzchni – Liniowe mostki cieplne
- [N14] PN-EN ISO 14683 Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne.
- [N16] PN-EN ISO 13788:2003 - Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku -- Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa -- Metody obliczania
- [N18] PN-B-02025:1998 Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej
- [N19] PN-B-02025:1999 Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej
- [N20] PN-B-02025:2001 Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego
- [N21] PN-EN ISO 13790:2009 Energetyczne właściwości użytkowe budynków - Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia.
- [N22] PN-EN 15603:2008 Energetyczne właściwości użytkowe budynków - Całkowite wykorzystanie energii i definicja wskaźników energetycznych
- [N23] PN-EN 12207:2001 Okna i drzwi. Przepuszczalność powietrza. Klasyfikacja
- [N24] PN-EN 13829 Właściwości cieplne budynków – Określanie przepuszczalności powietrznej budynków – Metoda pomiaru ciśnieniowego z użyciem wentylatora.

- [N25] PN – EN - ISO 10211:2008 Mostki cieplne w budynkach -- Strumienie ciepła i temperatury powierzchni - Obliczenia szczegółowe
- [N26] STN 73 0540-2:2012 -Tepelná ochrana budov Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konstrukcií a budov Časť 2: Funkčné požiadavky
- [N27] ČSN EN ISO 13790 Energetická náročnosť budov - Výpočet potreby energie na vytápění a chlazení
- [N28] TNI 73 0331 vstupní hodnoty energetického hodnocení
- [N29] ČSN 73 0540-2 (změna Z1/2012) Tepelná ochrana budov. Část 2: Funkční požadavky
- [N30] PN EN ISO 13370 Ciepłne właściwości użytkowe budynków -- Przenoszenie ciepła przez grunt -- Metody obliczania
- [N31] TNI 73 0329 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění - Rodinné domy
- [N32] TNI 73 0329 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění - Bytové domy
- [N33] PN-EN ISO 13788 Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej dla uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacji międzywarstwowej – Metody obliczania
- [N34] PN – EN ISO 12831:2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach -- Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego
- [N35] ÖNORM EN 13829 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden - Differenzdruckverfahren (ISO 9972:1996, modifiziert)
- [N36] ÖNORM B 8110-6:2014-11-15 Wärmeschutz im Hochbau - Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf - Nationale Festlegungen und nationale Ergänzungen zur ÖNORM EN ISO 13790
- [N37] ÖNORM B 8110-3 Wärmeschutz im Hochbau; Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse
- [N38] EN 15232:2012 - Energetyczne właściwości budynków - Wpływ automatyzacji, sterowania i technicznego zarządzania budynkami.
- [N39] PN EN 15459:2008 Charakterystyka energetyczna budynków - Ekonomiczna ocena instalacji energetycznych w budynkach
- [N40] PN EN 12831:2006P Instalacje ogrzewcze w budynkach-Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego
- [N41] EN 673:2011 Szkło w budownictwie -- Określenie współczynnika przenikania ciepła (wartość U) -- Metoda obliczeniowa
- [N42] NS 3031:2014 Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data
- [N43] NS-EN 15603:2008 Bygningers energiytelse - Bestemmelse av total energibruk og energiytelse

Dane pozyskane do celu opracowania [F]

[F1] Maciej Muzyczuk Ocena Energetyczna Budynków

[F2] Wyniki badania szczelności powietrznej obudowy budynku wykonane przez firmę PRUSDIS S. PRUS zgodnie z normą PN-EN 13829 (Właściwości cieplne budynków – Określanie przepuszczalności powietrznej budynków – Metoda pomiaru ciśnieniowego z użyciem wentylatora, www.prus.co

[F3] Termo Organika Sp. z o.o., termoorganika.pl

[F4] Sto Sp. z o.o, www.sto.com

[F5] URSA Polska Sp. z o.o., www.ursa.pl

[F6] Ośrodek Wdrożeń Ekonomiczno-Organizacyjnych Budownictwa PROMOCJA Sp. z o.o., www.sekocenbud.pl

[F7] BuildDesk Polska, www.builddesk.pl

[F8] Austrotherm Sp. z o.o., www.austrotherm.pl

[F9] Termocent, www.termocent.com

[F10] Urban Project, urbanproject.pl