

Michał Strzeszewski
Piotr Wereszczyński

Kurs programu PURMO OZC 4.8Pro Przykłady obliczeń Poradnik

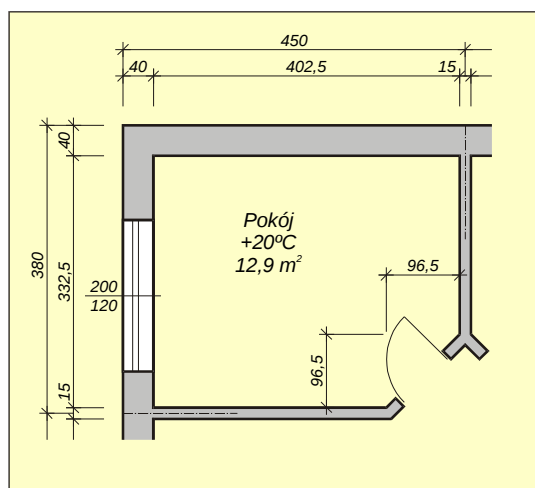


Michał Strzeszewski
Piotr Wereszczyński

Kurs programu PURMO OZC 4.8Pro

Przykłady obliczeń

Poradnik



Warszawa 2010

Kurs programu PURMO OZC 4.8Pro
Przykłady obliczeń. Wersja 1.02 (sierpień 2010)

Opracowanie wprowadza Czytelnika „krok po kroku” w zagadnienia związane z obsługą programu PURMO OZC. Przykłady obliczeń opatrzone komentarzem. Zwrócono uwagę na główne różnice w stosunku do starej metodyki określania strat ciepła pomieszczeń wg normy PN-B-03406:1994 oraz na znaczenie parametrów obliczeń.

Podręcznik przeznaczony jest dla projektantów instalacji c.o., audytorów energetycznych, osób sporządzających świadectwa charakterystyki energetycznej oraz studentów wyższych uczelni technicznych na kierunkach inżynieria środowiska, budownictwo, architektura, energetyka i pokrewnych.

Wydawca

Rettig Heating Sp. z o.o.
ul. Przemysłowa
44-203 Rybnik

Biuro Handlowe

ul. Ciszewskiego 15
02-777 Warszawa
budynek KEN Center
tel. (22) 544 10 00
fax (22) 544 10 01

www.purmo.pl

Opracowano we współpracy
z firmą

Sankom Sp. z o.o.
www.sankom.pl

Niniejszy podręcznik może być wykorzystywany wyłącznie do celów informacyjno-dydaktycznych. Inne wykorzystanie jest zastrzeżone.

Autorzy dołożyli należytych starań w trakcie opracowywania podręcznika. Jednak ani autorzy ani wydawca nie gwarantują braku błędów i nie ponoszą odpowiedzialności za żadne straty ani utracone zyski, powstałe w wyniku wykorzystania podręcznika.

W związku z rozwojem programu, zastrzega się możliwość zmian. Dostępność poszczególnych funkcji i wygląd elementów programu może różnić się w zależności od jego wersji.

Przedmowa

Rok 2009 przyniósł wiele fundamentalnych zmian w zakresie obliczeń cieplnych budynków. Zmiany te dotyczyły obliczania projektowego obciążenia cieplnego (norma PN-EN 12831:2006) oraz sporządzania audytów energetycznych (m.in. norma PN-EN ISO 13790:2009 oraz nowe dane klimatyczne). Poza tym wprowadzono system certyfikacji energetycznej budynków (świadectwa charakterystyki energetycznej).

Sytuacja ta spowodowała konieczność dostosowania programu PURMO OZC do nowych przepisów.

Począwszy od wersji 4.0 program umożliwia wykonywanie obliczeń obciążenia cieplnego wg normy europejskiej PN-EN 12831:2006. Zyskał on również nowy, bardziej wydajny interfejs użytkownika. Autorzy programu starali się jednak w możliwie dużym stopniu „uszanować” przyzwyczajenia dotychczasowych użytkowników, tak aby nauczanie się nowej wersji nie zabierało im zbyt dużo czasu.

Wersję 4.5Pro wyposażono w moduł do sporządzania świadectw energetycznych, a wersję 4.6Pro – w funkcję tworzenia charakterystyki energetycznej do dołączenia do projektu.

Począwszy od wersji 4.7Pro program umożliwia sporządzanie świadectw energetycznych dla budynków posiadających instalacje chłodzenia.

W wersji 4.8Pro dodano moduł obliczania rocznego zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia wg normy PN-EN ISO 13790:2009.

Ostatni okres przyniósł również dynamiczny wzrost liczby użytkowników programu. Zwłaszcza z myślą o nich powstał niniejszy kurs. Uzupełnia on podręcznik, dołączony do programu.

Michał Strzeszewski

Piotr Wereszczyński

Spis treści

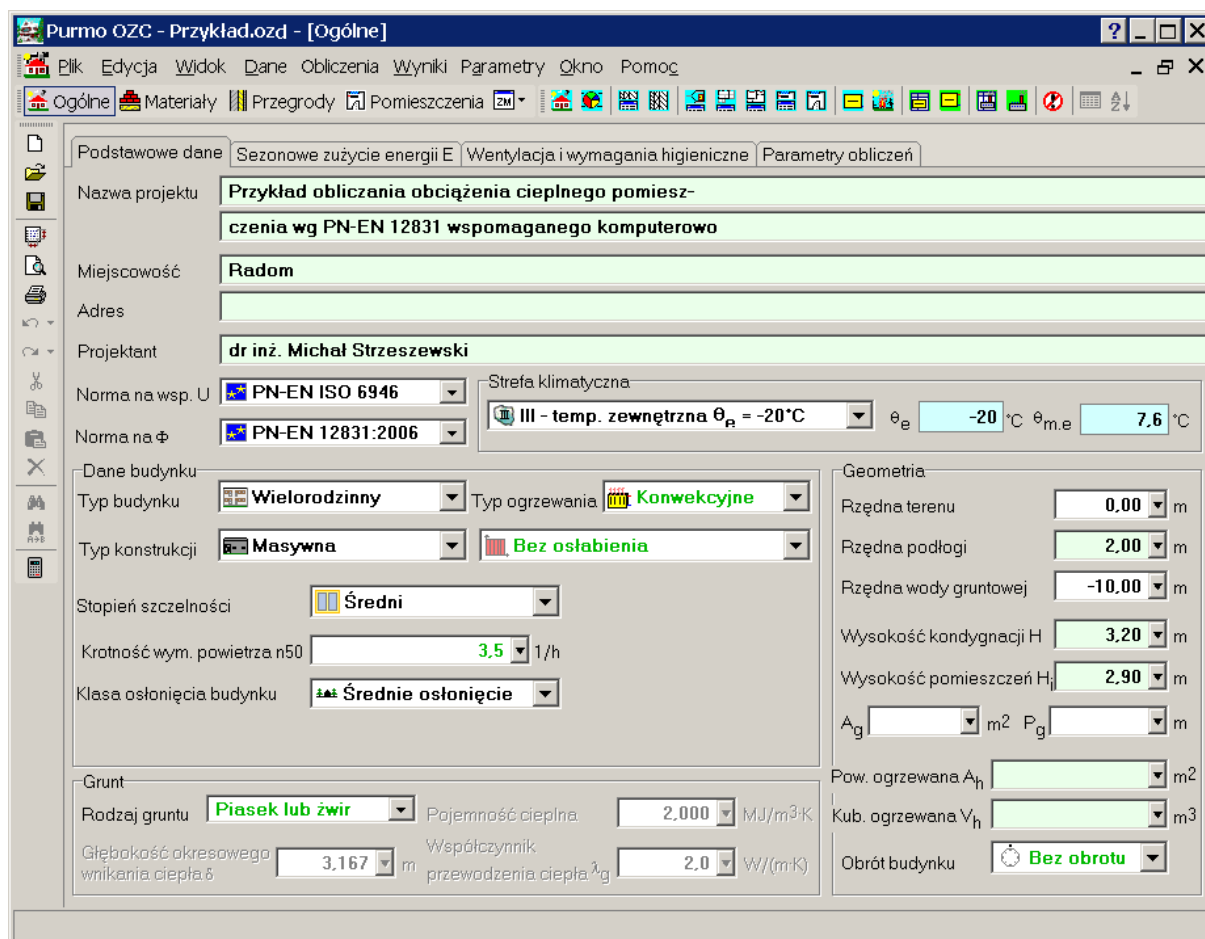
1. Wprowadzenie do programu PURMO OZC	1
1.1 PURMO OZC 4.0. Obliczanie obciążenia cieplnego budynków wspomagane komputerowo	1
1.1.1 Wprowadzenie	1
1.1.2 Nowe nazewnictwo i oznaczenia	3
1.1.3 Dane klimatyczne	3
1.1.4 Nadwyżka mocy cieplnej do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania	3
1.1.5 Współczynnik projektowej straty ciepła	4
1.1.6 Mostki cieplne	5
1.1.7 Wymiary	6
1.1.8 Straty ciepła do gruntu	7
1.1.9 „Straty ciepła do sąsiada”	8
1.1.10 Wentylacja	9
1.1.11 Obliczenia	10
1.2 PURMO OZC 4.5Pro. Sporządzanie świadectw energetycznych	11
1.2.1 Efektywność pracy	11
1.2.2 Nauka obsługi programu	12
1.2.3 Uzupelnienie danych do świadectwa energetycznego	13
1.2.4 Wydruk świadectwa energetycznego	14
1.3 PURMO OZC 4.6Pro. Charakterystyka energetyczna budynku	15
1.3.1 Charakterystyka energetyczna do projektu	15
1.3.2 Warunki techniczne 2008	16
1.3.3 Raport z obliczeń świadectwa	18
1.3.4 Wiele systemów instalacji ogrzewania i ciepłej wody	18
1.3.5 Eksport do plików XLS i RTF	19
1.4 PURMO OZC 4.7Pro. Sporządzanie świadectw charakterystyki energetycznej budynków wyposażonych w instalację chłodzenia	21
1.4.1 Dane ogólne	21
1.4.2 Wykorzystanie wcześniejszych plików	23
1.4.3 Harmonogramy	24
1.4.4 Wewnętrzne zyski ciepła	24
1.4.5 Wyniki obliczeń	25
1.5 PURMO OZC 4.8Pro. Obliczanie rocznego zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia wg normy PN-EN ISO 13790:2009	26
1.5.1 Norma PN-EN ISO 13790:2009	26
1.5.2 Obliczenia praktyczne	26
1.5.3 Parametry obliczeń	27
1.5.4 Wyniki obliczeń	27
2. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego wg normy PN-EN 12831:2006	30
2.1 Wprowadzenie	30
2.2 Nowe nazewnictwo i oznaczenia	30

2.3	Dane klimatyczne.....	30
2.4	„Całkowita projektowa strata ciepła” a „projektowe obciążenie cieplne”	31
2.5	Całkowita projektowa strata ciepła	32
2.6	Współczynnik projektowej straty ciepła.....	32
2.7	Mostki cieplne	32
2.8	Wymiary.....	33
2.9	Straty ciepła do gruntu.....	34
2.10	„Straty ciepła do sąsiada”	35
2.11	Wentylacja.....	35
2.12	Porównanie wyników.....	36
2.13	Podsumowanie.....	36
3.	Przegrody z warstwami powietrznymi.....	37
3.1	Wprowadzenie	37
3.2	Niewentylowana warstwa powietrzna.....	37
3.3	Słabo wentylowana warstwa powietrzna	38
3.4	Dobrze wentylowana warstwa powietrzna	38
4.	Przykłady	39
Przykład 1.	Ściana wewnętrzna.....	39
Przykład 2.	Ściana zewnętrzna	45
Przykład 3.	Dobór grubości izolacji.....	48
Przykład 4.	Strop.....	49
Przykład 5.	Niewentylowana warstwa powietrzna	53
Przykład 6.	Słabo wentylowana warstwa powietrzna.....	56
Przykład 7.	Dobrze wentylowana warstwa powietrzna.....	58
Przykład 8.	Dach	59
Przykład 9.	Podłoga na gruncie.....	64
Przykład 10.	Podłoga w piwnicy.....	69
Przykład 11.	Ściana przyległa do gruntu.....	77
Przykład 12.	Obciążenie cieplne pomieszczenia	81
Przykład 13.	Parametry obliczeń obciążenia cieplnego	94
Przykład 14.	„Straty ciepła do sąsiada”	99
Przykład 15.	Obciążenie cieplne budynku	103
Przykład 16.	Maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła według warunków technicznych	129
Przykład 17.	Świadectwo charakterystyki energetycznej.....	134
5.	Literatura.....	146
6.	Załączniki	147
Załącznik 1.	Porównanie wybranych pojęć i symboli występujących w normach PN-EN 12831:2006 i PN-B-03406:1994.....	147
Załącznik 2.	Wybrane indeksy występujące w normie PN-EN 12831:2006	149
Załącznik 3.	Alfabet grecki	150

1. Wprowadzenie do programu PURMO OZC

1.1 PURMO OZC 4.0. Obliczanie obciążenia cieplnego budynków wspomagane komputerowo

1.1.1 Wprowadzenie



Rys. 1.1. Główne okno programu PURMO OZC 4.0

Wersja 4.0 programu PURMO OZC umożliwia prowadzenie obliczeń obciążenia cieplnego budynków zarówno wg dotychczasowej normy PN-B-03406:1994, jak i nowej normy PN-EN 12831:2006. Główne zmiany w nowej wersji programu w stosunku do wersji poprzednich zostały przedstawione poniżej.

Co nowego w wersji 4.0

1. Dodano obliczanie projektowego obciążenia cieplnego budynku (zapotrzebowania na ciepło) wg nowej normy PN-EN 12831 oraz strat ciepła do gruntu wg PN-EN ISO 13370. Cały czas program umożliwia również prowadzenie obliczeń wg normy dotychczasowej PN-B-03406.
2. Wprowadzono nazewnictwo zgodnie z normą PN-EN 12831.

3. Program oblicza współczynniki przenikania ciepła przegród wielowarstwowych jedynie wg normy PN-EN ISO 6946. Wersja 3.0 przewidywała również starszą normę PN-91/B-02020 (wycofaną w 1999 r.)
4. Dodano funkcję szczegółowego obliczania bilansu strumieni wentylacyjnych w budynku oraz możliwość obliczania budynków z systemami wentylacji z rekuperacją i recyrkulacją.
5. Usprawniono obliczanie mostków cieplnych dzięki zastosowaniu automatycznego systemu określania liniowych mostków występujących w danym pomieszczeniu.
6. Wprowadzono funkcje automatycznego generowania danych do obliczeń sezonowego zużycia energii w oparciu o wcześniej wprowadzone dane o pomieszczeniach.
7. Wprowadzono bieżącą kontrolę poprawności danych, w związku z czym o wielu błędach użytkownik informowany jest już na etapie wprowadzania danych. Dzięki temu ograniczona jest ilość komunikatów diagnostycznych na etapie wykonywania obliczeń.
8. Dodano możliwość definiowania minimalnej różnicy temperatury, przy której program ma obliczać przenikanie ciepła przez przegrody, a także możliwość ustalenia minimalnej dyżurnej temperatury w pomieszczeniach o temperaturze projektowej 20°C lub większej, podczas obliczania strat ciepła do sąsiednich lokali.
9. Dodano możliwość definiowania domyślnych parametrów charakteryzujących budynki, w tym domyślnego grzejnika w pomieszczeniach. Dzięki temu nie ma konieczności wielokrotnego wprowadzania powtarzalnych danych.
10. Znacznie zwiększono zakres formatowania tabel z wynikami obliczeń (m.in. włączanie i wyłączanie poszczególnych kolumn lub wierszy).
11. Rozbudowano formatowanie wydruków. Dodano nowe parametry wydruku oraz możliwość bardziej precyzyjnego doboru elementów, które zostaną wydrukowane.
12. Podłączono dokumentację techniczną do większości grzejników występujących w katalogu grzejników.
13. Wprowadzono funkcję automatycznego pobierania uaktualnionej dokumentacji technicznej z Internetu.
14. Dodano funkcję generującą wykres rozkładu ciśnienia cząstkowego pary wodnej w przegrodach budowlanych.
15. Ujednolicono strukturę danych katalogowych, dzięki zastosowaniu okna typu Katalog, dodano możliwość filtrowania danych katalogowych, a także usprawniono funkcję wyszukiwania elementów katalogu.
16. W Katalogu pomieszczeń wprowadzono możliwość definiowania struktury budynku w postaci drzewa (strefy, kondygnacje, grupy pomieszczeń). Dzięki zastosowaniu zasady dziedziczenia parametrów elementów budynku, możliwe jest znaczne usprawnienie procesu wprowadzania danych zwłaszcza w dużych budynkach.

17. Dodano funkcję dowolnego kopiowania, przenoszenia pojedynczych pomieszczeń lub całych gałęzi elementów drzewa struktury budynku.
18. Dodano tabele zestawień kondygnacji, stref budynku oraz grup pomieszczeń, aby umożliwić dokładniejszą analizę wyników obliczeń budynku.
19. Obliczenia sezonowego zapotrzebowania na energię cieplną możliwe są osobno dla grup pomieszczeń (lokali), stref budynku lub dla całego budynku.
20. Usprawniono metodę wprowadzania danych, dotyczących przegród budowlanych w pomieszczeniach. Dodanie przegrody wewnętrznej w jednym pomieszczeniu powoduje automatycznie dodanie jej do odpowiedniego pomieszczenia sąsiedniego.
21. Wprowadzono możliwość szybkiego przełączania się między danymi do obliczeń a wynikami, dzięki zastosowaniu w pełni okienkowego środowiska pracy.
22. Usprawniono obsługę tabel z wynikami obliczeń.
23. Wprowadzono funkcję eksportu zawartości tabel do programu Excel.

1.1.2 Nowe nazewnictwo i oznaczenia

W programie PURMO OZC odpowiednio zaktualizowano nazewnictwo i oznaczenia wielkości fizycznych, dostosowując je do normy PN-EN 12831:2006. Porównanie ważniejszych wielkości fizycznych i ich symboli, występujących w normie PN-EN 12831:2006 oraz dotychczasowej normie PN-B-03406:1994, zestawiono w załączniku 1.

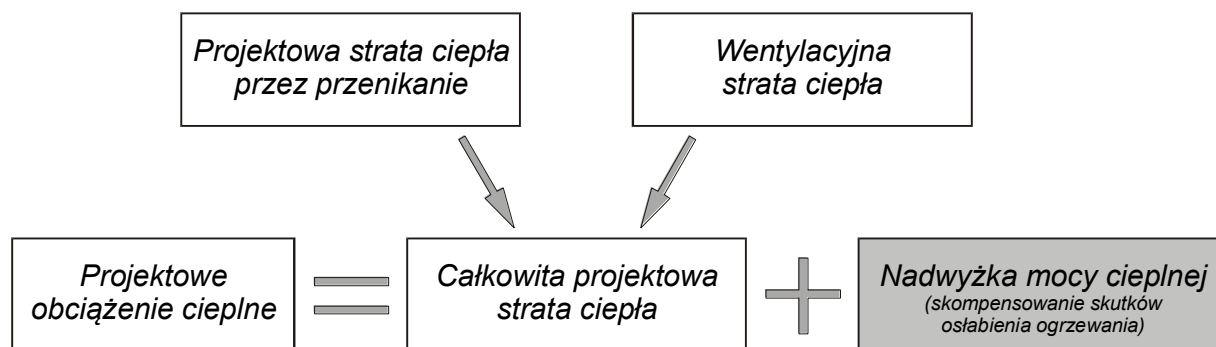
1.1.3 Dane klimatyczne

Dane klimatyczne, podane w załączniku krajowym do normy PN-EN 12831:2006, bazują na normie PN-82/B-02403 [6]. Zostały jednak uzupełnione o średnią roczną temperaturę zewnętrzną, która w nowej metodyce wykorzystywana jest do określania strat ciepła do gruntu oraz strat ciepła przez przenikanie do przyległych pomieszczeń.

Program PURMO OZC 4.0 określa projektową temperaturę zewnętrzną i średnią roczną temperaturę zewnętrzną automatycznie w zależności od wybranej strefy klimatycznej. Pozwala również na ręczne wprowadzenie innych wartości.

1.1.4 Nadwyżka mocy cieplnej do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania

Nowa norma w „projektowym obciążeniu cieplnym” (odpowiednik „zapotrzebowania na moc cieplną”) umożliwia uwzględnienie nadwyżki mocy cieplnej do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania (rys. 1.2). Jednak zgodnie z zapisem w normie, uwzględnienie tej nadwyżki jest opcjonalne i należy to uzgodnić z inwestorem.



Rys. 1.2. Porównanie pojęć „całkowita projektowa strata ciepła” i „projektowe obciążenie cieplne”

Program umożliwia bardzo łatwe uwzględnienie nadwyżki w obliczeniach. W tym celu w **Danych ogólnych** (w sekcji **Dane budynku**) należy wybrać opcję **Z Osłabieniem** (rys. 1.3). Wyświetlą się wtedy dodatkowe pola do wpisania założonego obniżenia temperatury w okresie osłabienia oraz czasu potrzebnego do ponownego nagrzania budynku. Program na tej podstawie, uwzględniając typ budynku określi współczynnik nagrzewania f_{RH} .

Dane budynku	
Typ budynku	Wielorodzinny
Typ ogrzewania	Konwekcyjne
Typ konstrukcji	Masywna
	Z osłabieniem
Stopień szczelności	Średni
T_h	2,0 h
Krotność wym. powietrza n50	3,5 1/h
$\Delta\theta_{i,o}$	2,0 K
Klasa osłonięcia budynku	Średnie osłonięcie
f_{RH}	11,0 W/m ²

Rys. 1.3. Dane budynku

1.1.5 Współczynnik projektowej straty ciepła

Norma PN-EN 12831:2006 wprowadza obliczanie współczynnika projektowej straty ciepła H jako pośredni krok w obliczaniu strat ciepła. Współczynnik ten odnoszony jest zawsze do różnicy temperatury wewnętrznej i zewnętrznej, niezależnie od wartości temperatury po drugiej stronie przegrody.

Natomiast program PURMO OZC 4.0 oblicza straty ciepła na drodze przenikania w równoważny sposób tradycyjny (bezpośredni). Tzn. obliczenia prowadzone są z pominięciem współczynnika H , w oparciu o różnicę temperatury charakterystyczną dla danej przegrody. Dzięki temu obliczenia są bardziej czytelne z punktu widzenia fizyki budowli. Jeśli jednak projektant chciałby poznać wartość współczynnika H , to może ją odczytać z tabeli z wynikami obliczeń (rys. 1.4).

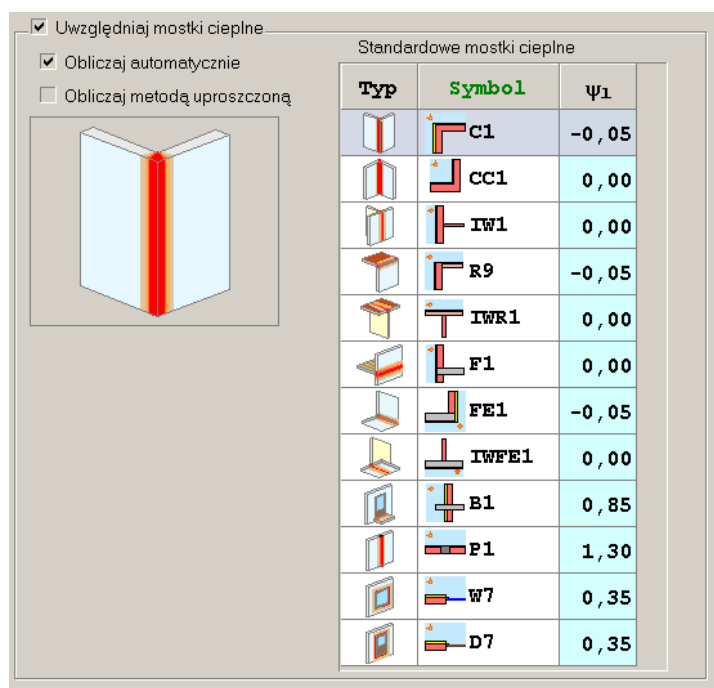
Przegrody w pomieszczeniu:1											
Symbol	Or.	Pomieszczenie lub θ	θ_e	A_c	$\Delta\theta$	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	H_T	Φ_T	
		$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	m^2	K	$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$		$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$	W/K	W	
SZ-51	S	T= -20,0 $^{\circ}\text{C}$	-20,0	5,2	40,0	0,290	0,05	0,340	1,75	70	
OD-120X120	S	T= -20,0 $^{\circ}\text{C}$	-20,0	1,4	40,0	2,000	0,50	2,500	3,60	144	
SW-15		2 20,0 $^{\circ}\text{C}$	20,0	9,8	0,0	2,040		2,040	0,00	0	
SW-15		3 20,0 $^{\circ}\text{C}$	20,0	1,9	0,0	2,040		2,040	0,00	0	
DW80		3 20,0 $^{\circ}\text{C}$	20,0	1,6	0,0	5,100		5,100	0,00	0	
SW-15		1A 20,0 $^{\circ}\text{C}$	20,0	3,9	0,0	2,040		2,040	0,00	0	
SW-15		1A 20,0 $^{\circ}\text{C}$	20,0	3,2	0,0	2,040		2,040	0,00	0	
SW-41		KL-SCHOD 16,0 $^{\circ}\text{C}$	16,0	5,8	4,0	1,266		1,266	0,74	30	
STR-TERA		PIWNICA 7,6 $^{\circ}\text{C}$	7,6	6,3	12,4	0,585		0,585	1,15	46	
STR-TERA		101 20,0 $^{\circ}\text{C}$	20,0	5,8	4,0	0,585		0,585	0,34	14	
Projektowa strata ciepła przez przenikanie Φ_T , [W]:										303	
Projektowa wentylacyjna strata ciepła Φ_V , [W]:										264	
Współczynnik korygujący ze względu na wysokość pomieszczenia f_h :										1,00	
Całkowita projektowa strata ciepła $\Phi=(\Phi_T+\Phi_V) \cdot f_h$, [W]:										567	
Nadwyżka mocy cieplnej $\Phi_{RH}=A \cdot f_{RH}$, [W]:										0	
Projektowe obciążenie cieplne Φ_{HL} , [W]:										567	
Wskaźnik Φ_{HL} pomieszcz. odnies. do jego powierzchni $\Phi_{HL,f}$, [W/m ²]:										122,8	
Wskaźnik Φ_{HL} pomieszcz. odnies. do jego kubatury $\Phi_{HL,v}$, [W/m ³]:										43,8	
Współczynnik projektowej straty ciepła przez przenikanie H_T , [W/K]:										7,58	
Współczynnik wentylacyjnej projektowej straty ciepła H_V , [W/K]:										6,59	

Rys.1.4. Wyniki obliczeń strat ciepła dla pomieszczenia umożliwiając odczytanie współczynnika straty ciepła H

1.1.6 Mostki cieplne

Wg nowej normy w obliczeniach strat ciepła należy uwzględniać liniowe mostki cieplne. Program PURMO OZC 4.0 umożliwia obliczanie strat ciepła przez mostki cieplne zarówno metodą podstawową (w oparciu o współczynnik przenikania ciepła i długość mostka), jak i metodą uproszczoną (dodatek do współczynnika przenikania ciepła przegrody).

W programie wprowadzono bardzo użyteczną funkcję automatycznego generowania liniowych mostków cieplnych w poszczególnych pomieszczeniach. Dzięki niej w większości przypadków możliwe jest bardzo szybkie wykonywanie obliczeń projektowego obciążenia cieplnego, z uwzględnieniem liniowych mostków cieplnych. Wprowadzanie danych na temat mostków cieplnych sprowadza się wówczas do wybrania standardowych typów mostków w zależności od technologii wykonania budynku (rys. 1.5). Dane te najczęściej wystarczy wprowadzić raz dla całego budynku (w danych ogólnych), chociaż w przypadku bardziej skomplikowanych budynków można je również doprecyzować (zmodyfikować) dla konkretnej przegrody.



Rys. 1.5. Wybór opcji uwzględniania mostków cieplnych

1.1.7 Wymiary

Zgodnie z normą PN-EN 12831:2006 (wraz z załącznikiem krajowym) powierzchnie przegród budowlanych należy określać w oparciu o wymiary zewnętrzne (mierzone po zewnętrznej stronie budynku). Natomiast w przypadku obliczeń wg normy dotychczasowej PN-B-03406 stosowało się „wymiary w osiach” (pomiędzy osiami przegród ograniczających daną przegrodę), które wydają się być dużo bardziej naturalne w budownictwie.

Dlatego w celu „uszanowania” przyzwyczajeń projektantów oraz aby ułatwić przeliczania budynków wg jednej i drugiej normy, autorzy programu PURMO OZC zdecydowali się na przyjęcie zasady, że wszystkie wymiary wprowadza się w osiach, a program w przypadku wyboru normy PN-EN 12831, sam automatycznie obliczy wymiary zewnętrzne.

Aby program prawidłowo przeliczał wymiary w osiach na wymiary zewnętrzne, poszczególne ściany należy wprowadzać po kolei, zgodnie z ruchem wskazówek zegara, zaczynając od przegrody zewnętrznej pierwszej w ciągu.

Przykład automatycznego przeliczenia „wymiarów w osiach” na „wymiary zewnętrzne” pokazano na rys. 1.6. Dla naroża ścian zewnętrznych (ściana południowa i zachodnia) program dodaje do „wymiarów w osiach” połowę grubości sąsiedniej ściany zewnętrznej (kolumna $\Delta L/A$).

>	Symbol	Or.	Pomieszczenie lub Θ	PDS	L lub A	H	N	Z	Kąt	ΔL/A	ΔH
			°C		m; m²	m	Szt.		°	m; m²	m
☐ 0	SZ-51	↓ S	T= -20,0°C		2,75	3,00	1			0,26	0,00
☒ 1	OD-180X120	↓ S	T= -20,0°C		1,80	1,20	1	1,00	90		
☐ 0	SZ-51	← W	T= -20,0°C		3,25	3,00	1			0,26	0,00
☐ 0	SW-15		4 24,0°C	T	1,80	3,00	1				

Rys. 1.6. Przykład automatycznego przeliczenia „wymiarów w osiach” na „wymiary zewnętrzne”

1.1.8 Straty ciepła do gruntu

Norma PN-EN 12831:2006 mówi, że straty ciepła do gruntu mogą być obliczone:

- w sposób szczegółowy wg normy EN ISO 13370 [9]
- lub w sposób uproszczony, opisany w normie PN-EN 12831:2006.

Program PURMO OZC 4.0 wykorzystuje bezpośrednio normę EN ISO 13370. Jest to metoda bardziej ogólna, pozwalająca na uwzględnienie m.in. takich czynników, jak rodzaj gruntu czy izolację krawędziową. Okno do obliczania współczynnika przenikania ciepła dla podłogi na gruncie pokazano na rys 1.7.

W nowej metodyce obliczeniowej nie występuje podział podłogi na gruncie na I i II strefę. Straty ciepła w tym przypadku określone są w oparciu o tzw. wymiar charakterystyczny podłogi B' :

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P}, \text{ m} \quad (2.1)$$

gdzie:

- A – pole powierzchni podłogi, m²;
- P – obwód podłogi (uwzględniający tylko ściany zewnętrzne), m.

Program PURMO OZC 4.0 określa wymiar charakterystyczny podłogi na gruncie B' indywidualnie dla każdego pomieszczenia w oparciu o dane przegród występujących w pomieszczeniu. Projektant ma jednak możliwość ręcznego wprowadzenia pola powierzchni podłogi A i obwodu P .

Jedynie w przypadku pomieszczeń z podłogami na gruncie, w których nie ma ścian zewnętrznych ($P = 0$), program oblicza wymiar B' na podstawie pola powierzchni podłogi i obwodu całego budynku, wprowadzonych w danych ogólnych.

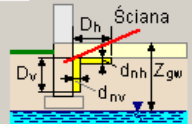
Symbol: PG-SKL Opis: ☐ Predefiniowana ☐ Na zamówienie ☐ Wycofana z produkcji

Producent: Rodzaj: Podłoga na gruncie Warunki wilgotności: Średnio wilgotne Numer katalogowy:

Ściana przy podłodze: SZ-50-PW Z_{gw}: 3,00 m

Pozioma izolacja krawędziowa: d_{nh} m D_h m

Pionowa izolacja krawędziowa: d_{nw} m D_v m



Symbol	d	Opis materiału	λ	ρ	c _p	R	R _{cor}
	m		W/(m·K)	kg/m³	kJ/(kg·K)	m²·K/W	m²·K/W
TERAKOTA	0,050	Terakota.	1,050	2000	0,840	0,048	0,048
BETON-1900	0,050	Beton zwykły z kruszywa kamiennego - gęś	1,000	1900	0,840	0,050	0,050
STYROPIAN	0,060	Styropian - inne przypadki.	0,045	30	1,460	1,333	1,333
PAPA-ASF	0,003	Papa asfaltowa.	0,180	1000	1,460	0,017	0,017
BETON-1900	0,100	Beton zwykły z kruszywa kamiennego - gęś	1,000	1900	0,840	0,100	0,100
PIASEK-ŚR	0,300	Piasek średni.	0,400	1650	0,840	0,750	0,750

Równoważny opór gruntu wraz z oporami przejmowania R_g: 1,569

Grubość G: 0,563 m

Suma oporów przejm. i przew.: 3,867 m²·K/W

Wsp. przenikania ciepła U: 0,259 W/m²·K

☐ Przegroda z podanymi wymiarami

Rys. 1.7. Obliczanie współczynnika przenikania ciepła dla podłogi na gruncie

1.1.9 „Straty ciepła do sąsiada”

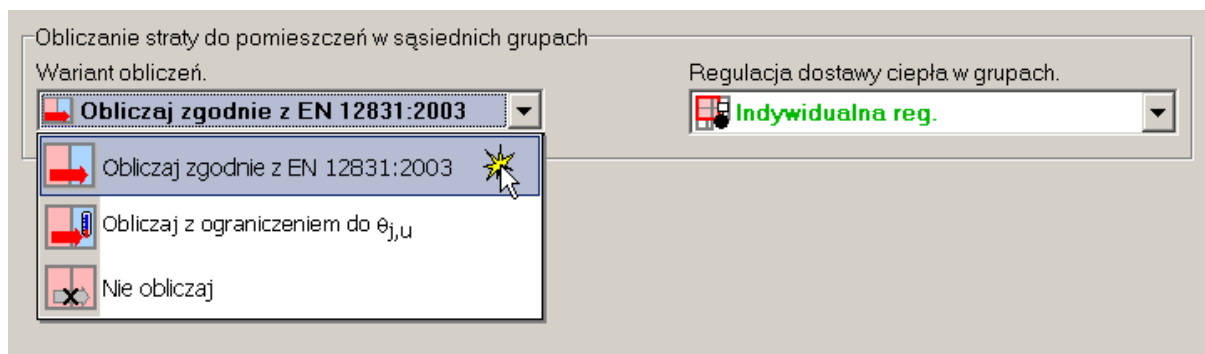
Jeśli w lokalach istnieje możliwość indywidualnej regulacji temperatury, to według nowej normy temperaturę w sąsiednim pomieszczeniu, należącym do innego lokalu, należy przyjmować jako średnią arytmetyczną z projektowej temperatury wewnętrznej w analizowanym pomieszczeniu i średniej rocznej temperatury zewnętrznej.

Takie podejście ma uwzględniać możliwość wystąpienia obniżenia temperatury w sąsiednich lokalach w stosunku do wartości projektowej. Jednak metoda podana w normie PN-EN 12831:2006 wydaje się zbyt „ostrożna”, ponieważ często zakłada bardzo niską wartość temperaturę w sąsiednim lokalu. W związku z tym w programie PURMO OZC 4.0 przewidziano dwa dodatkowe warianty określania temperatury w sąsiednim lokalu (rys. 1.8):

- obliczanie wg normy (średniej arytmetycznej), ale z ograniczeniem (nie mniej niż podana wartość, np. 16°C),
- nie uwzględnianie ryzyka obniżenia temperatury (tzn. przyjmuje się temperaturę projektową na podstawie funkcji danego pomieszczenia).

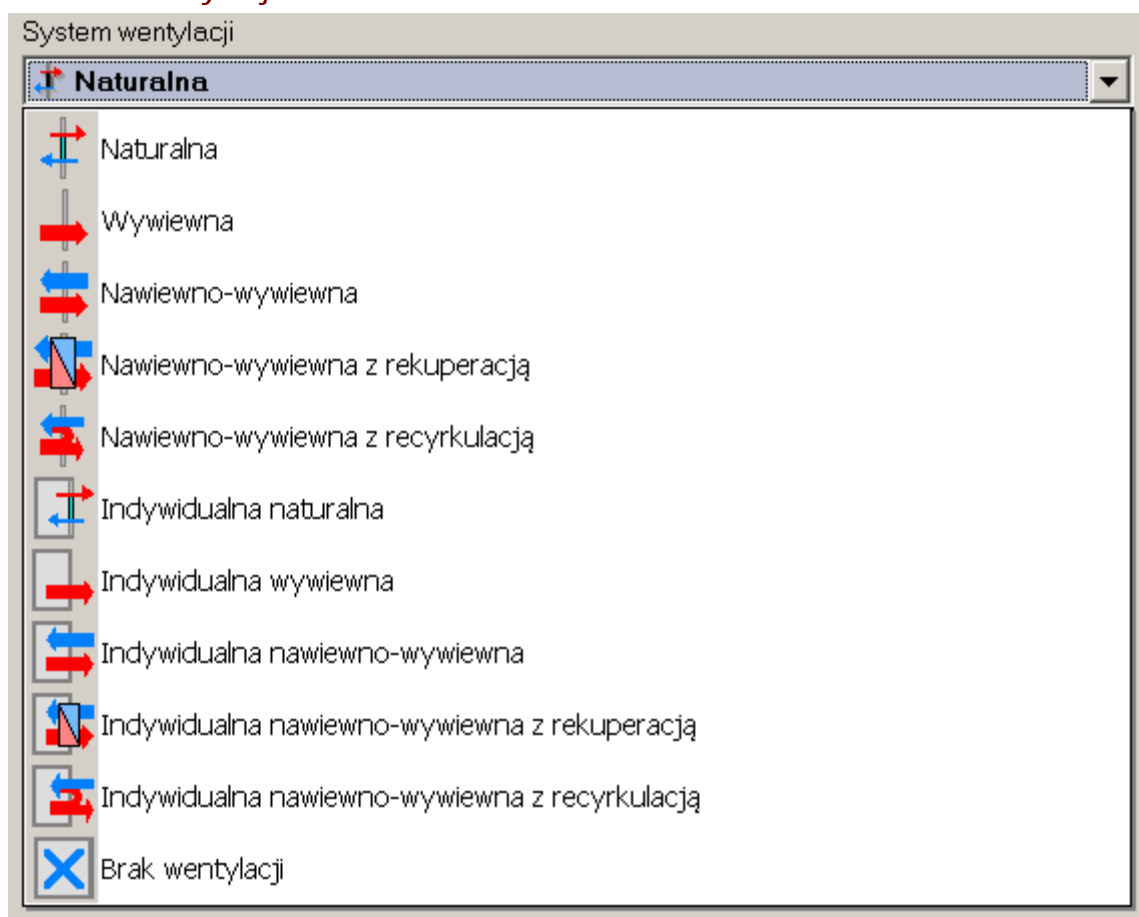
Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (par. 134, ust. 6) [19] podaje 16°C jako minimalną wartość temperatury wewnętrznej w czasie eksploatacji w pomieszczeniach o temperaturze obliczeniowej (projektowej) 20°C i wyższej i taką wartość ograniczenia można wprowadzić w programie.

Dostępne w programie dwa dodatkowe warianty obliczania strat ciepła do sąsiednich lokali nie są przewidziane w normie PN-EN 12831:2006.



Rys. 1.8. Wybór sposobu określania strat ciepła do sąsiednich lokali

1.1.10 Wentylacja



Rys. 1.9. Wybór systemu wentylacji

Program PURMO OZC 4.0 umożliwia analizę wentylacji w znacznie szerszym zakresie niż przewiduje to norma PN-EN 12831:2006 (rys. 1.9). Istnieje możliwość wybrania m.in. następujących systemów:

- wentylacja naturalna (grawitacyjna),

- wentylacja mechaniczna wywiewna,
- wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna,
- wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z rekuperacją,
- wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z recyrkulacją.

1.1.11 Obliczenia

Program wykonuje:

- obliczenia współczynników przenikania ciepła U dla ścian, podłóg, dachów i stropodachów,
- obliczenia rozkładu temperatury i ciśnienia cząstkowego pary wodnej w przekroju przegród budowlanych,
- obliczenia projektowego obciążenia cieplnego poszczególnych pomieszczeń,
- obliczenia projektowego obciążenia cieplnego całego budynku (uwaga: w przypadku normy PN–EN 12831:2006 nie zawsze jest to suma obciążeń cieplnych poszczególnych pomieszczeń),
- obliczenia sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzania budynków mieszkalnych,
- obliczenia wskaźników sezonowego zapotrzebowania na energię cieplną EV i EA,
- wstępny dobór grzejników w pomieszczeniach.

Wyniki obliczeń obciążenia cieplnego mogą następnie zostać przeniesione do programu PURMO C.O. w celu zaprojektowania instalacji centralnego ogrzewania.

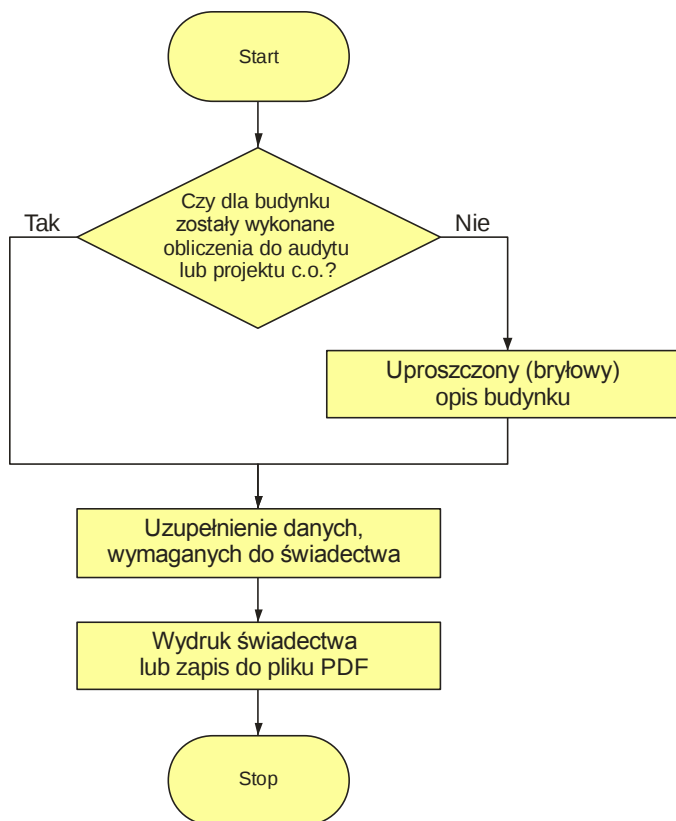
1.2 PURMO OZC 4.5Pro. Sporządzanie świadectw energetycznych

Co nowego w wersji 4.5Pro

1. Moduł wyznaczania świadectw charakterystyki energetycznej dla budynków, ich części stanowiących samodzielną całość techniczno-użytkową oraz lokali mieszkalnych.
2. Nowe dane meteorologiczne wg Ministerstwa Infrastruktury z grudnia 2008 wraz z poprawkami dotyczącymi średniej temperatury w maju i wrześniu.
3. Możliwość uwzględniania w obliczeniach gruntowych wymienników ciepła.
4. Opcja redukcji strumienia powietrza wentylacyjnego w nocy przy obliczeniach sezonowego zużycia energii.
5. Nowe typy pomieszczeń w tabeli wymagań higienicznych.
6. Możliwość określenia minimalnego strumienia powietrza usuwanego w postaci ilości wymian w tabeli wymagań higienicznych.
7. Kolejne opcje korekty błędów w normach.

1.2.1 Efektywność pracy

Kluczowym kryterium oceny programów komputerowych do sporządzania świadectw energetycznych jest czas potrzebny do przygotowania świadectwa. W przypadku programu PURMO OZC 4.5Pro czas ten jest bardzo krótki, ponieważ program umożliwia wykorzystanie opisu budynku, wprowadzonego wcześniej w celu obliczenia obciążenia cieplnego do projektu instalacji c.o. lub określenia sezonowego zapotrzebowania na energię pod kątem audytu energetycznego. Jeśli dysponujemy odpowiednim plikiem z powyższymi danymi, to sporządzenie świadectwa sprowadza się do uzupełnienia wymaganych danych. Wprowadzenie tych informacji dla typowego budynku nie powin-



Rys. 1.10. Sposób sporządzenia świadectwa energetycznego z wykorzystaniem programu PURMO OZC 4.5 Pro

no przekroczyć 15–20 minut. Jeśli jednak taki plik danych nie jest dostępny, to można zastosować uproszczony opis bryły budynku bez podziału na poszczególne pomieszczenia, a jedynie na strefy o jednakowej temperaturze wewnętrznej. Kolejność czynności w zależności od dostępności pliku z danymi pokazano na rys. 1.10.

1.2.2 Nauka obsługi programu

Dla użytkowników znających poprzednie wersje programu (zwłaszcza 4.0) niebagatelny jest fakt, że w zasadzie prawie znają już program do sporządzania świadectw energetycznych. „Douczenie” się obsługi modułu do sporządzania świadectw energetycznych jest bardzo proste i nie zajmuje zbyt dużo czasu.

Natomiast osoby, które nie znają jeszcze programu, mogą potraktować naukę jego obsługi jako inwestycję wykraczającą poza zakres samych świadectw energetycznych. Wiedza zdobyta przy tej okazji umożliwi również obliczanie zapotrzebowania na energię do audytów energetycznych oraz określanie obciążenia cieplnego do projektowania instalacji grzewczych.

Również w tym przypadku nauka nie powinna zabierać dużo czasu, ponieważ tworząc program autorzy wykorzystali wieloletnie doświadczenie oraz sugestie olbrzymiej rzeszy dotychczasowych użytkowników.

Systematycznie prowadzone są szkolenia z zakresu obsługi programu. Bieżące informacje nt. szkoleń dostępne są na stronach internetowych www.purmo.pl oraz www.sankom.pl.



Fot. Michał Strzeszewski

Szkolenie prowadzi Piotr Wereszczyński, główny autor programu PURMO OZC

1.2.3 Uzupełnienie danych do świadectwa energetycznego

Dodatkowe dane, które nie były potrzebne do obliczeń projektowych, a są wymagane do świadectwa energetycznego, wprowadza się najczęściej w oknie **Dane ogólne**, raz dla całego budynku. Chociaż możliwe jest również wprowadzanie danych, związanych ze świadectwem, dla stref i lokali. W oknie **Dane ogólne** dodano nową zakładkę **Świadectwa energetyczne** (rys. 1.11).

Zakładka **Świadectwa energetyczne** dzieli się na kolejne zakładki:

- Ogólne informacje,
- Zyski ciepła,
- Parametry obliczeń,
- Ogrzewanie,
- Wentylacja,
- Cwu,
- Oświetlenie,
- Elektryczność,
- Uwagi i propozycje zmian.

The screenshot shows the 'Świadectwa energetyczne' tab in the PURMO OZC 4.8Pro software. The interface includes the following sections:

- Wyznaczenie świadectwa:** 'Dla budynku oraz stref i grup' (selected), 'Stacja meteorologiczna: Warszawa Okęcie'.
- Funkcja budynku:** 'Mieszkalna'.
- Ogólne informacje:**
 - Charakterystyka budynku: 'Wynajem / sprzedaż'.
 - Miejscowość: 'Warszawa'.
 - Adres budynku: 'ul. Płomyka 28'.
 - Opis budynku: 'Budynek jednorodzinny'.
 - Całość / część budynku: 'Całość budynku'.
 - Przeznaczenie budynku: 'Budynek mieszkalny jednorodzinny'.
 - Rodzaj budynku: 'Budynek wolnostojący'.
 - Rodzaj konstrukcji: 'Drewniana'.
 - Ochrona budynku: (empty field).
 - Liczba lokali / mieszkań: '8'.
 - Liczba kondygnacji: '5'.
 - Rok zakończenia budowy: '1995'.
 - Rok oddania do użytkowania: '1995'.
 - Normalne temperatury eksploatacyjne: Zima '20' °C, Lato '24' °C.
- Świadectwo:**
 - Data sporządzenia: '30.04.2009'.
 - Ważne do: '30.04.2019'.
 - Numer świadectwa: '1'.
- Sporządzający świadectwo:**
 - Imię i nazwisko: 'Piotr Wereszczyński'.
 - Nr uprawnień: '007'.
 - Data wystawienia: '30.04.2009'.
 - Pieczęć: (empty field).
- Podsumowanie danych:**
 - Powierzchnie kubatury i współczynnik zwartości budynku:
 - Udział powierzchni mieszkalnej: '100' %.
 - Udział powierzchni niemieszkalnej: '0' %.
 - Powierzchnia całkowita: '381,3' m².
 - Powierzchnia użytkowa o regulowanej temperaturze: '260,0' m².
 - Powierzchnia użytkowa: '125,3' m².
 - Kubatura całkowita: '1033,0' m³.
 - Typ współczynnika V_e/V_i : 'Budynek bardzo słabo zwarty', V_e/V_i : '1,80'.
 - A : (empty field), m², V_e : '1450,7' m³, A/V_e : (empty field).
 - Kubatura budynku: 'Całkowita w świetle', '1033,0' m³.

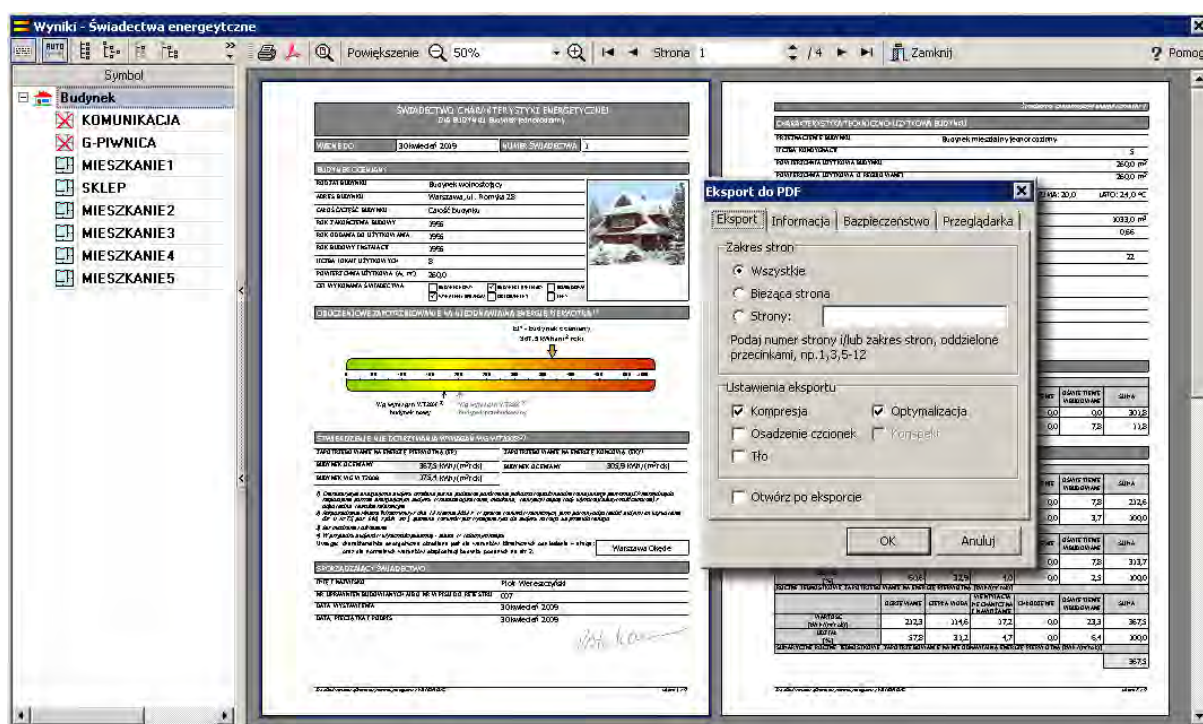
Rys. 1.11. Zakładka **Świadectwa energetyczne**. W tym miejscu wprowadza się dodatkowe dane związane ze świadectwem energetycznym. Informacje wyświetlone kolorem zielonym zostały przyjęte automatycznie przez program

Część wprowadzanych informacji ma charakter opisowy (np. propozycje zmian w budynku i jego instalacjach). Natomiast dużą część danych uzupełnia się wybierając odpowiedni wariant spośród dostępnych. W związku z tym proces ten nie zajmuje dużo czasu.

Podobnie jak w pozostałej części programu, wiele danych przyjmowanych jest automatycznie (informuje o tym zielony kolor czcionki). Chociaż, w razie potrzeby można je ręcznie skorygować. Wtedy kolor zmienia się na czarny.

1.2.4 Wydruk świadectwa energetycznego

Program PURMO OZC 4.5Pro umożliwia wydrukowanie nieograniczonej ilości świadectw energetycznych. Mogą one również być zapisywane w postaci plików w formacie PDF. Służy do tego funkcja Eksport do pliku PDF (rys. 1.12).



Rys.1.12. Program PURMO OZC 4.5Pro umożliwia drukowanie świadectw energetycznych oraz ich zapisywanie w pliku PDF

1.3 PURMO OZC 4.6Pro. Charakterystyka energetyczna budynku

Po pierwszych doświadczeniach z wykonywaniem świadectw energetycznych, została udostępniona kolejna wersja programu PURMO OZC. Wprowadzono w nim szereg nowych funkcji, zwiększając elastyczność wykonywanych obliczeń oraz zapewniając spełnienie wymagań aktualnych przepisów.

Co nowego w wersji 4.6Pro

1. Dodano możliwość definiowania kilku systemów instalacji ogrzewania i ciepłej wody w grupach pomieszczeń oraz systemów instalacji elektrycznej w budynku.
2. Dodano możliwość generowania **Raportu charakterystyki energetycznej budynku** do dołączenia do projektu.
3. Umożliwiono szczegółową analizę całego toku obliczeń świadectw energetycznych za pomocą **Raportu z obliczeń świadectw energetycznych**.
4. Dodano moduł weryfikacji wymagań dotyczących współczynników przenikania ciepła przegród budowlanych zgodnie z **WT2008**.
5. Rozszerzono instrukcję obsługi programu o szczegółowy opis modułu obliczania świadectw energetycznych i innych nowych elementów.
6. Dodano opcję eksportu Świadectwa energetycznego, Raportu z obliczeń świadectw i Raportu charakterystyki energetycznej budynku do plików XLS i RTF (obsługiwanych między innymi przez programy Excel i Word).
7. Dodano panel szybkiej nawigacji w tabeli z wynikami obliczeń pomieszczeń.
8. Dodano możliwość samodzielnego wpisania pojemności cieplnej C_m budynku, strefy, grupy pomieszczeń lub samych pomieszczeń.

1.3.1 Charakterystyka energetyczna do projektu

Jednym z nowych elementów jest tworzenie szczegółowego raportu charakterystyki energetycznej budynku w celu zamieszczenia go w projekcie architektoniczno-budowlanym, zgodnie z wymaganiem, podanym w § 11 ust. 2 pkt. 9 *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego* [21] (rys. 1.13).

Należy przy tym zwrócić uwagę, że w Rozporządzeniu wymaganie to sformułowane jest w sposób bardzo niejasny i nie określono dokładnego wzoru takiej charakterystyki. Czytając do pewnego momentu punkt 9, można odnieść wrażenie, że należy w projekcie zamieścić taką samą charakterystykę, jak w świadectwie energetycznym (ze wskaźnikami EK i EP łącznie). Jednak w drugiej części punkt ten wymienia – zresztą dość ogólnikowo – o jakie dane chodzi.

Niektórzy rozumieją ten przepis w taki sposób, że dla każdego budynku należy obliczyć wskaźniki EK i EP, czyli de facto należy wykonać 100% pracy potrzebnej do sporządzenia świadectwa energetycznego. Jednak przeważa interpretacja, że w ogólnym przypadku należy jedynie podać dane wymienione w § 11 ust. 2 pkt. 9. Natomiast obliczenie

wskaźnika EP jest niezbędne jedynie wówczas, jeżeli w oparciu o te kryterium uzasadniany jest racjonalnie niski poziom zużycia energii. Alternatywnie wymagania dotyczące oszczędności energii mogą być spełnione w oparciu o kryterium izolacyjności (§ 328 i 329 oraz Załącznik 2 *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (WT2008) [19]).

W tej sytuacji autorzy programu PURMO OZC zdecydowali się zaproponować bardzo wyczerpujący raport, aby nie było wątpliwości, że wymóg ten został spełniony. Przy czym w razie potrzeby użytkownik może wybrać, które dane chce zamieścić w raporcie, zaznaczając odpowiednie pozycje na drzewie struktury raportu (rys. 1.13).

CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA BUDYNKU

BUDYNEK OCENIANY

RODZAJ BUDYNKU Budynek wolnostojący **CAŁOŚĆ/CZĘŚĆ BUDYNKU** Całość budynku

ADRES BUDYNKU Warszawa, ul. Romyka 28

LIČBA LOKALI		8
LIČBA UŻYTKOWNIKÓW		22
POWIERZCHNIA CAŁKOWITA	[m ²]	381,3
POWIERZCHNIA UŻYTKOWA	[m ²]	260,0
POWIERZCHNIA O REGULOWANEJ TEMPERATURZE	[m ²]	260,0
POWIERZCHNIA UŻYTKOWA O REGULOWANEJ TEMPERATURZE	[m ²]	260,0
POWIERZCHNIA MIESZKALNA O REGULOWANEJ TEMPERATURZE	[m ²]	
POWIERZCHNIA MIESZKALNA UŻYTKOWA	[m ²]	
POWIERZCHNIA MIESZKALNA UŻYTKOWA O REGULOWANEJ TEMPERATURZE	[m ²]	
POWIERZCHNIA NIEMIESZKALNA O REGULOWANEJ TEMPERATURZE	[m ²]	260,0
POWIERZCHNIA NIEMIESZKALNA UŻYTKOWA	[m ²]	260,0
POWIERZCHNIA NIEMIESZKALNA UŻYTKOWA O REGULOWANEJ TEMPERATURZE	[m ²]	260,0
KUBATURA CAŁKOWITA	[m ³]	1 035,3
KUBATURA O REGULOWANEJ TEMPERATURZE	[m ³]	805,9
KUBATURA OGRZEWANEJ CZĘŚCI BUDYNKU, POMIESZCZENIA O PODCIEPNE, BALKONY, LOGGIE, GALERIE I.T.P., LICZONA PO OBRYSIE ZEWNĘTRZNYM	V _e [m ³]	1 450,7
SUMAR. PÓŁ. POWIERZCHNIE WSZYSTKICH PRZEGRÓD BUDYNKU, O DZIEŁAJĄCYCH CZĘŚCI OGRZEWANIA BUDYNKU OD POWIERZCHNI ZEWNĘTRZNEJ, GRUNTU I PRZYŁĘGŁYCH POMIESZCZEŃ NIEOGRZEWANYCH, LICZONA PO OBRYSIE ZEWNĘTRZNYM	A [m ²]	686,1

Rys. 1.13. Charakterystyka energetyczna do zamieszczenia w projekcie architektoniczno-budowlanym

1.3.2 Warunki techniczne 2008

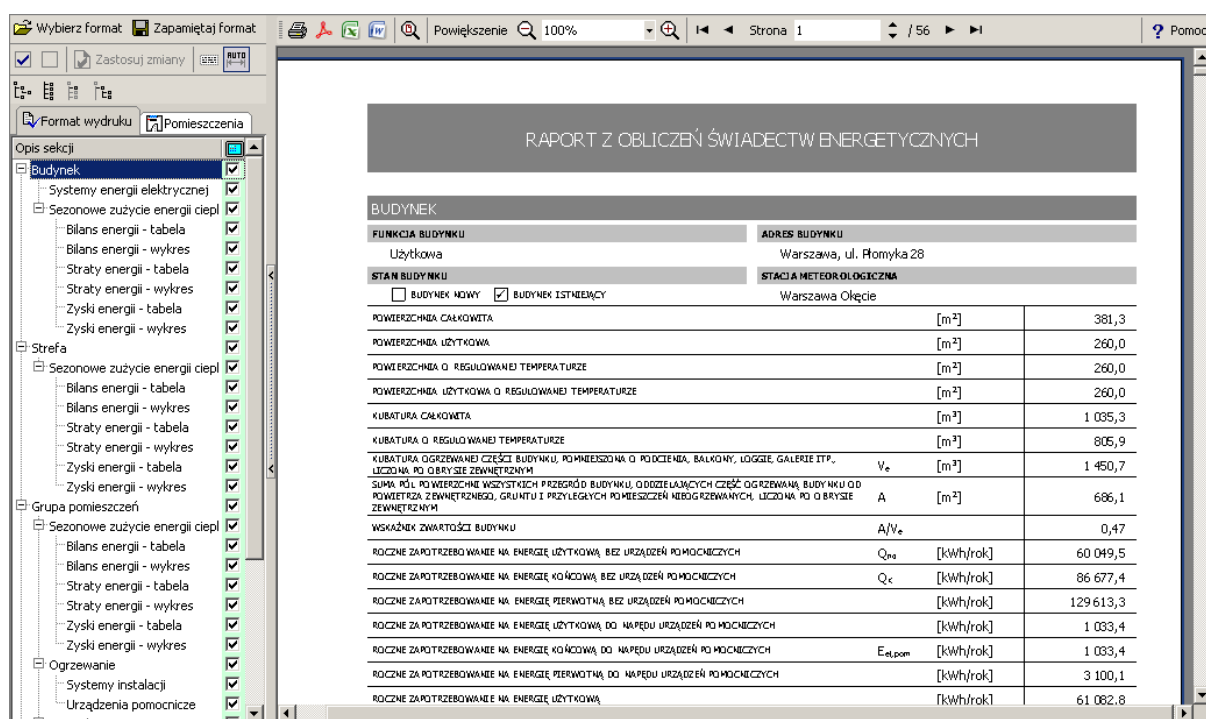
Program wyposażono w moduł weryfikacji wymagań, dotyczących zapotrzebowania na energię zgodnie z § 328 i 329 oraz Załącznikiem 2 *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (WT2008) [19]. Program umożliwia zarówno sprawdzenie kryterium EP granicznego, jak i izolacyjności przegród budowlanych (rys. 1.14 i 1.15).

SPRAWDZENIE WARUNKÓW ZGODNOŚCI Z WYMAGANIAMI TECHNICZNYMI WT2008	
WARUNEK WSKAŹNIKA EP	SPEŁNIONY
WARUNEK WSPÓŁCZYNNIKÓW U PRZEGRÓD	SPEŁNIONY
OBIEKT SPEŁNIA WYMAGANIA TECHNICZNE WT2008	

Rys. 1.14. Informacja o spełnieniu Warunków Technicznych WT 2008 w ramach charakterystyki energetycznej

Symbol	Opis	U W/m ² · K	U _{max} W/m ² · K	WT2008
DACH	Dach 19,3 cm	0,306	0,500	✓ Tak
DW90	Drzwi wewnętrzne 90cm	5,100		✓ Tak
DW80	Drzwi wewnętrzne 80cm	5,100		✓ Tak
DW70	Drzwi wewnętrzne 70cm	5,100		✓ Tak
DW60	Drzwi wewnętrzne 60cm	5,100		✓ Tak
DZ-SKL	Drzwi do sklepu 90cm	2,500	2,600	✓ Tak
DZ-MAG	Drzwi do magazynu 90cm	2,500	2,600	✓ Tak
DZ	Drzwi zewnętrzne na skłatkę schod.	2,500		
OD-60X60	Okno 60x60	2,000	1,800	✗ Nie
OD-60X180	Okno 60x180	2,000	1,800	✗ Nie
OD-200X180	Okna zespolone trójszybowe 200x120	2,000	1,800	✗ Nie
OD-200X120	Okna zespolone trójszybowe 200x120	2,000	1,800	✗ Nie
OD-180X120	Okna zespolone trójszybowe 180x120	2,000	1,800	✗ Nie
OD-120X120	Okna zespolone trójszybowe 120x120	2,000	1,800	✗ Nie
PG-SKL	Podłoga na gruncie w sklepie	0,259	0,450	✓ Tak
PG-P	Podłoga na gruncie w pokoju	0,292		
PG-PIW	Podłoga w piwnicy	0,251	0,450	✓ Tak

Rys. 1.15. Informacja czy dana przegroda spełnia aktualne Warunki techniczne podana jest w kolumnie WT2008



Rys. 1.16. Raport z obliczeń świadectw energetycznych

1.3.3 Raport z obliczeń świadectwa

Program został również rozbudowany o możliwość przygotowania szczegółowego raportu z obliczeń Świadectw energetycznych, umożliwiającego przegląd całego toku obliczeń i łatwiejszą analizę wyników (rys. 1.16). Może on być przydatny np. w przypadku problemów ze spełnieniem kryterium EP.

1.3.4 Wiele systemów instalacji ogrzewania i ciepłej wody

Wprowadzono również możliwość definiowania kilku systemów instalacji ogrzewania i ciepłej wody w grupach pomieszczeń oraz kilku systemów instalacji elektrycznej w budynku.

W celu zdefiniowania kilku systemów, należy w polu **Liczba systemów instalacji** wybrać wariant **Kilka systemów instalacji**. Wówczas w zakładce **Ogrzewanie** zostanie wyświetlona tabela, umożliwiająca zdefiniowanie więcej niż jednego systemu (rys. 1.17). Dane, dotyczące systemu w aktywnym wierszu tabeli, są również wyświetlane w dolnej części okna programu.

Ogólne informacje Zyski ciepła Parametry obliczeń Ogrzewanie Wentylacja Czu Oświetlenie Elektryczność Uwagi i propozycje zmian

Rok budowy instalacji Opis instalacji

2008 Instalacja wodna pompowa

Systemy instalacji Urządzenia pomocnicze

Liczba systemów instalacji Kilka systemów instalacji

Opis systemu	Parametry	S	Nośnik energii końcowej	w_i	Rodzaj źródła	$\eta_{H,g}$	Lokalizacja źródła
Kocioł gazowy	80/60	70,0	☒ PALIWA - Gaz ziemny	1,10	☐ KOCIOŁ NISKOTEMPER	0,94	☐ OGRZEWANIE CENTRALNE
Kominek z płaszczem	80/60	30,0	☒ PALIWA - biomasa	0,20	☐ KOCIOŁ NA BIOMASĘ	0,72	☐ OGRZEWANIE CENTRALNE

Opis systemu Kocioł gazowy

Parametry pracy 80/60

Nośnik energii końcowej ☒ PALIWA - Gaz ziemny w_i 1,10

Rodzaj źródła ciepła ☐ KOCIOŁ NISKOTEMPERATUROWY NA PALIWO GAZOWE LUB PŁYNNE - z zamkniętą komorą spalania i palnikiem modułowym - 50-120 kW $\eta_{H,g}$ 0,94

Lokalizacja źródła ciepła ☐ OGRZEWANIE CENTRALNE WODNE - z lokalnego źródła ciepła usytuowanego w ogrzewanym budynku - z zaizolowanymi przewodami, armaturą i urządzeniami $\eta_{H,d}$ 0,97

Rodzaj instalacji ☐ OGRZEWANIE WODNE - grzejniki członowe/płytkowe - regulacja centralna - bez regulacji miejscowej $\eta_{H,e}$ 0,80

Rys. 1.17. Wygląd zakładki Ogrzewanie w przypadku wyboru wariantu Kilka systemów instalacji

1.3.5 Eksport do plików XLS i RTF

W programie dodano także funkcję eksportu Świadectwa energetycznego, Raportu z obliczeń Świadectw i Raportu charakterystyki energetycznej budynku do plików XLS i RTF (rys.1.18). Dzięki temu można je otworzyć m.in. w programach Microsoft Excel i Word (rys.1.19).

Ogólne Materiały Przeglądy Pomieszczenia

Budynek

- KOMUNIKACJA
- G-PIWNICA
- MIESZKANIE1
- SKLEP
- MIESZKANIE2
- MIESZKANIE3
- MIESZKANIE4
- MIESZKANIE5

Eksport do RTF

Zakres stron:

☒ Wszystkie

☐ Bieżąca strona

☐ Strony:

Podaj numer strony i/lub zakres stron, oddzielone przecinkami, np. 1,3,5-12

Ustawienia eksportu:

☒ Obrazy ☒ tryb WYSTYPIG

☒ Dzielanie na strony ☒ Ciągły

Nagłówek strony/Stopka

☒ Otwórz po eksporcie

OK Anuluj

ŚWIADECTWO CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ
DLA BUDYNKU
Budynek: jednorodzinny

WAZNE DO 6 maj 2019 NUMER ŚWIADECTWA 1

BUDYNEK OCENIANY

RODZAJ BUDYNKU	Budynek wolnostojący
ADRES BUDYNKU	Warszawa, ul. Piłomyka 28
CAŁOŚĆ/CZĘŚĆ BUDYNKU	Całość budynku
ROK ZAKOŃCZENIA BUDOWY	1995
ROK ODDANIA DO UŻYTKOWANIA	1995
ROK BUDOWY INSTALACJI	1995
LICZBA LOKALI UŻYTKOWYCH	8
POWIERZCHNIA UŻYTKOWA (A_u , m ²)	260,0

CEL WYKONANIA ŚWIADECTWA

☐ BUDYNEK NOWY ☒ BUDYNEK ISTNIEJĄCY ☐ ROZBUDOWA

☒ WYKAZEM / SPRZEDAZ ☐ OGRZEWANIE ☐ INNY

OBLICZENIOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA NIEODNAWIALNĄ ENERGIĘ PIERWOTNĄ Q

EP - budynek oceniany
510,5 kWh/(m²·rok)

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000 >1000

Rys. 1.18. Eksport Świadectwa energetycznego do plików RTF



1.4 PURMO OZC 4.7Pro. Sporządzanie świadectw charakterystyki energetycznej budynków wyposażonych w instalację chłodzenia

Co nowego w wersji 4.7Pro

1. Dodano możliwość sporządzania świadectw energetycznych dla budynków wyposażonych w instalację chłodzenia.
2. Wprowadzono możliwość definiowania harmonogramów pracy instalacji grzewczej i instalacji chłodzenia.
3. Rozbudowano znacznie możliwości określania wewnętrznych zysków ciepła.

1.4.1 Dane ogólne

Obliczanie zapotrzebowania na energię do chłodzenia nie wiąże się z koniecznością wprowadzania zbyt wielu dodatkowych danych w porównaniu do obliczania zapotrzebowania na energię do ogrzewania. Większość informacji dotyczących chłodzenia wprowadza się w zakładce **Dane ogólne/Świadectwa/Chłodzenie** (rys. 1.20). W przypadku bardziej skomplikowanych systemów dane te można następnie modyfikować na poziomie stref budynku grup bądź poszczególnych pomieszczeń.

The screenshot displays the 'Dane ogólne' (General Data) tab within the PURMO OZC 4.8Pro software. The interface is organized into several sections:

- Wyznaczanie świadectw** (Certification Determination): Includes a dropdown for 'Dla budynku oraz stref i grup' (For building and zones and groups) and a field for 'Stacja meteorologiczna' (Weather station) set to 'Warszawa Okęcie'.
- Funkcja budynku** (Building Function): A dropdown menu set to 'Mieszkalno - użytkowa' (Residential - utility).
- Systemy instalacji** (Installation Systems): A section with a dropdown for 'Liczba systemów instalacji' (Number of installation systems) set to 'Jeden system instalacji' (One installation system).
- Parametry pracy** (Operating Parameters): A field for 'Parametry pracy' (Operating parameters) set to '5/12' with a temperature unit '°C'.
- Nośnik energii końcowej** (Final Energy Carrier): A dropdown menu set to 'ENERGIA ELEKTRYCZNA - produkcja mieszana' (Electricity - mixed production).
- Rodzaj źródła chłodu i systemu chłodzenia** (Type of cooling source and cooling system): A dropdown menu set to 'SYSTEM POŚREDNI - Sprężarkowa wytwornica wody lodowej - półtermetyczne sprężarki tłokowe, skraplacz chłodzący' (Intermediate system - Vapor compression refrigerant water production - semi-hermetic compressors, condenser).
- Rodzaj systemu rozdzielu** (Type of distribution system): A dropdown menu set to 'CHŁODZENIE POŚREDNIE - Instalacja wody lodowej 5/12°C - układ prosty (bez podziału na obiegi)' (Intermediate cooling - Refrigerant water installation 5/12°C - simple system (without division into circuits)).
- Rodzaj instalacji i jej wyposażenie** (Type of installation and its equipment): A dropdown menu set to 'Instalacja wody lodowej z termostaticznymi zaworami przeletowymi przy odbiorcach - regulacja ciągła' (Refrigerant water installation with thermostatic valves at the receivers - continuous regulation).
- Parametry zasobnika buforowego i jego usytuowanie** (Buffer tank parameters and its location): A dropdown menu set to 'Brak zasobnika buforowego' (No buffer tank).

Each dropdown menu is accompanied by a numerical value in a box, representing a performance coefficient or efficiency factor, such as $\eta_{C,d}$ (0.92), $\eta_{C,e}$ (0.94), and $\eta_{C,s}$ (1.00).

Rys. 1.20. Wprowadzanie danych nt. instalacji chłodzenia

Układ zakładki **Chłodzenie** jest analogiczny do zakładki **Ogrzewanie**. W polu **Czy w obiekcie jest instalacja chłodnicza?** należy wybierać wariant „Jest instalacja chłodnicza”. Program przyjmuje automatycznie (zielona czcionka) rok budowy instalacji chłodzenia taki sam, jak rok zakończenia budowy budynku, ale można tę wartość ręcznie zmienić. W polu **Opis instalacji** wprowadza się tekst, który później pojawi się na świadectwie energetycznym.

Następnie należy ustalić ilość systemów chłodzenia, występujących w budynku. W przypadku wybrania wariantu „Jeden system instalacji” zakładka przyjmie wygląd tak, jak na rys. 1.22. Natomiast jeśli zostanie wybrany wariant „Kilka systemów instalacji”, to na ekranie zostanie wyświetlona tabela, umożliwiająca wprowadzanie danych na temat poszczególnych systemów. Dane dotyczące systemu, wprowadzanego w aktywnym wierszu tabeli, wyświetlane są również w polach pod tabelą (rys. 1.21).

Ogólne

Budynek Podstawowe dane Zużycie energii E Wentylacja Parametry obliczeń Świadectwa

Wyznaczanie świadectw Dla budynku oraz stref i grup Stacja meteorologiczna Warszawa Okęcie

Funkcja budynku Mieszkalno - użytkowa

Ogólne informacje Zyski ciepła Parametry obliczeń Ogrzewanie Wentylacja Chłodzenie Cwu Oświetlenie Elektryczność

Czy w obiekcie jest instalacja chłodnicza? Opis instalacji

Jest instalacja chłodnicza

Rok budowy instalacji 1995

Systemy instalacji Urządzenia pomocnicze

Liczba systemów instalacji Kilka systemów instalacji

Opis systemu	Parametry	Udział	Nośnik energii końcowej	w_i	Rodzaj źródła
	°C	%			
	5/12	30,0	ENERGIA ELEKTRYCZNA - produkcja	3,00	SYSTEM POŚREDNI -
	5/12	70,0	ENERGIA ELEKTRYCZNA - produkcja	3,00	SYSTEM POŚREDNI -

Parametry pracy 5/12 °C

Nośnik energii końcowej

ENERGIA ELEKTRYCZNA - produkcja mieszana w_i 3,00

Rodzaj źródła chłodu i systemu chłodzenia ESEER

SYSTEM POŚREDNI - Sprężarkowa wytwornica wody lodowej - półtermetyczne sprężarki tłokowe, skraplacz chłodzor 3,50

Rodzaj systemu rozdziału $\eta_{C,d}$ 0,92

Rodzaj instalacji i jej wyposażenie $\eta_{C,e}$ 0,94

Instalacja wody lodowej z termostatycznymi zaworami przelotowymi przy odbiornikach - regulacja ciągła

Parametry zasobnika buforowego i jego usytuowanie $\eta_{C,s}$ 1,00

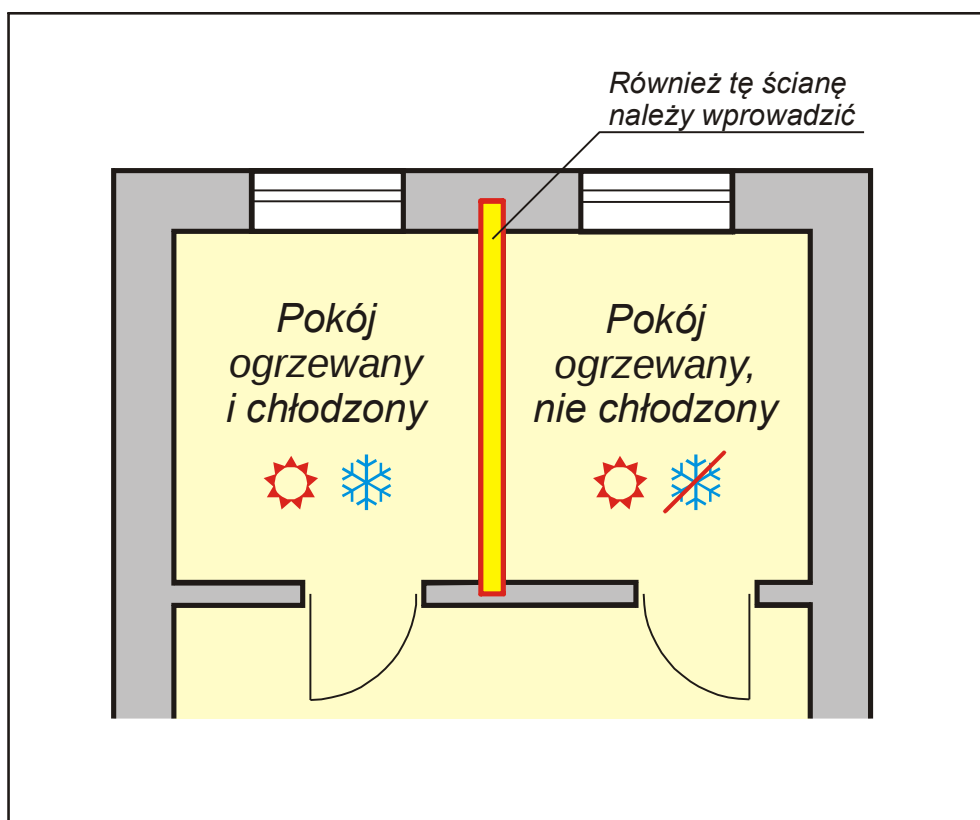
Brak zasobnika buforowego

Rys. 1.21. Wprowadzanie danych nt. instalacji chłodzenia w przypadku kilku systemów

1.4.2 Wykorzystanie wcześniejszych plików

Sz szczególnie komfortową sytuację mają wykonawcy świadectw, dysponujący plikiem z danymi nt. budynku, który powstał w celu obliczenia obciążenia cieplnego (projekt) lub rocznego zapotrzebowania na ciepło (audyt). Wtedy program może wykorzystać wprowadzone wcześniej informacje nt. geometrii budynku oraz właściwości cieplnych przegród budowlanych. W tej sytuacji uzupełnienie danych, potrzebnych do sporządzenia świadectwa energetycznego, w większości przypadków nie powinno zająć więcej niż ok. 15 minut.

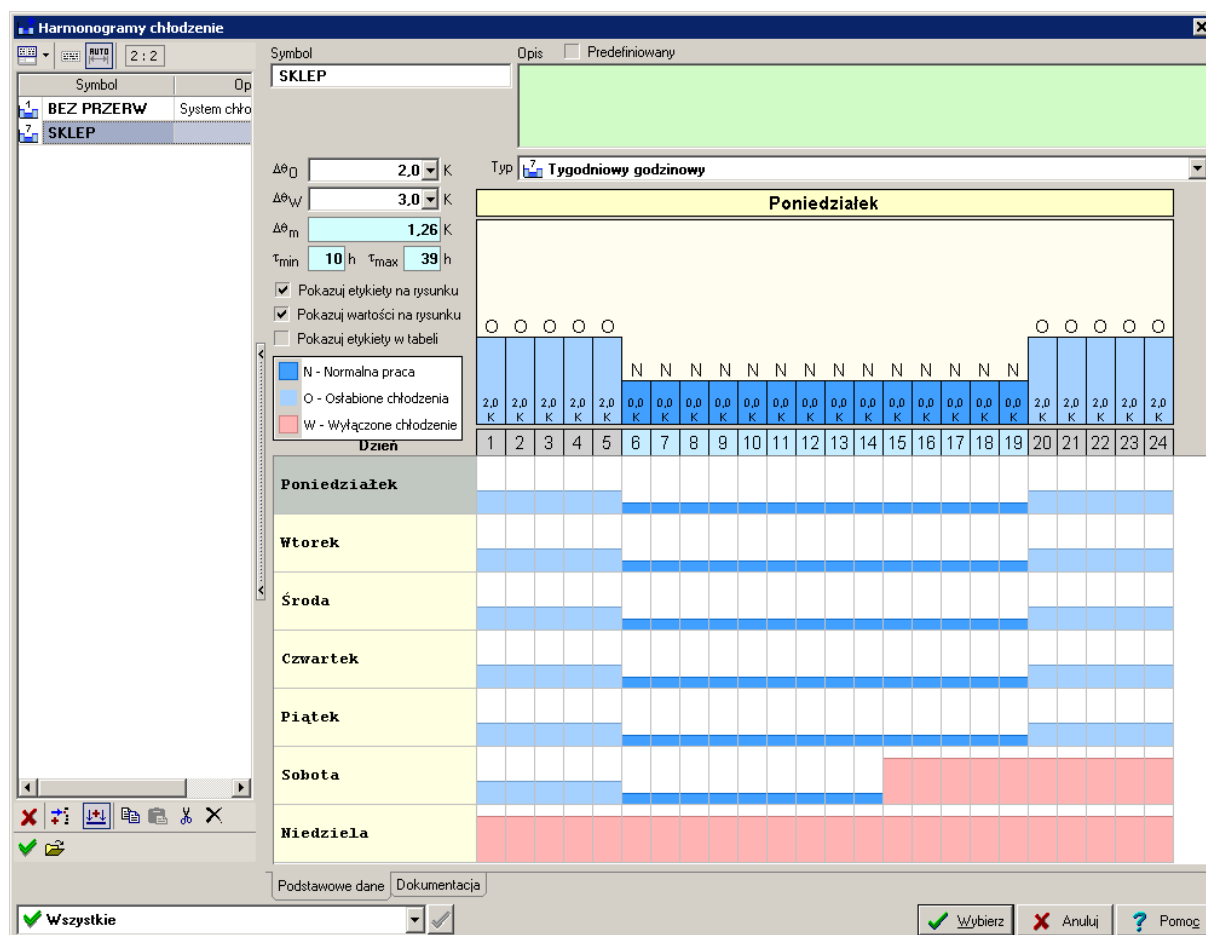
Należy jednak zauważyć, że w przypadku sporządzania świadectw dla budynków wyposażonych w instalację chłodzenia, do programu należy wprowadzić również przegrody budowlane pomiędzy pomieszczeniami (strefami) chłodzonymi i niechłodzonymi mimo, że niektóre z nich mogą być pominięte w przypadku obliczeń bez chłodzenia. Na rys. 1.22 pokazano przykład przegrody, którą można pominąć przy obliczeniach w przypadku braku chłodzenia, a należy uwzględnić, gdy w budynku istnieje instalacja chłodzenia.



Rys. 1.22. W przypadku budynków wyposażonych w instalacje chłodzenia, należy wprowadzić do programu wszystkie przegrody pomiędzy pomieszczeniami chłodzonymi i niechłodzonymi

1.4.3 Harmonogramy

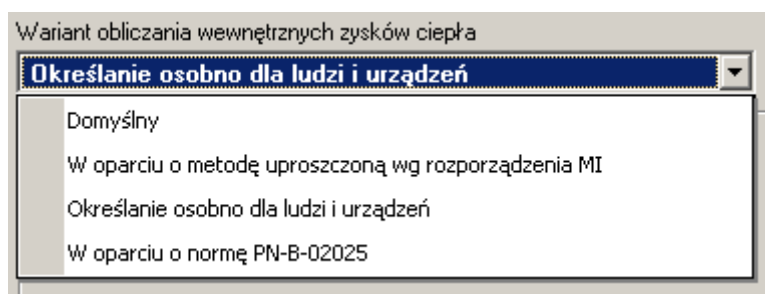
W Polsce bardzo rzadko występuje chłodzenie ciągłe. Dlatego bardzo ważne jest odpowiednie zdefiniowanie harmonogramu pracy instalacji chłodzenia, gdyż ma to wpływ na zużycie energii. Program PURMO OZC 4.7Pro umożliwia wprowadzanie harmonogramów w układzie jednodniowym, tygodniowym i miesięcznym (rys. 1.23).



Rys. 1.23. Wprowadzanie harmonogramów pracy instalacji chłodzenia

1.4.4 Wewnętrzne zyski ciepła

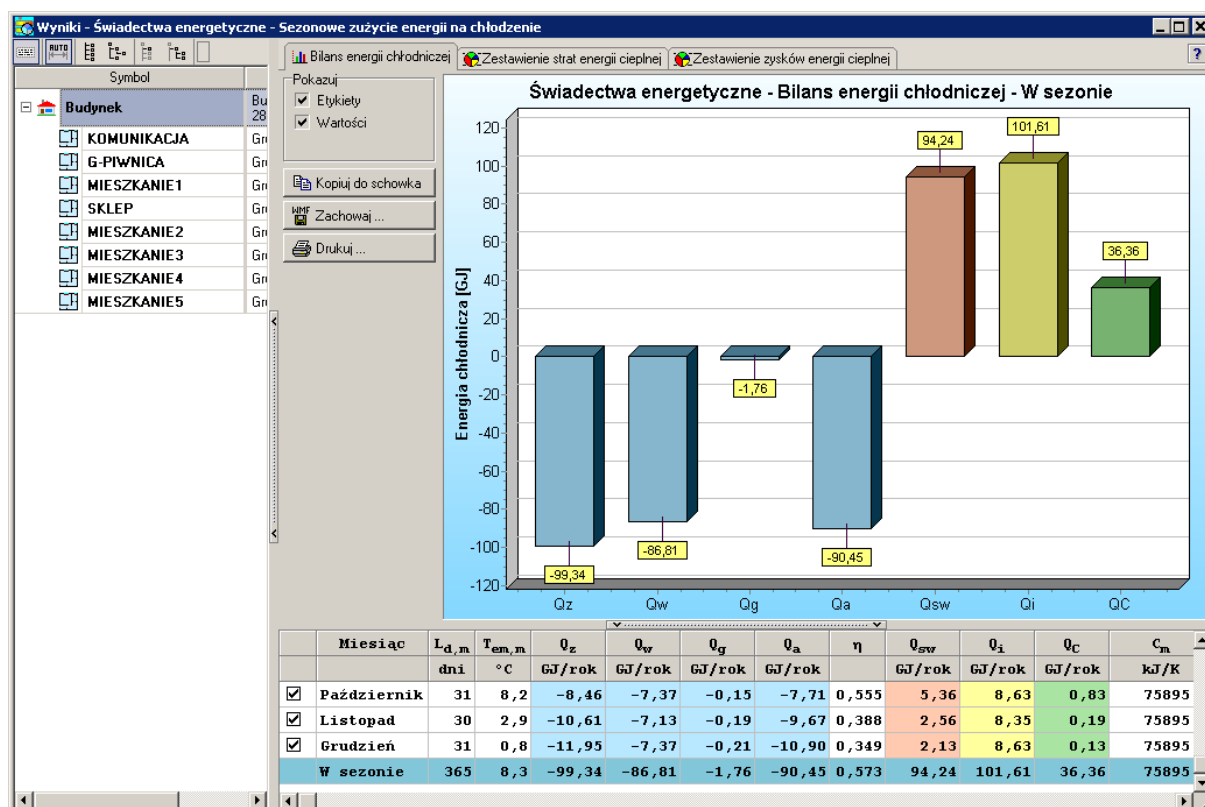
Poza tym w wersji 4.7Pro rozbudowano znacznie możliwość określania wewnętrznych zysków ciepła. Oprócz uproszczonej metody, podanej w *Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury* [22], można wybrać metodę szczegółową, uwzględniającą ilość osób i urządzeń, lub metodę wg normy PN-B-02025 [8] (rys. 1.24). Norma ta jest co prawda wycofana, ale stanowi element wiedzy technicznej. Natomiast orientacyjne wielkości zysków podane w *Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury* [22] (załącznik nr 5, tabela 10) stosuje się „przy braku danych”.



Rys. 1.24. Wybór sposobu określania wewnętrznych zysków ciepła

1.4.5 Wyniki obliczeń

Program PURMO OZC umożliwia szczegółową analizę obliczeń w formie tabelarycznej i graficznej (rys. 1.25). W zakładce **Bilans energii chłodniczej** znajduje się tabela, zawierająca składowe bilansów energii dla poszczególnych miesięcy. W kolejnych zakładkach podane są starty i zyski energii z rozbiciem na poszczególne rodzaje.



Rys. 1.25. Bilanse energii chłodniczej dla poszczególnych miesięcy

1.5 PURMO OZC 4.8Pro. Obliczanie rocznego zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia wg normy PN-EN ISO 13790:2009

Co nowego w wersji 4.8Pro

1. Możliwość obliczania rocznego zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia wg normy PN-EN ISO 13790:2009.

1.5.1 Norma PN-EN ISO 13790:2009

Obliczenia rocznego (sezonowego) zapotrzebowania na energię do ogrzewania w audytach energetycznych do niedawna były wykonywane w oparciu o Polską Normę PN-B-02025:2001 [8]. Metoda ta, mimo przyjętych daleko idących uproszczeń, dawała dość miarodajne wyniki, które często zgadzały się z pomiarami.

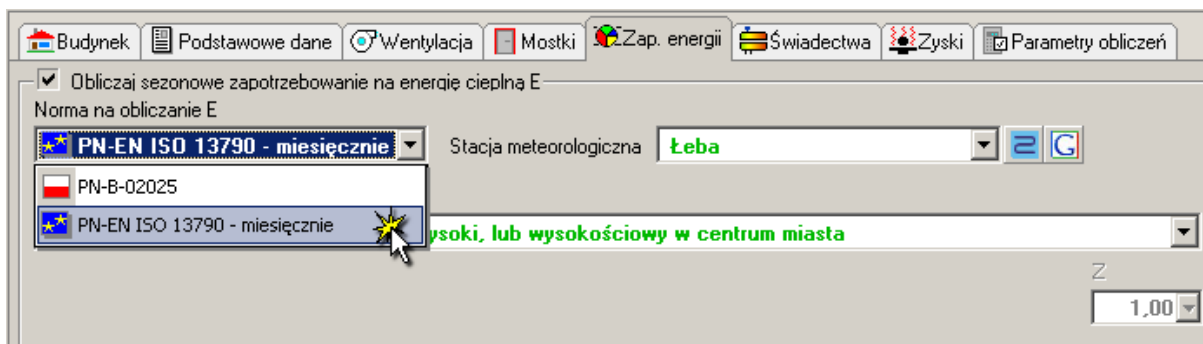
Natomiast teraz *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego...* [23] powołuje się na metodę obliczania zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania, podaną w Polskiej Normie. Obecnie jest to norma PN-EN ISO 13790:2009 [17].

W ww. rozporządzeniu zastosowano sposób powołania normy poprzez wymienienie jedynie jej tematu, bez wskazania konkretnego numeru normy, ani tym bardziej roku wydania. Taki sposób powołania budzi pewne wątpliwości. Z jednej strony zabezpiecza on rozporządzenie przed powoływaniem nieaktualnej normy (po zmianie normy). Jednak z drugiej strony oznacza w praktyce scedowanie przez Ministra Infrastruktury swoich uprawnień na Polski Komitet Normalizacyjny, który może teraz zmieniać normę i każda nowa wersja normy będzie automatycznie „normą powołaną”.

Norma PN-EN ISO 13790:2009 charakteryzuje się tym, że w wielu miejscach odwołuje się do „danych krajowych” [2]. Dane te mogłyby zostać ogłoszone np. w drodze rozporządzenia ministra lub załącznika krajowego do normy. Jednak do tej pory tak się nie stało, co sprawia, że stosowanie normy w praktyce napotyka na problemy z niejednoznacznością i brakiem danych. Aby wykonać obliczenia wg normy PN-EN ISO 13790:2009 konieczne jest w wielu miejscach podejmowanie różnego rodzaju decyzji, np. dotyczących kroku czasowego, czy sposobu szacowania wewnętrznych zysków ciepła. Istnieje pogląd, że dane krajowe należy czerpać z *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku...* [22]. Jednak nie jest to pogląd powszechny.

1.5.2 Obliczenia praktyczne

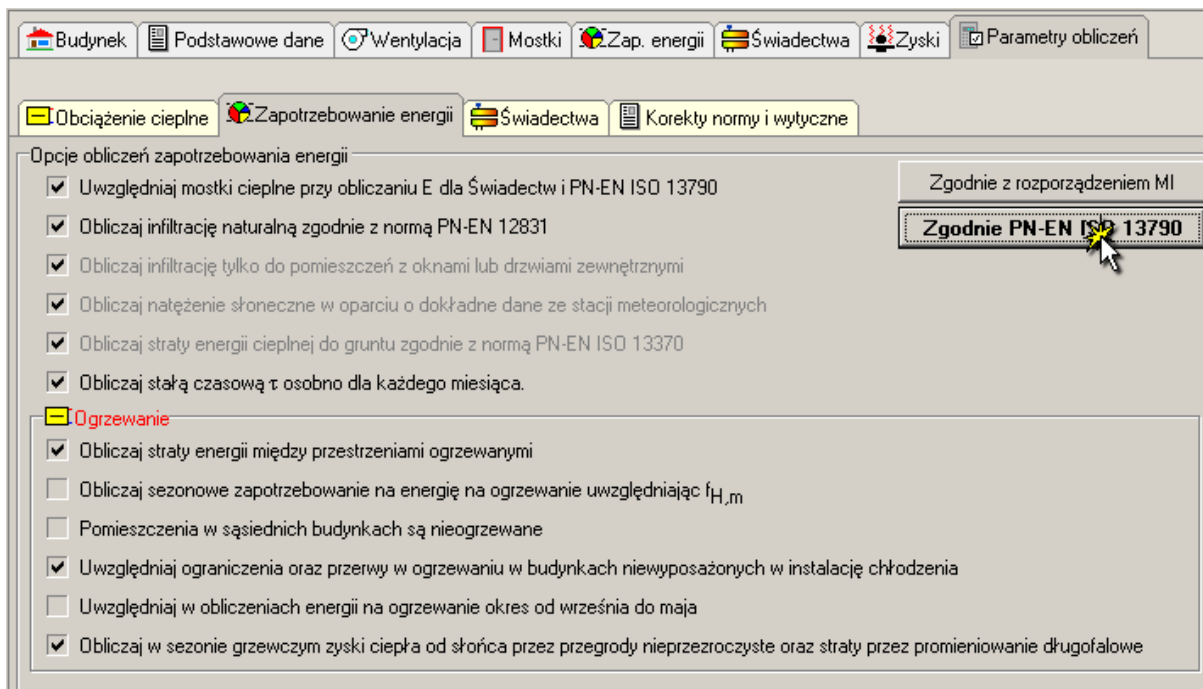
W celu wykonania obliczeń wg aktualnej normy należy w **Danych ogólnych** w zakładce **Zużycie energii** wybrać normę PN-EN ISO 13790:2009 (rys. 1.26).



Rys. 1.26. Wybór normy, wg której przeprowadzone zostaną obliczenia zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania

1.5.3 Parametry obliczeń

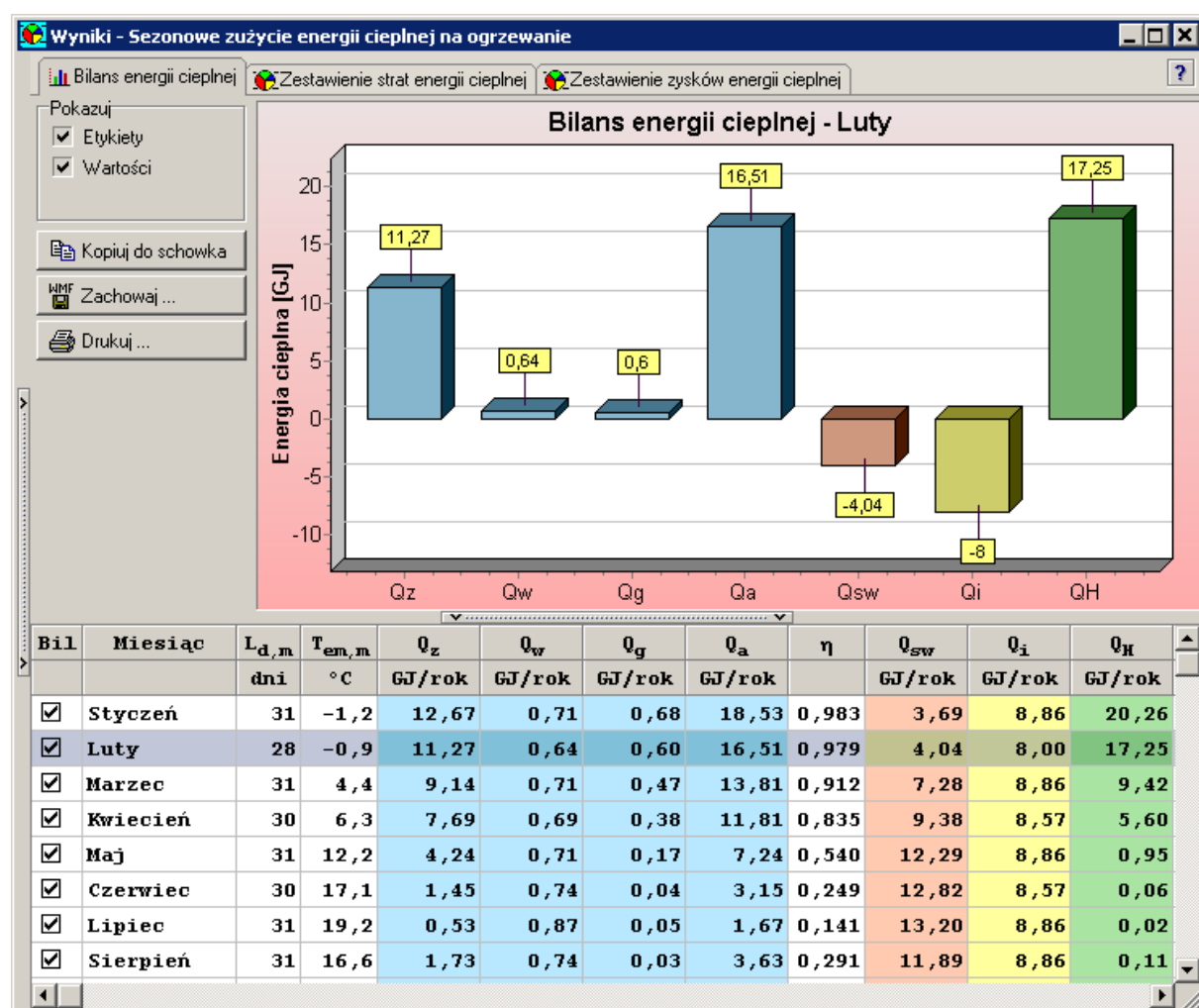
Wobec wielu niejednoznaczności metody obliczeniowej, w programie przewidziano możliwość doboru parametrów (zakładka **Parametry obliczeń** – rys. 1.27). Dzięki temu użytkownik może podejmować decyzje, w jaki dokładnie sposób mają zostać przeprowadzone obliczenia. W przypadku wątpliwości można skorzystać z zalecanego zestawu parametrów.



Rys. 1.27. Parametry obliczania rocznego zapotrzebowania na energię wg normy PN-EN ISO 13790:2009

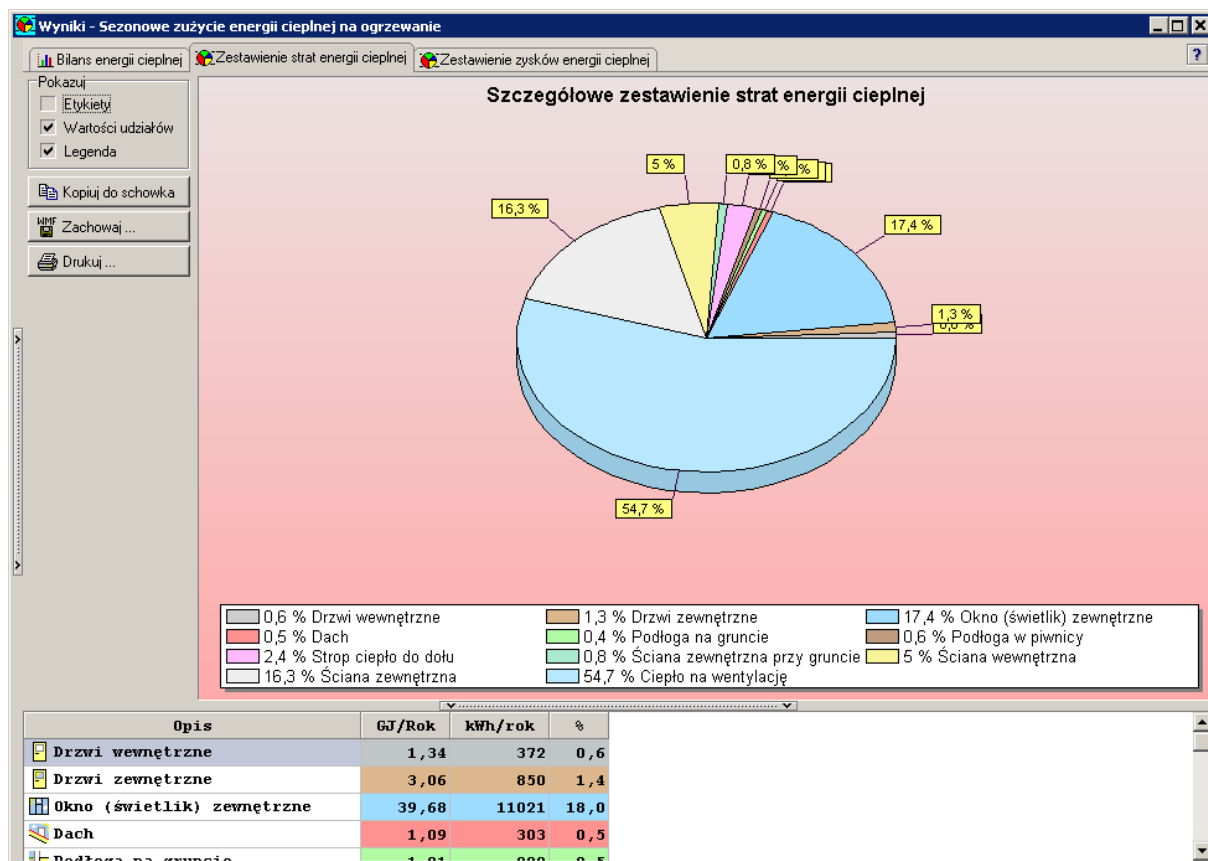
1.5.4 Wyniki obliczeń

Wyniki obliczeń zużycia energii podawane są w raporcie **Wyniki ogólne**. Poza tym program umożliwia zapoznanie się z miesięcznymi bilansami energii (rys. 1.28) oraz z zestawieniem strat energii cieplnej (rys. 1.29) i zestawieniem zysków energii cieplnej (rys. 1.30).

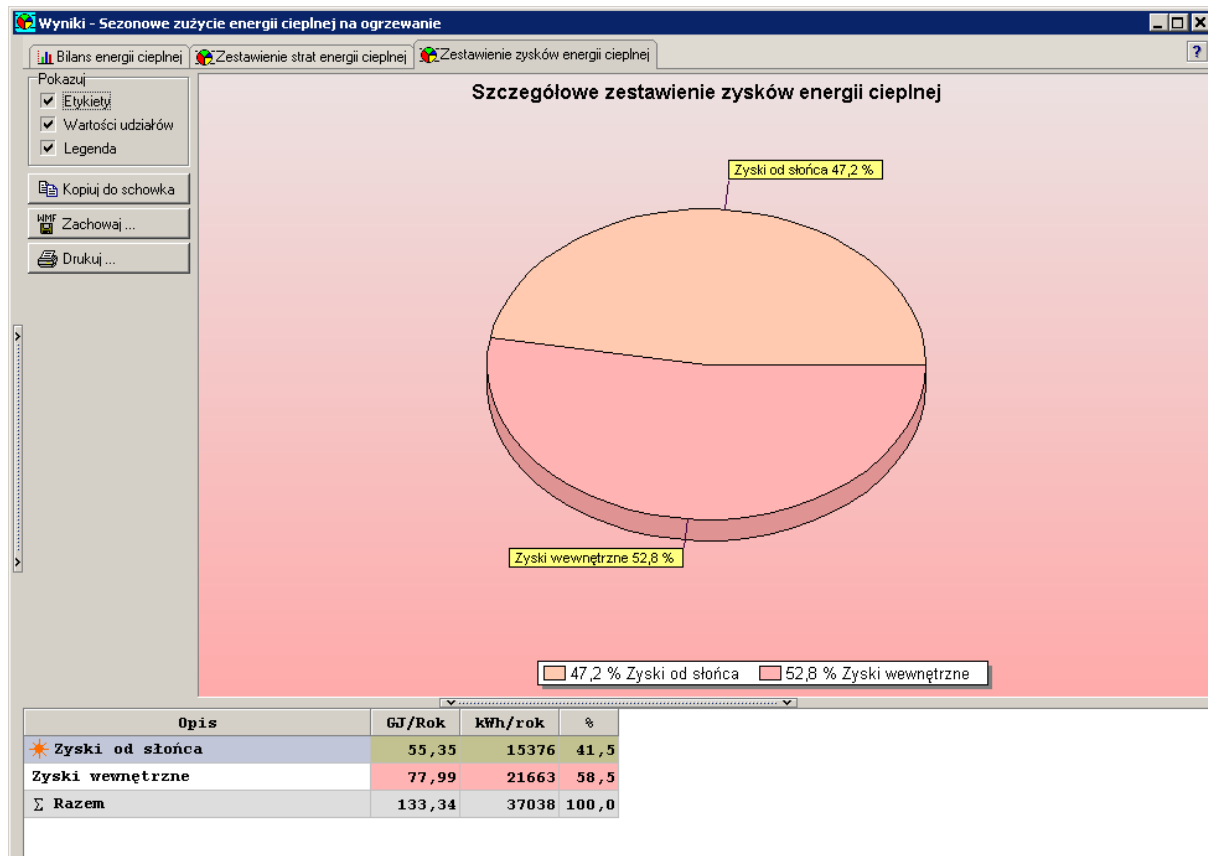


Rys. 1.28. Przykładowy miesięczny bilans energii cieplnej

Legenda do bilansu energii		
Q_z	straty energii cieplnej przez przegrody zewnętrzne (ściany, dachy, stropodachy, stropy nad przejazdami, okna, drzwi)	[GJ/rok]
Q_w	straty energii cieplnej przez przegrody wewnętrzne	[GJ/rok]
Q_g	straty energii cieplnej przez przegrody przyległe do gruntu (ściany, podłogi)	[GJ/rok]
Q_a	energia cieplna wykorzystywana na ogrzanie powietrza wentylacyjnego	[GJ/rok]
η	współczynnik wykorzystania zysków ciepła	—
Q_{sw}	zyski ciepła od promieniowania słonecznego przez zewnętrzne przegrody przezroczyste (okna, świetliki, przeszkłone drzwi)	[GJ/rok]
Q_i	bytowe zyski ciepła (ludzie, ciepła woda, oświetlenie, gotowanie, urządzenia elektryczne)	[GJ/rok]
Q_H	łączne zużycie energii z uwzględnieniem zysków ciepła i sprawności ich wykorzystania	[GJ/rok]



Rys. 1.29. Szczegółowe zestawienie strat energii cieplnej



Rys. 1.30. Zestawienie zysków energii cieplnej

2. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego wg normy PN-EN 12831:2006

2.1 Wprowadzenie

Norma PN-EN 12831:2006 [15], zastąpiła w katalogu Polskich Norm dotychczasową normę PN-B-03406:1994 [7]. Norma PN-EN 12831:2006 jest tłumaczeniem „bez wprowadzania jakichkolwiek zmian” normy europejskiej EN 12831:2003 [12]. Norma europejska zmienia w wielu miejscach znacząco dotychczasową metodykę obliczania zapotrzebowania na moc cieplną do ogrzewania budynków, jak również może prowadzić do innych wyników obliczeń. Zmianę tę trudno – zdaniem autorów – uzasadnić zdecydowaną przewagą nowego sposobu obliczeń. Wynika ona przede wszystkim z procesu ujednolicania norm w obrębie Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego.

Przy czym, obowiązek stosowania nowej normy pojawił się wraz z nowelizacją *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* [20].

2.2 Nowe nazewnictwo i oznaczenia

Zmianą która najszybciej rzuca się w oczy jest nowy system pojęć i oznaczeń wielkości fizycznych. Wiele nowych terminów to typowe kalki językowe. Przykładowo dotychczasowe określenie „obliczeniowy” zostało zastąpione słowem „projektowy” (ang. design), a „zapotrzebowanie na ciepło” przez „obciążenie cieplne” (ang. heat load). Porównanie ważniejszych wielkości fizycznych i ich symboli, występujących w normie PN-EN 12831:2006 oraz dotychczasowej normie PN-B-03406:1994, zestawiono w załączniku 1.

2.3 Dane klimatyczne

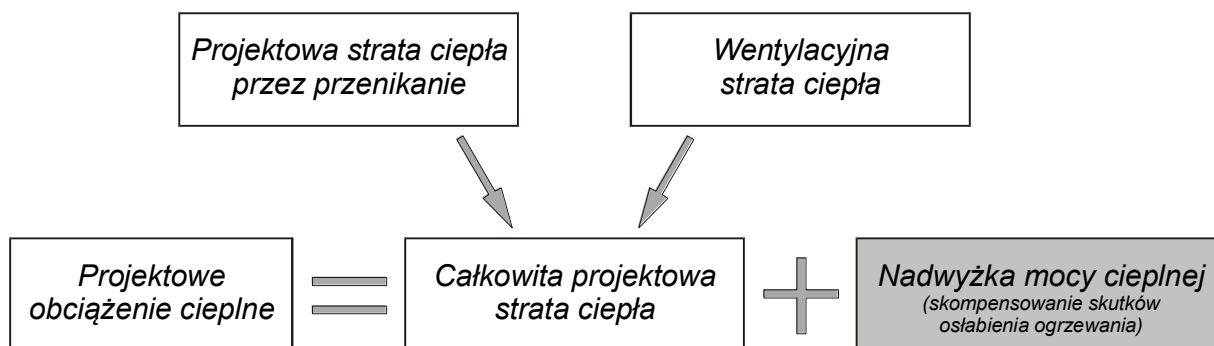
W zakresie danych klimatycznych nie ma większych zmian w stosunku do normy PN-82/B-02403 [6]. Podział Polski na strefy klimatyczne i temperatury zewnętrzne pozostają takie same. Główną zmianą jest uzupełnienie danych o wartości średniorocznej temperatury zewnętrznej (tabela 2.1). Wprowadzona została również pewna zmiana porządkowa. Zgodnie z koncepcją normy PN-EN 12831, dane klimatyczne podane są w załączniku krajowym do tej normy, a nie w osobnej normie.

Tabela 2.1. Projektowa temperatura zewnętrzna i średnia roczna temperatura zewnętrzna [15]

Strefa klimatyczna	Projektowa temperatura zewnętrzna, °C	Średnia roczna temperatura zewnętrzna, °C
I	−16	7,7
II	−18	7,9
III	−20	7,6
IV	−22	6,9
V	−24	5,5

2.4 „Całkowita projektowa strata ciepła” a „projektowe obciążenie cieplne”

Norma PN-B-03406:1994 zakładała, że zapotrzebowanie na ciepło jest równe stratom ciepła w warunkach ustalonych. Natomiast nowa norma w „projektowym obciążeniu cieplnym” (odpowiednik „zapotrzebowania na moc cieplną”) umożliwia uwzględnienie dodatkowo nadwyżki mocy cieplnej do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania (rys. 2.1). Jednak bardzo wyraźnie zaznacza, że uwzględnienie tej nadwyżki jest opcjonalne i należy to uzgodnić z inwestorem.



Rys. 2.1. Porównanie pojęć „całkowita projektowa strata ciepła” i „projektowe obciążenie cieplne”

Projektowe obciążenie cieplne przestrzeni ogrzewanej oblicza się w następujący sposób:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i}, \quad W \quad (2.1)$$

gdzie:

- $\Phi_{T,i}$ – projektowa strata ciepła ogrzewanej przestrzeni (*i*) przez przenikanie, W;
- $\Phi_{V,i}$ – projektowa wentylacyjna strata ciepła ogrzewanej przestrzeni (*i*), W;
- $\Phi_{RH,i}$ – nadwyżka mocy cieplnej wymagana do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania strefy ogrzewanej (*i*), W.

W normie PN-B-03406:1994 zrezygnowano z występującego wcześniej „dodatku na przerwy w działaniu ogrzewania” (czyli odpowiednika wprowadzonej obecnie „nadwyżki mocy cieplnej”). W momencie wprowadzenia normy PN-B-03406:1994 wycofanie tego dodatku uzasadniono względami ekonomicznymi [7]. Miało to zapobiegać znacznemu wzrostowi kosztów elementów instalacji (źródeł ciepła, grzejników, przewodów). Dlatego założono ciągłość działania instalacji przy temperaturze równej lub niższej niż -5°C .

Również po zmianie normy inwestorzy w zdecydowanej większości przypadków, z wymienionych powyżej powodów, decydują się na nieuwzględnianie nadwyżki mocy cieplnej do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania w mocy szczytowej.

2.5 Całkowita projektowa strata ciepła

Całkowitą projektową stratę ciepła przestrzeni ogrzewanej w podstawowych przypadkach wg normy PN-EN 12831 oblicza się w następujący sposób:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}, \quad W \quad (2.2)$$

gdzie:

$\Phi_{T,i}$ – projektowa strata ciepła ogrzewanej przestrzeni (i) przez przenikanie, W;

$\Phi_{V,i}$ – projektowa wentylacyjna strata ciepła ogrzewanej przestrzeni (i), W.

Wzór (2.2) jest zbliżony do wzoru wg normy PN-B-03406:1994:

$$Q = Q_p (1 + d_1 + d_2) + Q_w, \quad W \quad (2.3)$$

gdzie:

Q_p – straty ciepła przez przenikanie, W;

d_1 – dodatek do strat ciepła przez przenikanie dla wyrównania wpływu niskich temperatur powierzchni przegród chłodzących pomieszczenia, W;

d_2 – dodatek do strat ciepła przez przenikanie uwzględniający skutki nasłonecznienia przegród i pomieszczeń, W;

Q_w – zapotrzebowanie na ciepło do wentylacji, W.

Główna różnica między nową i starą metodyką obliczeń polega na tym, że w nowym wzorze nie występują dodatki do strat ciepła przez przenikanie. Nowa norma w podstawowym przypadku nie uwzględnia wpływu przegród chłodzących ani zysków ciepła od nasłonecznienia.

2.6 Współczynnik projektowej straty ciepła

Dużą zmianą jest wprowadzenie współczynnika projektowej straty ciepła H . Wg definicji podanej w normie, jest to projektowa strata ciepła podzielona przez różnicę temperatury, a jego jednostką jest W/K. Co istotne strumień jest zawsze odnoszony do różnicy temperatury wewnętrznej i zewnętrznej niezależnie od różnicy temperatury, występującej w danym przypadku. Zmiana ta wydaje się – delikatnie mówiąc – dyskusyjna. Komplikuje ona bowiem obliczenia i sprawia że są mniej czytelne z punktu widzenia fizyki budowli.

2.7 Mostki cieplne

Wg nowej normy, liniowe mostki cieplne należy uwzględniać w obliczeniach w jeden z następujących sposobów:

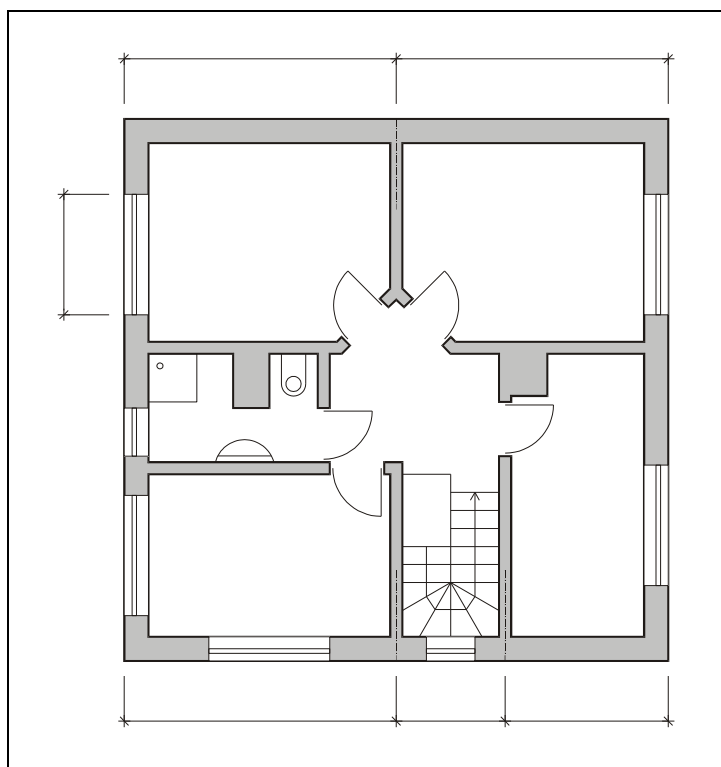
1. wg normy EN ISO 10211-2 [11] (obliczenia numeryczne),
2. w sposób przybliżony z wykorzystaniem wartości stabelaryzowanych podanych w normie EN ISO 14683 [10]

3. lub metodą uproszczoną z użyciem współczynnika korekcyjnego, którego wartości podano w załączniku krajowym do normy PN-EN 12831:2006.

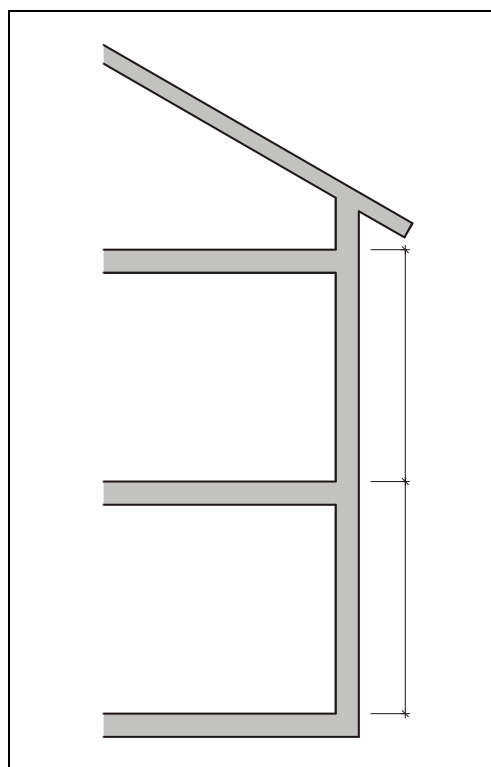
Zdaniem autorów najlepsza do zastosowanie w praktyce projektowej wydaje się metoda druga. Indywidualne modelowanie numeryczne poszczególnych mostków cieplnych wydaje się zbyt pracochłonne w obliczeniach praktycznych. Natomiast metoda uproszczona obarczona jest dużym błędem – prowadzi do zawyżonych wyników.

2.8 Wymiary

Norma europejska PN-EN 12831:2006 wraz z polskim załącznikiem wprowadza stosowanie wymiarów zewnętrznych (rys. 2.2 i 2.3). Jak wykazuje analiza współczynników przenikania ciepła mostków cieplnych, wymiary zewnętrzne prowadzą do zawyżenia strat ciepła na drodze przenikania i dopiero „tzw. uwzględnienie mostka cieplnego”, którego współczynnik przenikania ciepła ma często wartość ujemną de facto koryguje zawyżone wymiary.



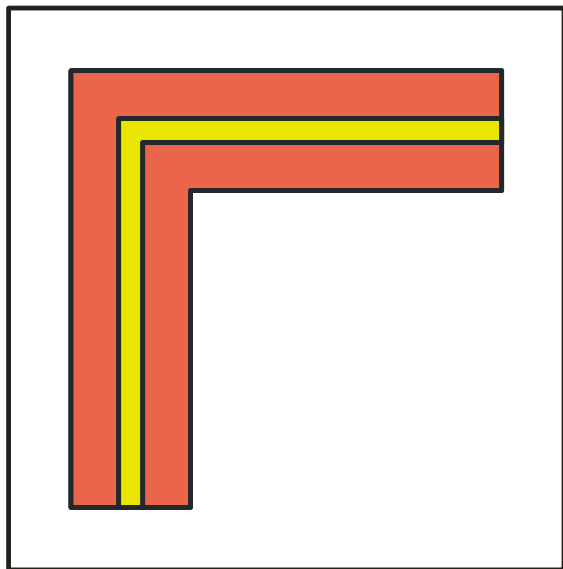
Rys. 2.2. Przykład wymiarów poziomych



Rys. 2.3. Przykład wymiarów pionowych

Na rysunku 2.4 pokazano przykład potencjalnego mostka cieplnego w narożu budynku. Wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła tego mostka dla wymiarów zewnętrznych wynosi -10 W/mK , natomiast dla wymiarów wewnętrznych (nie przewidziane w Polsce) $+10 \text{ W/mK}$. Oznacza to, że wymiary wewnętrzne są zawyżone, a wymiary zewnętrzne – zaniżone. Można z tego wyciągnąć wniosek, że dotychczas stosowany system określania wymiarów (w osiach przegród ograniczających) był znacznie bardziej miarodajny z punktu widzenia wymiany ciepła.

Należy zwrócić uwagę, że uwzględnienie mostków cieplnych w oparciu o ich współczynniki przenikania ciepła (wg normy EN ISO 14683 [10]) prowadzi do stosunkowo precyzyjnych wyników (błędy wynikające z zawyżonych powierzchni przegród są korygowane). Natomiast uwzględnianie mostków cieplnych metodą uproszczoną nie pozwala na taką korektę i powoduje znaczne (często nawet kilkunastoprocentowe) zawyżenie strat ciepła na drodze przenikania.



Rys. 2.4. Przykładowe miejsce potencjalnego „mostka cieplnego” w narożu budynku. Na podstawie [10]

2.9 Straty ciepła do gruntu

Nowa norma wprowadza również inną metodykę dotyczącą strat ciepła do gruntu (przez grunt). Strumień strat ciepła w tym przypadku może być obliczony:

- w sposób szczegółowy wg normy EN ISO 13370 [9]
- lub w sposób uproszczony, opisany w normie PN-EN 12831:2006.

Praktyczną zaletą nowego podejścia jest brak podziału podłogi na gruncie na I i II strefę. Straty ciepła w tym przypadku określone są w oparciu o tzw. wymiar charakterystyczny podłogi B' . Takie podejście przyspieszy prowadzenie obliczeń.

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P}, \text{ m} \quad (2.4)$$

gdzie:

- A – pole powierzchni podłogi, m^2 ;
- P – obwód podłogi (uwzględniający tylko ściany zewnętrzne), m.

2.10 „Straty ciepła do sąsiada”

Dużą „nowością” wprowadzoną przez normę PN-EN 12831:2006 jest uwzględnianie w obliczeniach obciążenia cieplnego poszczególnych pomieszczeń strat ciepła do pomieszczeń o tej samej funkcji, ale należących do innej jednostki budynku (mieszkania, lokalu użytkowego). Do tej pory, jeśli np. rozpatrywana była ściana pomiędzy dwoma pokojami mieszkalnymi, to w obu pokojach przyjmowano temperaturę $+20^{\circ}\text{C}$. W związku z tym, różnica temperatury wynosiła 0 K, a straty ciepła 0 W. Takie podejście było uzasadnione w czasach, kiedy w praktyce nie występowała możliwość indywidualnej regulacji temperatury wewnętrznej. Jednak teraz ten sposób obliczeń nie zawsze jest uzasadniony. Obecnie istnieje obowiązek zapewnienia indywidualnej regulacji, a użytkownicy często z tej możliwości korzystają, np. obniżając temperaturę wewnętrzną w czasie swojej nieobecności w lokalu.

Zgodnie z nową normą – przy doborze grzejników – należy przyjmować, że temperatura w pomieszczeniu ogrzewanym, należącym do innego lokalu, może w warunkach eksploatacyjnych spaść do średniej arytmetycznej z temperatury wewnętrznej w „naszym” pomieszczeniu i średniorocznej temperatury zewnętrznej.

Zdaniem autorów uwzględnianie możliwości obniżenia temperatury w sąsiednich lokalach jest krokiem we właściwym kierunku. Jednak metoda przyjęta w normie wydaje się zdecydowanie zbyt asekuracyjna. W przypadku braku izolacji przegród pomiędzy poszczególnymi lokalami może ona prowadzić do znaczącego zwiększenia wielkości grzejników.

Należy zwrócić uwagę, że „straty ciepła do sąsiada” nie uwzględnia się w mocy całego budynku (w celu doboru źródła ciepła).

2.11 Wentylacja

Zmianie uległ również sposób określania zapotrzebowania na ciepło do wentylacji. Nowa norma mówi w tym miejscu o „wentylacyjnej stracie ciepła”, co wydaje się krokiem do tyłu w nazewnictwie. Wg normy PN-EN 12831:2006 w przypadku wentylacji naturalnej, jako wartość strumienia powietrza wentylacyjnego przyjmuje się większą z następujących wartości:

- wartość strumienia powietrza infiltrującego,
- minimalna wartość strumienia powietrza wentylacyjnego, wymagana ze względów higienicznych .

Przy czym w przypadku większości typowych budynków do 10 m wysokości, o strumieniu powietrza wentylacyjnego decyduje strumień powietrza higienicznego [1].

Minimalny strumień objętości powietrza, wymagany ze względów higienicznych, dopływający do przestrzeni ogrzewanej określa się – podobnie jak w normie PN-B-03406:1994[7] – w oparciu o krotność wymiany powietrza:

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i, \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.5)$$

gdzie:

- n_{min} – minimalna krotność wymiany powietrza na godzinę (tabela 2.2), h^{-1} ;
 V_i – kubatura przestrzeni ogrzewanej (i) (obliczona na podstawie wymiarów wewnętrznych), m^3 .

Zmianie uległa krotność wymiany wymagana ze względów higienicznych. Obecnie krotność ta zależy od przeznaczenia pomieszczenia. Załącznik krajowy przewiduje trzy wartości od 0,5 do 2 wymian na godzinę (tabela 2.2).

Tabela 2.2. Minimalna krotność wymiany powietrza zewnętrznego [15]

Typ pomieszczenia	n_{min} h^{-1}
Pomieszczenie mieszkalne (orientacyjnie)	0,5
Kuchnia lub łazienka z oknem	0,5 / 1,5
Pokój biurowy	1,0
Sala konferencyjna, sala lekcyjna	2,0

W przypadku kuchni i łazienki z oknem istnieje różnica między polskim załącznikiem krajowym (0,5 wymiany) i załącznikiem europejskim (1,5 wymiany). Należy zwrócić uwagę, że nawet przyjmując 0,5 wymiany, otrzymuje się często strumień ciepła ok. 50% wyższy niż wg starej normy, ponieważ obecnie nie uwzględnia się wewnętrznych zysków ciepła.

2.12 Porównanie wyników

Wyniki otrzymane wg nowej normy mogą różnić się nawet znacznie w stosunku do normy dotychczasowej. Poza tym również obliczenia wykonane wg nowej normy mogą dawać rozbieżne wyniki w zależności od następujących czynników:

- wybór metody uwzględniania mostków cieplnych,
- wybór metody określania strat ciepła do gruntu,
- założenia dotyczące osłabienia ogrzewania.

2.13 Podsumowanie

Prawdopodobnie najważniejszą zaletą wprowadzenia nowej metodyki jest jej ujednolicenie na obszarze Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego. Ułatwi to inżynierom świadczenie usług projektowych w innych krajach Unii Europejskiej oraz wykonywanie obliczeń dla budynków zlokalizowanych w innych krajach. Należy jednak pamiętać, że mimo ujednolicenia samej metodyki, szczegółowe wymagania w poszczególnych krajach członkowskich podane są w załącznikach krajowych do normy i mogą się różnić.

Szczegółowo metodyka obliczania projektowego obciążenia cieplnego wg normy PN-EN 12831:2006 została omówiona w poradniku [3].

3. Przegrody z warstwami powietrznymi

3.1 Wprowadzenie

Zgodnie z normą PN-EN ISO 6946 [14] warstwę powietrza, stanowiącą część przegrody budowlanej, należy zakwalifikować do jednej z trzech kategorii:

- niewentylowana warstwa powietrzna,
- słabo wentylowana warstwa powietrzna,
- dobrze wentylowana warstwa powietrzna.

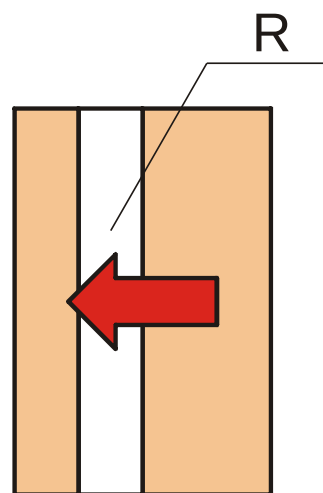
3.2 Niewentylowana warstwa powietrzna

Wg normy PN-EN ISO 6946 warstwę powietrzną uważa się za niewentylowaną, jeśli powierzchnia otworów jest nie większa niż:

- 500 mm² na m długości – dla warstw pionowych,
- 500 mm² na m² powierzchni – dla warstw poziomych.

Opór cieplny niewentylowanej warstwy powietrznej przyjmuje się zgodnie z tab. 3.1.

W tym miejscu warto zauważyć, że właściwości izolacyjne warstwy powietrza są ograniczone. Jej opór cieplny, niezależnie od grubości, jest mniejszy niż opór warstwy styropianu o grubości 1 cm.



Rys. 3.1. Niewentylowana warstwa powietrzna

Tabela 3.1. Wartości obliczeniowe oporu cieplnego niewentylowanej warstwy powietrznej (powierzchnie o wysokiej emisyjności), m²K/W [14]

Grubość warstwy powietrznej, mm	Kierunek strumienia cieplnego		
	w górę	poziomy	w dół
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

Uwaga: Wartości pośrednie można otrzymać przez interpolację liniową

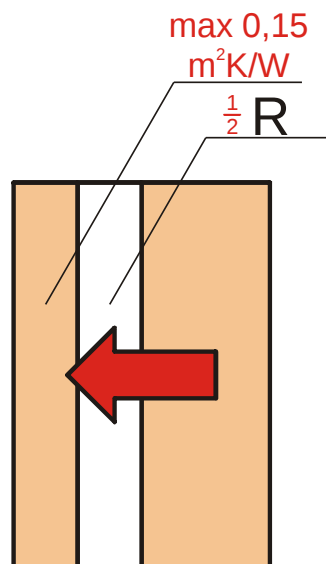
3.3 Słabo wentylowana warstwa powietrzna

Warstwę powietrzną uważa się za słabo wentylowaną, jeśli powierzchnia otworów jest:

- $> 500 \text{ mm}^2$ i $\leq 1500 \text{ mm}^2$ na m długości – dla warstw pionowych,
- $> 500 \text{ mm}^2$ i $\leq 1500 \text{ mm}^2$ na m^2 powierzchni – dla warstw poziomych.

Opór cieplny słabo wentylowanej warstwy powietrznej przyjmuje się równy połowie wartości dla warstwy niewentylowanej (tab. 3.1).

Przy czym jeżeli wartość oporu cieplnego konstrukcji pomiędzy warstwą powietrza i środowiskiem zewnętrznym przekracza $0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$, to do obliczeń należy przyjmować $0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$.



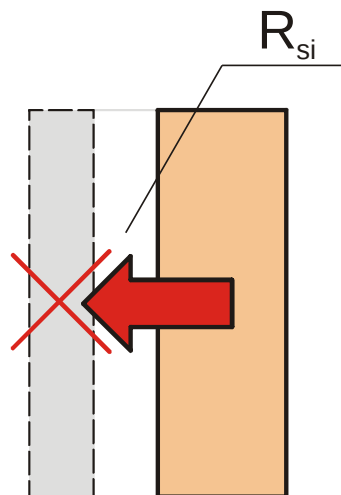
Rys. 3.2. Słabo wentylowana warstwa powietrzna

3.4 Dobrze wentylowana warstwa powietrzna

Warstwę powietrzną uważa się za dobrze wentylowaną, jeśli powierzchnia otworów jest większa niż:

- 1500 mm^2 na m długości – dla warstw pionowych,
- 1500 mm^2 na m^2 powierzchni – dla warstw poziomych.

Opór cieplny przegrody budowlanej oblicza się pomijając opór cieplny warstwy powietrza i innych warstw znajdujących się między warstwą powietrza a środowiskiem zewnętrznym. Natomiast w miejscu warstwy powietrznej uwzględnia się wartość oporu przejmowania ciepła, odpowiadającej nieruchomemu powietrzu.



Rys. 3.3. Dobrze wentylowana warstwa powietrzna

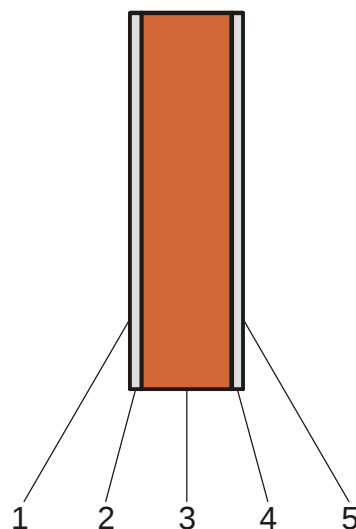
4. Przykłady

Przykład 1. Ściana wewnętrzna

Oblicz współczynnik przenikania ciepła U dla ściany wewnętrznej przedstawionej na rysunku 1 oraz w tabeli 1. Warunki średnio wilgotne.

Tabela 1. Struktura przegrody

Nr	Rodzaj warstwy	grubość m
1	Powierzchnia wewnętrzna	
2	Tynk cementowo wapienny	0,015
3	Mur z cegły dziurawki	0,120
4	Tynk cementowo-wapienny	0,015
5	Powierzchnia wewnętrzna	

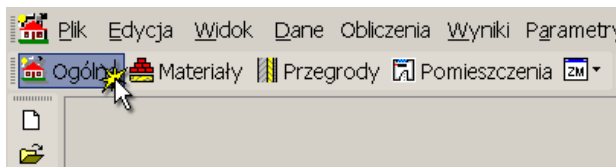


Rys. 1. Ściana wewnętrzna

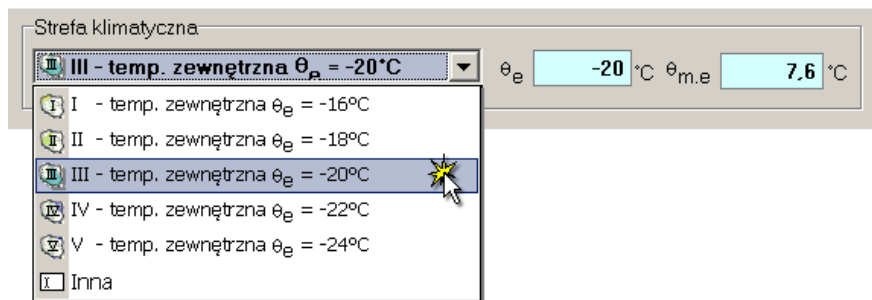
Rozwiązanie

Krok 1 – Dane ogólne

W programie PURMO OZC współczynniki przenikania ciepła oblicza się w oknie **Przegrody**. Jednak aby móc otworzyć to okno, program wymaga wybrania strefy klimatycznej w oknie **Dane ogólne**. W tym celu klikamy przycisk **Ogólne** w pasku narzędzi **Dane**, który znajduje się standardowo poniżej menu programu (rys. 2). W tym przykładzie informacja ta nie będzie miała znaczenia i w związku z tym można wybrać dowolną strefę (rys. 3).



Rys. 2. Otwieranie okna **Dane ogólne**



Rys. 3. Wybór strefy klimatycznej

Krok 2 – Podstawowe informacje o przegrodzie

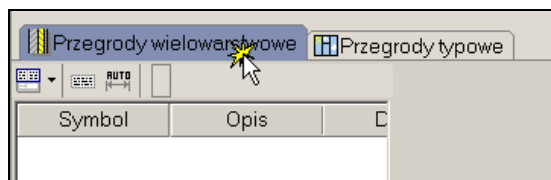
Po wybraniu strefy klimatycznej można otworzyć okno **Przegrody** klikając odpowiedni przycisk (rys. 4).

Rys. 4. Otwieranie okna **Przegrody**

Okno **Przegrody** posiada dwie zakładki:

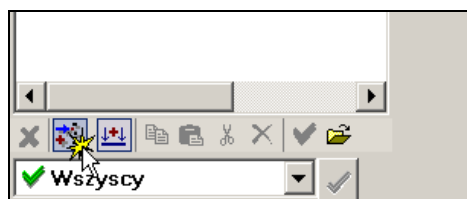
- **Przegrody wielowarstwowe**,
- **Przegrody typowe**.

W tym przykładzie wybieramy zakładkę **Przegrody wielowarstwowe** (rys. 5). Natomiast zakładka **Przegrody typowe** jest wykorzystywana w przypadku przegród o znanym współczynniku przenikania ciepła (np. dla okien).



Rys. 5. Przejście do obliczania przegród wielowarstwowych

Standardowo z lewej strony okna znajduje się lista przegród. Teraz można dodać nową przegrodę do katalogu. W tym celu klikamy przycisk **Dodaj**, znajdujący się pod listą (rys. 6) lub przyciskamy klawisz **Insert** na klawiaturze komputera.



Rys. 6. Dodanie nowej przegrody do listy

Następnie przechodzimy do wprowadzania danych na temat przegrody. Każda przegroda w projekcie musi posiadać unikalny symbol. W tym przykładzie niech będzie to SW15.

Wypełnienie pola **Opis** nie jest obowiązkowe (przypomina o tym zielone tło), chociaż jeśli w projekcie występuje wiele różnych przegród, zwłaszcza tego samego typu, to warto w tym polu podać informacje dokładnie identyfikujące daną przegrodę.

Również pola **Producent** i **Numer katalogowy** nie są obowiązkowe. W przypadku przegród warstwowych, wykonywanych na budowie, pola te najczęściej pozostają niewypełnione.

Natomiast koniecznie należy podać **Rodzaj** przegrody, ponieważ na tej podstawie program stosuje odpowiednią metodę obliczeniową (m.in. automatycznie określa opory przejmowania ciepła). W tym przykładzie z rozwijanej listy wybieramy typ **Ściana wewnętrzna**.

Następnie upewniamy się, że w polu **Warunki wilgotności** ustawione są warunki średnio wilgotne.

Krok 3 – Warstwy

Obecnie możemy przejść do wprowadzenia danych na temat poszczególnych warstw przegrody. Zaczynamy od pierwszej warstwy, czyli od tynku. Przechodzimy (klikamy myszką) do pierwszego wiersza i pierwszej kolumny (**Symbol**). Komórka ta stanie się komórką aktywną. Świadczy o tym pogrubiona ramka.

W tej chwili najprostszą metodą wybrania symbolu materiału budowlanego jest użycie klawisza **F1**. Po jego naciśnięciu, otworzy się okno dialogowe **Katalog materiałów budowlanych** (rys. 7). Klawisz **F1** służy zazwyczaj do przywołania systemu pomocy. Przy czym programy z serii PURMO wyposażone są w system pomocy kontekstowej o szerszych możliwościach niż większość aplikacji. W tym przypadku program „uzna”, że najlepiej nam pomoże, jeśli właśnie otworzy **Katalog materiałów budowlanych**, a nie typowy system pomocy.

Aby ułatwić znalezienie odpowiedniego tynku w katalogu, warto ograniczyć wyświetlanie materiałów do tynków. W tym celu z rozwijanej listy, znajdującej się pod listą materiałów, wybieramy kategorię „Tynki i zaprawy” (rys. 7). Teraz z listy dostępnych materiałów wybieramy „Tynk lub gładź cementowo-wapienna” i klikamy przycisk „Wybierz”.

Katalog materiałów

Katalog materiałów jednorodnych Katalog warstw niejednorodnych

Symbol: **TYNK-CW** Opis: **Tynk lub gładź cementowo-wapienna.**

Producent: Typ: **Tynki i zaprawy** Numer katalogowy:

	Warunki średnio wilgotne	Warunki wilgotne	
Współczynnik przewodzenia ciepła λ	0,8200	0,9000	W/(m·K)
Współczynnik dyfuzji pary wodnej δ	45,00	45,00	$\mu\text{g}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa})$
Współczynnik oporu dyfuzyjnego μ	16,000	16,000	
Gęstość ρ	1850		kg/m ³
Ciepło właściwe c_p	0,840		kJ/(kg·K)
Narzucona grubość d			m

Wszystcy

Podstawowe dane Dokumentacja

Tynki i zaprawy

Wybierz Anuluj Pomoc

Rys. 7. Katalog materiałów budowlanych (jednorodnych)

Inną metodą wyboru materiału jest użycie przycisku ze strzałką w dół (czarnym trójkątem), znajdującego się z prawej strony aktywnej komórki. Po kliknięciu tego przycisku otworzy się inna wersja katalogu materiałów budowlanych (rys. 8). Ta wersja oprócz bezpośredniego wyboru materiału pozwala również na zarządzanie podręczną listą materiałów, ale ta możliwość na razie nie będzie nam potrzebna.

Zestaw materiałów jednorodnych

Opis: **Tynk lub gładź cementowo-wapienna**

Producent:

Wybrane materiały jednorodn: 0

Dostępne materiały jedn: 5

JASTRYCH
TERMOR W
TYNK-CEM
TYNK-CW
TYNK-WAP

Typ urządzenia: **Tynki i zaprawy**

Wybrany producent: **Wszystcy**

Wybierz OK Anuluj Pomoc

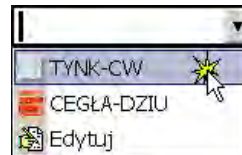
Rys. 8. Katalog materiałów budowlanych (jednorodnych)

Następnie w kolumnie **d** należy podać grubość warstwy. W tym przykładzie jest to 1,5 cm, przy czym do programu należy wprowadzić grubość wyrażoną w metrach, czyli 0,015 m.

Pozostałe kolumny program wypełni automatycznie.

Teraz analogicznie wprowadzamy drugą warstwę „Mur z cegły dziurawki”. W tym celu przechodzimy do drugiego wiersza do kolumny **Symbol**. Po kliknięciu przycisku z prawej strony komórki rozwinię się lista z ostatnio wykorzystywanymi materiałami. Ponieważ w tym projekcie jeszcze nie używaliśmy „Muru z cegły dziurawki”, to nie będzie go na tej liście. W związku z tym klikamy polecenie „Edycja”, które ponownie wyświetli katalog materiałów budowlanych. Tym razem wybierzemy kategorię „Mury i stropy”, a z niej materiał „Mur z cegły dziurawki na zaprawie cementowej” oraz klikniemy przycisk **Wybierz**. Następnie wpisujemy grubość warstwy 0,12 m.

Teraz pozostał do wprowadzenia już tylko tynk z drugiej strony ściany. Tym razem możemy skorzystać z rozwijanej listy z ostatnio wykorzystywanymi materiałami (rys. 9).



Rys. 9. Rozwijana lista z ostatnio wykorzystywanymi materiałami

Krok 4 – Wyniki

Na tym kończy się wprowadzanie danych i możemy teraz przeanalizować wyniki obliczeń (rys. 10).

Symbol	d	Opis materiału	λ	ρ	c_p	R	R_{cor}
	m		W/(m·K)	kg/m³	kJ/(kg·K)	m²·K/W	m²·K/W
TYNK-CW	0,015	Tynk lub gładź cementowo-wapienna	0,820	1850	0,840	0,018	0,018
CEGŁA-DZIU	0,120	Mur z cegły dziurawki na zaprawie cement	0,620	1400	0,880	0,194	0,194
TYNK-CW	0,015	Tynk lub gładź cementowo-wapienna	0,820	1850	0,840	0,018	0,018

Opór przejmowania wewnątrz R_i	0.130	m²K/W	Grubość G	0.150	m
Opór przejmowania wewnątrz R_i	0.130	m²K/W	Suma oporów przejm. i przew.	0.490	m²K/W
			Wsp. przenikania ciepła U	2.040	W/m²K

☐ Przegroda z podanymi wymiarami

Rys. 10. Wypełnione okno **Przegroda wielowarstwowa** dla ściany wewnętrznej

Program obliczył opór przewodzenia ciepła każdej warstwy wg wzoru:

$$R = \frac{d}{\lambda}, \text{ m}^2\text{K/W} \quad (1)$$

gdzie:

- d – grubość warstwy izolacji, m;
- λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału izolacyjnego, W/mK.

Wartości oporu cieplnego poszczególnych warstw wyświetlone są w kolumnie R . W naszym przykładzie te same wartości podane są również w kolumnie R_{cor} (opór skorygowany). Wartości w tych kolumnach mogą się różnić, jeśli w przegrodzie występują wentylowane (słabo lub dobrze) warstwy powietrza.

Program automatycznie, na podstawie typu przegrody, przyjął opory przejmowania. W tym przykładzie jest to $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ po obydwóch stronach ściany. Suma oporów przewodzenia i przejmowania wynosi $0,49 \text{ m}^2\text{K/W}$. Program obliczył również współczynnik przenikania ciepła wg równania:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,49} = 2,040 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \quad (2)$$

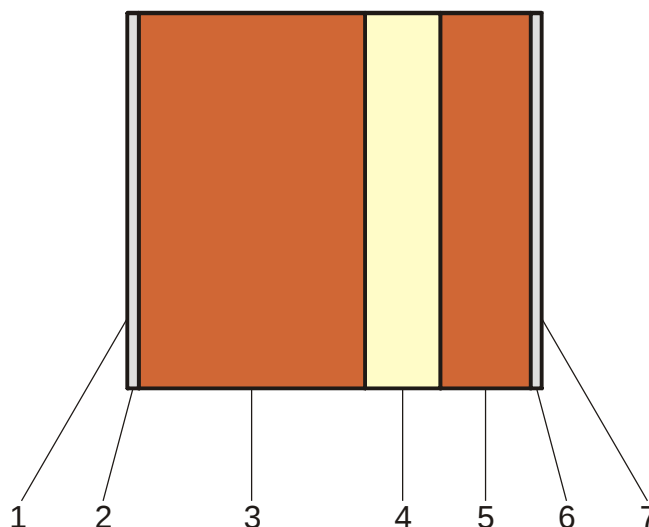
gdzie:

- R_T – całkowity opór cieplny przegrody, $\text{m}^2\text{K/W}$.

Co istotne, wyświetlana wartość współczynnika przenikania ciepła U jest aktualizowana na bieżąco w czasie wprowadzania i zmieniania danych. Dzięki temu można bardzo szybko przeprowadzić analizę wpływu poszczególnych wartości na wynik końcowy, np. w celu doboru odpowiedniej grubości izolacji, zapewniającej wymaganą wartość współczynnika przenikania ciepła U .

Przykład 2. Ściana zewnętrzna

Oblicz współczynnik przenikania ciepła U dla ściany zewnętrznej przedstawionej na rysunku 1 oraz w tabeli 1. Warunki średnio wilgotne.



Rys. 1. Ściana zewnętrzna

Tabela 1. Konstrukcja ściany

Nr	Rodzaj warstwy	Grubość m
1	Powierzchnia wewnętrzna	
2	Tynk cementowo wapienny	0,015
3	Mur z cegły kratówki na zaprawie cementowo-wapiennej	0,250
4	Wełna mineralna (mata)	0,120
5	Mur z cegły dziurawki	0,120
6	Tynk cementowo wapienny	0,015
7	Powierzchnia zewnętrzna	

Rozwiązanie

Krok 1 – Dane ogólne

Kolejną ścianę możemy dodać do projektu (pliku), który rozpoczęliśmy w przykładzie 1. W związku z tym nie musimy po raz kolejny wypełniać danych ogólnych.

Krok 2 – Podstawowe informacje o przegrodzie

Dodajemy kolejną przegrodę do katalogu. W tym celu klikamy przycisk **Dodaj**, znajdujący się pod listą lub przyciskamy klawisz **Insert** na klawiaturze komputera.

W tym przykładzie wprowadzimy symbol przegrody SZ52.

Jako **Rodzaj** przegrody tym razem wybieramy pozycję **Ściana zewnętrzna**.

Krok 3 – Warstwy

Następnie wprowadzamy dane na temat poszczególnych warstw przegrody analogicznie jak w poprzednim przykładzie (rys. 2).

Symbol	d m	Opis materiału	λ W/(m·K)	ρ kg/m³	c_p kJ/(kg·K)	R m²·K/W	R_{cor} m²·K/W
TYNK-CW	0,015	Tynk lub gładź cementowo-wapienna	0,820	1850	0,840	0,018	0,018
CEGLA-KRAT	0,250	Mur z cegły kratówki na zaprawie cemento	0,560	1300	0,880	0,446	0,446
WELNAF-ŚC	0,120	Filce i maty z wełny mineralnej w ściana	0,045	70	0,750	2,667	2,667
CEGLA-DZIU	0,120	Mur z cegły dziurawki na zaprawie cement	0,620	1400	0,880	0,194	0,194
TYNK-CW	0,015	Tynk lub gładź cementowo-wapienna	0,820	1850	0,840	0,018	0,018

Opór przejmowania wewnątrz R_i : 0,130 m²K/W

Opór przejmowania na zewnątrz R_e : 0,040 m²K/W

Grubość G: 0,520 m

Suma oporów przejm. i przew.: 3,513 m²K/W

Wsp. przenikania ciepła U: 0,285 W/m²K

☐ Przegroda z podanymi wymiarami

Rys. 2. Wypełnione okno **Przegroda wielowarstwowa** dla ściany zewnętrznej

Krok 4 – Wyniki

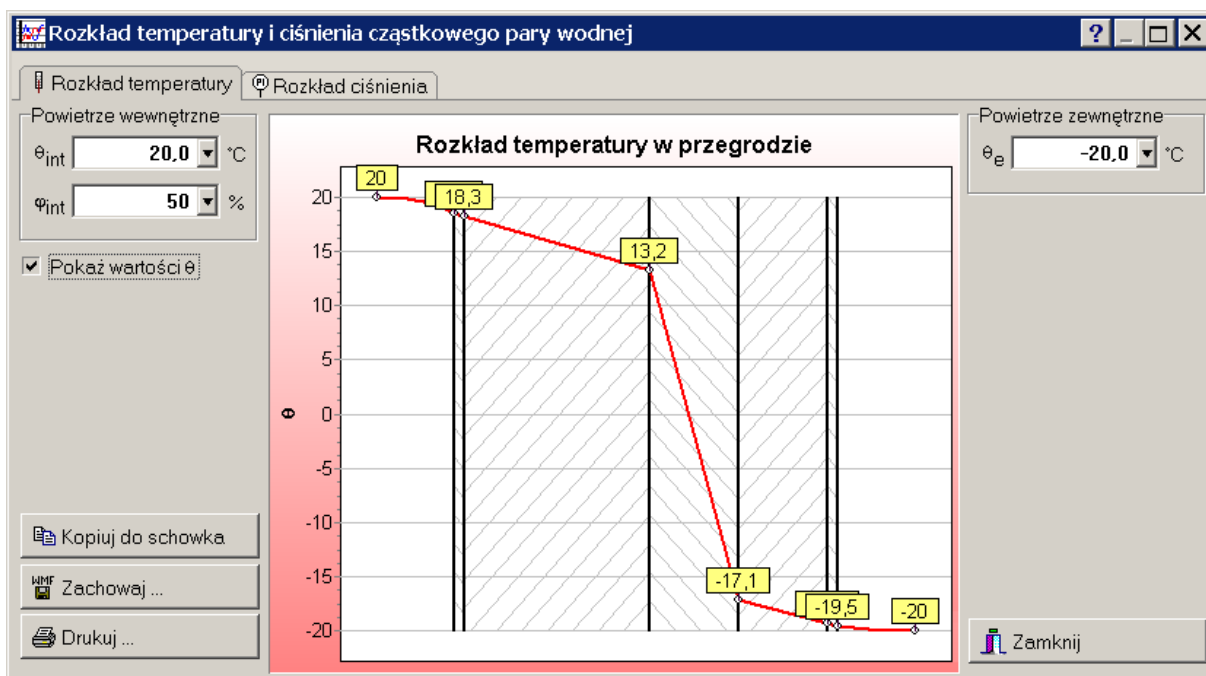
Program automatycznie przyjął opory przejmowania. W tym przypadku jest to 0,13 m²K/W po stronie wewnętrznej i 0,04 m²K/W po stronie zewnętrznej (rys. 2). Współczynnik przenikania ciepła wynosi 0,285 W/m²K.

Krok 5 – Profil temperatury

W tym przykładzie wyświetlimy profil temperatury w przekroju ściany. W tym celu klikamy przycisk **Wykres temperatury** (rys. 3), który spowoduje wyświetlenie okna z wykresem rozkładu temperatury w ścianie (rys. 4).

Grubość G	0,520 m
Suma oporów przejm. i przew.	3,513 m ² ·K/W
Wsp. przenikania ciepła U	0,285 W/m ² ·K

Rys. 3. Otwieranie okna z wykresem temperatury



Rys. 4. Profil temperatury w przekroju ściany

Wyświetlony wykres może być:

- skopiowany do schowka w celu wstawienia do innej aplikacji, np. do dokumentu tekstowego,
- zapisany w pliku na dysku,
- wydrukowany bezpośrednio z programu.

Służą do tego przyciski w lewym dolnym rogu okna z wykresem. Program umożliwia również wyświetlenie rozkładu ciśnienia cząstkowego pary wodnej i sprawdzenie wykraplania się wilgoci.

Przykład 3. Dobór grubości izolacji

Dobierz grubość warstwy wełny mineralnej dla ściany z przykładu 2, tak aby współczynnik przenikania ciepła U wynosił $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Rozwiązanie

Tak postawiony problem można rozwiązać metodą „prób i błędów”. Zmieniając grubość warstwy izolacji, jednocześnie należy obserwować aktualizowaną na bieżąco wartość współczynnika przenikania ciepła (rys. 1). Ścieżka dojścia do rozwiązania może wyglądać np. w sposób pokazany w tabeli 1.

Grubość izolacji zapewniającej wymaganą wartość współczynnika przenikania ciepła wynosi $14,2 \text{ cm}$. Oczywiście w projektowaniu należy dobierać grubości dostępne w handlu.

Symbol: SZ52 Opis: Ściana zewnętrzna 54,2 cm Predefiniowana Na zamówienie Wycofana z produkcji

Producent: Rodzaj: Ściana zewnętrzna Warunki wilgotności: Średnio wilgotne Numer katalogowy:

Symbol	d m	Opis materiału	λ W/(m·K)	ρ kg/m³	c_p kJ/(kg·K)	R m²·K/W	R_{cor} m²·K/W
TYNK-CW	0,015	Tynk lub gładź cementowo-wapienna.	0,820	1850	0,840	0,018	0,018
CEGLA-KRAT	0,250	Mur z cegły kratówki na zaprawie cemento	0,560	1300	0,880	0,446	0,446
WEŁNAF-ŚC	0,142	Plce i maty z wełny mineralnej w ściana	0,045	70	0,750	3,156	3,156
CEGLA-DZIU	0,120	Mur z cegły dziurawki na zaprawie cement	0,620	1400	0,880	0,194	0,194
TYNK-CW	0,015	Tynk lub gładź cementowo-wapienna.	0,820	1850	0,840	0,018	0,018

Opór przejmowania wewnątrz R_i : 0,130 m²·K/W Grubość G: 0,542 m

Opór przejmowania na zewnątrz R_e : 0,040 m²·K/W Suma oporów przejm. i przew: 4,002 m²·K/W

Wsp. przenikania ciepła U : 0,250 W/m²K

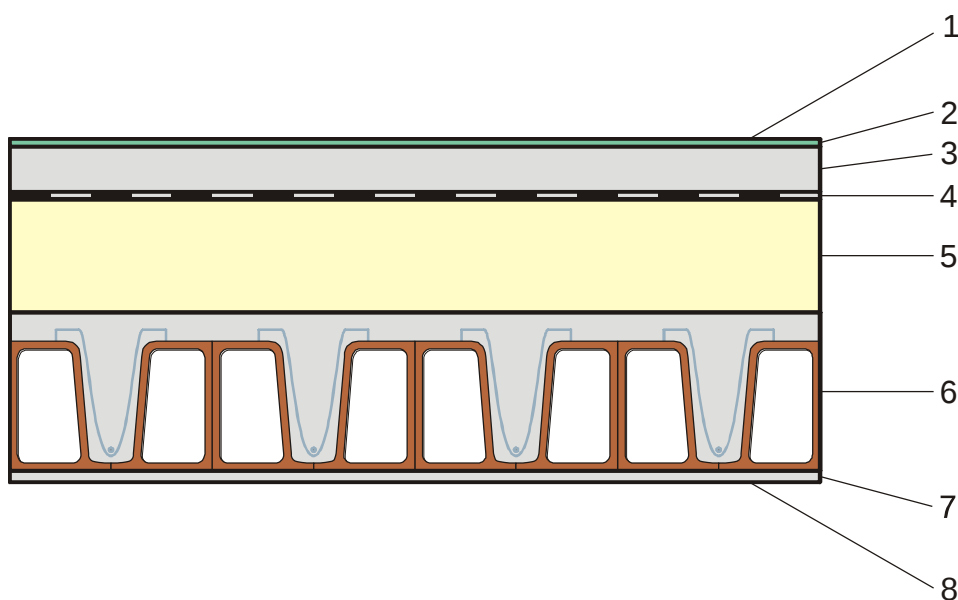
Rys. 1. Dobranie grubości izolacji metodą „prób i błędów”

Tabela 1. Przykładowa ścieżka dojścia do rozwiązania

Nr próby	Grubość warstwy izolacji, m	U W/m²K
1	0,12	0,285
2	0,15	0,239
3	0,13	0,268
4	0,14	0,253
5	0,142	0,250

Przykład 4. Strop

Oblicz współczynnik przenikania ciepła U dla stropu przedstawionego na rysunku 1 oraz w tabeli 1. Nad stropem znajduje się nieogrzewane poddasze, a pod stropem – pokój mieszkalny.



Rys. 1. Przekrój przez strop

Tabela 1. Konstrukcja stropu

Nr	Rodzaj warstwy	Grubość m
1	Powierzchnia wewnętrzna	
2	Terakota ($\lambda = 1,050 \text{ W/mK}$),	0,01
3	Gładź cementowa	0,06
4	Folia polietylenowa PELD ($\lambda = 0,33 \text{ W/mK}$),	0,0002
5	Styropian ułożony szczelnie	0,15
6	Strop Akermana o grubości pustaka 18 cm,	0,21
7	Tynk cementowo-wapienny (uwzględniony w oporze cieplnym stropu).	0,015
8	Powierzchnia zewnętrzna	

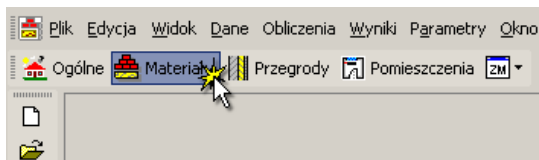
Rozwiązanie

Strukturę stropu wprowadzamy do programu w sposób analogiczny, jak w przypadku ściany. Dlatego w tym miejscu zostaną omówione jedynie różnice (nowe elementy).

Krok 1 – Dodawanie nowego materiału do katalogu

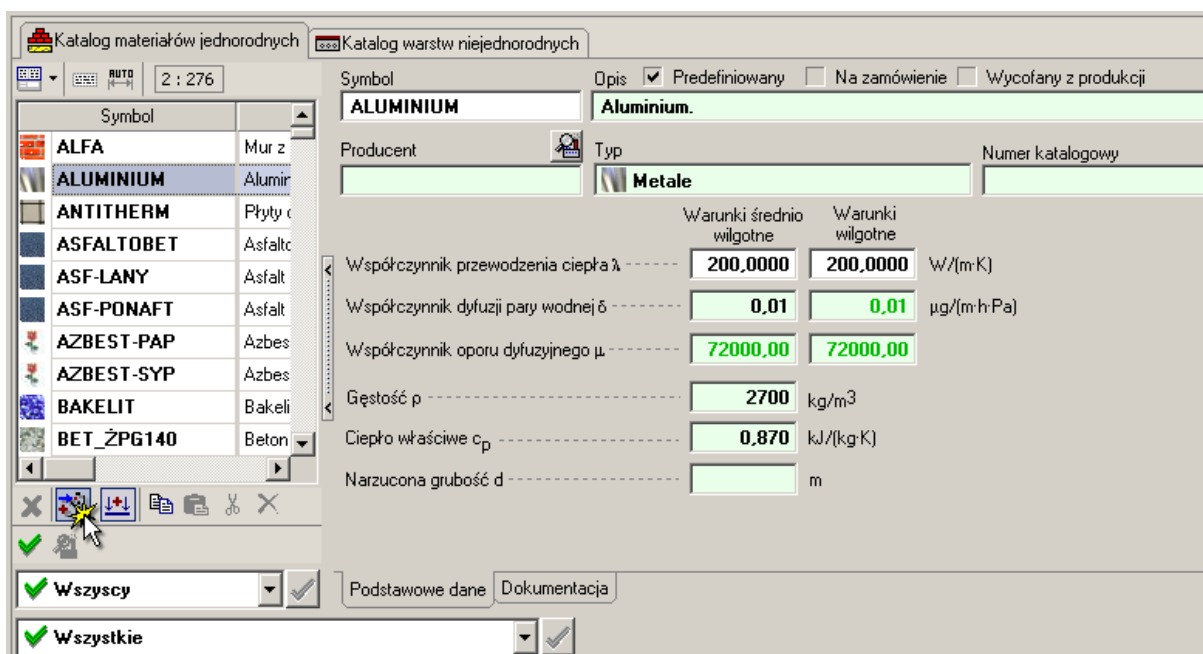
W tym przykładzie zapoznamy się z dodawaniem nowego materiału do katalogu materiałów budowlanych. Czynność ta zostanie omówiona na przykładzie folii z polietylenu o małej gęstości (PELD).

W celu dodania nowego materiału budowlanego należy otworzyć katalog materiałów budowlanych. Można to zrobić na kilka sposobów, ale najprościej jest kliknąć przycisk **Materiały** (rys. 2).



Rys. 2. Otwieranie Katalogu materiałów budowlanych

W katalogu materiałów budowlanych wybieramy zakładkę **Katalog materiałów jednorodnych**, czyli w praktyce materiałów o znanym współczynniku przewodzenia ciepła. Następnie należy dodać nowy materiał do katalogu za pomocą przycisku **Dodaj** (rys. 3), podobnie jak dodawaliśmy nową przegrodę.



Rys. 3. Dodanie nowego materiału do Katalogu materiałów budowlanych

Następnie należy wprowadzić dane nowego materiału. Jako symbol wpisujemy FOLIA_PELD. Pole Opis w zasadzie jest nieobowiązkowe (zielone tło), ale wypełnienie go może w przyszłości ułatwić znalezienie materiału w katalogu. W związku z tym wpisujemy „Folia polietylenowa o małej gęstości”.

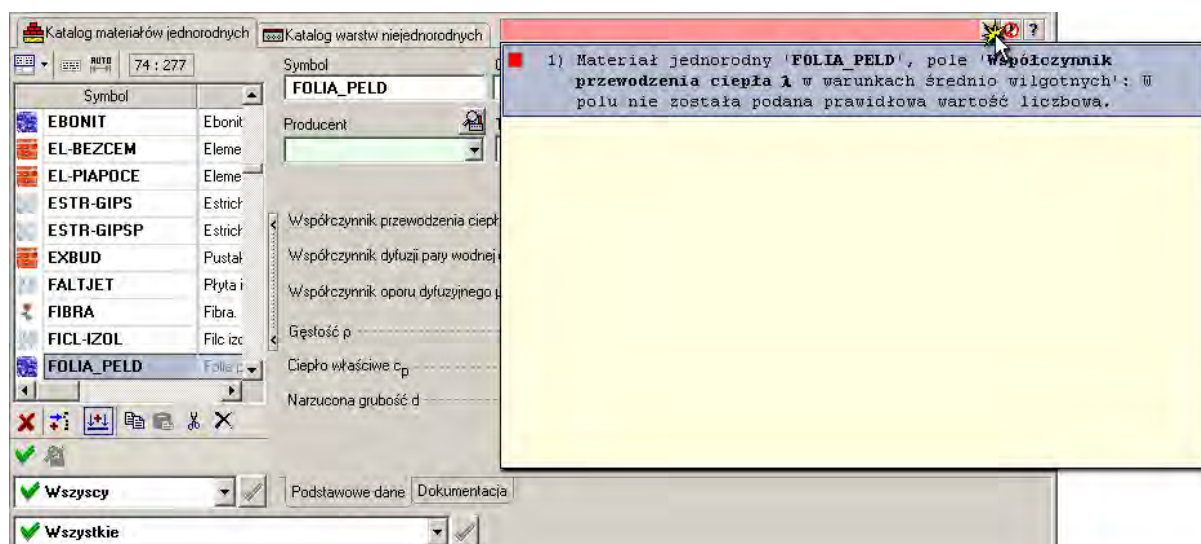
Podobnie warto wypełnić pole **Typ**. Dzięki temu nowy materiał będzie wyświetlany w wybraniu filtrowania wg kategorii materiałów. W tym przypadku wybierzemy typ **Tworzywa sztuczne**.

Do obliczania współczynnika przenikania ciepła U , z parametrów fizycznych materiału, wymagany jest jedynie współczynnik przewodzenia ciepła λ . Dla folii polietylenowej wpisujemy tę samą wartość dla warunków średnio wilgotnych i wilgotnych.

W tym miejscu warto zwrócić uwagę, że dopóki nie wypełnimy wszystkich pól obowiązkowych, wyświetlany jest czerwony pasek w górnej części okna (rys. 4). Klikając jeden z dwóch przycisków z prawej strony tego paska, możemy wyświetlić **Diagnostykę bieżących danych**, która zawiera informacje nt. brakujących danych lub błędów. Jeśli teraz dwukrotnie klikniemy wybrany komunikat diagnostyczny, program „przeniesie nas” w miejsce, w którym brakuje danej lub wprowadzona dana jest niepoprawna.

Jeśli planujemy tworzenie wykresu ciśnienia cząstkowego pary wodnej w przegrodach, w których będzie występował wprowadzany właśnie materiał, to powinniśmy wpisać jeszcze albo **współczynnik dyfuzji pary wodnej δ** , albo **współczynnik oporu dyfuzyjnego μ** . Gęstość ρ i ciepło właściwe c_p materiału nie są wykorzystywane w obliczeniach, przeprowadzanych w programie, ale podanie tych wartości może ułatwić późniejszą identyfikację materiału.

Pole **Narzucona grubość d** wypełnia się jedynie w przypadku materiałów, które mogą występować tylko w jednej grubości (np. płyty prefabrykowane).



Rys. 4. Przykład Diagnostyki bieżących danych

Krok 2 – Podstawowe informacje o przegrodzie

Dodajemy kolejną przegrodę do katalogu (przycisk **Dodaj**) i wpisujemy jej symbol, np. STR. Jako rodzaj przegrody wybieramy z rozwijanej listy **Strop przepływ ciepła do góry**. Podobnie jak w poprzednich przykładach, upewniamy się, że w polu **Warunki wilgotności** ustawione są warunki średnio wilgotne.

Krok 3 – Warstwy

Następnie wprowadzamy dane na temat poszczególnych warstw przegrody, analogicznie jak w poprzednich przykładach. Nieco odmienne jest jedynie wprowadzenie warstwy konstrukcyjnej stropu. Po otwarciu **Katalogu materiałów budowlanych** (klawisz F1 w komórce **Symbol**), należy wybrać zakładkę **Katalog warstw niejednorodnych**. W tym katalogu znajdują się warstwy o znanym oporze cieplnym (a nie współczynniku przewodzenia ciepła). Z katalogu wybieramy pozycję STR-AKER18.

Warto zauważyć, że nie musimy wprowadzać tynku, który znajduje się na dolnej powierzchni stropu, ponieważ jego opór cieplny jest już uwzględniony w oporze warstwy konstrukcyjnej stropu Akermana. Chociaż część projektantów uwzględnia dodatkowo opór warstwy tynku na suficie. Jednak, wynikająca z tego zmiana współczynnika przenikania ciepła jest niewielka. W analizowanym przykładzie, dodatkowe uwzględnienie warstwy tynku o grubości 1,5 cm zmniejszyłoby wartość współczynnika przenikania ciepła o 3,5 promila.

Krok 4 – Wyniki

Symbol: STR Opis: Strop ciepło do góry 40,0 cm

Producent: Rodzaj: Strop ciepło do góry Warunki wilgotności: Średnio wilgotne Numer katalogowy:

Symbol	d m	Opis materiału	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c_p kJ/(kg·K)	R m ² ·K/W	R_{cor} m ² ·K/W
TERAKOTA	0,0100	Terakota.	1,050	2000	0,840	0,010	0,010
TYNK-CEM	0,0600	Tynk lub gładź cementowa.	1,000	2000	0,840	0,060	0,060
FOLIA_PELD	0,0002	Folia polietylenowa o małej gęstości	0,330			0,001	0,001
STYROPIANS	0,1500	Styropian ułożony szczelnie.	0,040	30	1,460	3,750	3,750
STR-AKER18	0,1800	Strop gęstożebrowy z wypełnieniem pustak		1300	0,880	0,210	0,210

Opór przejmowania wewnątrz R_i : 0,100 Grubość G: 0,400 m

Opór przejmowania wewnątrz R_i : 0,100 Suma oporów przeim. i przew.: 4,230 m²·K/W

Wsp. przenikania ciepła U: 0,236 W/m²·K

☐ Przegroda z podanymi wymiarami

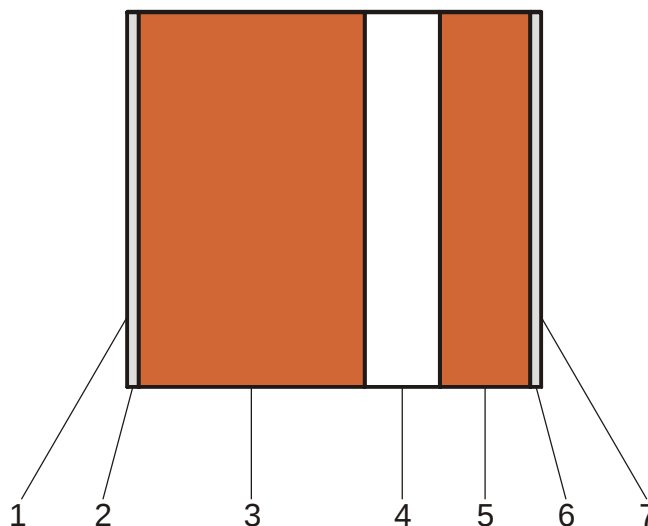
Rys. 5. Wypełnione okno **Przegroda wielowarstwowa** dla stropu

Program przyjął opory przejmowania automatycznie na podstawie typu przegrody. W tym przykładzie jest to 0,10 m²K/W po obydwóch stronach stropu (rys. 5).

Współczynnik przenikania ciepła stropu wynosi 0,236 W/m²K.

Przykład 5. Niewentylowana warstwa powietrzna

Oblicz współczynnik przenikania ciepła U dla ściany zewnętrznej przedstawionej na rysunku 1 oraz w tabeli 1. Warunki średnio wilgotne.



Rys. 1. Ściana zewnętrzna z warstwą powietrzną

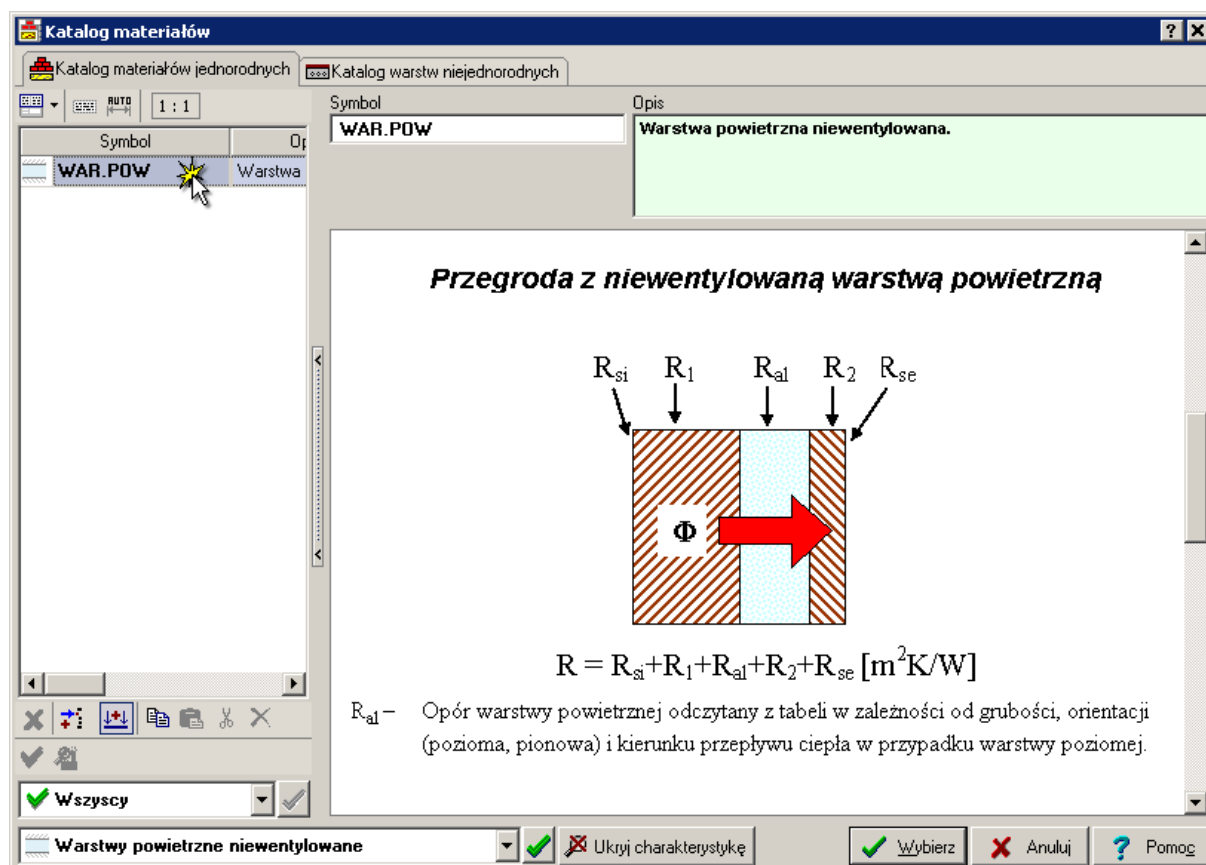
Tabela 1. Konstrukcja ściany

Nr	Rodzaj warstwy	Grubość m
1	Powierzchnia wewnętrzna	
2	Tynk cementowo wapienny	0,015
3	Mur z cegły ceramicznej pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej.	0,250
4	Niewentylowana warstwa powietrzna	0,100
5	Mur z cegły ceramicznej pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej	0,120
6	Tynk cementowo wapienny	0,015
7	Powierzchnia zewnętrzna	

Rozwiązanie

Krok 1 – Warstwy przegrody

Dodajemy nową ścianę do projektu i wprowadzamy jej poszczególne warstwy, analogicznie jak w poprzednich przykładach. Nowym elementem jest warstwa powietrza. Warstwę tę należy znaleźć w **Katalogu materiałów jednorodnych** (w programie warstwy powietrzne traktowane są jako specyficzne „materiały budowlane”). Aby ułatwić znalezienie tej warstwy w katalogu warto wybrać kategorię „Warstwy powietrzne niewentylowane” (rys. 2). Następnie wybieramy warstwę powietrzną, dokładnie tak samo, jak materiał budowlany (przycisk **Wybierz**) i wpisujemy jej grubość. Program automatycznie określi opór cieplny warstwy powietrznej zgodnie z normą.



Rys. 2. Wybór niewentylowanej warstwy powietrznej z Katalogu materiałów budowlanych (jednorodnych)

Krok 2 – Wyniki

Po wprowadzeniu wszystkich warstw ściany program automatycznie obliczy współczynnik przenikania ciepła (rys. 3).

Symbol: SZWP1 Opis: ☐ Predefiniowana ☐ Na zamówienie ☐ Wycofana z produkcji

Producent: Rodzaj: Ściana zewnętrzna Warunki wilgotności: Średnio wilgotne Numer katalogowy:

Symbol	d	Opis materiału	λ	ρ	c_p	R	R_{cor}
	m		W/(m·K)	kg/m³	kJ/(kg·K)	m²·K/W	m²·K/W
TYNK-CW	0,015	Tynk lub gładź cementowo-wapienna.	0,820	1850	0,840	0,018	0,018
CEGLA-PEŁN	0,250	Mur z cegły ceramicznej pełnej na zapraw	0,770	1800	0,880	0,325	0,325
WAR.POW	0,100	Warstwa powietrzna niewentylowana.				0,180	0,180
CEGLA-PEŁN	0,120	Mur z cegły ceramicznej pełnej na zapraw	0,770	1800	0,880	0,156	0,156
TYNK-CW	0,015	Tynk lub gładź cementowo-wapienna.	0,820	1850	0,840	0,018	0,018

Opór przejmowania wewnątrz R_i : 0,130 Grubość G: 0,500 m

Opór przejmowania na zewnątrz R_e : 0,040 Suma oporów przejm. i przew.: 0,867 m²·K/W

Wsp. przenikania ciepła U: 1,153 W/m²·K

☐ Przegroda z podanymi wymiarami

Rys. 3. Wypełnione okno Przegroda wielowarstwowa dla ściany zewnętrznej z niewentylowaną warstwą powietrzną

Przykład 6. Słabo wentylowana warstwa powietrzna

Oblicz współczynnik przenikania ciepła U dla ściany zewnętrznej, takiej jak w poprzednim przykładzie, przy czym warstwa powietrzna jest słabo wentylowana.

Rozwiązanie

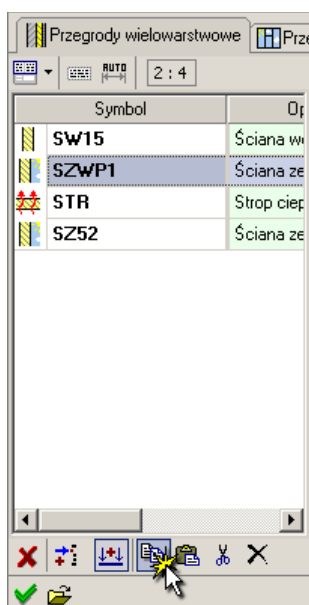
Krok 1 – Skopiowanie przegrody

Przegroda w tym przykładzie jest bardzo podobna jak w przykładzie poprzednim. W związku z tym wygodnie będzie skopiować poprzednią przegrodę i wprowadzić odpowiednie zmiany. Przegrody można kopiować z wykorzystaniem schowka podobnie jak np. słowa w dokumencie tekstowym.

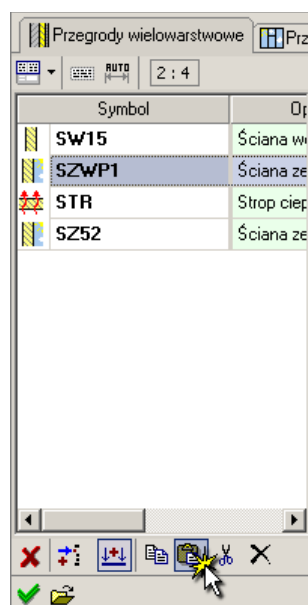
W celu skopiowania przegrody, zaznacz w katalogu przegród budowlanych przegrodę, którą chcesz skopiować i kliknij przycisk **Kopiuuj** (rys. 1). Zaznaczona przegroda zostanie skopiowana (zapamiętana w schowku).

Następnie kliknij przycisk **Wklej** (rys. 2). Do katalogu przegród budowlanych zostanie dodana kopia wybranej przegrody. Przy czym nazwa przegrody zostanie automatycznie zmieniona, ponieważ każda przegroda musi mieć unikalną nazwę. Nazwę ustaloną automatycznie, można następnie zmienić ręcznie.

Zamiast przycisków **Kopiuuj** i **Wklej**, można również użyć skrótów klawiaturowych **Ctrl+C** i **Ctrl+V**.



Rys. 1. Skopiowanie przegrody do schowka



Rys. 2. Wstawienie przegrody ze schowka

Krok 2 – Wprowadzenie zmian

Po przygotowaniu kopii przegrody z poprzedniego przykładu, musimy teraz zamienić jej strukturze niewentylowaną warstwę powietrzną na warstwę słabo wentylowaną. W tym celu zaznacz komórkę, w której znajduje się symbol „WAR.POW” i naciśnij klawisz F1. Następnie w katalogu zaznacz warstwę powietrzną słabo wentylowaną („warstwa WAR.POW.SW”) i kliknij przycisk **Wybierz**.

Krok 3 – Analiza wyników

Zgodnie z zasadami, program przyjął opór cieplny warstwy słabo wentylowanej równy połowie wartości dla warstwy niewentylowanej, czyli 0,09 zamiast 0,18. Poza tym obliczeniowa wartość oporu cieplnego konstrukcji pomiędzy warstwą powietrza i środowiskiem zewnętrznym nie może przekraczać 0,15 m²K/W. W związku z tym program zredukował wartości oporu muru i tynku po stronie zewnętrznej w taki sposób, aby ich suma wynosiła 0,15 m²K/W (0,134 i 0,016). Skorygowane wartości zostały wyświetlone w kolumnie R_{cor} (rys. 3).

Symbol	d m	Opis materiału	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c_p kJ/(kg·K)	R m ² ·K/W	R _{cor} m ² ·K/W
TYNK-CW	0,015	Tynk lub gładź cementowo-wapienna.	0,820	1850	0,840	0,018	0,018
CEGŁA-PEŁN	0,250	Mur z cegły ceramicznej pełnej na zapraw	0,770	1800	0,880	0,325	0,325
WAR.POW.SW	0,100	Warstwa powietrzna słabo wentylowana.				0,090	0,090
CEGŁA-PEŁN	0,120	Mur z cegły ceramicznej pełnej na zapraw	0,770	1800	0,880	0,156	0,134
TYNK-CW	0,015	Tynk lub gładź cementowo-wapienna.	0,820	1850	0,840	0,018	0,016

Opór przejmowania wewnątrz R_i: 0,130

Opór przejmowania na zewnątrz R_e: 0,040

Grubość G: 0,500 m

Suma oporów przejm. i przew.: 0,753 m²K/W

Wsp. przenikania ciepła U: 1,328 W/m²K

☐ Przegroda z podanymi wymiarami

Rys. 3. Wypełnione okno **Przegroda wielowarstwowa** dla ściany zewnętrznej z warstwą powietrzną słabo wentylowaną. Kolorem czerwonym zaznaczono standardowe i skorygowane wartości oporu cieplnego warstw po zewnętrznej stronie warstwy powietrznej

Przykład 7. Dobrze wentylowana warstwa powietrzna

Oblicz współczynnik przenikania ciepła U dla ściany zewnętrznej, takiej jak w poprzednim przykładzie, przy czym warstwa powietrzna jest dobrze wentylowana.

Rozwiązanie

Krok 1 – Wprowadzenie danych

Postępujemy analogicznie jak w poprzednim przykładzie, czyli ponownie kopiujemy ścianę i zamieniamy występującą w niej warstwę powietrzną na warstwę powietrzną dobrze wentylowaną.

Krok 2 – Analiza wyników

Zgodnie z metodyką, podaną w normie PN-EN ISO 6946, program pominął w obliczeniach opór dobrze wentylowanej warstwy powietrznej oraz następnych warstw, znajdujących się po jej zewnętrznej stronie. W związku z tym w kolumnie R_{cor} wyświetlone zostały zera (rys 1). Natomiast opór przejmowania ciepła, w miejscu warstwy powietrznej, został przyjęty taki, jak dla powietrza nieruchomego, czyli $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Symbol	d m	Opis materiału	λ W/(m·K)	ρ kg/m³	c_p kJ/(kg·K)	R m²·K/W	R_{cor} m²·K/W
TYNK-CW	0,015	Tynk lub gładź cementowo-wapienna.	0,820	1850	0,840	0,018	0,018
CEGŁA-PEŁN	0,250	Mur z cegły ceramicznej pełnej na zapraw	0,770	1800	0,880	0,325	0,325
WAR.POW.DW	0,100	Warstwa powietrzna dobrze wentylowana.				0,000	0,000
CEGŁA-PEŁN	0,120	Mur z cegły ceramicznej pełnej na zapraw	0,770	1800	0,880	0,156	0,000
TYNK-CW	0,015	Tynk lub gładź cementowo-wapienna.	0,820	1850	0,840	0,018	0,000

Opór przejmowania wewnątrz R_i 0,130

Opór przejmowania na zewnątrz R_e 0,130

Grubość G 0,500 m

Suma oporów przejm. i przew. 0,603 m²K/W

Wsp. przenikania ciepła U 1,658 W/m²K

☐ Przegroda z podanymi wymiarami

Rys. 1. Wypełnione okno Przegroda wielowarstwowa dla ściany zewnętrznej z warstwą powietrzną dobrze wentylowaną. Kolorem czerwonym zaznaczono skorygowane wartości oporu cieplnego pomijanych warstw oraz opór przejmowania ciepła w miejscu warstwy powietrznej

Przykład 8. Dach

Oblicz współczynnik przenikania ciepła U dla dachu o strukturze przedstawionej w tabeli 1. Izolacja paroszczelna wykonana jest z folii o współczynniku oporu dyfuzyjnego μ 300 000 i współczynniku przewodzenia ciepła 0,33 W/mK. Natomiast zastosowana izolacja paroprzepuszczalna charakteryzuje się równoważną grubością warstwy powietrza s_d 0,03 m i współczynnikiem przewodzenia ciepła 0,05 W/mK.

Tabela 1. Struktura dachu

Nr	Rodzaj warstwy	Grubość m
1	Powierzchnia zewnętrzna	
2	Dachówka	0,014
3	Szczelina wentylacyjna	0,05
4	Membrana paroprzepuszczalna	0,0004
5	Wełna mineralna	0,15
6	Folia paroszczelna	0,0003
7	Płyta gipsowo-kartonowa	0,015
8	Powierzchnia wewnętrzna	

Rozwiązanie

W przypadku dachów (stropodachów) bardzo istotna jest ochrona przed kondensacją pary wodnej. Ochrona ta polega najczęściej na zastosowaniu izolacji paroszczelnej od strony pomieszczenia oraz membrany paroprzepuszczalnej od strony szczeliny wentylacyjnej, znajdującej się pod zewnętrzną warstwą dachu. Dzięki temu utrudniona jest przedostawanie się pary wodnej do warstwy termoizolacji, natomiast para, która jednak tam się dostanie może łatwo zostać odprowadzona na zewnątrz.

Krok 1 – Obliczenie współczynnika oporu dyfuzyjnego μ dla membrany paroprzepuszczalnej

Aby w programie określić właściwości dotyczące dyfuzji pary wodnej przez materiał budowlany należy wprowadzić współczynnik dyfuzji pary wodnej δ lub współczynnik oporu dyfuzyjnego μ . Jednak producenci niektórych materiałów budowlanych, zamiast powyższych współczynników, podają równoważną grubość warstwy powietrza s_d .

Współczynnik oporu dyfuzyjnego μ określa ile razy opór dyfuzji pary wodnej danego materiału jest większy od oporu warstwy nieruchomego powietrza o tej samej grubości.

Równoważna grubość warstwy powietrza s_d jest grubością warstwy nieruchomego powietrza, której opór dyfuzji pary wodnej jest równy oporowi danej warstwy.

Współczynnik oporu dyfuzyjnego μ charakteryzuje właściwości danego materiału jednorodnego i nie zależy od grubości jego warstwy. Natomiast równoważna grubość warstwy powietrza s_d charakteryzuje konkretną warstwę materiału o określonej grubości.

Znając równoważną grubość warstwy powietrza s_d , można obliczyć współczynnik oporu dyfuzyjnego μ w następujący sposób:

$$\mu = \frac{s_d}{d} \quad (1)$$

gdzie:

s_d – równoważna grubość warstwy powietrza, m,

d – grubość danej warstwy, m.

W tym przykładzie:

$$\mu = \frac{0,03}{0,0004} = 75$$

Krok 2 – Wprowadzenie danych nt. membrany paroprzepuszczalnej

Dodajemy membranę paroprzepuszczalną do katalogu materiałów jednorodnych, podobnie jak w poprzednich przykładach (przycisk **Materiały**, zakładka **Katalog materiałów jednorodnych**, przycisk **Dodaj**). Następnie wypełniamy poszczególne pola, tak jak pokazano na rys. 1. Obliczoną wartość współczynnika oporu dyfuzyjnego μ wpisujemy w pole dla warunków średnio wilgotnych. Program automatycznie obliczy odpowiadający mu współczynnik dyfuzji pary wodnej δ . Jeśli nie podamy osobnych wartości dla warunków wilgotnych, to program przyjmie te same wartości, jak dla warunków średnio wilgotnych.

Ponieważ wprowadzane dane dotyczą konkretnego produktu (membrany o danej grubości), to możemy wypełnić również nieobowiązkowe pole **Narzucona grubość d**. Wówczas nie będziemy musieli wprowadzać grubości w tabeli z danymi nt. warstw przegrody.

Rys. 1. Wprowadzenie danych nt. membrany paroprzepuszczalnej

Krok 3 – Wprowadzenie danych nt. izolacji paroszczelnej

W podobny sposób dodajemy do katalogu materiałów jednorodnych izolację paroszczelną (rys. 2). Również w tym przypadku możemy wprowadzić **Narzuconą grubość d**.

Rys. 2. Wprowadzenie danych nt. izolacji paroszczelnej

Krok 4 – Wprowadzenie warstw dachu

Następnie wprowadzamy poszczególne warstwy tworzące dach (przycisk **Przegrody**, przycisk **Dodaj**) – rys. 3.

W przypadku przegród poziomych, poszczególne warstwy należy wprowadzać w kolejności od góry do dołu. (W przypadku przegród pionowych warstwy wprowadza się zgodnie z kierunkiem przepływu ciepła).

Wprowadzone przez nas membrana paroprzepuszczalna i folia paroszczelna mają narzucone grubości, w związku z tym w tabeli **Warstwy przegrody** program sam automatycznie przyjmie właśnie te wartości.

Symbol	d	Opis materiału	λ	ρ	c_p	R	R_{cor}	δ	μ	Z	Z_{cor}
	m		W/(m·K)	kg/m³	kJ/(kg·K)	m²·K/W	m²·K/W	g/(m·h·Pa)		m²hPa/g	m²hPa/g
DACHÓW CER	0,0140	Dachówka ceramiczna.	0,820	1800	0,880	0,017	0,000	105,00	7	133,3	0,0
WAR. POW. DW	0,0500	Warstwa powietrzna dobrze wentylowana.				0,000	0,000	0,00	999999	0,0	0,0
MEM PPRZEP	0,0004	Membrana paroprzepuszczalna	0,050			0,008	0,008	9,60	75	41,7	41,7
WEŁNA-STR	0,1500	Wełna mineralna luzem w stropie poddasza	0,052	60	0,750	2,885	2,885	480,00	2	312,5	312,5
FOL_PSZCZ	0,0003	Folia paroszczelna	0,330			0,001	0,001	0,00	300000	125000	125000
GIPS-KART	0,0150	Płyty gipsowo-kartonowe.	0,230	1000	1,000	0,065	0,065	75,00	10	200,0	200,0

Opór przejmowania wewnątrz R_i 0,100 m²·K/W
 Opór przejmowania na zewnątrz R_e 0,100 m²·K/W
 Grubość G 0,230 m
 Suma oporów przejm. i przew. 3,159 m²·K/W
 Wsp. przenikania ciepła U 0,317 W/m²·K

Rys. 3. Wprowadzenie warstw dachu

Krok 5 – Rozkład temperatury i ciśnienia cząstkowego pary wodnej

W celu wyświetlenia wykresu temperatury i ciśnienia cząstkowego pary wodnej w przekroju dachu, klikamy przycisk, znajdujący się przy obliczonej wartości współczynnika przenikania ciepła U (rys. 4).

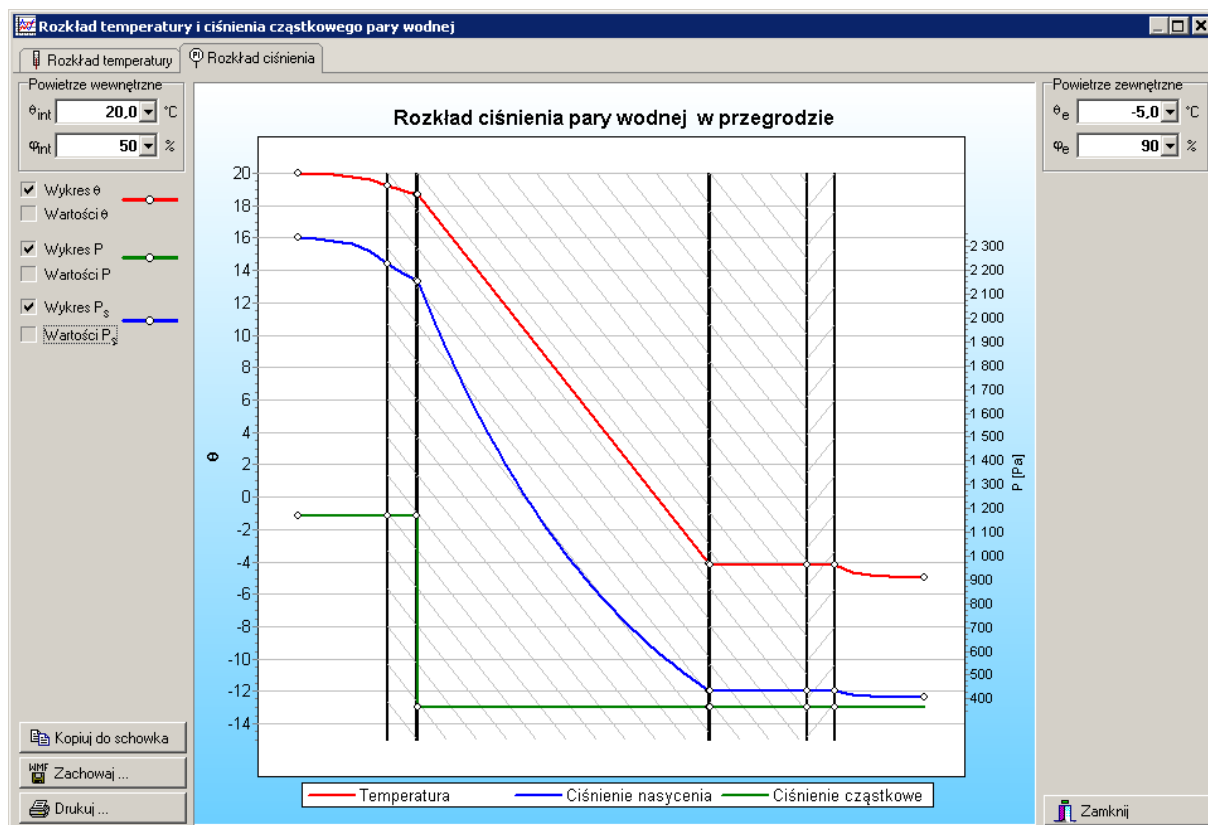
Z wykresu (rys. 5) wynika, że w całym przekroju ciśnienie cząstkowe opary wodnej nie przekracza ciśnienia nasycenia. W związku z tym dla analizowanych warunków nie ma ryzyka wykraplania się pary wodnej. Na wykresie umownie temperatura zewnętrzna i zewnętrzne ciśnienie cząstkowe pary wodnej zaznaczone są na zewnątrz dachu, choć faktycznie w obliczeniach wartości te przyjmowane są dla dobrze wentylowanej warstwy powietrznej.

W przypadku nieprawidłowej lokalizacji izolacji paroszczelnej (np. pomyłkowej zamiany warstw izolacji paroszczelnej i paroprzepuszczalnej – rys. 6), w całej grubości wełny mineralnej panowałoby wysokie ciśnienie cząstkowe pary wodnej i w związku z tym w jej zewnętrznej części przekraczałoby ciśnienie nasycenia. W tym miejscu zaistniałoby ryzyko kondensacji pary wodnej.

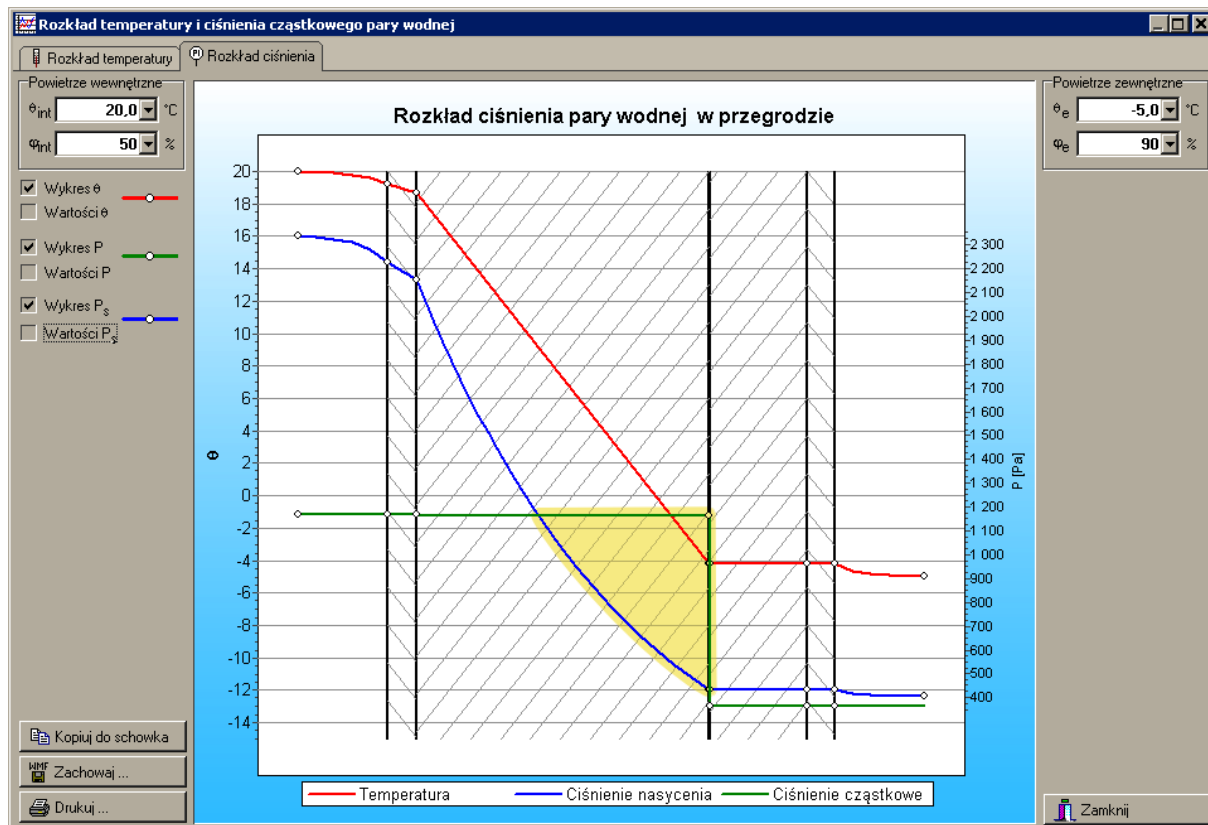
Planowane jest rozszerzenie programu o szczegółową analizę kondensacji pary wodnej wg normy PN-EN ISO 13788:2003.

Grubość G 0,230 m
 Suma oporów przejm. i przew. 3,159 m²·K/W
 Wsp. przenikania ciepła U 0,317 W/m²·K

Rys. 4. Wybór przycisku do wyświetlania rozkładu temperatury i ciśnienia cząstkowego pary wodnej



Rys. 5. Rozkład ciśnienia cząstkowego pary wodnej w przypadku prawidłowej lokalizacji izolacji paroszczelnej



Rys. 6. Rozkład ciśnienia cząstkowego pary wodnej w przypadku nieprawidłowej lokalizacji izolacji paroszczelnej

Przykład 9. Podłoga na gruncie

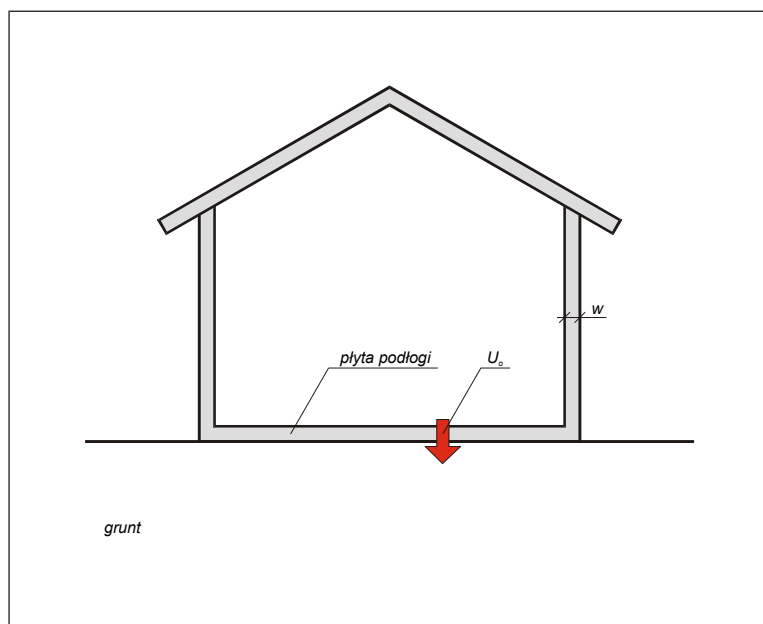
Oblicz równoważny współczynnik przenikania ciepła U dla podłogi na gruncie, przedstawionej na rysunkach 1–3 oraz w tabeli 1.

Izolacja krawędziowa: brak.

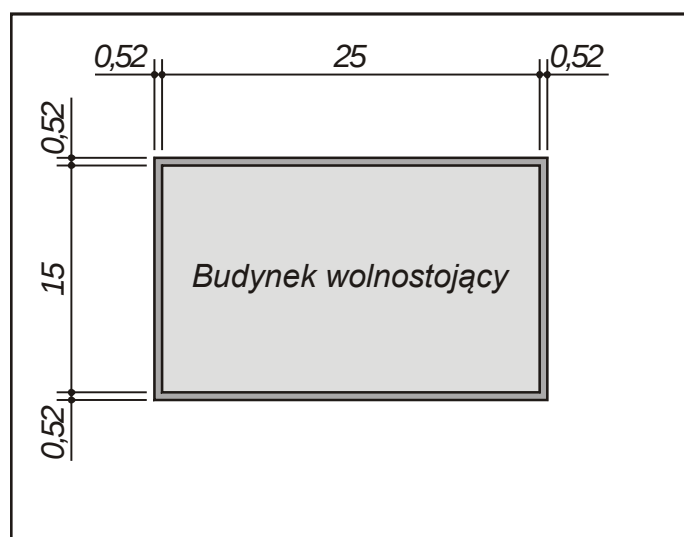
Grubość ściany przylegającej do podłogi: 52 cm.

Warunki średnio wilgotne.

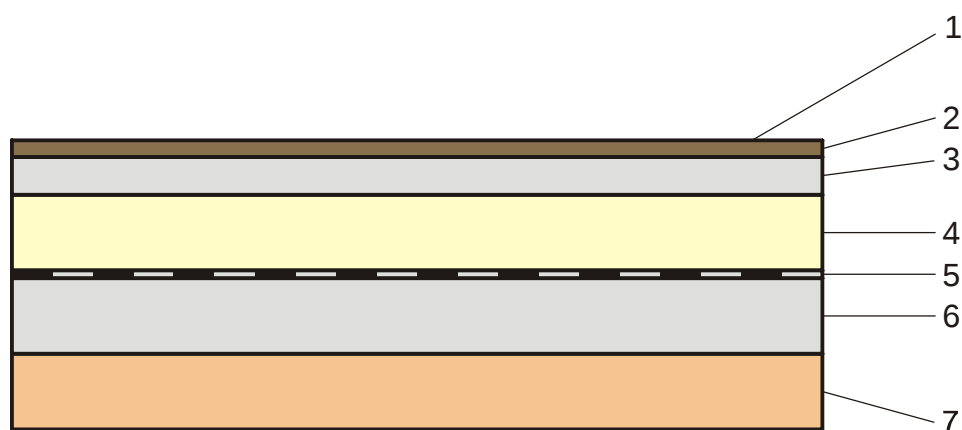
Rodzaj gruntu: piasek (współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda = 2,0 \text{ W/mK}$).



Rys. 1. Schemat podłogi na gruncie



Rys. 2. Rzut podłogi na gruncie



Rys. 3. Przekrój przez podłogę na gruncie

Tabela 1. Konstrukcja podłogi

Nr	Rodzaj warstwy	Grubość m
1	Powierzchnia wewnętrzna	
2	Drewno dębowe (przepływ ciepła w poprzek włókien)	0,022
3	Beton zwykły z kruszywa kamiennego (gęstość 1900 kg/m ³)	0,05
4	Styropian ułożony szczelnie	0,10
5	Folia polietylenowa PELD ($\lambda = 0,33 \text{ W/mK}$),	0,0003
6	Beton zwykły z kruszywa kamiennego (gęstość 1900 kg/m ³)	0,10
7	Piasek średni	0,10

Rozwiązanie

Krok 1 – Wprowadzenie wymiarów podłogi

Program PURMO OZC 4.0 określa wymiar charakterystyczny podłogi oddzielnie dla każdego pomieszczenia, w którym występuje podłoga na gruncie. W związku z tym podłoga o takiej samej konstrukcji może mieć w poszczególnych pomieszczeniach różny równoważny współczynnik przenikania ciepła (uwzględniający opór cieplny gruntu).

Natomiast na etapie wprowadzania danych o przegrodach budowlanych program określa wymiar charakterystyczny podłogi i współczynnik przenikania ciepła w oparciu o wymiary podłogi wprowadzone dla całego budynku w **Danych ogólnych**.

W związku z tym przechodzimy do **Danych ogólnych** i wprowadzamy pole powierzchni i obwód podłogi na gruncie (pola A_g i P_g). Wartości te należy określić w świetle ścian.

$$A_g = 15 \cdot 25 = 375 \text{ m}^2$$

$$P_g = 2 \cdot (15 + 25) = 80 \text{ m}$$

Krok 2 – Dodanie przegrody

Przechodzimy do okna **Przegrody**.

Dodajemy kolejną przegrodę do projektu, podobnie jak w poprzednich przykładach. Tym razem jako rodzaj przegrody wybieramy „podłogę na gruncie”.

W przypadku podłogi na gruncie obowiązkowe jest również podanie dwóch dodatkowych danych:

- symbolu ściany, która przylega do analizowanej podłogi,
- różnicy wysokości między górną krawędzią podłogi a poziomem zwierciadła wody gruntowej.

W celu wskazania ściany przyległej do podłogi, z rozwijanej listy wybieramy wcześniej zdefiniowaną ścianę zewnętrzną SZ52. Dzięki temu program automatycznie odczyta grubość tej ściany i uwzględni opór gruntu, znajdującego się pod nią.

Następnie wprowadzamy różnicę wysokości między górną krawędzią podłogi a poziomem zwierciadła wody gruntowej w polu edycyjnym Z_{gw} .

Krok 3 – Warstwy przegrody

Wprowadzamy teraz poszczególne warstwy przegrody (rys. 4).

Symbol	d	Opis materiału	λ	ρ	c_p	R	R_{cor}
	m		W/(m·K)	kg/m³	kJ/(kg·K)	m²·K/W	m²·K/W
DĄB	0,0220	Drewno dębowe w poprzek włókien.	0,220	800	2,510	0,100	0,100
BETON-1900	0,0500	Beton zwykły z kruszywa kamiennego - gęś	1,000	1900	0,840	0,050	0,050
STYROPIAN	0,1000	Styropian - inne przypadki.	0,045	30	1,460	2,222	2,222
FOLIA_PELD	0,0003	Folia polietylenowa	0,330			0,001	0,001
BETON-1900	0,1000	Beton zwykły z kruszywa kamiennego - gęś	1,000	1900	0,840	0,100	0,100
PIASEK-ŚR	0,1000	Piasek średni.	0,400	1650	0,840	0,250	0,250

Rys. 4. Wypełnione okno **Przegroda wielowarstwowa** dla podłogi na gruncie

Na podstawie wprowadzonych danych, program obliczył równoważny współczynnik przenikania ciepła.

Rozwiązanie „ręczne”

Poniżej przedstawiono szczegółowy tok obliczeń.

Obliczamy pole i obwód podłogi:

$$A = 15 \cdot 25 = 375 \text{ m}^2$$

$$P = 2 \cdot (15 + 25) = 80 \text{ m}$$

Następnie obliczamy wymiar charakterystyczny podłogi:

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P} = \frac{375}{\frac{1}{2} \cdot 80} = 9,38 \text{ m}$$

W celu wyznaczenia współczynnika przenikania ciepła, należy najpierw obliczyć grubość równoważną:

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}), \text{ m} \quad (1)$$

gdzie:

- w – grubość całkowita ścian zewnętrznych budynku, m;
- λ – współczynnik przewodzenia ciepła niezamarzniętego gruntu, W/mK;
- R_{si} – opór przejmowania ciepła na powierzchni podłogi (0,17 m²K/W);
- R_f – opór cieplny konstrukcji podłogi z uwzględnieniem izolacji pokrywającej całą powierzchnię podłogi, m²K/W;
- R_{se} – opór przejmowania ciepła po stronie zewnętrznej (0,04 m²K/W).

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}) = 0,52 + 2,0(0,17 + 2,723 + 0,04) = 6,39 \text{ m}$$

Przy czym opór cieplny konstrukcji podłogi R_f jest sumą oporów przewodzenia ciepła poszczególnych warstw.

Następnie równoważny współczynnik przenikania ciepła oblicza się, korzystając z jednej z poniższych zależności:

Jeśli $d_t < B'$

$$U_o = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1\right), \text{ W/m}^2\text{K} \quad (2)$$

Jeśli $d_t \geq B'$

$$U_o = \frac{\lambda}{0,457B' + d_t}, \text{ W/m}^2\text{K} \quad (3)$$

gdzie:

- λ – współczynnik przewodzenia ciepła niezamarzniętego gruntu, W/mK;
- B' – wymiar charakterystyczny podłogi, m;
- d_t – grubość równoważna podłogi, m.

W analizowanym przykładzie $d_t < B'$, więc korzystamy z równania (2):

$$U_o = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1\right) = \frac{2 \cdot 2,0}{\pi \cdot 9,38 + 6,39} \ln\left(\frac{\pi \cdot 9,38}{6,39} + 1\right) = 0,193 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Dodatkowe opcje

Wątpliwości projektantów i autorów programu PURMO OZC 4.0 budzi to, że straty ciepła do gruntu, obliczane zgodnie z normami PN-EN 12831 [15] oraz PN-EN ISO 13370 [9], są znacznie niższe w porównaniu z wynikami, uzyskanymi wg dotychczasowej Polskiej Normy PN-B-03406:1994 [7]. W związku z tym w programie PURMO OZC (w **Danych ogólnych**) wprowadzono następujące opcje¹:

Koryguj błąd temperatury gruntu

Przyjęty w normie PN-EN 12831 [15] uproszczony sposób określania współczynnika redukcji temperatury oraz kompletnie nieprzemyślany mnożnik 1,45 prowadzi do zakładania absurdalnie wysokich wartości temperatury gruntu w przypadku pomieszczeń o niskiej temperaturze wewnętrznej. Zaznaczenie opcji **Koryguj błąd temperatury gruntu** powoduje, że program przyjmie temperaturę gruntu nie wyższą niż średnioroczna wartość temperatury zewnętrznej.

Koryguj błąd oporu gruntu

Wątpliwości budzi również uzyskiwanie bardzo wysokich wartości oporu cieplnego dla podłogi na gruncie, charakteryzującej się dużym wymiarem B' . Nawet dla podłóg o małej izolacyjności cieplnej warstw, w przypadku dużych wartości wymiaru B' , zastępczy opór gruntu osiąga bardzo duże wartości, dochodzące nawet do $10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Włączenie opcji **Koryguj błąd oporu gruntu** pozwala na określenie maksymalnej wartości zastępczego oporu cieplnego gruntu wraz z oporami przejmowania (domyślnie $2,0 \text{ m}^2 \text{K/W}$). W omawianym przykładzie spowoduje to uzyskanie współczynnika przenikania ciepła $0,212 \text{ W/m}^2 \text{K}$.

¹ Opcje te dostępne są począwszy od wersji z dnia 11.03.2009.

Przykład 10. Podłoga w piwnicy

Oblicz równoważny współczynnik przenikania ciepła U dla podłogi o konstrukcji takiej samej jak w poprzednim przykładzie, lecz zagłębionej poniżej poziomu terenu 1,5 m (rys.1–3 oraz tabela 1).

Izolacja krawędziowa: brak.

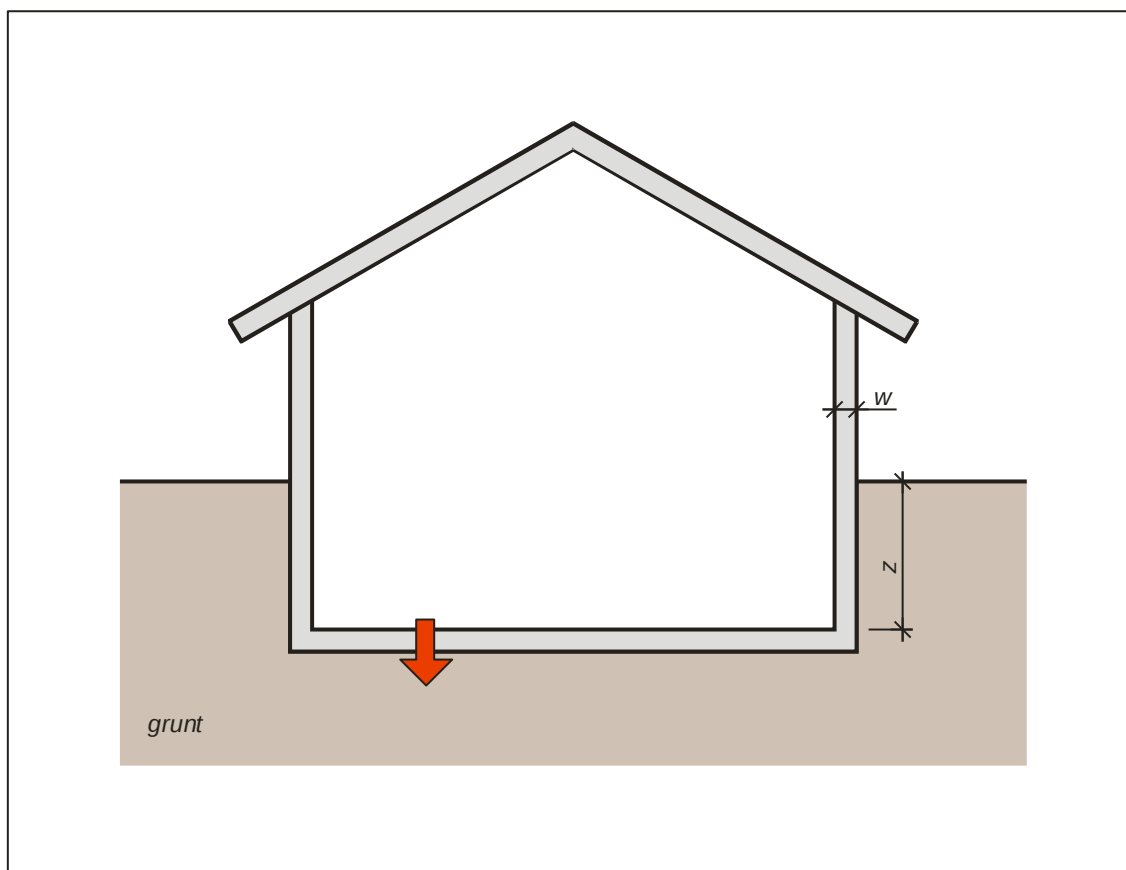
Grubość ściany przylegającej do podłogi: 52 cm.

Warunki średnio wilgotne.

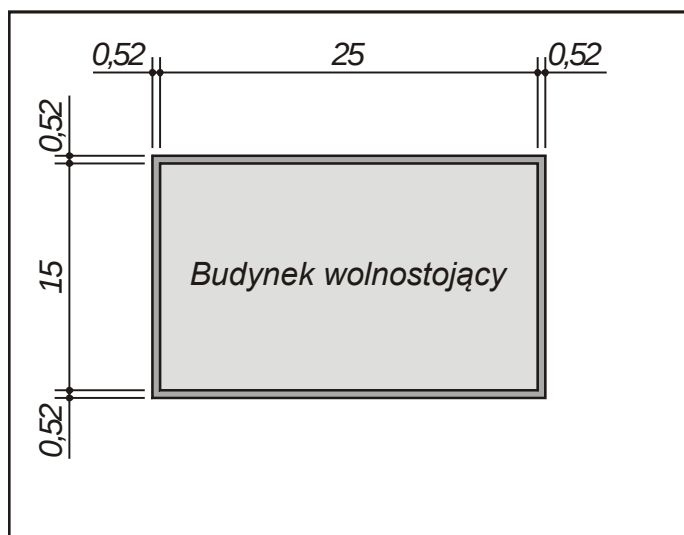
Rodzaj gruntu: piasek.

Różnica wysokości między górną krawędzią podłogi a poziomem zwierciadła wody gruntowej: 10 m.

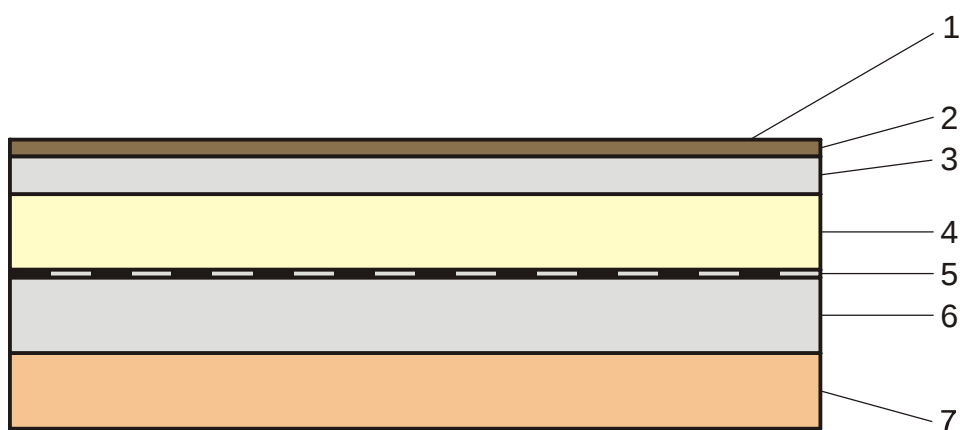
Zgodnie z normą PN-EN ISO 13370:2001 zagłębienie podłogi w piwnicy było mierzone do dolnej powierzchni podłogi, natomiast wg normy PN-EN ISO 13370:2008 zagłębienie to mierzy się tylko do górnej powierzchni (rys. 1).



Rys. 1. Zagłębienie podłogi w piwnicy mierzone zgodnie z normą PN-EN ISO 13370:2008



Rys. 2. Rzut podłogi w piwnicy



Rys. 3. Przekrój przez podłogę na gruncie

Tabela 1. Konstrukcja podłogi

Nr	Rodzaj warstwy	Grubość m
1	Powierzchnia wewnętrzna	
2	Drewno dębowe (przepływ ciepła w poprzek włókien)	0,022
3	Beton zwykły z kruszywa kamiennego (gęstość 1900 kg/m ³)	0,05
4	Styropian ułożony szczelnie	0,10
5	Folia polietylenowa PELD ($\lambda = 0,33$ W/mK),	0,0003
6	Beton zwykły z kruszywa kamiennego (gęstość 1900 kg/m ³)	0,10
7	Piasek średni	0,10

Rozwiązanie

Krok 1 – Dodanie przegrody

Przechodzimy do okna **Przegrody**.

Dodajemy kolejną przegrodę do projektu i wprowadzamy jako jej symbol „PP” (podłoga w piwnicy). Jako rodzaj przegrody wybieramy „podłogę w piwnicy”.

podłoga na gruncie – podłoga na poziomie gruntu

podłoga w piwnicy – podłoga poniżej poziomu gruntu.

Krok 2 – Tymczasowa ściana przyległa do gruntu

Program, podobnie jak norma PN-EN ISO 13370:2008, zakłada, że w przypadku ogrzewanych piwnic musi wystąpić w projekcie zarówno podłoga, jak ściana przyległa do gruntu. W praktyce przegrody te wprowadza się do programu równolegle, odpowiednio wiążąc jedną z drugą. Ten przykład dotyczy jednak na razie dla ułatwienia tylko podłogi, a na temat ściany wiemy jedynie, że ma grubość 52 cm.

W związku z tym utworzymy tymczasową ścianę przy gruncie o symbolu „SG_TYMCZAS”. Ściana ta może składać się z jednej warstwy np. „mur z cegły ceramicznej pełnej”. Ważne aby grubość tej warstwy i w konsekwencji całej ściany wynosiła 52 cm (zgodnie z danymi do przykładu). Wypełnione okno **Przegroda wielowarstwowa** dla tymczasowej ściany przyległej do gruntu pokazano na rys. 4.

Symbol: **SG_TYMCZAS** Opis: **Tymczasowa ściana przy gruncie 52,0 cm**

Producent: Rodzaj: **Ściana zewnętrzna przy gruncie** Warunki wilgotności: **Średnio wilgotne** Numer katalogowy:

Podłoga przy ścianie: **PP** Z: **1,50** m

Symbol	d	Opis materiału	λ	ρ	c_p	R	R_{cor}
	m		W/(m·K)	kg/m³	kJ/(kg·K)	m²·K/W	m²·K/W
CEGŁA-PEŁN	0,5200	Mur z cegły ceramicznej pełnej na zapraw	0,770	1800	0,880	0,675	0,675

Równoważny opór gruntu wraz z oporami przejmowania R_g : **0,791** m²·K/W

Grubość G: **0,520** m

Suma oporów przejm. i przew.: **1,466** m²·K/W

Wsp. przenikania ciepła U: **0,682** W/m²·K

☐ Przegroda z podanymi wymiarami

Rys. 4. Wypełnione okno **Przegroda wielowarstwowa** dla tymczasowej ściany przyległej do gruntu

Jako **podłogę przy ścianie** można ew. wprowadzić podłogę „PP”, którą zdefiniujemy w następnym kroku. Jednak będzie to możliwe dopiero po dodaniu takiej przegrody do projektu.

Krok 3 – Dodatkowe dane dla podłogi w piwnicy

W przypadku podłogi na gruncie obowiązkowe jest również podanie następujących dodatkowych danych:

- symbol ściany, która przylega do analizowanej podłogi,
- zagłębienie podłogi poniżej poziomu gruntu,
- różnicy wysokości między górną krawędzią podłogi a poziomem zwierciadła wody gruntowej.

W celu wskazania ściany, przyległej do wprowadzanej właśnie podłogi, wybieramy zdefiniowaną w poprzednim kroku ścianę „SG_TYMCZAS”. Program odczyta grubość tej ściany i uwzględni opór gruntu, znajdującego się pod nią, zgodnie z metodyką podaną w normie PN-EN ISO 13370 [9].

Następnie wprowadzamy zagłębienie podłogi Z oraz różnicę wysokości między górną krawędzią podłogi a poziomem zwierciadła wody gruntowej w polu edycyjnym Z_{gw} .

Krok 4 – Warstwy przegrody

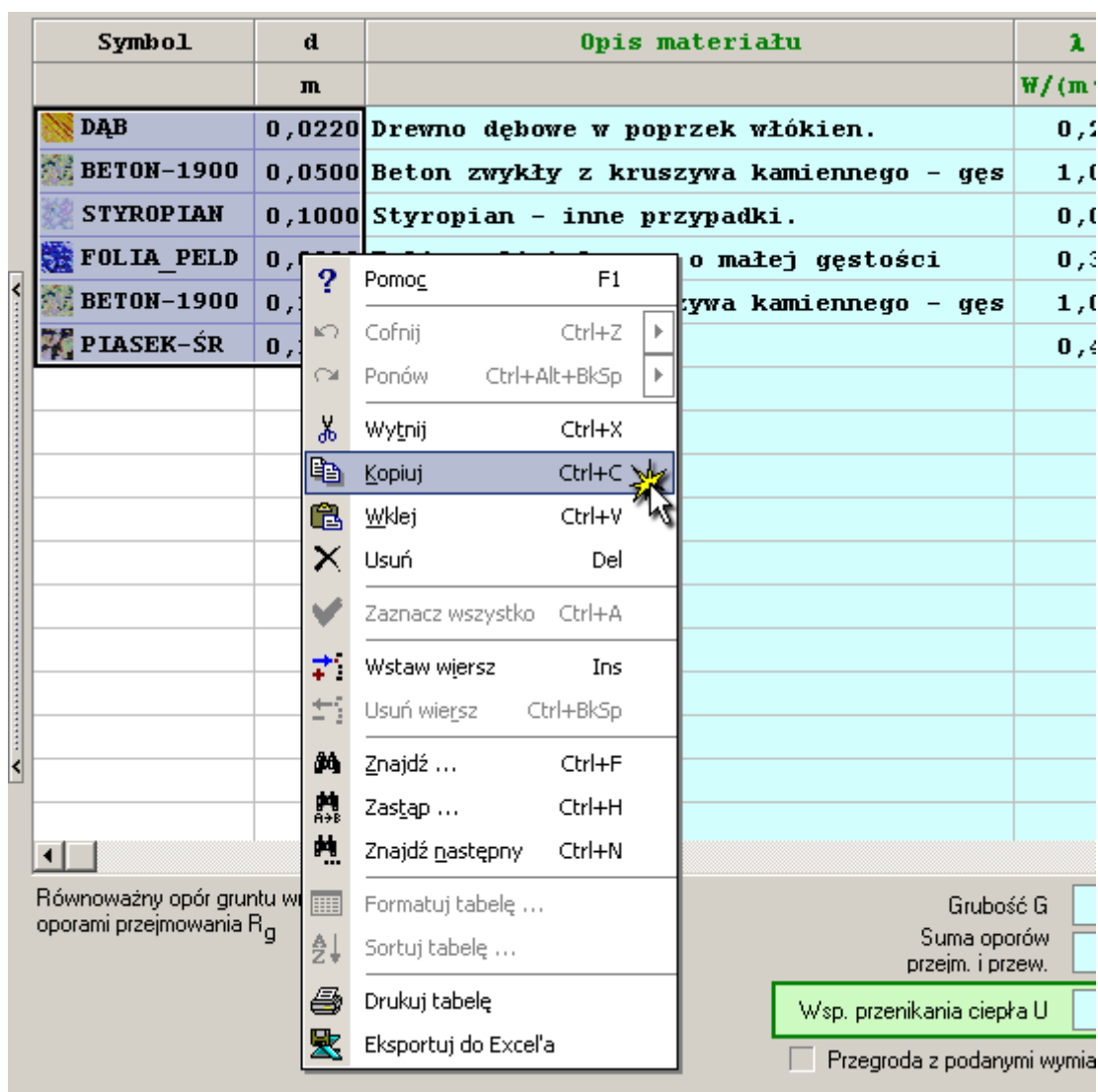
Zgodnie z danymi do przykładu, warstwy podłogi są takie same jak w poprzednim przykładzie. W związku z tym możemy je skopiować ze zdefiniowanej wcześniej podłogi na gruncie.

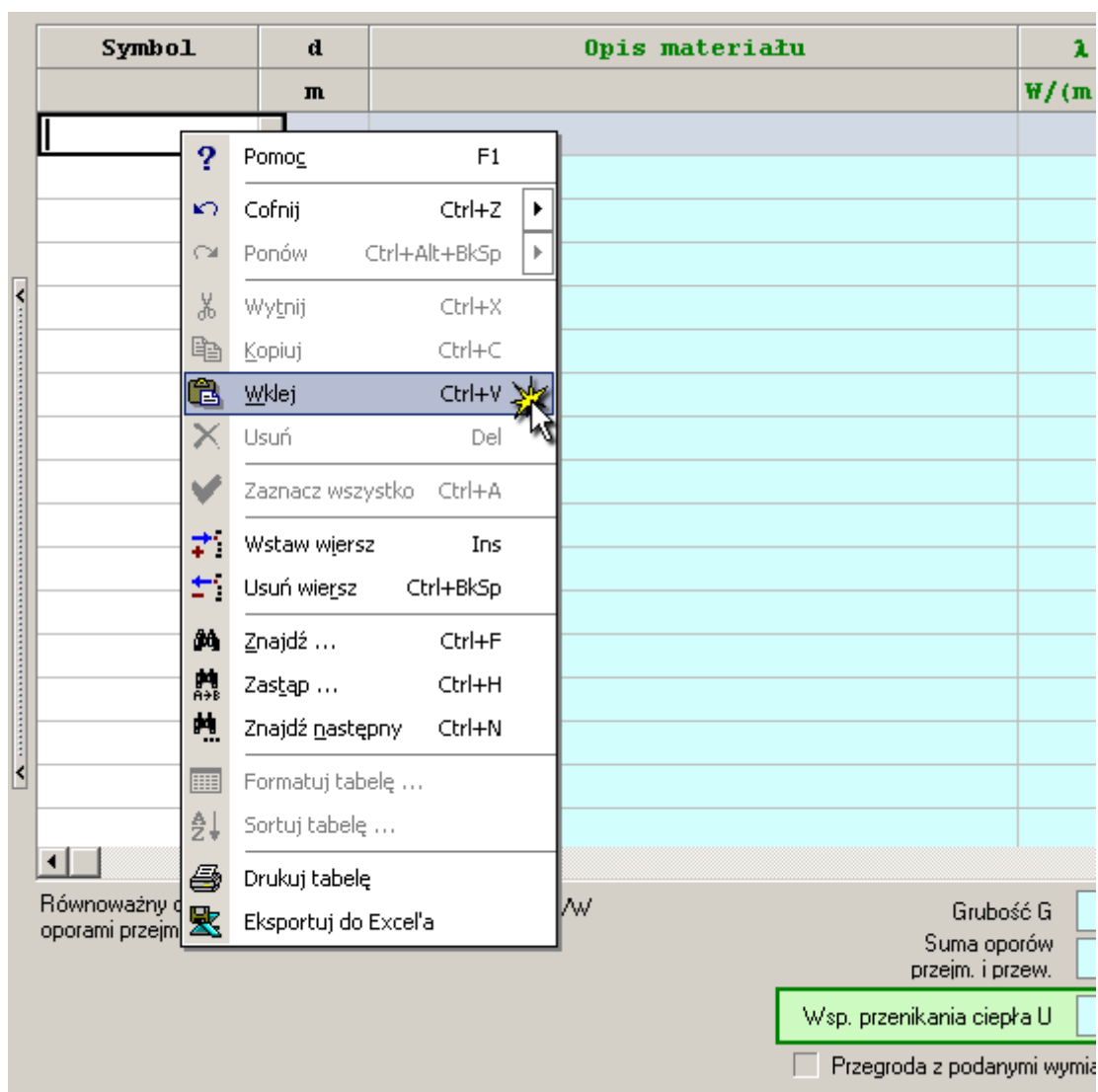
W tym celu wybieramy na liście przegród podłogę na gruncie i zaznaczamy w tabeli warstwy do skopiowania. Ponieważ większość kolumn w tej tabeli wypełniana jest automatycznie wystarczy zaznaczyć jedynie kolumny **Symbol** i **d** oraz ew. **Uwagi**. Następnie kopiujemy zaznaczony obszar do schowka (prawy klawisz myszy + polecenie **Kopiuj** lub skróty klawiaturowe Ctrl+C albo Ctrl+Ins) – rys. 5.

Następnie przechodzimy do wprowadzanej właśnie podłogi w piwnicy. Klikamy w lewą górną komórkę tabeli z warstwami i wklejamy warstwy ze schowka (prawy klawisz myszy + polecenie **Wklej** lub skróty klawiaturowe Ctrl+V albo Shift+Ins) – rys. 6.

Po wprowadzenie wszystkich danych możemy odczytać obliczoną przez program wartość równoważnego współczynnika przenikania ciepła $0,179 \text{ W/m}^2\text{K}$ (rys. 7)

Po włączeniu opcji korygowania oporu cieplnego gruntu (z $R_{g,max}$ równym $2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$), program przyjmie wartość równoważnego współczynnika przenikania ciepła $0,212 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Rys. 5. Zaznaczenie obszaru do skopiowania i wydanie komendy **Kopiuj** z podręcznego menu

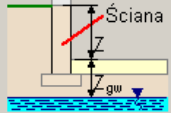


Rys. 6. Przejście do miejsca wklejania (lewa górna komórka tabeli) i wydanie komendy **Wklej** z podręcznego menu

Symbol: PP Opis: Podłoga w piwnicy 37,2 cm

Producent: Rodzaj: Podłoga w piwnicy Warunki wilgotności: Średnio wilgotne Numer katalogowy:

Ściana przy podłodze: SG_TYMCZAS Z: 1,50 m Z_{gw}: 10,00 m



Symbol	d	Opis materiału	λ	ρ	c _p	R	R _{cor}
	m		W/(m·K)	kg/m³	kJ/(kg·K)	m²·K/W	m²·K/W
DĄB	0,0220	Drewno dębowe w poprzek włókien.	0,220	800	2,510	0,100	0,100
BETON-1900	0,0500	Beton zwykły z kruszywa kamiennego - gęś	1,000	1900	0,840	0,050	0,050
STYROPIAN	0,1000	Styropian - inne przypadki.	0,045	30	1,460	2,222	2,222
FOLIA_PELD	0,0003	Folia polietylenowa o małej gęstości	0,330			0,001	0,001
BETON-1900	0,1000	Beton zwykły z kruszywa kamiennego - gęś	1,000	1900	0,840	0,100	0,100
PIASEK-ŚR	0,1000	Piasek średni.	0,400	1650	0,840	0,250	0,250

Równoważny opór gruntu wraz z oporami przejmowania R_g: 2,873 m²·K/W

Grubość G: 0,372 m

Suma oporów przejm. i przew.: 5,596 m²·K/W

Wsp. przenikania ciepła U: 0,179 W/m²·K

☐ Przegroda z podanymi wymiarami

Rys. 7. Wypełnione okno Przegroda wielowarstwowa dla podłogi w piwnicy

Rozwiązanie „ręczne”

Poniżej przedstawiono szczegółowy tok obliczeń. Obliczamy pole i obwód podłogi:

$$A = 15 \cdot 25 = 375 \text{ m}^2$$

$$P = 2 \cdot (15 + 25) = 80 \text{ m}$$

Następnie obliczamy wymiar charakterystyczny podłogi:

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P} = \frac{375}{\frac{1}{2} \cdot 80} = 9,38 \text{ m}$$

W celu wyznaczenia współczynnika przenikania ciepła, należy najpierw obliczyć grubość równoważną podłogi:

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}), \text{ m} \quad (1)$$

gdzie:

- w – grubość całkowita ścian zewnętrznych budynku, m;
- λ – współczynnik przewodzenia ciepła niezamarzniętego gruntu, W/mK;
- R_{si} – opór przejmowania ciepła na powierzchni podłogi (0,17 m²K/W);
- R_f – opór cieplny konstrukcji podłogi z uwzględnieniem izolacji pokrywającej całą powierzchnię podłogi, m²K/W;
- R_{se} – opór przejmowania ciepła po stronie zewnętrznej (0,04 m²K/W).

Wartość obliczeniowa współczynnika przewodzenia ciepła piasku, zgodnie z normą PN-EN ISO 13370, wynosi 2,0 W/mK.

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}) = 0,52 + 2,0(0,17 + 2,723 + 0,04) = 6,386 \text{ m}$$

Przy czym opór cieplny konstrukcji podłogi R_f jest sumą oporów przewodzenia ciepła poszczególnych warstw.

Opór cieplny płyty z betonu zwykłego i cienkich wykładzin podłogowych może zostać pominięty, ponieważ jest stosunkowo mały. Poza tym w obliczeniach można również nie uwzględniać chudego betonu pod płytą podłogi, ponieważ zakłada się, że jego przewodność cieplna jest w przybliżeniu równa przewodności cieplnej gruntu.

Wartość współczynnika przenikania ciepła podłogi podziemia oblicza się korzystając z jednej z dwóch zależności:

Jeśli $(d_t + \frac{1}{2}z) < B'$ (podłogi podziemia nieizolowane lub umiarkowanie izolowane):

$$U_{bf} = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t + \frac{1}{2}z} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t + \frac{1}{2}z} + 1\right), \text{ W/m}^2\text{K} \quad (2)$$

Jeśli $(d_t + \frac{1}{2}z) \geq B'$ (podłogi podziemia dobrze izolowane):

$$U_{bf} = \frac{\lambda}{0,457B' + d_t + \frac{1}{2}z}, \text{ W/m}^2\text{K} \quad (3)$$

gdzie:

- λ – współczynnik przewodzenia ciepła niezamarzniętego gruntu, W/mK;
- B' – wymiar charakterystyczny podłogi, m;
- d_t – grubość równoważna podłogi, m;
- z – głębokość podłogi w stosunku do poziomu gruntu, m.

Dla zerowej głębokości podłogi w stosunku do poziomu gruntu, równania powyższe upraszczają się do równań dla podłogi na poziomie gruntu.

W analizowanym przykładzie $(d_t + \frac{1}{2}z) = 6,386 + \frac{1}{2} \cdot 1,5 = 7,136 \text{ m}$, a $B' = 9,38 \text{ m}$.

W związku z tym $(d_t + \frac{1}{2}z) < B'$, więc korzystamy z równania (2):

$$\begin{aligned} U_{bf} &= \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t + \frac{1}{2}z} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t + \frac{1}{2}z} + 1\right) = \\ &= \frac{2\lambda}{\pi \cdot 9,38 + 6,386 + \frac{1}{2} \cdot 1,5} \ln\left(\frac{\pi \cdot 9,38}{6,386 + \frac{1}{2} \cdot 1,5} + 1\right) = 0,179 \text{ W/m}^2\text{K} \end{aligned}$$

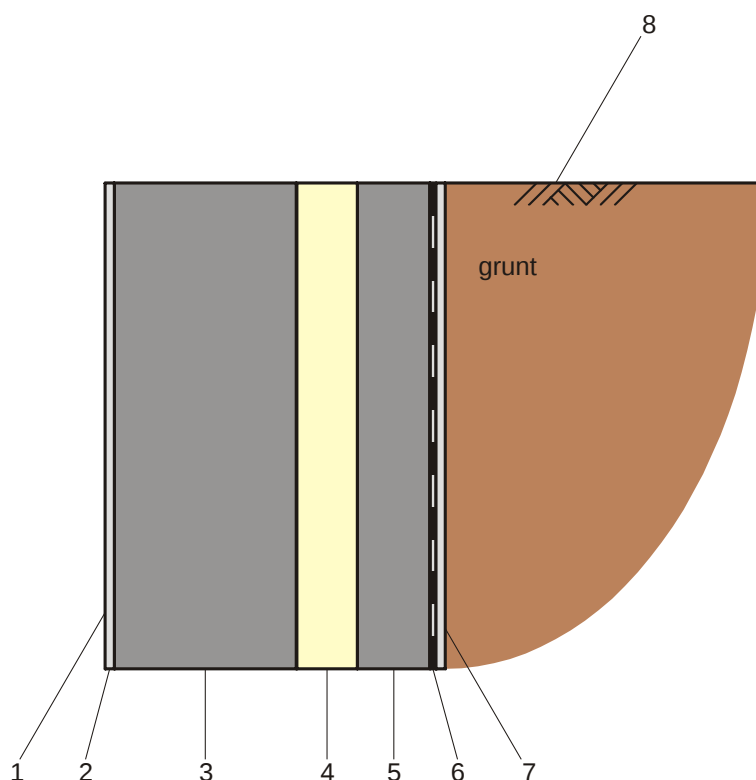
Przykład 11. Ściana przyległa do gruntu

Oblicz równoważny współczynnik przenikania ciepła U dla ściany przyległej do gruntu, przedstawionej na rysunku 1 oraz w tabeli 1.

Wysokość (zagłębienie) ściany: 1,5 m.

Warunki średnio wilgotne.

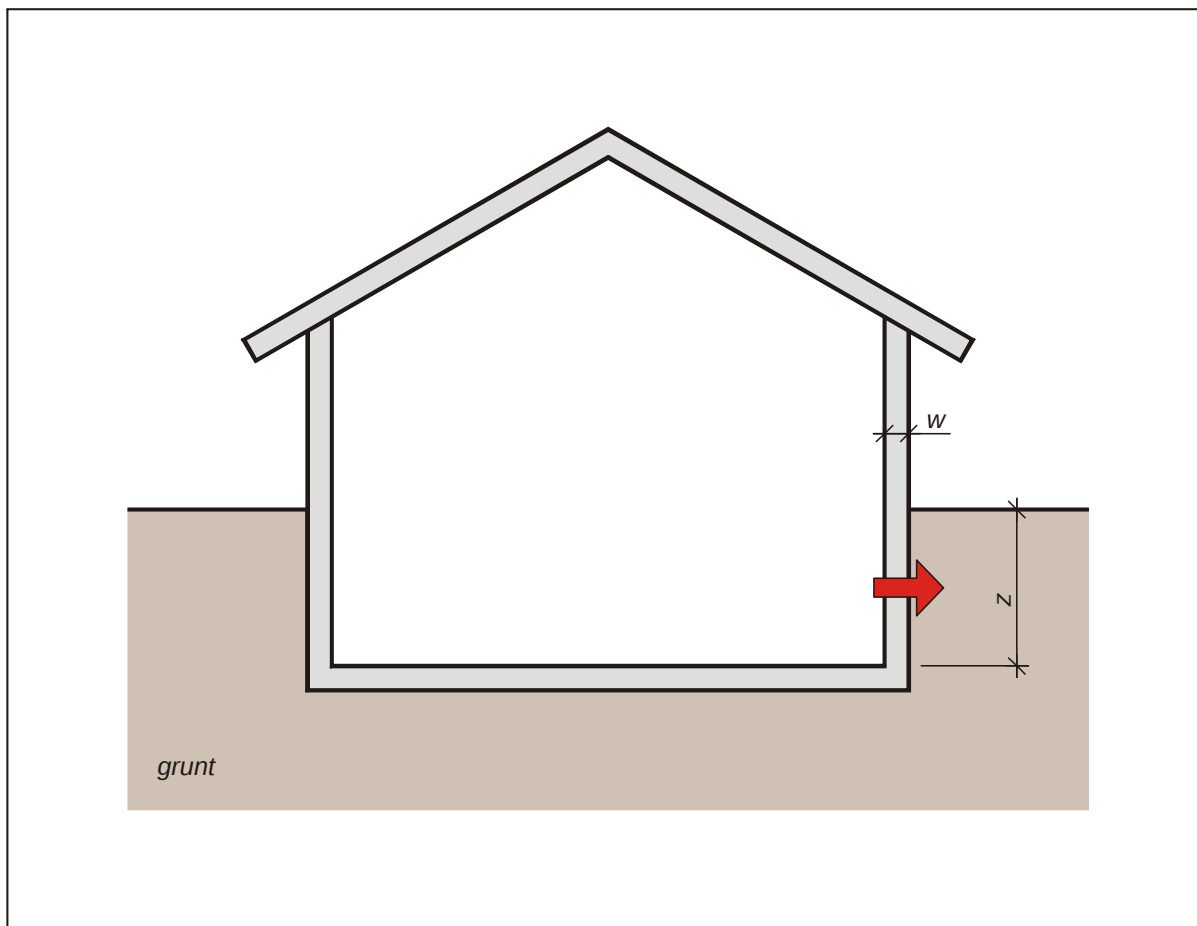
Rodzaj gruntu: piasek.



Rys. 1. Ściana przyległa do gruntu

Tabela 1. Konstrukcja ściany

Nr	Rodzaj warstwy	Grubość m
1	Powierzchnia wewnętrzna	
2	Tynk cementowo wapienny	0,015
3	Beton zwykły z kruszywa kamiennego – gęstość 2200 kg/m ³	0,25
4	Styropian ułożony szczelnie	0,12
5	Beton zwykły z kruszywa kamiennego – gęstość 2200 kg/m ³	0,12
6	Folia polietylenowa PEŁD ($\lambda = 0,33$ W/mK)	0,0003
7	Tynk cementowy	0,015
8	Powierzchnia zewnętrzna	



Rys. 2. Zagłębienie podłogi w piwnicy mierzone zgodnie z normą PN-EN ISO 13370:2008

Zgodnie z normą PN-EN ISO 13370:2001 wysokość ściany przyległej do gruntu była mierzona łącznie z grubością podłogi w piwnicy, natomiast wg normy PN-EN ISO 13370:2008 wysokość ściany mierzy się tylko do górnej powierzchni podłogi (rys. 2).

Rozwiązanie

Krok 1 – Dodanie przegrody

Przejdźmy do okna **Przegrody**.

Dodajemy kolejną przegrodę do projektu i wprowadzamy jako jej symbol „SG” (ściana przy gruncie). Jako rodzaj przegrody wybieramy „Ściana zewnętrzna przy gruncie”.

Teraz można przy okazji „podmienić” w danych nt. podłogi, zdefiniowanej w poprzednim przykładzie, ścianę tymczasową „SG_TYMCZAS” na docelową (właśnie „SG”).

Krok 2 – Dodatkowe dane dla ściany przy gruncie

W przypadku ściany przy gruncie obowiązkowe jest również podanie następujących dodatkowych danych:

- symbol podłogi, która przylega do analizowanej ściany,
- wysokość (zagłębienie) ściany przyległej do gruntu.

W celu wskazania podłogi, przyległej do wprowadzanej właśnie ściany, wybieramy zdefiniowaną w poprzednim przykładzie podłogę „PP”.

Następnie wprowadzamy wysokość (zagłębienie) ściany Z.

Krok 3 – Warstwy przegrody

Wprowadzamy teraz poszczególne warstwy ściany podobnie jak w poprzednich przykładach.

Następnie możemy odczytać obliczoną przez program wartość równoważnego współczynnika przenikania ciepła $0,232 \text{ W/m}^2\text{K}$ (rys. 3)

Symbol	d m	Opis materiału	λ W/(m·K)	ρ kg/m³	c_p kJ/(kg·K)	R m²·K/W	R_{cor} m²·K/W
TYNK-CW	0,0150	Tynk lub gładź cementowo-wapienna.	0,820	1850	0,840	0,018	0,018
BETON-2200	0,2500	Beton zwykły z kruszywa kamiennego – gęś	1,300	2200	0,840	0,192	0,192
STYROPIANS	0,1200	Styropian ułożony szczelnie.	0,040	30	1,460	3,000	3,000
BETON-2200	0,1200	Beton zwykły z kruszywa kamiennego – gęś	1,300	2200	0,840	0,092	0,092
FOLIA_PELD	0,0003	Folia polietylenowa o małej gęstości	0,330			0,001	0,001
TYNK-CEM	0,0150	Tynk lub gładź cementowa.	1,000	2000	0,840	0,015	0,015

Równoważny opór gruntu wraz z oporami przejmowania R_g : **0,988 m²·K/W**

Grubość G: **0,520 m**

Suma oporów przejm. i przew.: **4,306 m²·K/W**

Wsp. przenikania ciepła U: **0,232 W/m²·K**

☐ Przegroda z podanymi wymiarami

Rys. 3. Wypełnione okno Przegroda wielowarstwowa dla ściany przy gruncie (w piwnicy)

Rozwiązanie „ręczne”

W celu wyznaczenia współczynnika przenikania ciepła, należy najpierw obliczyć grubość równoważną ściany w następujący sposób:

$$d_w = \lambda(R_{si} + R_w + R_{se}), \text{ m} \quad (1)$$

gdzie:

- λ – współczynnik przewodzenia ciepła niezamarzniętego gruntu, W/mK;
- R_{si} – opór przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni ściany (0,13 m²K/W);
- R_w – sumaryczny opór cieplny wszystkich warstw ścian podziemia, m²K/W;
- R_{se} – opór przejmowania ciepła na powierzchni gruntu (0,04 m²K/W).

Wartość obliczeniowa współczynnika przewodzenia ciepła piasku, zgodnie z normą PN-EN ISO 13370:2008, wynosi 2,0 W/mK.

$$d_w = \lambda(R_{si} + R_w + R_{se}) = 2,0 \cdot (0,13 + 3,319 + 0,04) = 6,978 \text{ m}$$

Wartość współczynnika przenikania ciepła ścian podziemia oblicza się korzystając z następującego równania:

$$U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi z} \left(1 + \frac{0,5d_t}{d_t + z} \right) \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right), \text{ W/m}^2\text{K} \quad (2)$$

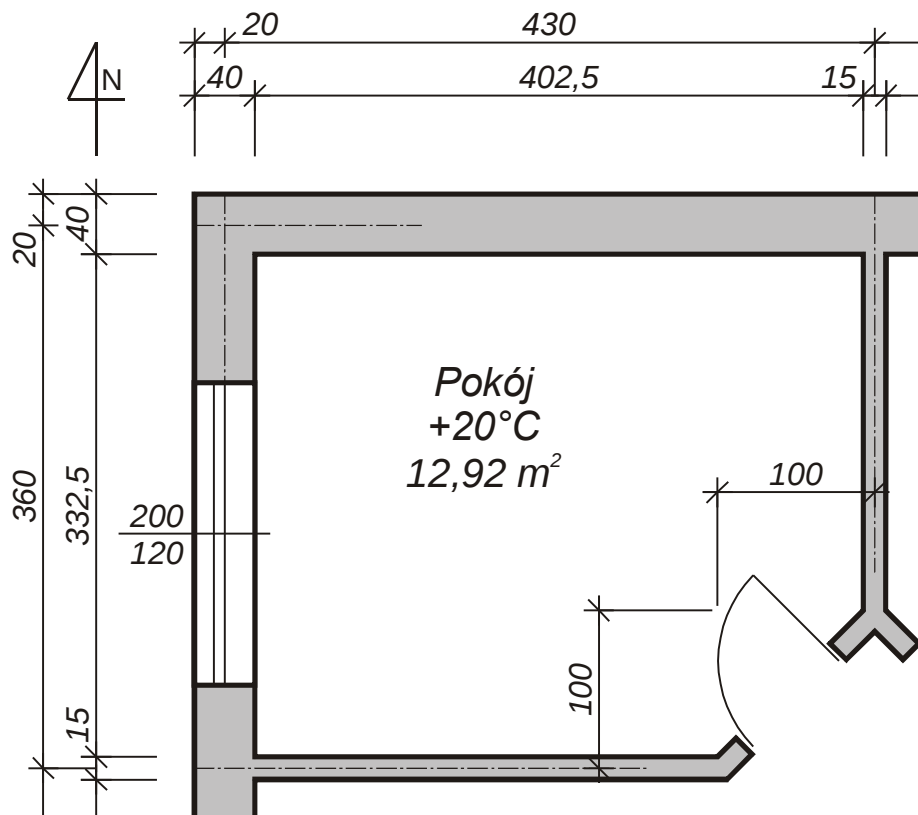
Powyższe równanie jest słuszne dla $d_w \geq d_t$. Warunek ten najczęściej jest spełniony. Jeśli jednak $d_w < d_t$, to w równaniu (2) w miejsce d_t należy podstawić d_w :

$$U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi z} \left(1 + \frac{0,5d_w}{d_w + z} \right) \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right), \text{ W/m}^2\text{K} \quad (3)$$

W analizowanych przykładach $d_w \geq d_t$, więc korzystamy z równania (2):

$$\begin{aligned} U_{bw} &= \frac{2\lambda}{\pi z} \left(1 + \frac{0,5d_t}{d_t + z} \right) \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right) = \frac{2 \cdot 2,0}{\pi \cdot 1,5} \left(1 + \frac{0,5 \cdot 6,386}{6,386 + z} \right) \ln \left(\frac{1,5}{6,978} + 1 \right) = \\ &= 0,232 \text{ W/m}^2\text{K} \end{aligned}$$

Przykład 12. Obciążenie cieplne pomieszczenia



Rys. 1. Rzut pomieszczenia

Oblicz obciążenie cieplne pomieszczenia przedstawionego na rysunku 1.

Dane do obliczeń:

- współczynnik przenikania ciepła ścian zewnętrznych $U_{sz} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- współczynnik przenikania ciepła stropu (przepływ ciepła do góry) $U_{sg} = 1,866 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- współczynnik przenikania ciepła stropu (przepływ ciepła do dołu) $U_{sd} = 1,479 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- współczynnik przenikania ciepła okna $U_{ok} = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- wysokość kondygnacji (pomiędzy powierzchniami podłóg) 3,2 m;
- grubość stropów: 0,3 m;
- rzędna podłogi: 2 m nad poziomem terenu,
- rzędna wody gruntowej -10 m w stosunku do poziomu terenu,

- sąsiednie pomieszczenia na tej samej kondygnacji charakteryzują się taką samą projektową temperaturą wewnętrzną i należą do tego samego mieszkania;
- poniżej i powyżej analizowanego pomieszczenia znajdują się również pokoje mieszkalne, przy czym należą one do innych mieszkań;
- klasa osłonięcia budynku: średnie osłonięcie;
- osłabienie ogrzewania: brak;
- typ budynku: budynek mieszkalny wielorodzinny,
- typ konstrukcji: bardzo ciężka,
- izolacja po stronie zewnętrznej, okno w pobliżu osi ściany,
- lokalizacja: Radom.

Rozwiązanie

Krok 1 – Podstawowe dane

Wprowadzanie danych zaczynamy od podstawowych danych, dotyczących całego budynku. W tym celu klikamy przycisk **Ogólne**, a następnie wybieramy zakładkę **Podstawowe dane** (rys. 2).

Rys. 2. Zakładka Podstawowe Dane

Teraz możemy wpisać nazwę projektu, miejscowość, dokładny adres i nazwisko projektanta. Pola do wprowadzania tych danych oznaczone są zielonym tłem. Jest to informacja, że wypełnienie tych pól nie jest obowiązkowe. Jednak warto je wypełnić, ponieważ informacje te znajdują się na wydrukach z wynikami obliczeń.

Następnie bardzo ważną czynnością jest wybranie normy, wg której program przeprowadzi obliczenia obciążenia cieplnego (zapotrzebowania na moc cieplną). Od wersji 4.0 PURMO OZC wykonuje obliczenia wg normy europejskiej PN-EN 12831:2006 [15] lub dotychczasowej normy polskiej PN-B-03406:1994 [7] (rys. 3).



Rys. 3. Wybór normy, wg której program przeprowadzi obliczenia obciążenia cieplnego

Poza tym w danych ogólnych musimy podać jeszcze kilka innych informacji (rys. 2):

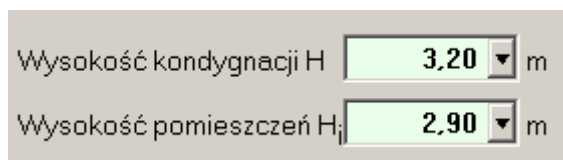
- strefę klimatyczną, w której znajduje się budynek,
- typ budynku,
- stopień szczelności;
- klasę osłonięcia budynku;
- rzędną terenu (np. 0 lub na podstawie przekroju przez budynek);
- rzędną wody gruntowej (np. –10 m).

Spośród pól nieobowiązkowych warto wypełnić: wysokość kondygnacji i wysokość pomieszczeń (rys. 4).

Wysokość kondygnacji wg normy PN-EN 12831:2006 podajemy licząc od powierzchni podłogi na jednej kondygnacji do powierzchni podłogi na kondygnacji sąsiedniej. W większości przypadków będzie to ta sama lub zbliżona wartość, jak licząc pomiędzy osiami stropów (wg PN-B-03406:1994).

Natomiast wysokość pomieszczeń należy podać w świetle. Dana ta będzie wykorzystywana do obliczania wentylacyjnej straty ciepła (zapotrzebowania na moc cieplną do wentylacji).

Powyższe dane mają charakter „domyślny”, tzn. program będzie je wykorzystywał domyślnie, chyba że w konkretnym przypadku podamy inaczej (np. parter lub piwnica mogą mieć inną wysokość).



Rys. 4. Wprowadzenie domyślnych wysokości kondygnacji i pomieszczeń

Możemy również wprowadzić rzędną podłogi. Wówczas nie będziemy musieli wpisywać jej w opisie pomieszczenia.

Krok 2 – Sezonowe zużycie energii

W tym przykładzie mamy za zadanie jedynie obliczenie obciążenia cieplnego pomieszczenia. W związku z tym wyłączamy pole **Obliczaj sezonowe zapotrzebowanie na energię cieplną E**, znajdujące się w zakładce **Sezonowe zużycie energii**.

Krok 3 – Sposób określania strat ciepła do sąsiednich lokali

Kolejnym krokiem jest wybór parametrów obliczeń, czyli dokładnego sposobu, w jaki program będzie wykonywał obliczenia. W tym miejscu należy zwrócić uwagę zwłaszcza na straty ciepła do sąsiednich grup (lokalii) oraz mostki cieplne.

Wg normy PN-EN 12831:2006 (tak samo jak wg normy oryginalnej w języku angielskim EN 12831:2003) w obliczeniach przenikania ciepła, jako temperaturę w sąsiednim pomieszczeniu, jeśli należy ono do innego lokalu, należy przyjmować średnią arytmetyczną z „naszej” temperatury wewnętrznej i średniorocznej temperatury zewnętrznej:

$$\theta_u = \frac{\theta_{int,i} + \theta_{m,e}}{2} \quad (1)$$

gdzie:

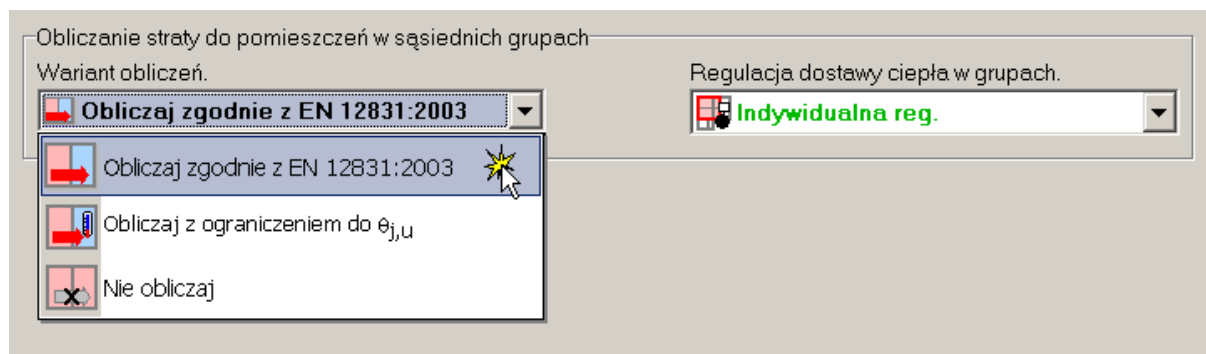
- θ_u – orientacyjna temperatura w sąsiednim lokalu w przypadku osłabienia ogrzewania, °C;
- $\theta_{int,i}$ – projektowa temperatura wewnętrzna przestrzeni ogrzewanej (i), °C;
- $\theta_{m,e}$ – roczna średnia temperatura zewnętrzna, °C.

Metoda ta wydaje się zbyt „ostrożna” [3] i dlatego w programie PURMO OZC 4.0 przewidziano dwa dodatkowe warianty określania temperatury w sąsiednim lokalu (rys. 5):

- obliczanie wg normy (średniej arytmetycznej), ale z ograniczeniem (nie mniej niż podana wartość),
- nie uwzględnianie ryzyka obniżenia temperatury (tzn. przyjmuje się temperaturę projektową na podstawie funkcji danego pomieszczenia, tak jak w normie PN-B-03406:1994).

„Straty ciepła do sąsiada” uwzględnia się w obliczeniach obciążenia cieplnego poszczególnych pomieszczeń w celu doboru grzejników, natomiast nie uwzględnia się ich przy określaniu obciążenia cieplnego całego budynku w celu doboru źródła ciepła.

W niniejszym przykładzie wybierzemy wariant obliczeń zgodnie z normą EN 12831 (rys. 5).



Rys. 5. Wybór sposobu określania strat ciepła do sąsiednich lokali

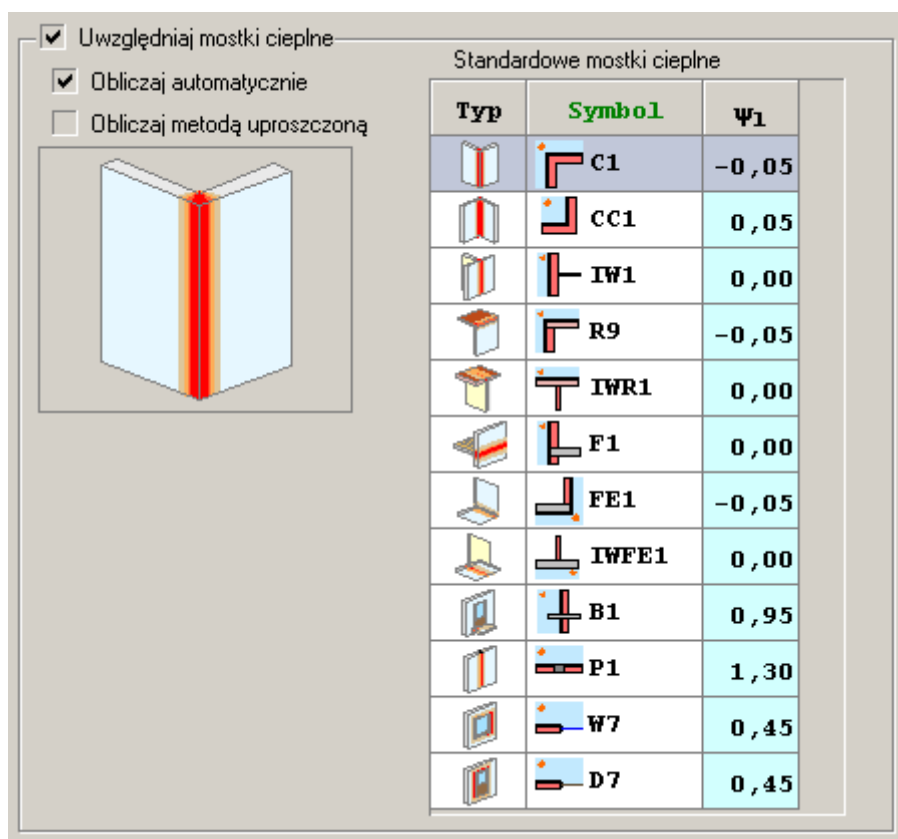
Krok 4 – Wybór metody uwzględniania mostków cieplnych

Zgodnie z normą PN-EN 12831:2006, w obliczeniach obciążenia cieplnego należy uwzględniać liniowe mostki cieplne. W związku z tym w **Parametrach obliczeń** powinna być zaznaczona opcja **Uwzględniaj mostki cieplne** (rys. 6). Warto również włączyć opcję **Obliczaj automatycznie**, ponieważ może to nam zaoszczędzić sporo czasu. Następnie w zależności od decyzji projektanta można włączyć lub wyłączyć opcję **Obliczaj metodą uproszczoną**.

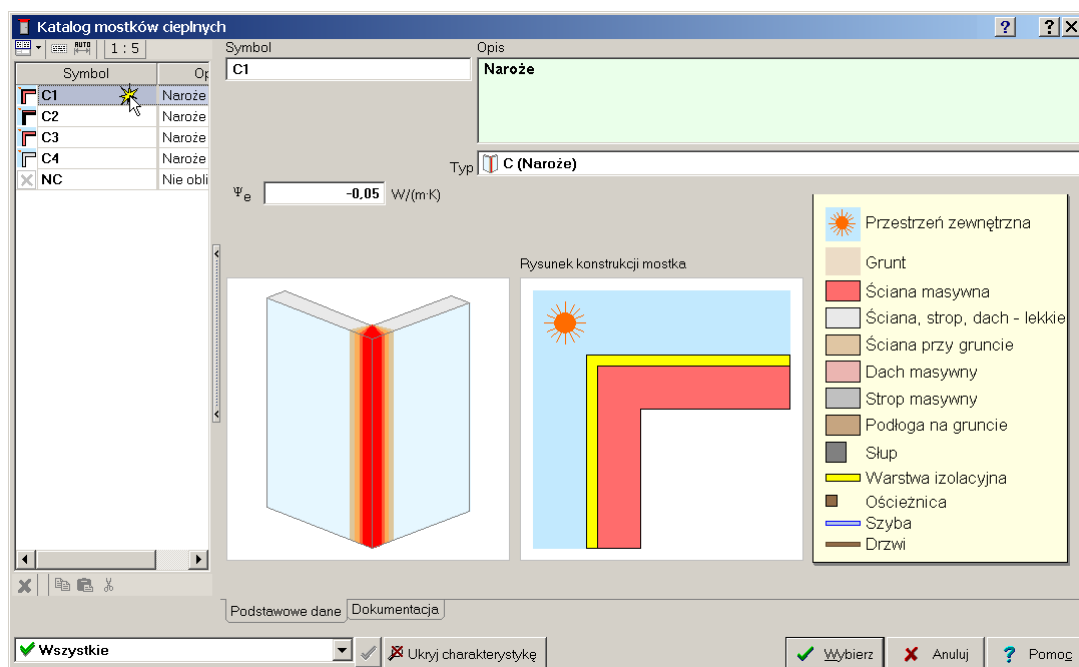
Omawiany przykład przeliczymy w pierwszej kolejności uwzględniając współczynniki przenikania ciepła mostków cieplnych. W związku z tym wyłączamy opcję **Obliczaj metodą uproszczoną** (rys. 6). Wtedy program wyświetli obok tabelę pozwalającą na podanie domyślnych mostków cieplnych dla określonych sytuacji (np. naroże ścian zewnętrznych). Wybór typu mostka cieplnego odbywa się z **Katalogu mostków cieplnych** w oparciu o rozwiązania konstrukcyjne budynku (rys. 7).

W naszym przykładzie dla naroża wybierzemy mostek typu C1, oznaczający izolację po stronie zewnętrznej (rys 7). Taki mostek charakteryzuje się liniowym współczynnikiem przenikania ciepła $-0,05 \text{ W/mK}$. Ujemna wartość oznacza, że w tym przypadku straty ciepła przez przenikanie, określone w oparciu o wymiary zewnętrzne są zawyżone. W takiej sytuacji uwzględnienie mostka cieplnego *de facto* pełni funkcję korekty zawyżonych strat ciepła.

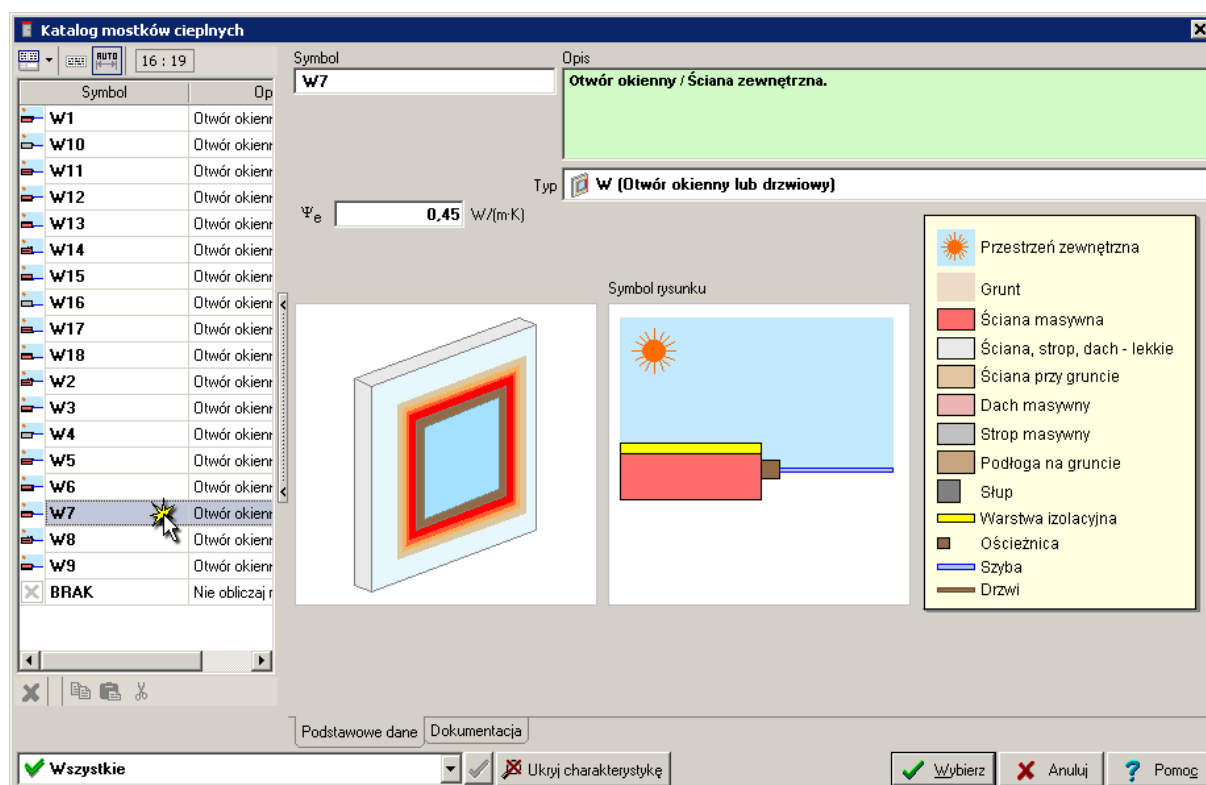
W naszym przykładzie oprócz naroża, mostek cieplny wystąpi jeszcze na obwodzie otworu okiennego. W związku z tym należy również wybrać typ mostka cieplnego dla takiej sytuacji. W przykładzie wybierzemy mostek typu W7 (rys. 8).



Rys. 6. Wybór sposobu uwzględniania w obliczeniach mostków cieplnych



Rys. 7. Wybór typu mostka cieplnego dla naroża



Rys. 8. Wybór typu mostka cieplnego dla okna

Krok 5 – Współczynniki przenikania ciepła

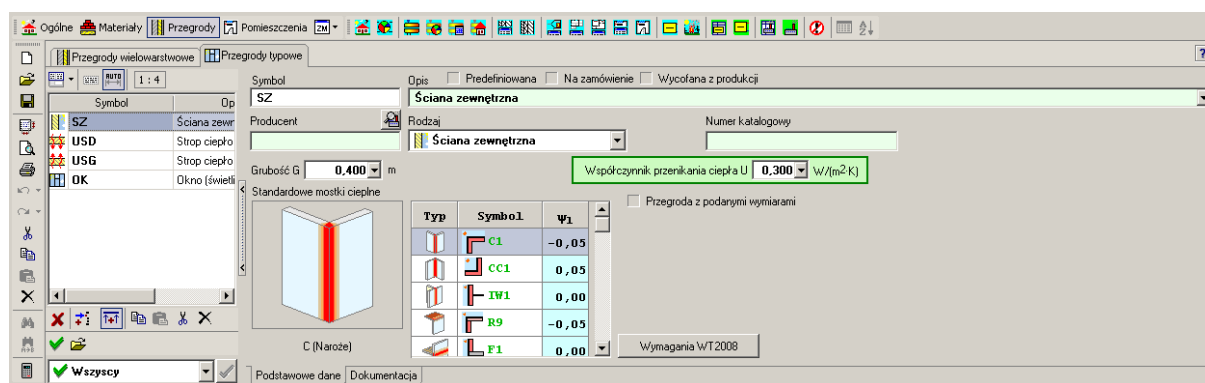
Współczynniki przenikania ciepła określa się w oknie **Przegrody**. Jeśli znamy współczynniki (tak jak w naszym przykładzie), to możemy wprowadzić je w zakładce **Przegrody typowe**, nie wnikając w strukturę przegród (rys. 9).

Podczas definiowania przegród należy nadać im zrozumiałe symbole. W naszym przykładzie przyjmijmy następujące oznaczenia:

- SZ – ściana zewnętrzna,
- STG – strop (przepływ ciepła do góry),
- STD – strop (przepływ ciepła do dołu),
- OK – okno.

Ponieważ program automatycznie przelicza wymiary w osiach na wymiary zewnętrzne, wymagane jest podanie grubości przegrody dla „przegród typowych”. Natomiast w przypadku „przegród wielowarstwowych”, program sam oblicza grubość przegrody, jako sumę grubości poszczególnych warstw.

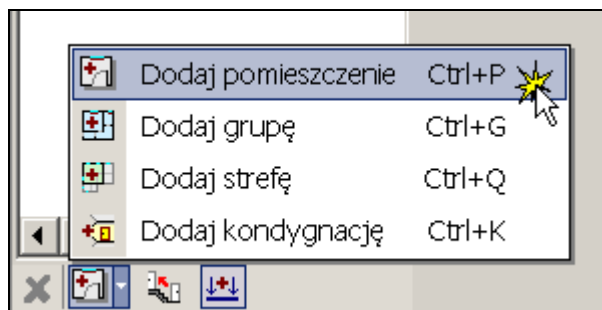
Wprowadzając dane o poszczególnych przegrodach można zmodyfikować domyślne typy mostków cieplnych, określone dla całego budynku. Jednak w większości przypadków nie jest to konieczne. Jeżeli nie wskażemy rozwiązań konstrukcyjnych dla danej przegrody, to program przyjmie typy mostków, wprowadzone w **Danych ogólnych**. Typy te będą wtedy wyświetlone kolorem zielonym (rys. 9).



Rys. 9. Wprowadzenie znanych wartości współczynnika przenikania ciepła

Krok 6 – Dodanie pomieszczenia

Teraz możemy przystąpić do wprowadzania informacji nt. konkretnego pomieszczenia. W tym celu przechodzimy do okna **Pomieszczenia**. Ponieważ ten przykład dotyczy tylko jednego pomieszczenia, nie musimy korzystać z takich struktur jak grupa (lokal), strefa czy kondygnacja. Możemy wstawić pomieszczenie bezpośrednio do projektu. W tym celu rozwijamy przycisk **Dodaj...**, znajdujący się na dole ekranu i wybieramy polecenie **Dodaj pomieszczenie** (rys. 10).



Rys. 10. Dodanie nowego pomieszczenia

Krok 7 – Symbol i temperatura wewnętrzna

Po dodaniu nowego pomieszczenia możemy przystąpić do wprowadzania danych na jego temat. Obowiązkową informacją jest symbol pomieszczenia i temperatura wewnętrzna. W naszym przykładzie wprowadzmy symbol „1”. Następnie z rozwijanej listy wybieramy typ pomieszczenia „pokój”. Program automatycznie przyjmie temperaturę wewnętrzną 20°C (rys. 11).

Krok 8 – Wentylacja

Kolejna część okna z informacjami o pomieszczeniu dotyczy wentylacji. Jak widać większość informacji wyświetlanych jest kolorem zielonym. Oznacza to, że program przyjął je na podstawie **Danych ogólnych**. W tej części musimy wprowadzić jedynie powierzchnię pomieszczenia.

The screenshot displays the PURMO OZC 4.8Pro software interface. At the top, there are input fields for room parameters: Symbol (1), Typ pomieszczenia (Pokój), θ_{int} (20,0 °C), $\dot{V}_{min}$ (0,50 m³/h), $\dot{V}_{max}$ (18,7 m³/h), and Opis (Pokój 1). Below these are settings for Przegrody (Wentylacja), Grzejniki, and Oświetlenie. The main table lists room components with columns for Symbol, Or., Pomieszczenie lub θ , PDS, L lub A, H, N, $\Delta L/A$, ΔH , A, A_c , $\Delta \theta$, U_k , H_T , Φ_T , θ_u , and Φ_{Tu} . The table includes entries for SZ (Ściana zewnętrzna), OK (Otwór okienny), and USD (Ściana wewnętrzna / Ściana zewnętrzna). At the bottom, there are calculation results for $\dot{V}_{inf}$, $\dot{V}_v$, θ_v , H_T , N_{win} , Φ_{TL} , Φ_{HL} , and Φ_{HLV} .

Rys. 11. Informacje o pomieszczeniu

Krok 9 – Ściana zewnętrzna

Teraz możemy przystąpić do wprowadzania informacji na temat przegród budowlanych, ograniczających nasze pomieszczenie.

Aby program prawidłowo przeliczał wymiary w osiach na wymiary zewnętrzne, poszczególne ściany należy wprowadzać po kolei, zgodnie z ruchem wskazówek zegara, zaczynając od pierwszej ściany zewnętrznej w ciągu.

Zacniemy od ściany zachodniej. W pierwszej kolumnie zostawiamy zero.

Następnie w kolumnie **Symbol** wybieramy z rozwijanej listy lub wpisujemy ręcznie, wprowadzony wcześniej symbol ściany zewnętrznej – SZ.

W kolumnie **Orientacja** wybieramy orientację zachodnią (W).

Dla ściany zewnętrznej program sam przyjmie temperaturę po drugiej stronie, zgodną z wybraną strefą klimatyczną.

W kolumnie **L lub A**, w przypadku ściany, należy wprowadzić długość ściany wg wymiarów w osiach ścian ograniczających, w tym przypadku 3,60.

W kolumnie **H** program sam wpisał wartość 3,20 m. Wartość ta wyświetlona jest kolorem zielonym. Oznacza to, że jest to wartość przyjęta automatycznie przez program na podstawie wysokości kondygnacji. W większości przypadków wartości tej nie musimy zmieniać. Jeśli jednak zaszłaby taka konieczność, to możemy wpisać ręcznie inną wysokość.

kość. Ręcznie prowadzona wartość będzie wyświetlana kolorem czarnym. Skasowanie wartości wpisanej ręcznie spowoduje powrót do wysokości ustalonej automatycznie.

W kolumnie **N** nie zmieniamy domyślnej wartości jeden, która oznacza, że w danym pomieszczeniu jest tylko jedna przegroda tego typu. Jedynie w przypadku powtarzającej się przegrody, np. kilku takich samych okien w jednym pomieszczeniu, należy w kolumnie **N** wpisać odpowiednią wartość.

Wykonując obliczenia wg normy PN-B-03406:1994, kilka okien (lub drzwi) można było wprowadzać jako jedno okno o odpowiednio zwiększonej powierzchni.

Natomiast zgodnie z normą PN-EN 12831:2006 uwzględnia się liniowe mostki cieplne. W związku z tym nie należy sumować powierzchni okien, ponieważ wówczas mostki cieplne nie zostałyby określone prawidłowo. Zamiast tego należy wprowadzić jedno okno i jego rzeczywistą powierzchnię, a ilość powtarzających się okien wpisać w kolumnie **N**.

Kolumna $\Delta L/A$ zawiera korektę długości ściany w celu przeliczenia jej z wymiarów w osiach na wymiary zewnętrzne. Na razie w polu tym wyświetla się 0,00, ale po wprowadzeniu następnej ściany program automatycznie rozpozna naroże i wpisze poprawkę +0,20. W ten sposób program uwzględni w obliczeniach wg normy PN-EN 12831:2006 długość zewnętrzną ściany 3,80 m (3,60+0,20).

Ponieważ wysokości ściany określone wg wymiarów w osiach i wymiarów zewnętrznych są najczęściej równe bądź zbliżone, w kolumnie ΔH najczęściej pozostawia się zero.

W tym miejscu kończy się wprowadzanie danych o przegrodzie. W kolejnych kolumnach znajdują się wartości obliczone przez program.

W kolumnie **A** wyświetlana jest obliczona powierzchnia przegrody.

Kolumna A_c zawiera skorygowaną powierzchnię przegrody – po odjęciu powierzchni przegród wbudowanych. Na razie w kolumnie tej wyświetlana jest taka sama wartość jak w kolumnie **A**. Dopiero po wprowadzeniu informacji o oknie program będzie mógł odpowiednio skorygować powierzchnię ściany.

W programie PURMO OZC dla przegród wbudowanych (np. okien) wykorzystano metodę polegającą na obliczaniu powierzchni netto przegrody, w której wbudowane są inne przegrody. Np. od powierzchni ściany odejmuje się powierzchnię otworu okiennego. Metoda ta jest matematycznie równoważna z metodą polegającą na odejmowaniu wartości współczynnika przenikania ciepła, ale wydaje się bardziej czytelna.

W kolumnie $\Delta \theta$ znajdziemy różnicę temperatury po obu stronach przegrody. W naszym przypadku wyświetli się 40 K.

Kolumna $\Delta\theta$ zawiera rzeczywistą różnicę temperatury, określoną indywidualnie dla każdej przegrody w zależności od temperatury po drugiej stronie. Nie jest to **projektowa różnica temperatury** w rozumieniu normy PN-EN 1231:2006, określana we wszystkich przypadkach jako różnica temperatury wewnętrznej i zewnętrznej.

W kolumnie U_k wyświetli się współczynnik przenikania ciepła, który wprowadziliśmy wcześniej dla ściany zewnętrznej w oknie **Przegrody**.

Z kolumny H_T można (w razie potrzeby) odczytać wartość współczynnika straty ciepła.

Wartości współczynnika straty ciepła podawane są w rozumieniu normy PN-EN 1231:2006, tzn. jest to strata ciepła podzielona przez **projektową różnicę temperatury** (określaną we wszystkich przypadkach jako różnica temperatury wewnętrznej i zewnętrznej, niezależnie od temperatury po drugiej stronie przegrody).

Kolumna Φ_T zawiera całkowitą projektową stratę ciepła na drodze przenikania przez daną przegrodę.

Krok 10 – Okno

Następnie wpisujemy dane o oknie, które znajduje się we wcześniej wprowadzonej ścianie zachodniej. Większość danych wprowadza się analogicznie jak w przypadku ściany zewnętrznej. Dlatego w tym miejscu zostaną wskazane tylko istotne różnice

W pierwszej kolumnie wybieramy stopień wbudowania 1. Oznacza to, że to okno jest wbudowane we wcześniej wpisaną ścianę.

Przegrody wbudowane należy w tabeli wprowadzać bezpośrednio pod przegrodami, w które są one wbudowane.

Orientację okna program przyjmie taką samą jak orientację ściany, w którą jest ono wbudowane.

W przypadku okna należy wpisać ręcznie również jego wysokość, ponieważ program nie jest w stanie określić jej automatycznie jak w przypadku ścian, chyba że wymiary okna zostały podane wcześniej w oknie dialogowym **Przegrody** (opcja **Przegroda z podanymi wymiarami**).

W związku z tym wpisujemy wymiary okna 2,00 m x 1,20 m. Program teraz obliczy powierzchnię otworu okiennego 2,40 m² i wyświetli tę wartość w kolumnie **A**. Jednocześnie wartość powierzchni okna zostanie odjęta od powierzchni ściany brutto. Teraz w kolumnie **A_c** w wierszu dotyczącym ściany pojawi się wartość 9,8 m² (12,2 – 2,4).

W przypadku okien, kolumny $\Delta L/A$ i ΔH są niedostępne, ponieważ nie zachodzi potrzeba przeliczania wymiarów.

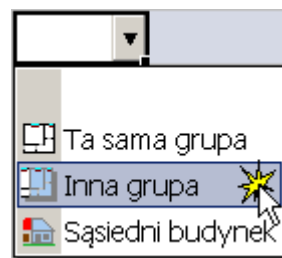
Po wpisaniu danych na temat okna wprowadzamy ścianę północą (analogicznie jak zachodnią).

Krok 11 – Stropy

Następnie wprowadzimy stropy. Mimo, że poniżej i powyżej analizowanego pomieszczenia znajdują się również pokoje mieszkalne, to jednak należą do innych mieszkań i wykonując obliczenia zgodnie z normą PN-EN 12831:2006 należy uwzględnić potencjalne straty ciepła w przypadku obniżenia temperatury wewnętrznej w sąsiednich lokalach. W związku z tym należy również wpisać stropy. Dane na temat stropów wpisujemy analogicznie jak w przypadku ścian i okien.

W kolumnie **Pomieszczenie lub θ** wpisujemy wartość temperatury projektowej w pomieszczeniach nad i pod stropem, a więc $+20^{\circ}\text{C}$.

W kolumnie **PDS** wprowadza się informację na temat pomieszczenia po drugiej stronie przegrody. Ponieważ poniżej i powyżej znajdują się inne lokale, wybieramy opcję **Inna grupa** (rys. 12). Wprowadzenie tej informacji jest niezbędne w naszym przykładzie, ponieważ wykonujemy obliczenia tylko dla jednego pomieszczenia. W przypadku prowadzenia obliczeń dla całego budynku i utworzenia odpowiedniej struktury uwzględniającej przypisanie pomieszczeń do poszczególnych lokali, program może informację tę ustalić automatycznie.



Rys. 12. Informacje o pomieszczeniu po drugiej stronie przegrody

W przypadku przegród poziomych w kolumnie **L lub A** należy wpisać pole przegrody, natomiast kolumna **H** jest niedostępna. W tym przykładzie jako pole możemy wpisać wyrażenie: „3,6*4,3–0,5”. Po opuszczeniu komórki w tabeli program obliczy wartość 14,98. Natomiast po ponownym „wejściu” do komórki wyświetlone zostanie wprowadzone wcześniej wyrażenie.

W **Parametrach obliczeń** została wybrana wcześniej opcja obliczania strat ciepła do sąsiednich lokali zgodnie z normą PN-EN 12831. W związku z tym program przyjmie temperaturę w sąsiednich lokalach jako średnią arytmetyczną z temperatury wewnętrznej i średniej rocznej temperatury zewnętrznej:

$$\theta_u = \frac{\theta_{int,i} + \theta_{m,e}}{2} = \frac{20 + 7,6}{2} = 13,8^{\circ}\text{C}$$

Wartość ta wyświetlana jest w kolumnie **Pomieszczenie lub θ** , w nawiasie.

W tej sytuacji różnica temperatury dla stropów wyniesie 6,2 K, co spowoduje obliczenie niezerowych wartości strumieni przenikającego ciepła do góry i do dołu. Program wartości te wyświetla również w dodatkowej kolumnie Φ_{Tu} . Zgodnie z normą PN-EN 12831:2006, strumienie te należy uwzględnić przy doborze grzejnika, ale nie należy ich uwzględniać przy doborze źródła ciepła dla całego budynku.

Krok 12 – Mostki cieplne

W naszym przykładzie mostki cieplne są obliczane automatycznie, ponieważ w danych ogólnych zazaczyliśmy opcję **Obliczaj automatycznie**. Występują tu dwa niezerowe strumienie ciepła, związane z mostkami cieplnymi (dla okna i naroża).

Dodatkowy strumień ciepła związany z mostkiem cieplnym na obwodzie okna oblicza się w następujący sposób:

$$\Phi_{Ti} = \psi_l \cdot l_l \cdot \Delta\theta = 0,45 \cdot 6,4 \cdot 40 = 115 \text{ W}$$

Natomiast dla naroża współczynnik przenikania ciepła przy nieprzerwanej izolacji po stronie zewnętrznej wynosi $-0,05 \text{ W}$. W związku z tym strumień ciepła zostanie obliczony w następujący sposób:

$$\Phi_{Ti} = \psi_l \cdot l_l \cdot \Delta\theta = -0,05 \cdot 3,2 \cdot 40 = -6 \text{ W}$$

Wartość ta – jak już wspomniano wcześniej – oznacza nieznaczną korektę zawyżonych strat ciepła z uwagi na stosowanie wymiarów zewnętrznych.

Krok 13 – Wyniki obliczeń

Wyniki obliczeń dla jednego pomieszczenia można przeanalizować w dolnej części okna **Pomieszczenia** (rys. 11). W tym miejscu wyświetlane jest obliczone obciążenie cieplne oraz jego składowe.

Przykład 13. Parametry obliczeń obciążenia cieplnego

Powtórz obliczenia dla pomieszczenia z poprzedniego przykładu, przyjmując następujące parametry:

- obliczenia wg dotychczasowej normy polskiej PN-B-03406:1994 [7]),
- brak uwzględnienia mostków cieplnych.

Rozwiązanie

Krok 1 – Wybór normy określającej metodykę obliczeń

Wybór normy, wg której program przeprowadzi obliczenia obciążenia cieplnego, dokonuje się w polu **Norma na Φ** (rys. 1). Od wersji 4.0 PURMO OZC wykonuje obliczenia wg normy europejskiej PN-EN 12831:2006 [15] lub dotychczasowej normy polskiej PN-B-03406:1994 [7]. W związku z tym, w pliku z poprzedniego przykładu zmieniamy normę na PN-B-3406 (rys. 1).



Rys. 1. Wybór normy, wg której program przeprowadzi obliczenia obciążenia cieplnego

Po zamianie normy zmieni się w pewnym zakresie wygląd okna **Podstawowe dane** (rys. 2). Znikną pola, dotyczące danych, które nie były wymagane w starej normie. Natomiast pojawi się pole **Użytkowanie**. Na podstawie danych podanych w tym miejscu program określi wewnętrzne zyski ciepła. Domyślnie program przyjmuje użytkowanie „12 h i więcej”. W naszym przykładzie pozostawimy tę wartość, ponieważ obliczenia dotyczą pokoju mieszkalnego.

Krok 2 – Mostki cieplne

Następnie przechodzimy do zakładki **Parametry obliczeń** i wyłączamy pole wyboru **Uwzględniaj mostki cieplne**.

Krok 3 – Pomieszczenie

Teraz klikamy przycisk **Pomieszczenia**. W zakładce tej nie musimy nic zmieniać. Możemy od razu odczytać wyniki, obliczone wg starej normy (rys. 3).

W tym miejscu należy zauważyć, że nowa norma wymaga większej ilości danych niż norma dotychczasowa. W związku z tym, łatwiejsze jest przejście w programie z nowej normy na starą niż odwrotnie. W tym drugim przypadku należy uzupełnić większą ilość danych, które nie były wymagane przez wcześniejszą metodykę obliczeń.

Podstawowe dane	Sezonowe zużycie energii E	Wentylacja i wymagania higieniczne	Parametry obliczeń	Świadectwa energetyczne	?
Nazwa projektu Przykład obliczania obciążenia cieplnego pomiesz- czenia wg PN-EN 12831 wspomaganego komputerowo					
Miejscowość Radom					
Adres					
Projektant dr inż. Michał Strzeszewski					
Norma na wsp. U		Strefa klimatyczna			
EU PN-EN ISO 6946		III - temp. zewnętrzna $\vartheta_e = -20^{\circ}\text{C}$			
Norma na ϕ		ϑ_e -20°C			
PL PN-B-03406:1994					
Dane budynku					
Użytkowanie 12 h i więcej		Typ ogrzewania Konwekcyjne			
Geometria					
Kondygnacja Piętro					
Wysokość kondygnacji H 3,20 m					
Wysokość pomieszczeń H _i 2,90 m					
Powierzchnia ogrzewana 12,9 m ²					
Kubatura ogrzewana 37,5 m ³					
Obrót budynku Bez obrotu					
Grunt					
Rodzaj gruntu Piasek lub żwir		Pojemność cieplna 2,000 MJ/m ³ K			
Głębokość okresowego wnikania ciepła 3,167 m		Współczynnik przewodzenia ciepła λ_g 2,0 W/(mK)			

Rys. 2. Wygląd okna **Podstawowe dane** po zmianie normy na PN-B-03406:1994

Symbol

1

Typ pomieszczenia

Pokój

θ_{int} °C

20,0

Opis

Pokój 1

Przegrody

Wentylacja

Grzejniki

Oświetlenie

Użytkowanie

12 h i więcej

Typ ogrz.

Konwekcyjne

A

12,92

m²

Kondygnacja

Piętro

Φ_{hg}

W

H_i

2,90

m

V

37,5

m³

	Symbol	Or.	Pomieszczenie lub θ	L lub A	H	N	A	A _c	$\Delta\theta$	U _k	Φ_T
			°C	m; m ²	m	Szt.	m ²	m ²	K	W/m ² · K	W
☐	SZ	W	Te= -20,0 °C	3,60	3,20	1	11,5	9,1	40,0	0,300	109
☒	OK	W	Te= -20,0 °C	2,00	1,20	1	2,4	2,4	40,0	2,500	240
☐	SZ	N	Te= -20,0 °C	4,30	3,20	1	13,8	13,8	40,0	0,300	165
☐	USG		T= 20,0 °C	14,98		1	15,0	15,0	0,0	1,866	0
☐	USD		T= 20,0 °C	14,98		1	15,0	15,0	0,0	1,479	0

Wyniki obliczeń

d₁

0.030

d₂

-0.023

V_v

37,5

m³/h

θ_v

-20,0

°C

n

1,0

1/h

Φ_v

172

W

Φ_T

515

W

Φ_{HL}

691

W

Rozdziel Φ_{HL} do:

Symbol	Φ_{pr} %	Q _{HL} W

$\Phi_{HL,A}$

53,4

W/m²

$\Phi_{HL,V}$

18,4

W/m³

Rys. 3. Informacje o pomieszczeniu

Krok 4 – Analiza wyników

Porównując wyniki otrzymane w oparciu o normy PN-B-03406:1994 i PN-EN 12831:2006, łatwo zauważyć, że licząc wg nowej normy otrzymaliśmy znacznie wyższą wartość obciążenia cieplnego pomieszczenia (o ok. 75%). W tej sytuacji rodzi się pytanie: z czego wynika tak duża różnica?

W celu udzielenia odpowiedzi na to pytanie, w tabeli 1 i na rys. 4 zestawiono poszczególne składowe strat ciepła, obliczone wg obydwóch norm. Natomiast procentowy udział poszczególnych przyczyn w całkowitym przyroście strat ciepła wg nowej normy zobrazowano na rys. 5.

W omawianym przykładzie zdecydowanie największy udział we wzroście projektowych strat ciepła ma uwzględnianie w obliczeniach wg nowej normy strat ciepła do sąsiednich lokali, na wypadek obniżenia w nich temperatury (tzw. „straty ciepła do sąsiada”). Następnie istotny udział ma również uwzględnianie mostków cieplnych (w tym przykładzie na obwodzie okna) oraz większe zapotrzebowanie na ciepło do podgrzania powietrza wentylacyjnego. Natomiast stosunkowo niewielki udział ma zastosowanie wymiarów zewnętrznych.

„Straty ciepła do sąsiada”

Należy zwrócić uwagę, że metoda uwzględniania tzw. „strat ciepła do sąsiada”, podana w normie PN-EN 12831:2006, wydaje się zdecydowanie zbyt „ostrożna”. Często norma zakłada temperaturę w sąsiednim lokalu na poziomie ok. 13°C. Natomiast *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (par. 134, ust. 6) [19] wymienia 16°C jako minimalną wartość temperatury wewnętrznej w czasie eksploatacji w pomieszczeniach o temperaturze obliczeniowej (projektowej) 20°C.

W związku z tym, przynajmniej jeśli przewiduje się zastosowanie termostatu z blokadą minimalnej temperatury na 16°C, uzasadnione jest przyjęcie właśnie takiej temperatury do obliczenia „straty ciepła do sąsiada”.

W programie PURMO OZC 4 przewidziano trzy warianty określania temperatury w sąsiednim lokalu:

- obliczanie wg normy PN-EN 12831:2006,
- obliczanie wg normy PN-EN 12831:2006, ale z ograniczeniem (nie mniej niż podana wartość, np. 16°C),
- nie uwzględnianie ryzyka obniżenia temperatury (tzn. przyjmuje się temperaturę projektową na podstawie funkcji danego pomieszczenia, tak jak w normie PN-B-03406:1994).

Zgodnie z normą PN-EN 12831:2006, „straty ciepła do sąsiada” uwzględnia się w obliczeniach obciążenia cieplnego poszczególnych pomieszczeń w celu doboru grzejników, natomiast nie uwzględnia się ich przy określaniu obciążenia cieplnego całego budynku w celu doboru źródła ciepła.

Wentylacja

Z kolei wentylacyjna strata ciepła dla pokoju wg normy PN-EN 12831:2006 określana jest przy założeniu 0,5 wymiany powietrza na godzinę. Natomiast wg normy PN-B-03406:1994 przyjmowało się 1 wymianę, ale uwzględniało się również wewnętrzne zyski ciepła w wysokości 7 lub 9 W/m³. W związku z tym, dla pokoju mieszkalnego zapotrzebowanie na ciepło do podgrzania powietrza wentylacyjnego, określone na podstawie nowej normy, jest najczęściej o ok. 50% wyższe niż wg normy dotychczasowej.

Mostki cieplne

Wartość dodatkowego strumienia ciepła, związanego z występowaniem mostków cieplnych, zależy od ilości i stopnia zaizolowania mostków. We współczesnym budownictwie dąży się do możliwie dobrego zaizolowania mostków cieplnych i w związku z tym wartości dodatkowego strumienia ciepła najczęściej nie są znaczące.

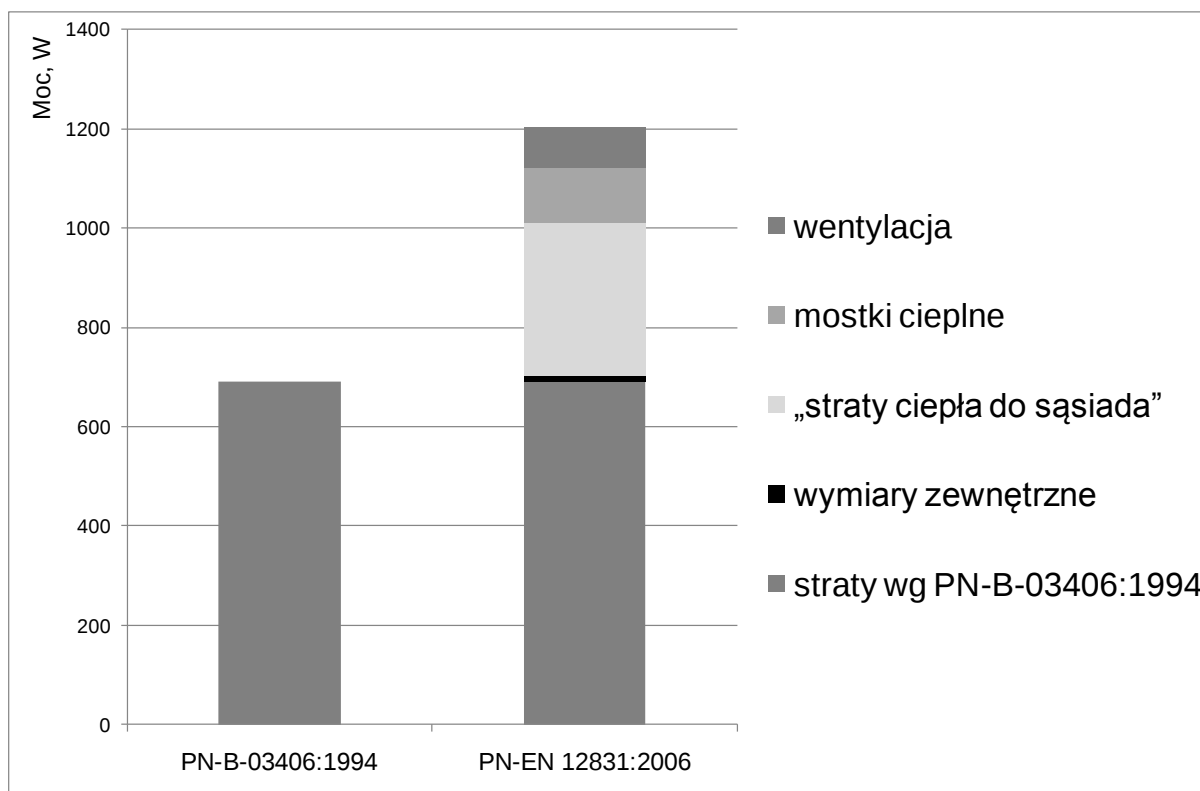
W analizowanym przykładzie przyjęto niezaizolowany mostek cieplny na obwodzie okna i w konsekwencji jego znaczenie jest stosunkowo duże.

Wymiary zewnętrzne

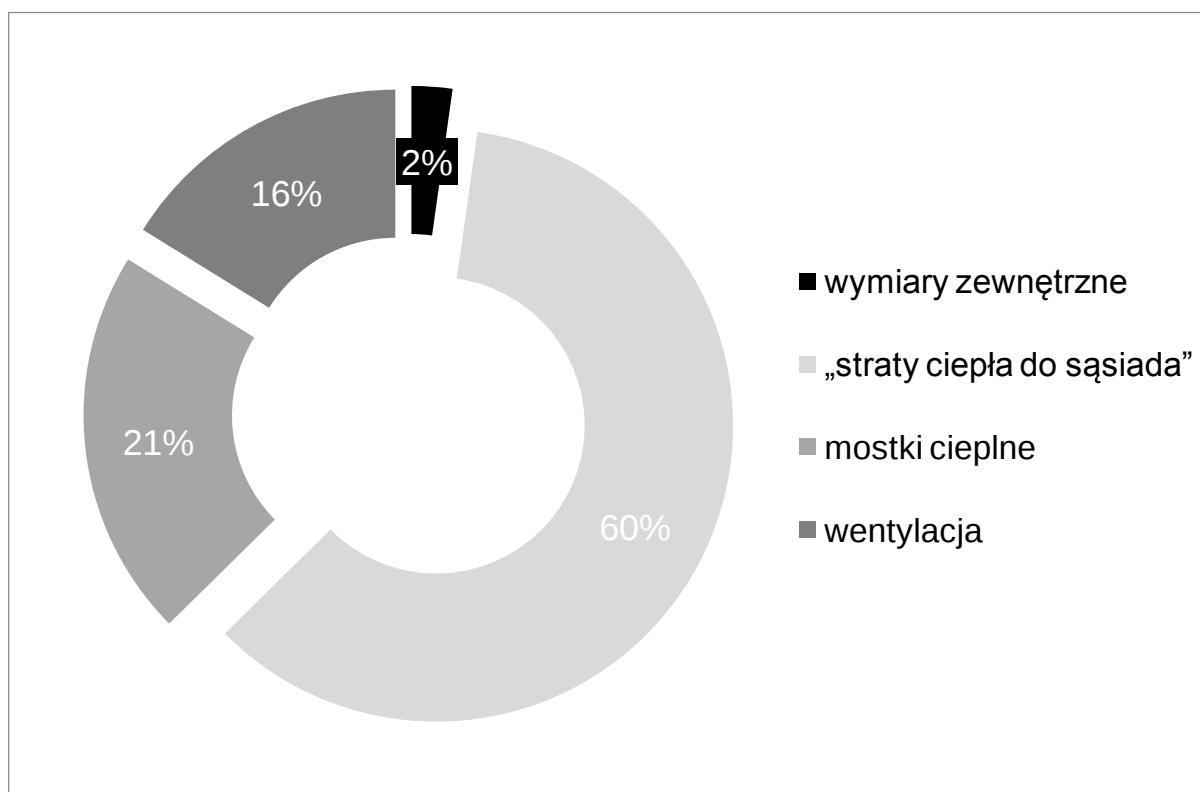
Natomiast zastosowanie wymiarów zewnętrznych zgodnie z normą PN-EN 12831:2006 spowodowało stosunkowo niewielki przyrost wartości strat ciepła przez przenikanie. Dodatkowo przyrost ten został częściowo skorygowany w ramach uwzględniania mostka cieplnego dla naroża.

Tabela 1. Porównanie strat ciepła, obliczonych wg norm PN-B-03406:1994 oraz PN-EN 12831:2006

Składowa strat ciepła	Norma	
	PN-B-03406:1994	PN-EN 12831:2006
Przenikanie z wyłączeniem strat ciepła do sąsiednich lokali w przypadku obniżenia w nich temperatury	519	530
Przenikanie do sąsiednich lokali w przypadku obniżenia w nich temperatury („straty ciepła do sąsiada”)	0	310
Straty ciepła przez mostki cieplne	0	109
Wentylacyjne straty ciepła	172	255
Razem	691	1 204



Rys. 4. Przyczyny przyrostu strat ciepła wg nowej normy w porównaniu z normą dotychczasową



Rys. 5. Procentowy udział poszczególnych przyczyn w całkowitym przyroście strat ciepła wg nowej normy

Przykład 14. „Straty ciepła do sąsiada”

Powtórz obliczenia dla pomieszczenia z poprzednich przykładów, przyjmując następujące parametry obliczeń:

- obliczenia wg normy europejskiej PN-EN 12831:2006 [15],
- „straty ciepła do sąsiada” z uwzględnieniem wymagań *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (par. 134, ust. 6) [19],
- mostki cieplne uwzględniane w oparciu o katalog mostków cieplnych [10].

Rozwiązanie

Krok 1 – Wybór normy określającej metodykę obliczeń

Wybieramy normę PN-EN 12831:2006 (rys. 1).



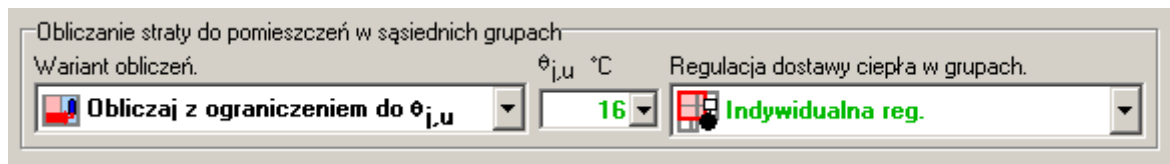
Rys. 1. Wybór normy, wg której program przeprowadzi obliczenia obciążenia cieplnego

Krok 2 – Sposób określania strat ciepła do sąsiednich lokali

Teraz przechodzimy do zakładki **Parametry obliczeń**

W tym przykładzie, aby uwzględnić wymagania *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych...* [19], wybierzemy następujący wariant obliczania strat ciepła do pomieszczeń w sąsiednich lokalach: **Obliczaj z ograniczeniem do $\theta_{j,u}$** (rys. 2).

W polu $\theta_{j,u}$ pozostawimy wyświetloną automatycznie (kolorem zielonym) wartość 16°C.



Rys. 2. Sposób określania strat ciepła do sąsiednich lokali, uwzględniający wymagania *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych...*

Krok 3 – Mostki cieplne

Następnie ponownie włączamy pole wyboru **Uwzględniaj mostki cieplne** oraz upewniamy się, że pole **Obliczaj metodą uproszczoną** nie jest zaznaczone.

Krok 4 – Pomieszczenie

Przechodzimy do okna **Pomieszczenia** (rys. 3). Teraz program przyjął 16°C jako wartość, do której może spaść temperatura w sąsiednich lokalach (patrz kolumna θ_u). Spowodowało to obliczenie mniejszych „strat ciepła do sąsiada” (patrz kolumna Φ_{Tu}) niż w wariancie wg normy PN-EN 12831 bez uwzględniania wymagań *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych...* [19].

Symbol	Opis	l_1	ΔL	N	$l_{1,c}$	$\Delta \theta$	ψ_1	Φ_{T1}	Uwagi
F1	Strop / Ściana zewnętrzna.	4,30	0,20	1	4,50	40,0	0,00/2	0	
F1	Strop / Ściana zewnętrzna.	4,30	0,20	1	4,50	40,0	0,00/2	0	
F1	Strop / Ściana zewnętrzna.	3,60	0,20	1	3,80	40,0	0,00/2	0	
F1	Strop / Ściana zewnętrzna.	3,60	0,20	1	3,80	40,0	0,00/2	0	
IW1	Ściana wewnętrzna / Ściana zewnętrzna.	3,20	0,00	1	3,20	40,0	0,00/2	0	
W7	Otwór okienny / Ściana zewnętrzna.	6,40	0,00	1	6,40	40,0	0,45	115	
IW1	Ściana wewnętrzna / Ściana zewnętrzna.	3,20	0,00	1	3,20	40,0	0,00/2	0	
C1	Naroże.	3,20	0,00	1	3,20	40,0	-0,05	-6	

Rys. 3. Informacje o pomieszczeniu

Krok 5 – Analiza wyników

W przypadku wprowadzenia ograniczenia obniżenia temperatury w sąsiednich lokalach do 16°C, obciążenie cieplne jest większe „tylko” o ok. 60% w porównaniu z wartością obliczoną wg starej normy (bez zastosowania ograniczenia różnica wynosiła ok. 75%).

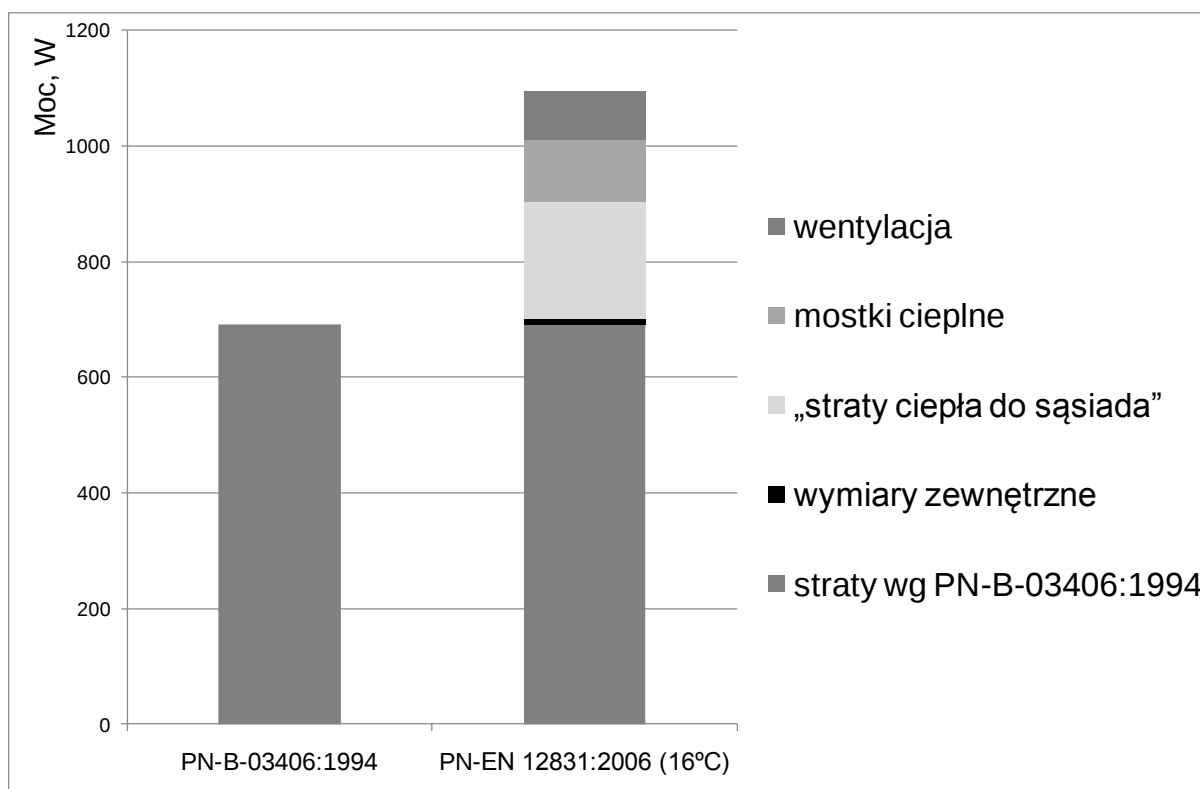
Składowe strat ciepła zestawiono w tabeli 1 oraz na rys. 4. Natomiast procentowy udział poszczególnych przyczyn w całkowitym przyroście strat ciepła pokazano na rys.5.

Ograniczenie obniżenia temperatury do 16°C pozwoliło na obniżenie „strat ciepła do sąsiada” o ok. jedną trzecią.

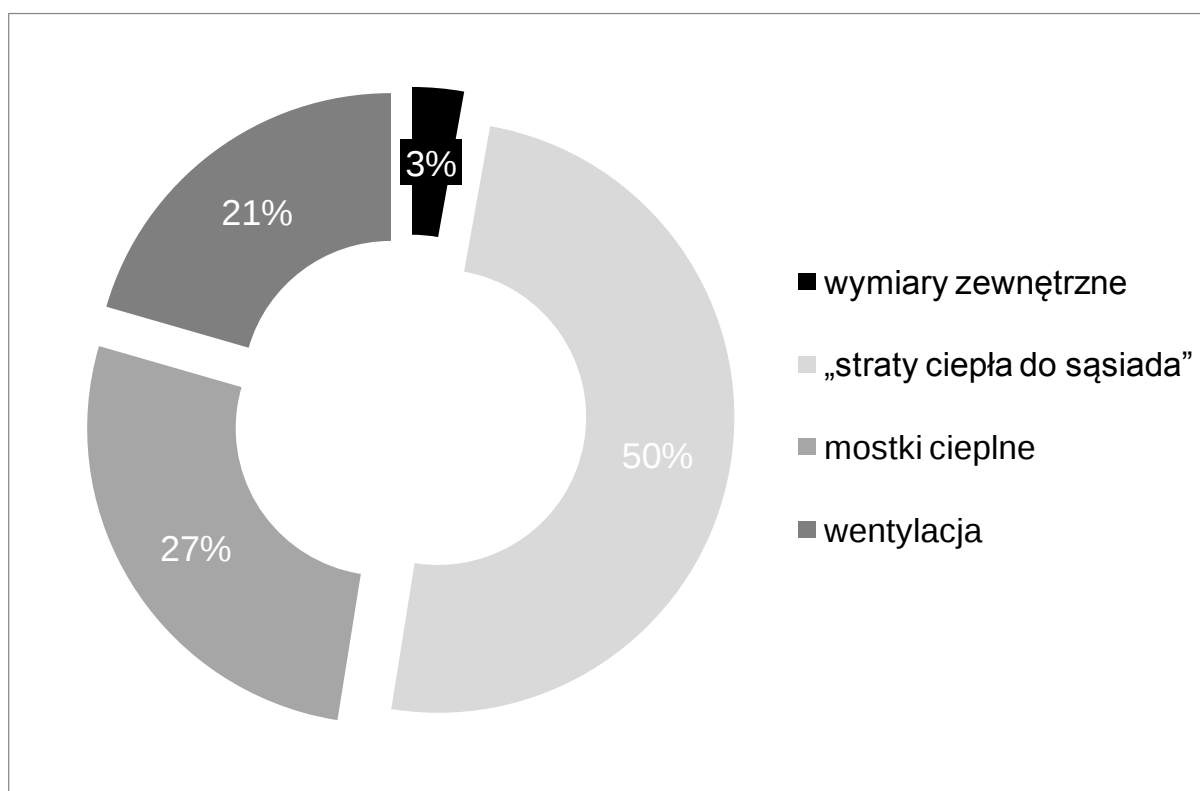
Jak wspomniano wcześniej, straty te uwzględnia się w obciążeniu cieplnym poszczególnych pomieszczeń (do doboru grzejników), natomiast nie uwzględnia się ich przy obliczaniu obciążenia cieplnego całego budynku (do doboru źródła ciepła). W analizowanym przykładzie, po wyłączeniu „strat ciepła do sąsiada”, przyrost zapotrzebowania na moc jest większy „już tylko” o ok. 30% w stosunku do normy dotychczasowej.

Tabela 1. Porównanie strat ciepła, obliczonych wg norm PN-B-03406:1994 oraz PN-EN 12831:2006 z ograniczeniem obniżenia temperatury do 16°C

Składowa strata ciepła	Norma	
	PN-B-03406:1994	PN-EN 12831:2006 z ograniczeniem obniżenia temperatury do 16°C
Przenikanie z wyłączeniem strat ciepła do sąsiednich lokali w przypadku obniżenia w nich temperatury	519	530
Przenikanie do sąsiednich lokali w przypadku obniżenia w nich temperatury („straty ciepła do sąsiada”)	0	201
Straty ciepła przez mostki cieplne	0	109
Wentylacyjne straty ciepła	172	255
Razem	691	1095



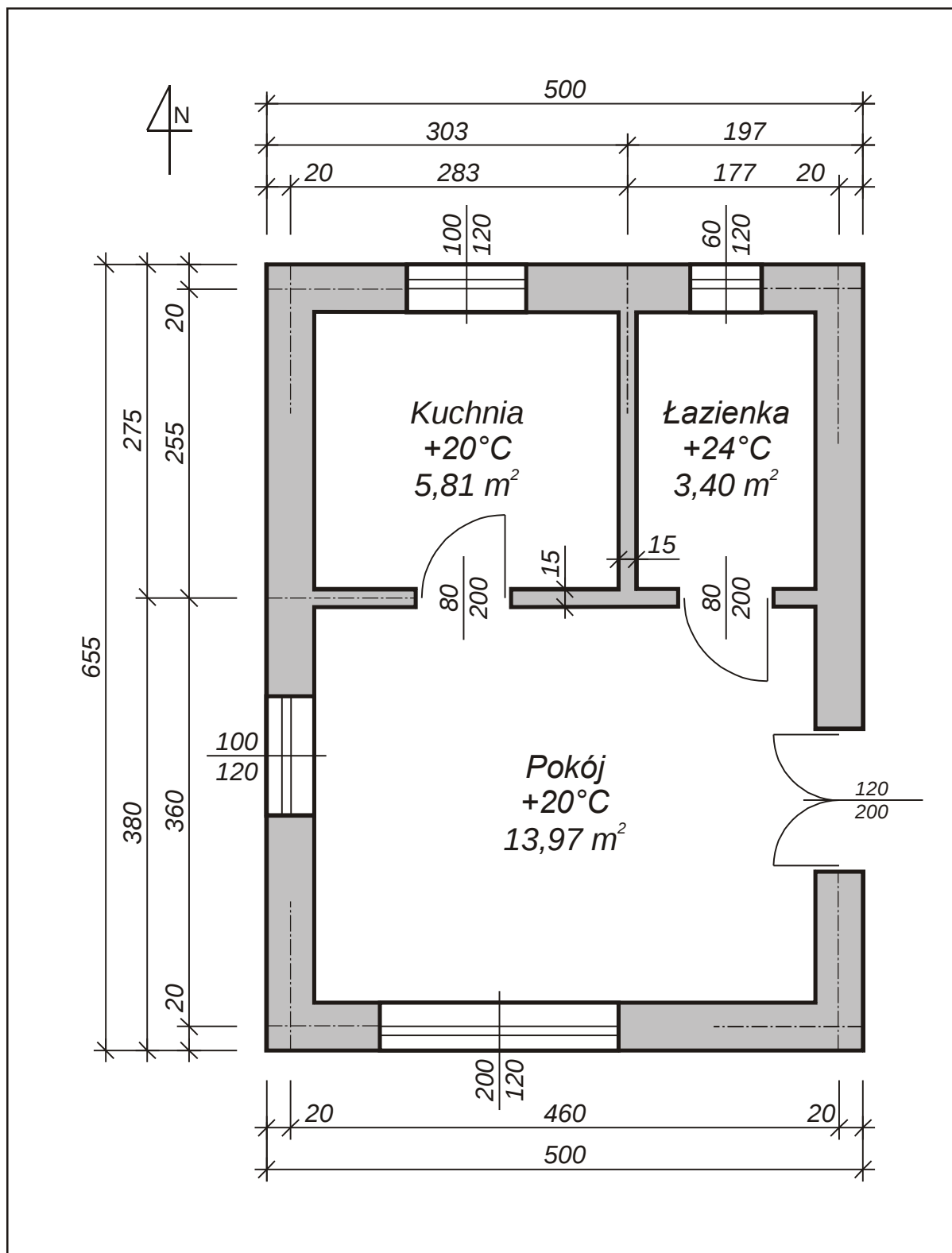
Rys. 4. Przyczyny przyrostu strat ciepła wg nowej normy w porównaniu z normą dotychczasową



Rys. 5. Procentowy udział poszczególnych przyczyn w całkowitym przyroście strat ciepła wg nowej normy

Przykład 15. Obciążenie cieplne budynku

Oblicz obciążenie cieplne budynku mieszkalnego przedstawionego na rysunku 1.



Rys. 1. Rzut budynku – rysunek do przykładu

Dane do obliczeń:

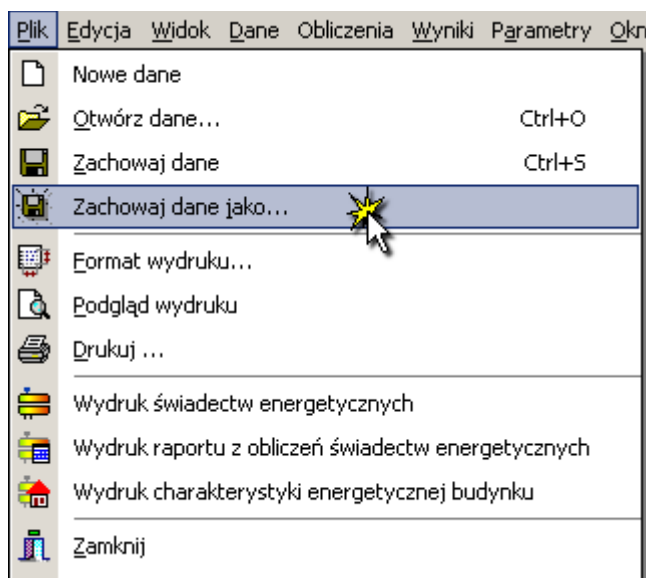
- współczynnik przenikania ciepła ścian zewnętrznych: $U_{sz} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- ściana wewnętrzna: jak w przykładzie 1 ($U_{sw} = 2,040 \text{ W/m}^2\text{K}$, $G = 0,15 \text{ m}$);
- dach: jak w przykładzie 8 ($U_d = 0,317 \text{ W/m}^2\text{K}$, $G = 0,23 \text{ m}$);
- współczynnik przenikania ciepła stropu (przepływ ciepła do dołu): $U_{sd} = 1,479 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- budynek podpiwniczony (podziemie z oknami/drzwiami zewnętrznymi);
- współczynnik przenikania ciepła okna: $U_{ok} = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- współczynnik przenikania ciepła drzwi zewnętrznych: $U_{dz} = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- wysokość kondygnacji: 3,2 m;
- wysokość pomieszczeń: 2,9 m;
- rzędna podłogi: 0 m;
- rzędna terenu: 0 m;
- rzędna wody gruntowej: -10 m;
- stopień szczelności: średni;
- klasa osłonięcia budynku: średnie osłonięcie;
- typ ogrzewania: konwekcyjne;
- osłabienie ogrzewania: brak;
- typ budynku: budynek mieszkalny jednorodzinny;
- typ konstrukcji: bardzo ciężka;
- izolacja ścian po stronie zewnętrznej, okno w pobliżu osi ściany;
- lokalizacja: Łeba.

Rozwiązanie

Krok 1 – Przygotowanie pliku

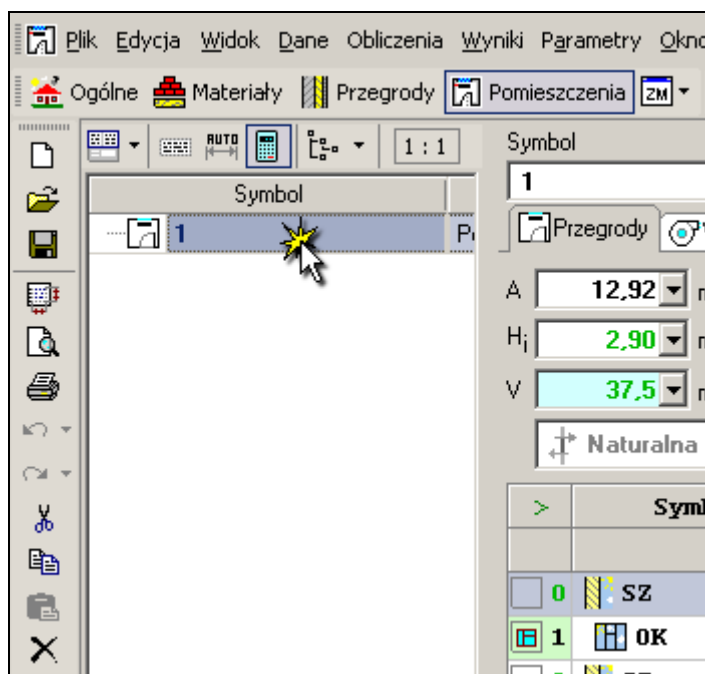
W tym przykładzie możemy skorzystać z ostatnio utworzonego pliku, chociaż zapiszemy go pod nową nazwą. W tym celu, z menu **Plik** wybieramy polecenie **Zapisz dane jako...** (rys. 2), które (podobnie, jak w innych programach) pozwala nadać plikowi nową nazwę.

Następnie w wyświetlonym oknie dialogowym możemy określić nową nazwę oraz lokalizację na dysku pliku z danymi, np. „L10.ozd”



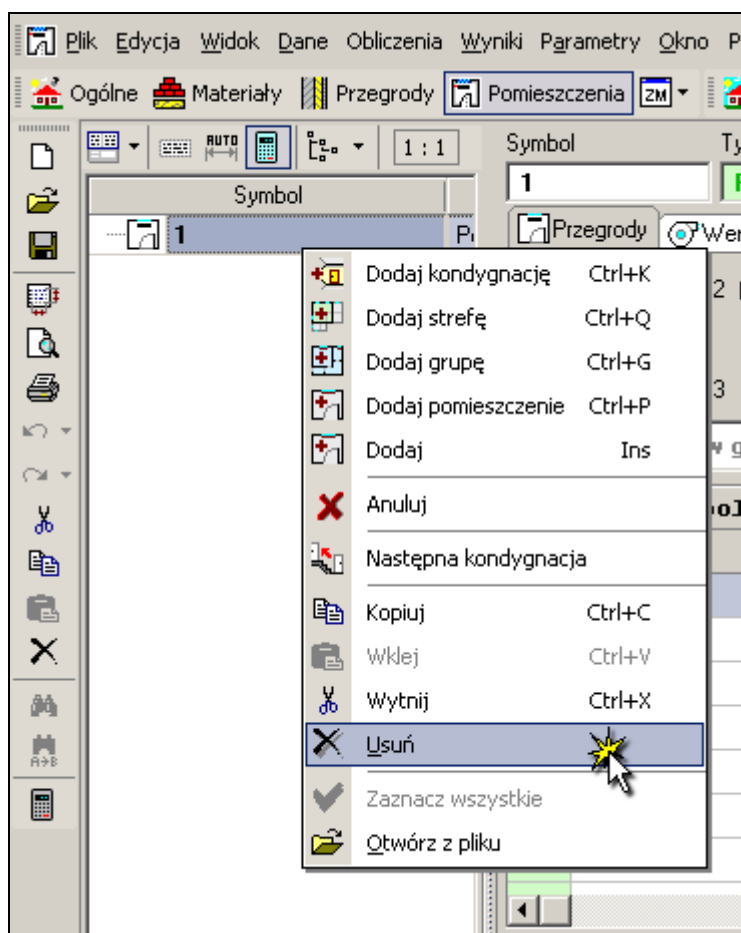
Rys. 2. Wybranie polecenia **Zapisz dane jako...**

Po zapisaniu pliku pod nową nazwą, usuniemy z niego pomieszczenie, wykorzystywane w poprzednich przykładach. W tym celu, przechodzimy do okna **Pomieszczenia** i klikamy symbol pomieszczenia prawym przyciskiem myszki (rys. 3).



Rys. 3. Kliknięcie pomieszczenia o symbolu „1”

Następnie z wyświetlonego podręcznego menu wybieramy polecenie **Usuń** (rys. 4). Alternatywnie możemy skorzystać z przycisku **Usuń**, znajdującego się pod strukturą budynku.



Rys. 4. Usuwanie pomieszczenia ze struktury budynku

Krok 2 – Dane ogólne

Następnym krokiem będzie skorygowanie danych ogólnych (rys. 5). W związku z tym, klikamy przycisk **Ogólne**, a następnie wybieramy zakładkę **Podstawowe dane**.

Zmieniamy odpowiednio nazwę projektu i miejscowość. Wybieramy I strefę klimatyczną. Program automatycznie przyjmie odpowiednie wartości projektowej temperatury zewnętrznej i średniorocznej temperatury zewnętrznej.

Typ budynku ustawiamy na „jednorodzinny”. Typ konstrukcji pozostawiamy jako „bardzo ciężka”. Typ ogrzewania – zgodnie z wartościami domyślnymi – „konwekcyjne, bez osłabienia”.

Pozostawiamy średni stopień szczelności oraz średnią klasę osłonięcia. Program automatycznie przyjmuje współczynnik n_{50} równy 7,0 1/h.

Następnie przechodzimy do grupy danych **Geometria**. Zielone tło w wielu polach oznacza, że wprowadzenie tych danych na bieżącym etapie nie jest obowiązkowe. Jednak warto je wpisać, ponieważ ułatwi to dalsze wprowadzanie danych. Poszczególne wartości wpisujemy zgodnie z danymi do przykładu.

Podstawowe dane	Sezonowe zużycie energii E	Wentylacja i wymagania higieniczne	Parametry obliczeń	Świadectwa energetyczne	?
Nazwa projektu	Przykład obliczania obciążenia cieplnego budynku				
Miejscowość	Łeba				
Adres					
Projektant	dr inż. Michał Strzeszewski				
Norma na wsp. U	PN-EN ISO 6946	Strefa klimatyczna			
Norma na Φ	PN-EN 12831:2006	I - temp. zewnętrzna $\theta_e = -16^\circ\text{C}$ θ_e -16°C $\theta_{m,e}$ $7,7^\circ\text{C}$			
Dane budynku		Geometria			
Typ budynku	Jednorodzinny	Typ ogrzewania	Konwekcyjne		
Typ konstrukcji	Bardzo ciężka		Bez osłabienia		
C_m	370,00 kJ/K				
Stopień szczelności	Sredni				
Krotność wym. powietrza n50	7,0 1/h				
Klasa osłonięcia budynku	Srednie osłonięcie				
Nieosłonięte fasady	Wiecej niż jedna nieosłonięta				
Typ budynku wg WT 2008	Budynek mieszkalny i zamieszkania zbiorowego				
Grunt					
Rodzaj gruntu	Piasek lub żwir	Pojemność cieplna	2,000 MJ/m ³ ·K		
Głębokość okresowego wnikania ciepła δ	3,167 m	Współczynnik przewodzenia ciepła λ_g	2,0 W/(m·K)		
		Rzędna terenu	0,00 m		
		Rzędna podłogi	0,00 m		
		Rzędna wody gruntowej	-10,00 m		
		Wysokość kondygnacji H	3,20 m		
		Wysokość pomieszczeń H _i	2,90 m		
		A _g	24,2 m ²	P _g	19,90 m
		Powierzchnia ogrzewana			
		Kubatura ogrzewana	67,2 m ³		
		Obrót budynku	Bez obrotu		

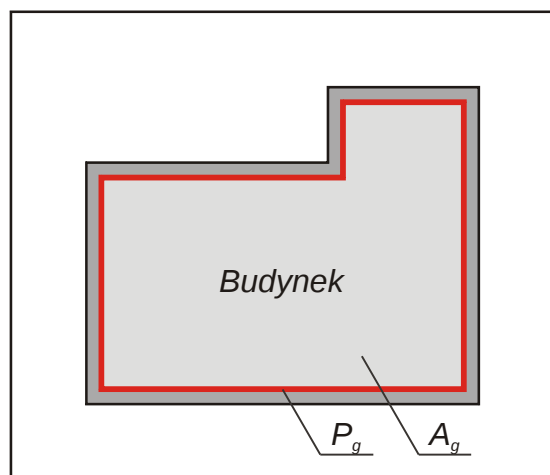
Rys. 5. Dane ogólne, zakładka Podstawowe dane

W polu A_g wpisuje się pole podłogi na gruncie, licząc po wewnętrznej stronie ścian (rys. 6). Zamiast konkretnej wartości możemy wpisać wyrażenie.

W tym przykładzie będzie to:
 $„(5-0,8)*(6,55-0,8)”$.

Kiedy ponownie wejdziemy do tego pola, będziemy mogli edytować wprowadzone wyrażenie. Natomiast po opuszczeniu pola wyświetla się wynik wyrażenia.

Z kolei, w polu P_g należy podać obwód podłogi na gruncie. W związku z tym, wprowadzamy wyrażenie $„2*((5-0,8)+(6,55-0,8))”$.

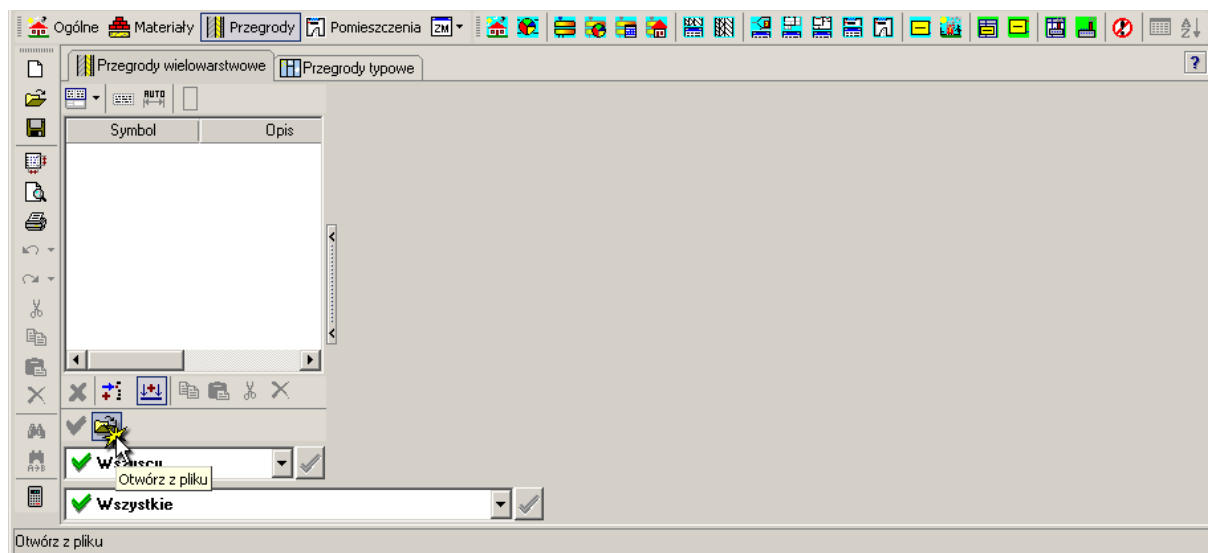


Rys. 6. Pole i obwód podłogi na gruncie określa się licząc po wewnętrznej stronie ścian zewnętrznych

Krok 3 – Import dachu

Ponieważ wykorzystaliśmy wcześniej utworzony plik, to zawiera on już większość współczynników przenikania ciepła przegród budowlanych (są takie same, jak w poprzednim przykładzie). Brakuje nam jedynie kilku przegród. Dach możemy zaimportować z pliku, który wykorzystywaliśmy w przykładzie 8.

W tym celu, przechodzimy do okna **Przegrody**, wybieramy zakładkę **Przegrody wielowarstwowe**, a następnie klikamy w przycisk **Otwórz z pliku** (rys. 7).

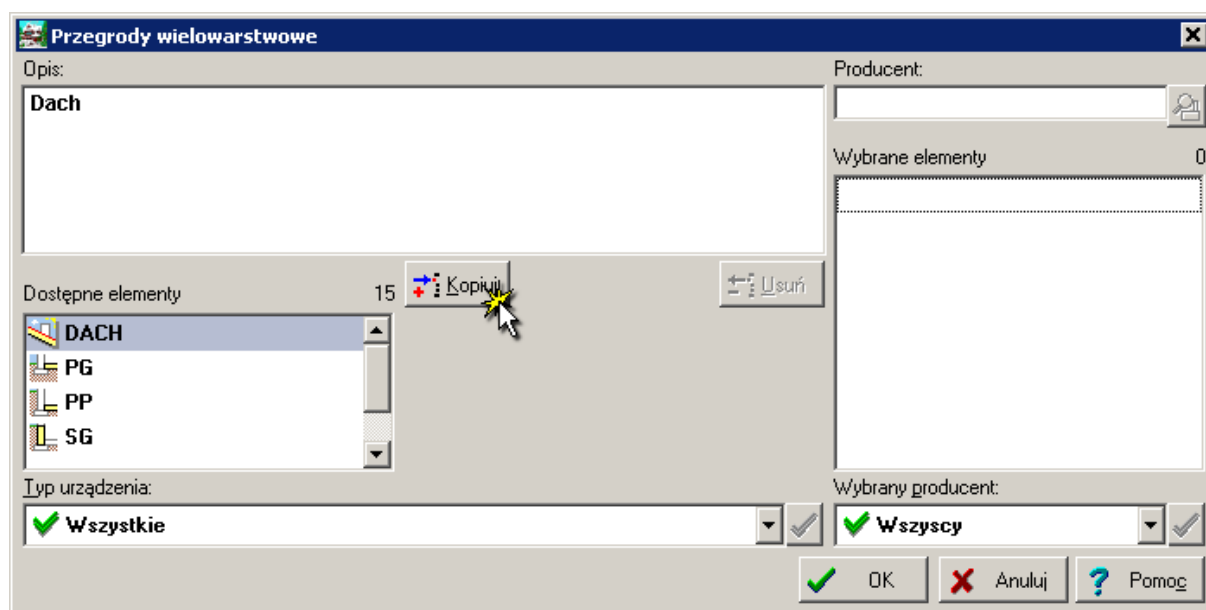


Rys. 7. Otwieranie pliku z danymi w celu importu danych nt. przegród

W wyświetlonym oknie dialogowym **Otwórz dane** wybieramy plik, zawierający konstrukcję dachu.

Otworzy się okno, umożliwiające wybór przegród, które mają zostać zaimportowane (rys. 8). Z lewej strony znajduje się lista przegród wielowarstwowych dostępnych w wybranym pliku, a z prawej lista przegród, które zostaną zaimportowane. W związku z tym, na liście dostępnych przegród (z lewej strony) zaznaczamy pozycję „DACH” i klikamy przycisk **Kopiuj**. Dach został skopiowany na listę wybranych elementów. Teraz możemy kliknąć przycisk **OK**. W ten sposób zaimportowaliśmy konstrukcję dachu z wcześniejszego pliku.

Analogicznie importujemy ścianę wewnętrzną z przykładu 1.



Rys. 8. Wybór przegród, które mają zostać zaimportowane

Krok 4 – Wprowadzenie kondygnacji do struktury budynku

Począwszy od wersji 4.0, program PURMO OZC pozwala na tworzenie struktury budynku w postaci drzewa. Podejście takie ułatwia wprowadzanie danych, zwłaszcza w przypadku dużych i skomplikowanych budynków. Dostępne są następujące elementy:

- pomieszczenie,
- grupa pomieszczeń,
- strefa,
- kondygnacja.

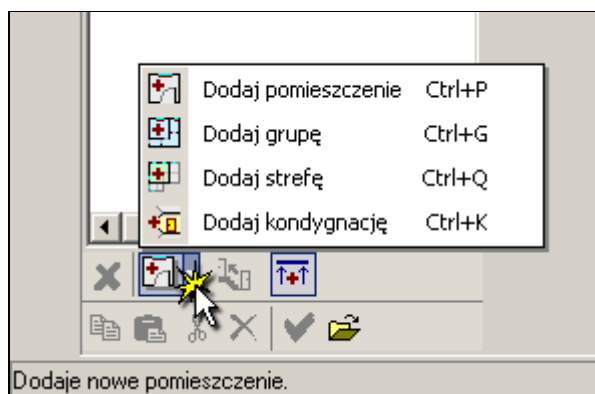
Przy czym nie jest obowiązkowe stosowanie w każdym budynku wszystkich powyższych elementów. Zawsze jednak w projekcie muszą występować pomieszczenia, a jedno pomieszczenie w strukturze budynku w programie PURMO OZC może odpowiadać kilku pomieszczeniom w rzeczywistości. Uproszczenie takie może być zastosowane m.in. przy sporządzaniu świadectwa energetycznego tzw. metodą bryłową.

Do grupy należą pomieszczenia tworzące jeden lokal, lub przyległe pomieszczenia, które pełnią zbliżone funkcje, np. komunikacja, piwnice itp. W ogólnym przypadku, grupa nie jest obowiązkowym elementem struktury budynku, chociaż istnieje wymóg, aby przy obliczaniu świadectw energetycznych wszystkie pomieszczenia ogrzewane budynku były umieszczone w obrębie grup.

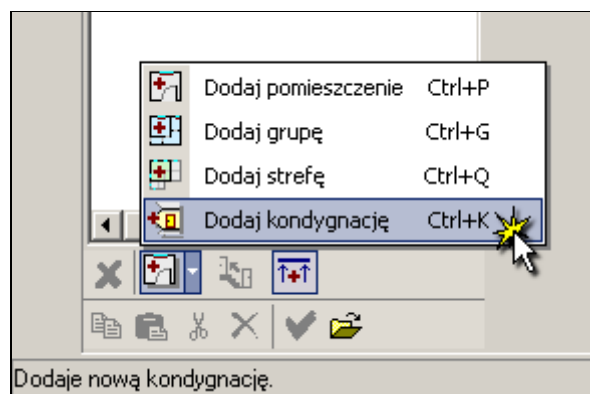
W razie potrzeby można wyróżnić strefy budynku, ale nie zawsze jest to konieczne.

Stosowanie kondygnacji jest wskazane w budynkach wielokondygnacyjnych, ponieważ pozwala zaoszczędzić czas potrzebny na wprowadzanie rzędnych i wysokości pomieszczeń.

Tworzenie struktury budynku rozpoczniemy od wprowadzenia kondygnacji. W tym celu, rozwijamy przycisk **Dodaj...**, znajdujący się pod oknem ze strukturą budynku (rys. 9) i wybieramy funkcję **Dodaj kondygnację** (rys. 10). Rozwinięcie przycisku następuje po kliknięciu symbolu rozwijania, znajdującego się z prawej strony przycisku.



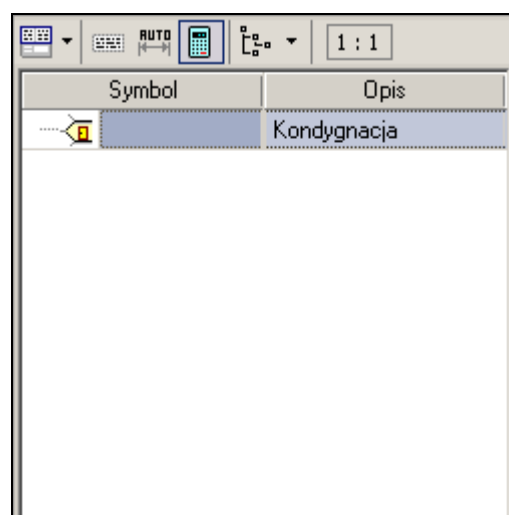
Rys. 9. Rozwinięcie przycisku w celu wyboru jego funkcji



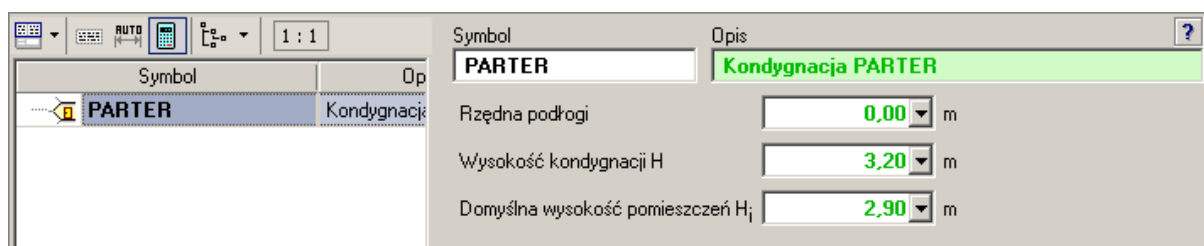
Rys. 10. Wybór funkcji **Dodaj kondygnację**

W strukturze budynku pojawiła się kondygnacja (rys. 11).

Teraz możemy nadać utworzonej kondygnacji jakiś symbol, np. „PARTER” (rys. 12). Program automatycznie tworzy opis, chociaż możemy go zmienić. Zwróćmy uwagę, że program również automatycznie, na podstawie danych ogólnych, przyjął rzędną podłogi oraz wysokość kondygnacji H (licząc pomiędzy powierzchniami podłóg) i domyślną wysokość pomieszczeń H_i (w świetle). W tym przypadku nie zachodzi potrzeba korekty danych przyjętych automatycznie.



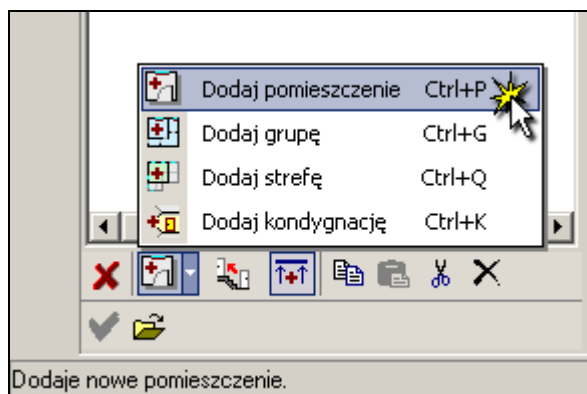
Rys. 11. W strukturze budynku pojawiła się kondygnacja



Rys. 12. Dane nt. kondygnacji

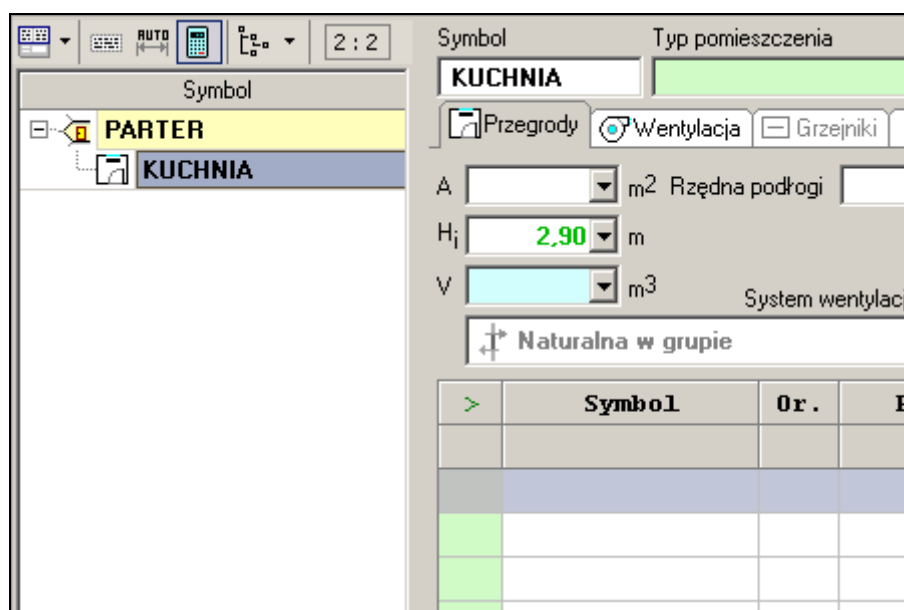
Krok 5 – Wprowadzenie pomieszczeń do struktury budynku

Następnie, do struktury budynku wprowadzamy pomieszczenia. Postępujemy analogicznie, jak w poprzednich przykładach, tzn. ponownie rozwijamy przycisk **Dodaj...** i wybieramy funkcję **Dodaj pomieszczenie** (rys. 13).



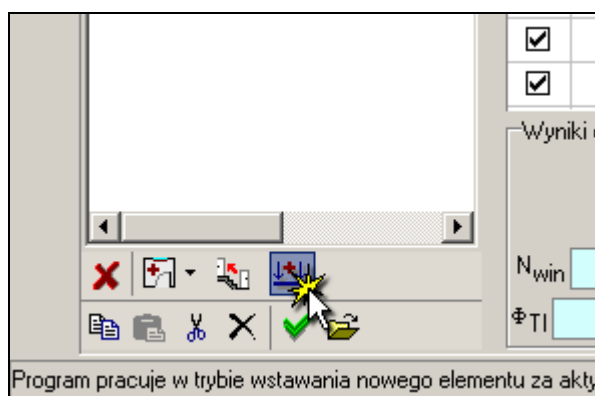
Rys. 13. Wybór funkcji **Dodaj pomieszczenie**

W strukturze budynku pojawiło się pierwsze pomieszczenie. Nadajemy mu symbol „KUCHNIA” (rys. 14).



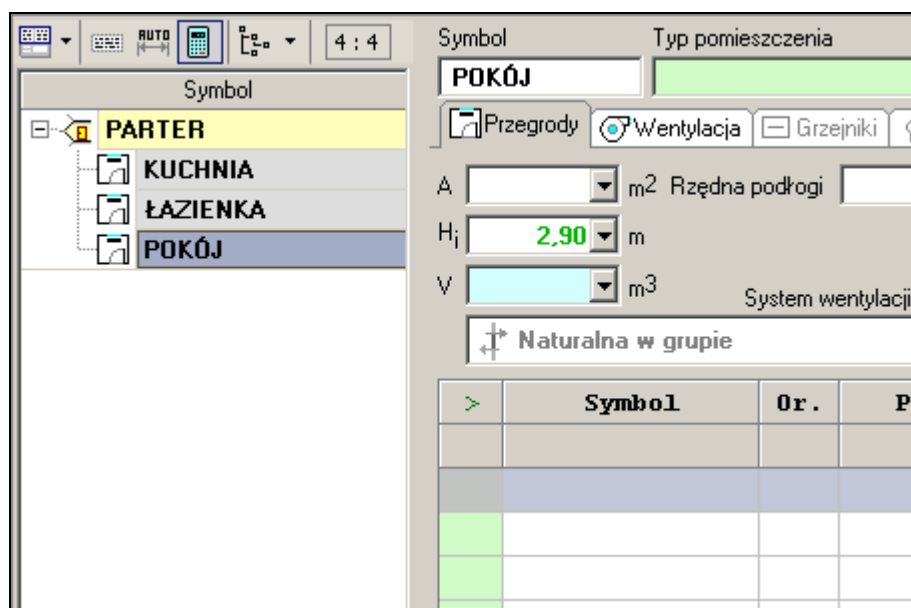
Rys. 14. Do struktury budynku dodana została kuchnia

Nowe pomieszczenie może być umieszczane w strukturze budynku przed lub za aktywnym pomieszczeniem. W tym przykładzie wygodniej będzie, jeśli kolejne pomieszczenia będą dodawane na końcu. W tym celu, przełączamy przycisk trybu wstawiania w stan „Wstawiaj za aktywnym elementem” (rys. 15).



Rys. 15. Przełączenie przycisku trybu wstawiania w stan „Wstawiaj za aktywnym elementem”

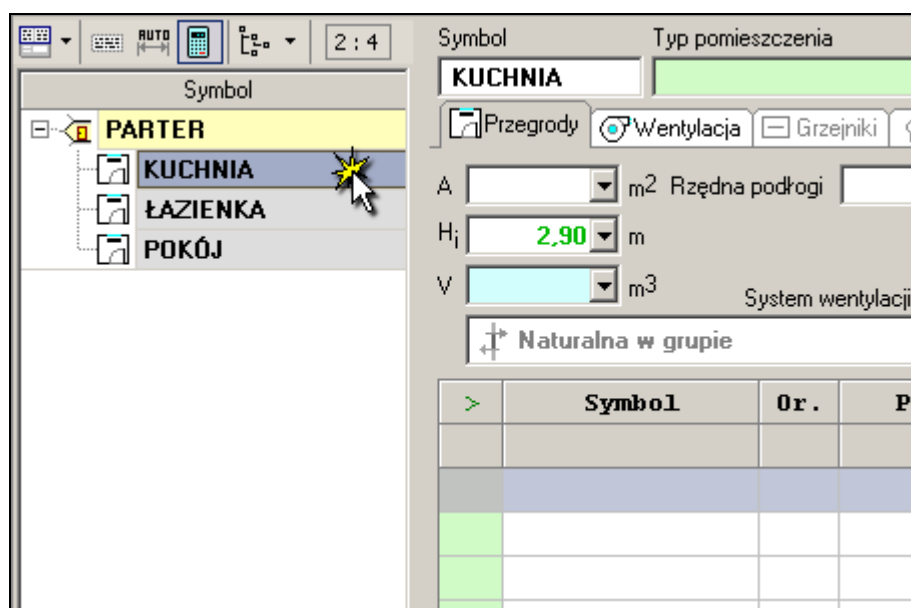
Teraz dodajemy pozostałe pomieszczenia, postępując analogicznie, jak w przypadku kuchni (rys. 16).



Rys. 16. Kompletna struktura budynku

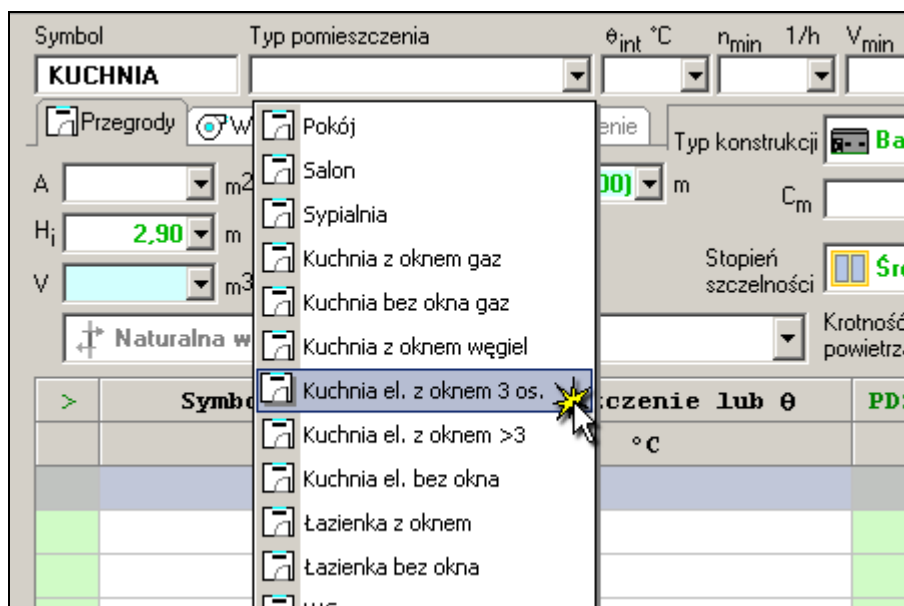
Krok 6 – Kuchnia – dane podstawowe

Teraz przystępujemy do wprowadzania danych nt. poszczególnych pomieszczeń, rozpoczynając od kuchni. W tym celu, wybieramy kuchnię na drzewie struktury budynku (rys. 17).

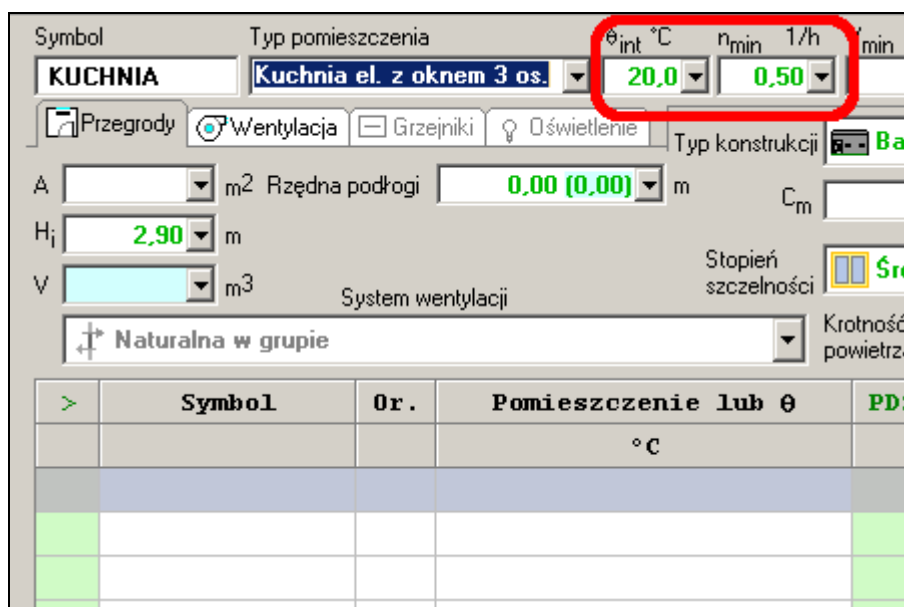


Rys. 17. Wybranie kuchni na drzewie struktury budynku

Następnie, z rozwijanej listy wybieramy typ pomieszczenia „Kuchnia el. z oknem 3 os.” (rys. 18). Określenie typu pomieszczenia nie jest obowiązkowe, jednak dzięki niemu program będzie mógł automatycznie przyjąć pewne dane, np. projektową temperaturę wewnętrzną, czy wymagania dotyczące wentylacji (rys. 19).



Rys. 18. Wybór typu pomieszczenia



Rys. 19. Program przyjął automatycznie projektową temperaturę wewnętrzną i minimalną krotność wymiany powietrza na podstawie wybranego typu pomieszczenia

W tej części okna z danymi nt. pomieszczenia musimy jeszcze wpisać powierzchnię pomieszczenia w świetle ścian A. Zgodnie z zasadami dziedziczenia danych, program przyjął wysokość pomieszczenia H_i i obliczył jego kubaturę V (rys. 20).

Rys. 20. Program automatycznie oblicza kubaturę pomieszczenia

Pozostałe dane w oknie nt. pomieszczenia zostały przyjęte automatycznie (świadczy o tym zielona czcionka). W większości przypadków nie zachodzi potrzeba zmiany tych wartości. Jednak w przypadku bardziej zróżnicowanych budynków można pewne dane skorygować.

Ogólna zasada **dziedziczenia danych** jest taka, że dane są automatycznie dziedziczone z wyższych poziomów struktury budynku, chyba że na niższym poziomie ręcznie określimy inaczej.

Krok 7 – Kuchnia – przegrody

Teraz możemy przystąpić do wprowadzania informacji na temat przegród budowlanych, ograniczających nasze pomieszczenie.

Jak już dowiedzieliśmy się w poprzednich przykładach, wymiary przegród wprowadza się do programu, licząc pomiędzy osiami przegród ograniczających, tak jak w metodyce wg normy PN-B-3406 [7]. Jeśli w danych ogólnych wybrany został wariant obliczeń wg normy PN-EN 12831 [15], to program automatycznie przelicza wymiary w osiach na wymiary zewnętrzne. Odpowiednia poprawka pojawia się w kolumnach $\Delta L/A$ i ΔH .

Aby program prawidłowo przeliczał wymiary w osiach na wymiary zewnętrzne, poszczególne ściany należy wprowadzać po kolei, zgodnie z ruchem wskazówek zegara, zaczynając od pierwszej ściany zewnętrznej w ciągu.

W związku z tym, zaczynamy od ściany zachodniej. Następnie wprowadzamy – idąc zgodnie z ruchem wskazówek zegara – ścianę północną, a po niej wbudowane w nią okno. Dla przegród zewnętrznych program automatycznie przyjmuje temperaturę z drugiej strony przegrody w oparciu o strefę klimatyczną, w której znajduje się budynek.

Kolejną ścianą jest ściana wewnętrzną od strony łazienki. W łazience temperatura projektowa wynosi 24°C. W związku z tym, w warunkach projektowych w kuchni wystąpią zyski ciepła przez przenikanie z łazienki.

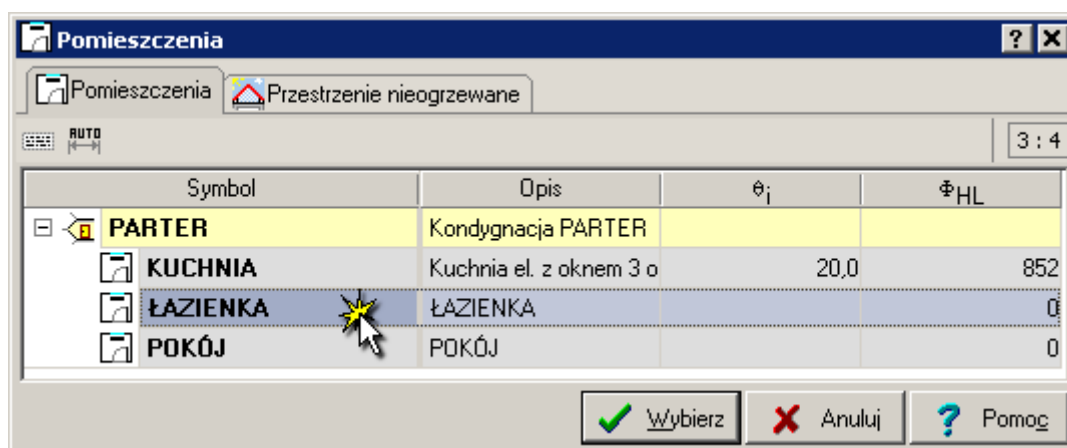
W kolumnie **Pomieszczenie lub θ** należy wprowadzić symbol pomieszczenia lub temperaturę po drugiej stronie przegrody. Bardziej uniwersalną metodą jest podanie symbolu pomieszczenia, ponieważ umożliwia to większe zautomatyzowanie wprowadzania danych. Program może wówczas m.in. sam ustalać, czy pomieszczenie to należy do tego samego, czy innego lokalu. Poza tym, ściana pomiędzy pomieszczeniami jest automatycznie wstawiana do sąsiedniego pomieszczenia, co powoduje oszczędność czasu.

Symbol pomieszczenia, znajdującego się po drugiej stronie przegrody, można wprowadzić ręcznie. Jednak wygodniej jest wybrać go z katalogu. W tym celu, klikamy w komórkę w kolumnie **Pomieszczenie lub θ** , a następnie wciskamy klawisz F1. Wyświetli się okno dialogowe **Pomieszczenia**, zawierające strukturę budynku (rys. 21). Klikamy teraz pomieszczenie o symbolu „łazienka” i zatwierdzamy wybór za pomocą przycisku **Wybierz**.

Do tej pory nie została określona temperatura projektowa w łazience, więc program nie określa jeszcze strumienia ciepła, przenikającego z łazienki do kuchni (rys. 22). Natomiast po uzupełnieniu temperatury w łazience, program obliczy ten strumień, który stanowi straty ciepła w łazience, a zyski – w kuchni.

Kolejną ścianą w ciągu jest ściana od strony pokoju. Jednak ponieważ kuchnia i pokój charakteryzują się tą samą temperaturą projektową oraz należą do tego samego lokalu, to strumień przenikającego ciepła w warunkach projektowych wynosi 0 W. W związku z tym, można tę ścianę pominąć, chociaż oczywiście uwzględnienie jej nie jest błędem.

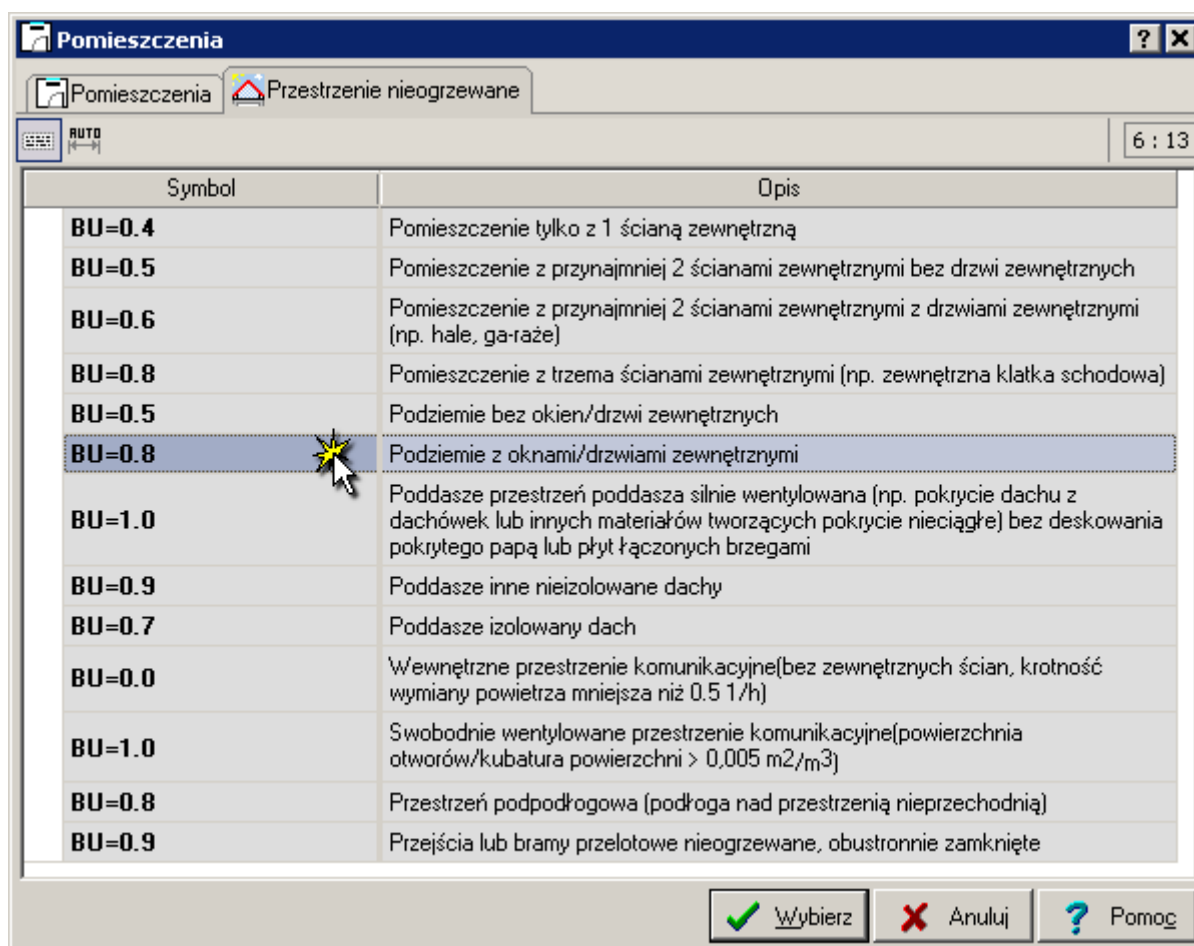
W kolejnych wierszach tabeli wprowadzamy dane nt. stropu nad piwnicą i dachu. W przypadku stropu, zastosujemy uproszczoną metodę określania temperatury w piwnicy w oparciu o wartość tabelaryczną współczynnika b_u . W tym celu, w komórce w kolumnie **Pomieszczenie lub θ** wciskamy klawisz F1. W wyświetlonym oknie dialogowym **Pomieszczenia**, przechodzimy do zakładki **Przestrzenie nieogrzewane**. Następnie wybieramy pozycję „BU=0.8 Podziemie z oknami/drzwiami zewnętrznymi” (rys. 23).



Rys. 21. Wybór symbolu pomieszczenia, znajdującego się z drugiej strony przegrody

>	Symbol	Or.	Pomieszczenie lub θ	PDS	L lub A	H	N	$\Delta L/A$	ΔH	A	A_c	$\Delta \theta$	U_k	H_T	Φ_T
			°C		m: m ²	m	Szt.	m: m ²	m	m ²	m ²	K	W/m ² ·K	W/K	W
0	SZ	W	Te= -16,0°C		2,55	3,20	1	0,20	0,11	9,1	9,1	36,0	0,300	2,73	98
0	SZ	N	Te= -16,0°C		2,83	3,20	1	0,20	0,11	10,0	8,8	36,0	0,300	2,65	96
1	OK	N	Te= -16,0°C		1,20	1,00	1			1,2	1,2	36,0	2,500	3,00	108
0	SW15		ŁAZIENKA °C	T	2,55	3,20	1			8,2	8,2		2,040		
0	USD		BU= 0,80 -8,8°C		7,22		1			7,2	7,2	28,8	1,479	8,54	307
0	DACH	H	Te= -16,0°C		7,22		1	1,12		8,3	8,3	36,0	0,317	2,64	95

Rys. 22. Dane nt. przegród w kuchni. Program obliczy zyski ciepła z łazienki po określeniu w niej temperatury projektowej

Rys. 23. Wybór wartości współczynnika b_u

Współczynnik redukcji temperatury b_u zdefiniowany jest równaniem:

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e}, \quad - \quad (1)$$

gdzie:

$\theta_{int,i}$ – projektowa temperatura wewnętrzna przestrzeni ogrzewanej, °C;

θ_u – projektowa temperatura przestrzeni nieogrzewanej, °C;

θ_e – projektowa temperatura zewnętrzna, °C.

Po przekształceniu, otrzymujemy wzór na temperaturę przestrzeni nieogrzewanej:

$$\theta_u = \theta_{int,i} - b_u (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad ^\circ\text{C} \quad (2)$$

Po podstawieniu otrzymujemy:

$$\theta_u = \theta_{int,i} - b_u (\theta_{int,i} - \theta_e) = 20 - 0,8[20 - (-16)] = -8,8^\circ\text{C} \quad (3)$$

Czyli przyjęcie wartości orientacyjnej współczynnika redukcji temperatury b_u równej 0,8, oznacza założenie, że różnica temperatury pomiędzy analizowanym pomieszczeniem i piwnicą, jest równa osiemdziesięciu procentom różnicy temperatury wewnętrznej i zewnętrznej. W tym przypadku, takie założenie jest równoznaczne z przyjęciem temperatury w nieogrzewanej piwnicy $-8,8^\circ\text{C}$.

Po wprowadzeniu wszystkich przegród program może dokonać przeliczenia wymiarów w osiach na wymiary zewnętrzne. W analizowanej kuchni występują trzy miejsca, wymagające korekty wymiarów – długość ścian tworzących naroże zewnętrzne, wysokość ścian zewnętrznych oraz powierzchnia dachu.

Przykładowo, na rys. 24 pokazano sposób określania korekty długości ścian zewnętrznych, tworzących naroże wypukłe. W celu przeliczenia wymiarów w osiach na wymiary zewnętrzne, program dodaje połowę grubości ściany sąsiedniej.

Innym przykładem przeliczenia wymiarów jest korekta pola powierzchni dachu nad pomieszczeniem (rys. 25). Pole powierzchni dachu nad kuchnią, określone wg wymiarów w osiach ścian, wynosi:

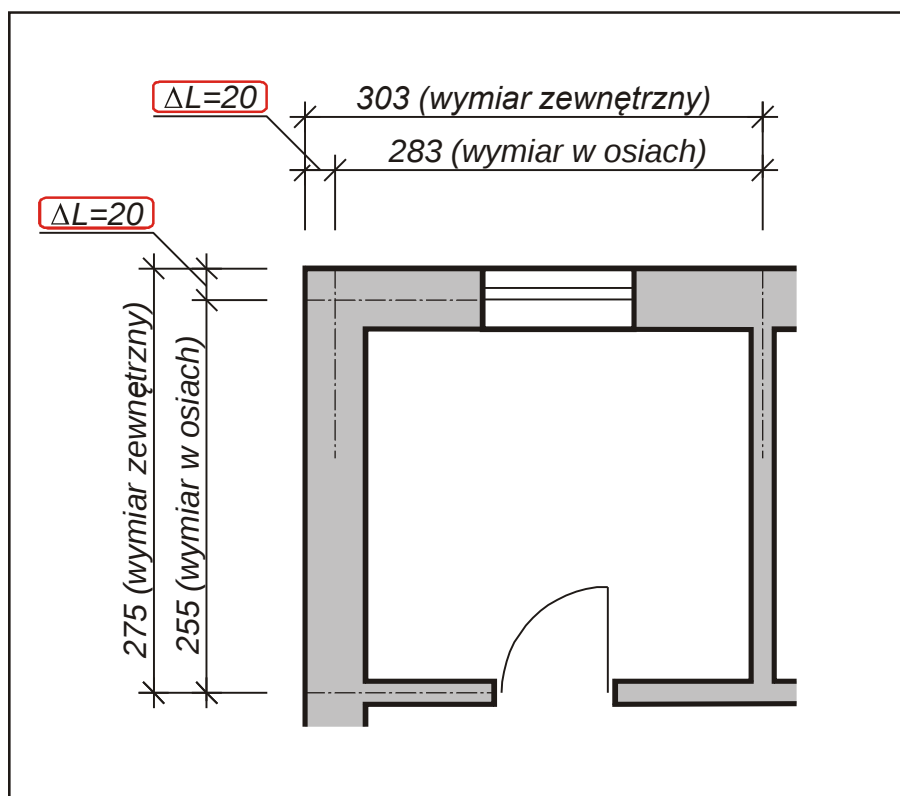
$$2,83 \cdot 2,55 = 7,217 \text{ m}^2 \quad (4)$$

Natomiast pole powierzchni dachu nad kuchnią wg wymiarów zewnętrznych równa się:

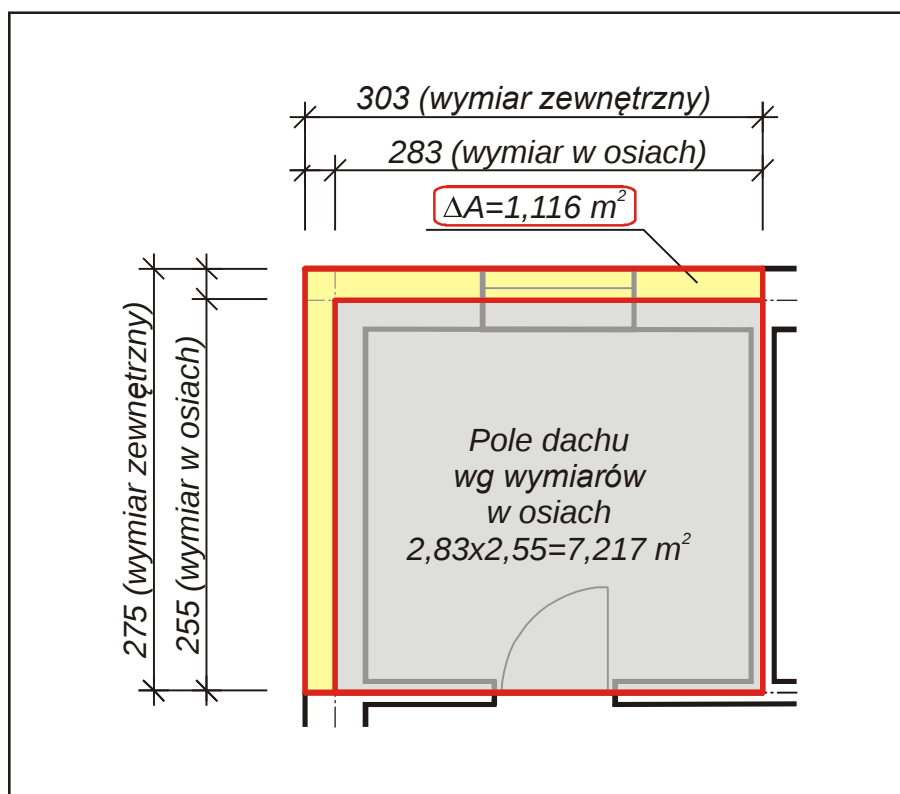
$$3,03 \cdot 2,75 = 8,333 \text{ m}^2 \quad (5)$$

W związku z tym, korekta pola powierzchni wynosi:

$$\Delta A = 8,333 - 7,217 = 1,116 \text{ m}^2 \quad (6)$$



Rys. 24. Przeliczenie wymiarów w osiach na wymiary zewnętrzne w przypadku naroża wypukłego



Rys. 25. Przeliczenie pola wymiarów dachu nad kuchnią, określonego w oparciu o wymiary w osiach, na wymiary zewnętrzne

Krok 8 – Kuchnia – mostki cieplne

Jeżeli zaznaczona jest odpowiednia opcja w **Danych ogólnych** w zakładce **Parametry obliczeń**, to program automatycznie uwzględnia mostki cieplne. Szybkie spojrzenie na dodatkowe strumienie ciepła, związane z występowaniem potencjalnych mostków cieplnych (kolumna Φ_{Ti}), pozwala zauważyć, że jedynym znaczącym mostkiem cieplnym w przypadku analizowanej kuchni jest mostek na obwodzie okna (71 W). Natomiast pozostałe dodatkowe strumienie cieplne, związane z potencjalnymi mostkami, są albo zerowe, albo wręcz ujemne. Zerowa wartość strumienia ciepła oznacza założenie, że sposób izolacji w tym miejscu eliminuje dodatkowe straty ciepła. Natomiast ujemna wartość strumienia ciepła to *de facto* korekta zawyżonych strat ciepła przez powierzchnie przegród. Występowanie ujemnych strumieni ciepła przez mostki związane jest ze stosowaniem wymiarów zewnętrznych, które w wielu przypadkach powodują uzyskanie za dużych wartości strumienia ciepła. Tak dzieje się np. w przypadku dobrze zaizolowanego naroża wypukłego ścian zewnętrznych.

Szczegółowo uwzględnianie w obliczeniach mostków cieplnych zostało omówione w przykładzie 12.

Krok 9 – Kuchnia – wentylacja

Domyślnym typem wentylacji (jeśli nie wybierzemy innego wariantu) jest wentylacja naturalna. Ponieważ nie zmieniliśmy tej opcji w danych ogólnych, to program dla kuchni przyjmuje na zasadzie dziedziczenia danych również wentylację naturalną.

Proces określenia wentylacyjnej straty ciepła jest w tym przypadku w pełni zautomatyzowany i nie jest wymagane żadne działanie ze strony użytkownika (rys. 26).

Program najpierw szacuje strumień powietrza infiltrującego do pomieszczenia w oparciu o zależność:

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i, \text{ m}^3/\text{h} \quad (7)$$

gdzie:

- V_i – kubatura przestrzeni ogrzewanej (obliczona na podstawie wymiarów wewnętrznych), m^3 ;
- n_{50} – krotność wymiany powietrza wewnętrznego, wynikająca z różnicy ciśnienia 50 Pa między wnętrzem a otoczeniem budynku, z uwzględnieniem wpływu nawiewników powietrza (tablica NB.7 w załączniku krajowym do normy PN-EN 12831:2006 [15]), h^{-1} ;
- e_i – współczynnik osłonięcia (tablica NB.8 w załączniku krajowym do normy PN-EN 12831:2006);
- ε_i – współczynnik poprawkowy uwzględniający wzrost prędkości wiatru w zależności od wysokości położenia przestrzeni ogrzewanej ponad poziomem terenu (tablica NB.9 w załączniku krajowym do normy PN-EN 12831:2006).

Symbol	Typ pomieszczenia	θ_{int} °C	n_{min} 1/h	V_{min} m ³ /h	Opis
KUCHNIA	Kuchnia el. z oknem 3 os.	20,0	0,50	8,4	Kuchnia

☐ Przegrody
 ☒ Wentylacja
 ☐ Grzejniki
 ☐ Oświetlenie

System wentylacji: Naturalna w grupie

Wyniki obliczeń wentylacji

V_{inf}	4,7	m ³ /h	V_v	8,4	m ³ /h
			θ_v	-16,0	°C
			H_v	2,86	W/K
n	0,5	1/h	Φ_v	103	W

Rys. 26. Obliczenie wentylacyjnej straty ciepła w przypadku wentylacji naturalnej

Po podstawieniu wartości liczbowych, w tym przypadku otrzymujemy:

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot 16,85 \cdot 7,0 \cdot 0,02 \cdot 1,0 = 4,7 \text{ m}^3/\text{h} \quad (8)$$

gdzie:

V_i – kubatura: $\dot{V}_i = A \cdot H_i = 5,81 \cdot 2,9 = 16,85 \text{ m}^3$;

n_{50} – dla budynku jednorodzinnego o średnim stopniu szczelności tabela w normie podaje przedział 4–10 h⁻¹; przyjęto wartość środkową z przedziału $n_{50} = 7 \text{ h}^{-1}$;

e_i – dla budynku o średnim osłonięciu i jednym otworze (oknie) $e_i = 0,02$;

ε_i – w przypadku środka pomieszczenia do 10 m nad poziomem terenu $\varepsilon_i = 1,0$.

Poza tym, program określa w sposób następujący minimalny strumień objętości powietrza, wymagany ze względów higienicznych:

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i, \text{ m}^3/\text{h} \quad (9)$$

gdzie:

n_{min} – minimalna krotność wymiany powietrza na godzinę (tablica NB.6 w załączniku krajowym do normy PN-EN 12831:2006), h⁻¹;

V_i – kubatura przestrzeni ogrzewanej (obliczona na podstawie wymiarów wewnętrznych), m^3 .

Dla kuchni załącznik krajowy do normy PN-EN 12831:2006 podaje minimalną krotność wymiany powietrza 0,5 1/h. W związku z tym, po podstawieniu wartości liczbowych otrzymujemy:

$$\dot{V}_{min,i} = 0,5 \cdot 16,85 = 8,4 \text{ m}^3/\text{h} \quad (10)$$

Zgodnie z zasadami podanymi w normie PN-EN 12831:2006, program do obliczeń wentylacyjnej straty ciepła przyjął większy z tych strumieni powietrza, czyli 8,4 m^3/h (pole V_v).

Następnie oblicza się współczynnik projektowej wentylacyjnej straty ciepła, korzystając ze wzoru:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_v = 0,34 \cdot 8,4 = 2,86 \text{ W/K} \quad (11)$$

gdzie:

$\dot{V}_v$ – strumień objętości powietrza wentylacyjnego przestrzeni ogrzewanej, m^3/h .

W przypadku wentylacji naturalnej, temperatura powietrza wentylacyjnego jest równa projektowej temperaturze zewnętrznej. W związku z tym, wentylacyjną stratę ciepła oblicza się zgodnie z następującym równaniem:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad \text{W} \quad (12)$$

gdzie:

$H_{V,i}$ – współczynnik projektowej wentylacyjnej straty ciepła, W/K;

$\theta_{int,i}$ – projektowa temperatura wewnętrzna przestrzeni ogrzewanej, $^{\circ}\text{C}$;

θ_e – projektowa temperatura zewnętrzna, $^{\circ}\text{C}$.

Po podstawieniu wartości liczbowych:

$$\Phi_{V,i} = 2,86 \cdot [20 - (-16)] = 103 \text{ W} \quad (13)$$

Krok 10 – łazienka

Przechodzimy do łazienki. Ustawiamy typ pomieszczenia jako „łazienka z oknem”. Program na tej podstawie będzie mógł określić automatycznie temperaturę projektową (+24 $^{\circ}\text{C}$) oraz minimalną krotność wymiany powietrza (0,5 1/h).

Po określeniu temperatury w łazience, program może już automatycznie obliczyć zyski ciepła przez przenikanie do kuchni. Jeśli zajrzemy teraz na chwilę do danych nt. kuchni, to zauważymy, że program uzupełnił obliczenia przenikania ciepła przez ścianę między łazienką i kuchnią (rys. 27).

>	Symbol	Or.	Pomieszczenie lub θ	PDS	L lub A	H	N	$\Delta L/A$	ΔH	A	A_c	$\Delta \theta$	U_k	H_T	Φ_T	
			$^{\circ}\text{C}$		m; m ²	m	Szt. m; m ²	m	m	m ²	m ²	K	W/m ² ·K	W/K	W	
0	SZ	W	Te= -16,0 $^{\circ}\text{C}$		2,55	3,20	1	0,20	0,11	9,1	9,1	36,0	0,300	2,73	98	
0	SZ	N	Te= -16,0 $^{\circ}\text{C}$		2,83	3,20	1	0,20	0,11	10,0	8,8	36,0	0,300	2,65	96	
1	OK	N	Te= -16,0 $^{\circ}\text{C}$		1,20	1,00	1			1,2	1,2	36,0	2,500	3,00	108	
0	SW15		ŁAZIENKA 24,0 $^{\circ}\text{C}$	T	2,55	3,20	1			8,2	8,2	-4,0	2,040	-1,85	-67	
0	OSB		DO= 0,00 -0,0 $^{\circ}\text{C}$		1,22		1			1,2	1,2	26,8	1,479	8,34	307	
0	DACH	H	Te= -16,0 $^{\circ}\text{C}$		7,22		1	1,12		8,3	8,3	36,0	0,317	2,64	95	

Rys. 27. Dane nt. przegród w kuchni. Program obliczył zyski ciepła z łazienki po określeniu w niej temperatury projektowej

Strumień zysków ciepła można obliczyć w następujący sposób:

$$\Phi_T = U_k \cdot A_c \cdot (\theta_i - \theta_j) = 2,04 \cdot 8,2 \cdot (20 - 24) = -67 \text{ W} \quad (14)$$

Ponieważ wzór powyższy służy od obliczania strat ciepła, to otrzymanie wartości ujemnej oznacza, że mamy do czynienia z zyskami ciepła.

Natomiast w łazience pojawi się taka sama wartość strumienia ciepła, ale już ze znakiem dodatnim, a więc – straty ciepła.

Po powrocie do okna z danymi nt. łazienki, wpisujemy pole powierzchni **A** 3,40 m². Pozostałe dane w tej części okna przyjmowane są automatycznie i w naszym przypadku nie zachodzi potrzeba ich korekty.

Przechodzimy do tabeli, zawierającej dane nt. przegród budowlanych, otaczających pomieszczenie. W tabeli znajduje się już ściana wewnętrzna od strony kuchni. Ponieważ wpisaliśmy tę ścianę w danych nt. kuchni i podaliśmy, że po drugiej stronie znajduje się łazienka, program automatycznie „wstawił tę ścianę do łazienki”.

Jednak zgodnie z zasadami nt. kolejności wprowadzania ścian, pierwsza w tabeli powinna znajdować się ściana północna, następnie wschodnia, potem ściana wewnętrzna od strony pokoju, a dopiero na końcu – wspomniana ściana od strony kuchni.

W związku z tym, musimy w tabeli dodać nowe wiersze przed ścianą od strony kuchni. W tym celu, klikamy w pierwszy wiersz (zawierający ścianę wewnętrzną) i przyciskamy klawisz **INS**. Na początku tabeli pojawił się pusty wiersz. Zamiast użycia klawisza **INS**, możemy prawym klawiszem myszy wywołać podręczne menu i wybrać z niego polecenie **Wstaw wiersz**.

W przypadku konieczności zmiany kolejności wierszy w tabeli, możemy skorzystać z przycisków strzałek, znajdujących się z prawej strony tabeli (rys. 28), albo skrótów klawiaturowych **Ctrl + Shift + Strzałka do góry** bądź **Ctrl + Shift + Strzałka do dołu**.

θ_u	Φ_{Tu}		
$^{\circ}\text{C}$	W		

Rys. 28. Przyciski służące do przenoszenia bieżącego wiersza tabeli

>	Symbol	Or.	Pomieszczenie lub θ	PDS	L lub A	H	N	$\Delta L/A$	ΔH	A	A_c	$\Delta \theta$	U_k	H_T	Φ_T	
			$^{\circ}\text{C}$		m; m ²	m	Szt.	m; m ²	m	m ²	m ²	K	W/m ² ·K	W/K	W	
0	SZ	N	Te= -16,0 $^{\circ}\text{C}$		1,77	3,20	1	0,20	0,11	6,5	5,8	40,0	0,300	1,74	70	
1	OK	N	Te= -16,0 $^{\circ}\text{C}$		0,60	1,20	1			0,7	0,7	40,0	2,500	1,80	72	
0	SZ	E	Te= -16,0 $^{\circ}\text{C}$		2,55	3,20	1	0,20	0,11	9,1	9,1	40,0	0,300	2,73	109	
0	SW15		POKÓJ	T	1,77	3,20	1			5,7	5,7		2,040			
0	SW15		KUCHNIA 20,0 $^{\circ}\text{C}$	T	2,55	3,20	1			8,2	8,2	4,0	2,040	1,66	67	
0	USD		BU= 0,80 -8,0 $^{\circ}\text{C}$		4,51		1			4,5	4,5	32,0	1,479	5,34	214	
0	DACH	H	Te= -16,0 $^{\circ}\text{C}$		4,51		1	0,90		5,4	5,4	40,0	0,317	1,72	69	

Rys. 29. Dane nt. przegród w łazience. Straty ciepła do pokoju program obliczy po określeniu w nim temperatury projektowej

Krok 11 – Pokój

Przechodzimy do pokoju i wprowadzamy poszczególne dane analogicznie, jak w poprzednich pomieszczeniach. Musimy jeszcze dodać drzwi zewnętrzne do katalogu przegród budowlanych. W tym celu, przechodzimy do okna **Przegrody**, wybieramy zakładkę **Przegrody typowe**, a następnie dodajemy drzwi zewnętrzne (rys. 30). Następnie wracamy do okna **Pomieszczenia**. Dane nt. przegród w pokoju pokazano na rys. 31.

Rys. 30. Dane nt. drzwi zewnętrznych

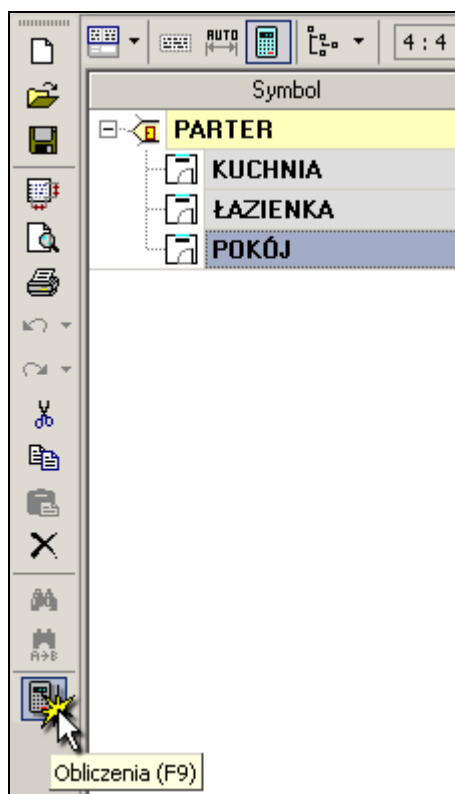
>	Symbol	Or.	Pomieszczenie lub θ	PDS	L lub A	H	N	$\Delta L/A$	ΔH	A	A_c	$\Delta \theta$	U_k	H_T	Φ_T	
			$^{\circ}\text{C}$		m; m ²	m	Szt.	m; m ²	m	m ²	m ²	K	W/m ² ·K	W/K	W	
0	SZ	E	Te= -16,0 $^{\circ}\text{C}$		3,60	3,20	1	0,20	0,11	12,6	10,2	36,0	0,300	3,06	110	
1	DZ	E	Te= -16,0 $^{\circ}\text{C}$		1,20	2,00	1			2,4	2,4	36,0	2,000	4,80	173	
0	SZ	S	Te= -16,0 $^{\circ}\text{C}$		4,60	3,20	1	0,40	0,11	16,6	14,2	36,0	0,300	4,25	153	
1	OK	S	Te= -16,0 $^{\circ}\text{C}$		2,00	1,20	1			2,4	2,4	36,0	2,500	6,00	216	
0	SZ	W	Te= -16,0 $^{\circ}\text{C}$		3,60	3,20	1	0,20	0,11	12,6	11,4	36,0	0,300	3,42	123	
1	OK	W	Te= -16,0 $^{\circ}\text{C}$		1,00	1,20	1			1,2	1,2	36,0	2,500	3,00	108	
0	SW15		ŁAZIENKA 24,0 $^{\circ}\text{C}$	T	1,77	3,20	1			5,7	5,7	-4,0	2,040	-1,28	-46	
0	USD		BU= 0,80 -8,8 $^{\circ}\text{C}$		16,56		1			16,6	16,6	28,8	1,479	19,59	705	
0	DACH	H	Te= -16,0 $^{\circ}\text{C}$		16,56		1	2,44		19,0	19,0	36,0	0,317	6,02	217	

Rys. 31. Dane nt. przegród w pokoju

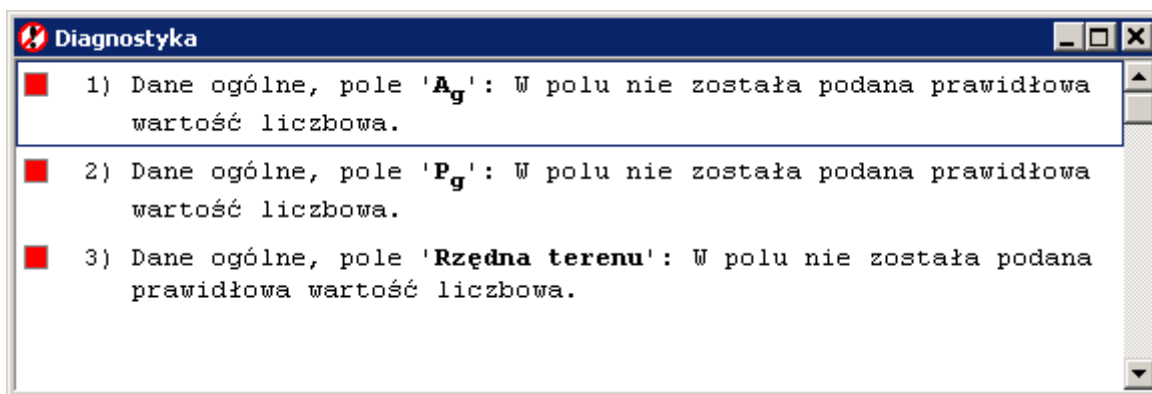
Krok 12 – Obliczenia

Wiele obliczeń program wykonuje na bieżąco w trakcie wprowadzania danych. Dzięki temu możemy np. dowiedzieć się, ile wynosi obciążenie cieplne danego pomieszczenia od razu po jego wprowadzeniu. Natomiast w celu wykonania pełnych obliczeń budynku, należy wywołać polecenie **Obliczenia** z głównego menu. Można również skorzystać z przycisku (symbol kalkulatora), znajdującego się na pasku narzędzi (rys. 32), lub klawisza F9.

Jeżeli w trakcie obliczeń zostaną wykryte błędy (np. niekompletne dane), to program wyświetli okno z diagnostyką (rys. 33). W przeciwnym przypadku można przejść do analizy wyników.



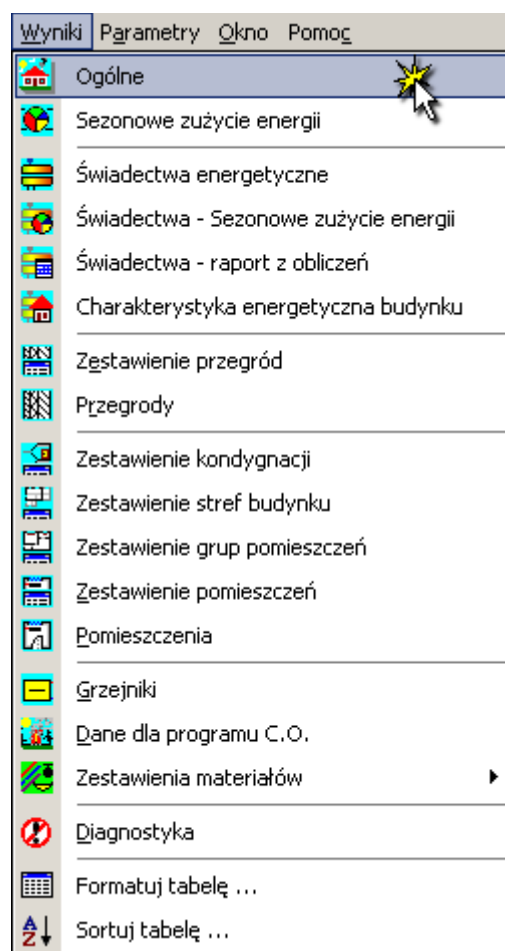
Rys. 32. Wywołanie polecenia Obliczenia



Rys. 33. Okno Diagnostyka z przykładowymi komunikatami

Krok 13 – Wyniki

Program pozwala na wyświetlanie i drukowanie wielu różnych zestawień wyników (patrz menu **Wyniki**). Podstawowe wyniki, dotyczące całego budynku, podawane są w **Wynikach ogólnych**. W celu ich wyświetlenia, wybieramy z menu **Wyniki** polecenie **Ogólne** (rys. 34). Wyświetli się okno z wynikami ogólnymi (rys. 35). Właśnie w tym miejscu można znaleźć obciążenie cieplne całego budynku, którego obliczenie było naszym zadaniem w tym przykładzie. Poza tym warto zwrócić uwagę na wskaźniki obciążenia cieplnego – na metr kwadratowy powierzchni i metr sześcienny kubatury. Można na ich podstawie dokonać orientacyjnej oceny poziomu zapotrzebowania na moc cieplną do ogrzewania. Budynek analizowany w tym przykładzie charakteryzuje się wysokimi wartościami tych wskaźników, a więc dużym zapotrzebowaniem na moc cieplną. Przynajmniej częściowo wynika to z jego geometrii – jest to budynek parterowy, w którym ogrzewane pomieszczenia tracą ciepło zarówno przez podłogę do dołu, jak i przez dach do góry.

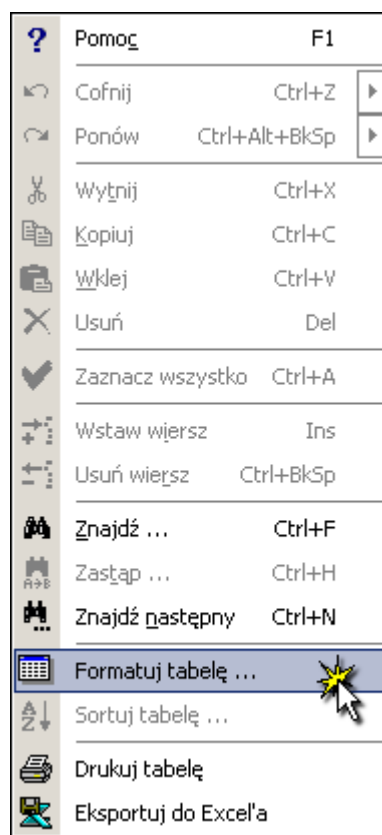
Rys. 34. Wybór z menu **Wyniki** polecenia **Ogólne**

Wyniki - Ogólne		
Podstawowe informacje:		
Nazwa projektu:	Przykład obliczania obciążenia cieplnego budynku	
Miejscowość:	Łeba	
Adres:		
Projektant:	dr inż. Michał Strzeszewski	
Normy:		
Norma na obliczanie wsp. przenikania ciepła:	PN-EN ISO 6946	
Norma na obliczanie projekt. obciążenia cieplnego:	PN-EN 12831:2006	
Dane klimatyczne:		
Strefa klimatyczna:	I	
Projektowa temperatura zewnętrzna θ_e :	-16	°C
Średnia roczna temperatura zewnętrzna $\theta_{m,e}$:	7,7	°C
Podstawowe wyniki obliczeń budynku:		
Powierzchnia ogrzewana budynku A_h :	23,2	m ²
Kubatura ogrzewana budynku V_h :	67,2	m ³
Projektowa strata ciepła przez przenikanie Φ_T :	3390	W
Projektowa wentylacyjna strata ciepła Φ_V :	418	W
Całkowita projektowa strata ciepła Φ :	3808	W
Nadwyżka mocy cieplnej Φ_{RH} :	0	W
Projektowe obciążenie cieplne budynku Φ_{HL} :	3808	W
Wskaźniki i współczynniki strat ciepła:		
Wskaźnik Φ_{HL} odniesiony do powierzchni $\Phi_{HL,A}$:	164,3	W/m ²
Wskaźnik Φ_{HL} odniesiony do kubatury $\Phi_{HL,V}$:	56,7	W/m ³

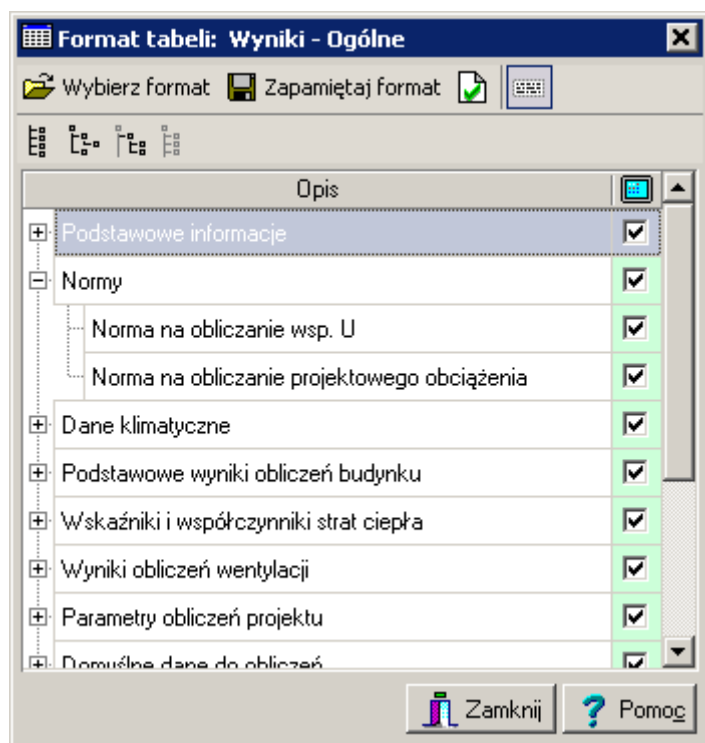
Rys. 35. Wyniki ogólne

Program umożliwia zamieszczenie w wynikach ogólnych dużej ilości informacji. Nie zawsze jednak wszystkie one są potrzebne. Dlatego projektant może przeprowadzić formatowanie tabeli z wynikami ogólnymi. W tym celu należy wywołać polecenie **Formatuj tabelę** z menu **Wyniki** (rys. 34) lub z podręcznego menu (rys. 36).

Wyświetli się okno **Format tabeli** (rys. 37), umożliwiające wybranie informacji, które będą uwzględniane. W zależności od potrzeby można włączać lub wyłączać widoczność poszczególnych informacji albo całych grup.



Rys. 36. Wybór polecenia **Formatuj tabelę** z podręcznego menu



Rys. 37. Formatowanie tabeli z wynikami ogólnymi

Oprócz wyników ogólnych, program generuje szereg zestawień i raportów szczegółowych. Zestawienia są bardziej syntetyczne od wyników szczegółowych. Np. w zestawieniu pomieszczeń każdemu pomieszczeniu odpowiada tylko jeden wiersz (rys. 38). Natomiast szczegółowe wyniki nt. pomieszczeń zawierają pełne obliczenia w formie analogicznej do obliczeń ręcznych.

Wyniki - Zestawienie pomieszczeń												
Symbol	θ_{int}	A	V	Φ_{HL}	Φ_T	Φ_V	H_T	H_V	Φ	Φ_{RH}	$\Phi_{HL,R}$	$\Phi_{HL,V}$
	°C	m ²	m ³	W	W	W	W/K	W/K	W	W	W/m ²	W/m ³
POKÓJ	20,0	13,97	40,5	2251	2003	248	55,63	6,89	2251	0	161,1	55,6
KUCHNIA	20,0	5,81	16,8	796	693	103	19,24	2,86	796	0	137,0	47,2
ŁAZIENKA	24,0	3,40	9,9	762	695	67	17,37	1,68	762	0	224,1	77,3

Rys. 38. Zestawienie pomieszczeń

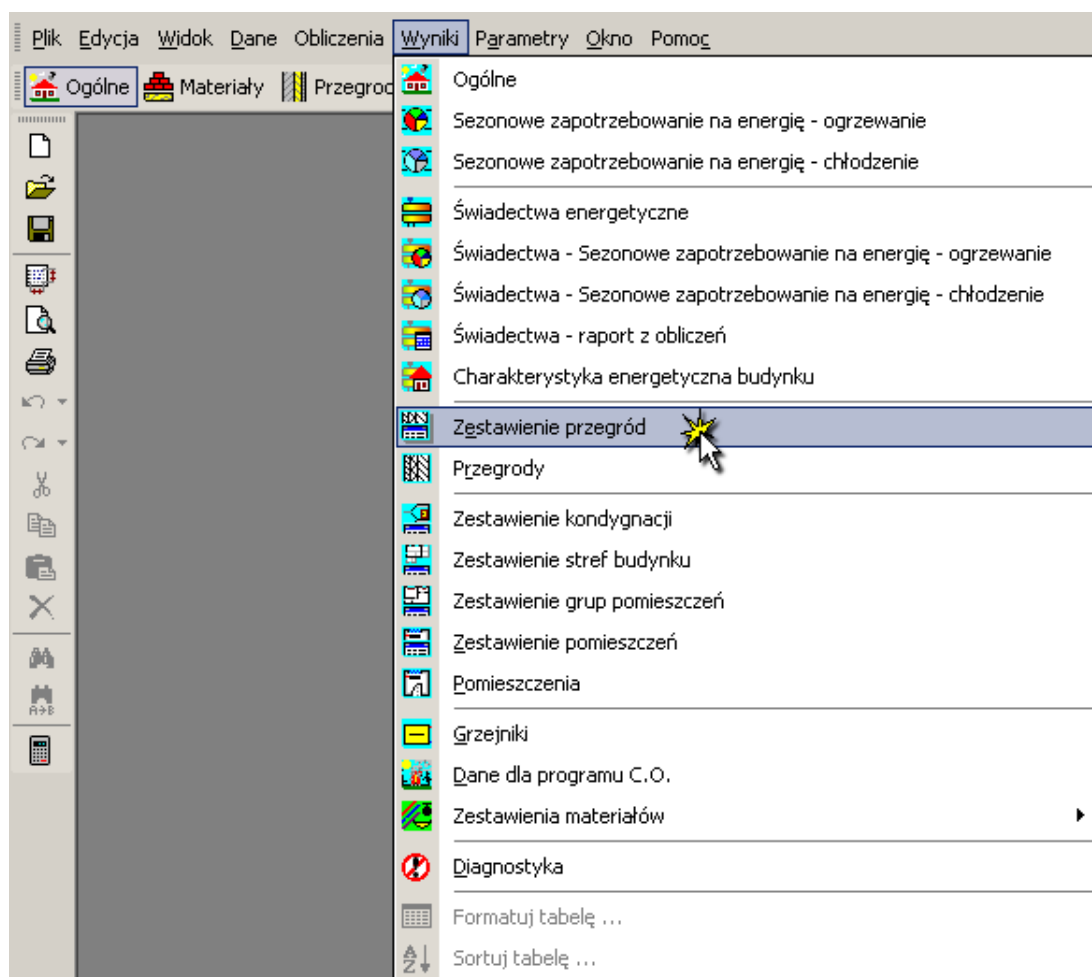
Przykład 16 Maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła według warunków technicznych

Sprawdź, czy współczynniki przenikania ciepła przegród budowlanych budynku z poprzedniego przykładu nie przekraczają wartości maksymalnych, podanych w *Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* [19] (WT2008).

Rozwiązanie

Krok 1 – Sprawdzenie wymagań WT2008

W celu sprawdzenia spełnienia wymagań WT2008 przez współczynniki przenikania ciepła, otworzymy okno **Wyniki – Zestawienie przegród**. Z menu głównego wybieramy **Wyniki**, a następnie **Zestawienie przegród** (rys. 1).



Rys. 1. Wybranie z menu polecenia **Zestawienie przegród**

W wyświetlonym oknie znajduje się kolumna **WT2008**, w której podane są informacje, czy współczynnik przenikania ciepła danej przegrody spełnia wymagania *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury* (rys. 2). W naszym przykładzie widzimy, że współczynniki przenikania ciepła trzech przegród są za wysokie. Wartości maksymalne podane są w kolumnie U_{max} .

Wyniki - Zestawienie przegród						
Symbol	Rodzaj	U	U_{max}	WT2008	Φ_T	A
		$W/m^2 \cdot K$	$W/m^2 \cdot K$		W	m^2
DACH	Dach	0,317	0,250	✗ Nie	380	32,75
DZ	Drzwi zewnętrzne	2,000	2,600	✓ Tak	173	2,40
OK	Okno (świetlik) zewnętrzne	2,500	1,800	✗ Nie	504	5,52
SW15	Ściana wewnętrzna	2,040		✓ Tak	0	13,82
SZ	Ściana zewnętrzna	0,300	0,300	✓ Tak	759	68,65
USD	Strop ciepło do dołu	1,479	0,450	✗ Nie	1226	28,29

Rys. 2. Okno **Wyniki – Zestawienie przegród** (wygląd okna po wyłączeniu części kolumn)

Krok 2 – Poprawa izolacyjności dachu

W takim razie spróbujmy teraz doprowadzić do spełnienia wymagań *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury*. Zaczniemy od dachu. W celu zmniejszenia jego współczynnika przenikania ciepła, zwiększymy grubość warstwy izolacji.

Przechodzimy do okna **Przegrody**. Wybieramy zakładkę **Przegrody wielowarstwowe** i na liście przegród zaznaczamy **Dach**. Obecnie przewidziana jest izolacja w postaci wełny mineralnej o grubości 15 cm. Metodą kolejnych przybliżeń można ustalić, że osiągnięcie wartości współczynnika przenikania ciepła $0,25 W/m^2K$ uzyskuje się po zwiększeniu grubości izolacji do 19,4 cm (rys. 3).

Symbol	d	Opis materiału	λ	ρ	c_p	R	R_{cor}
	m		$W/(m \cdot K)$	kg/m^3	$kJ/(kg \cdot K)$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$
DACHÓW_CER	0,0140	Dachówka ceramiczna.	0,820	1800	0,880	0,017	0,000
WAR.POW.DW	0,0500	Warstwa powietrzna dobrze wentylowana.				0,000	0,000
MEM_PPRZEP	0,0004	Membrana paroprzepuszczalna	0,050			0,008	0,008
WELNA-STR	0,1940	Wełna mineralna luzem w stropie poddasza	0,052	60	0,750	3,731	3,731
FOL_PSZCZ	0,0003	Folia paroszczelna	0,330			0,001	0,001
GIPS-KART	0,0150	Płyty gipsowo-kartonowe.	0,230	1000	1,000	0,065	0,065

Opór przejmowania wewnątrz R_i 0,100 $m^2 \cdot K/W$ Grubość G 0,274 m Wsp. przenikania ciepła U 0,250 $W/m^2 \cdot K$ Wytłoczne techniczne 2008

Opór przejmowania na zewnątrz R_e 0,100 $m^2 \cdot K/W$ Suma oporów przejm. i przew. 4,005 $m^2 \cdot K/W$

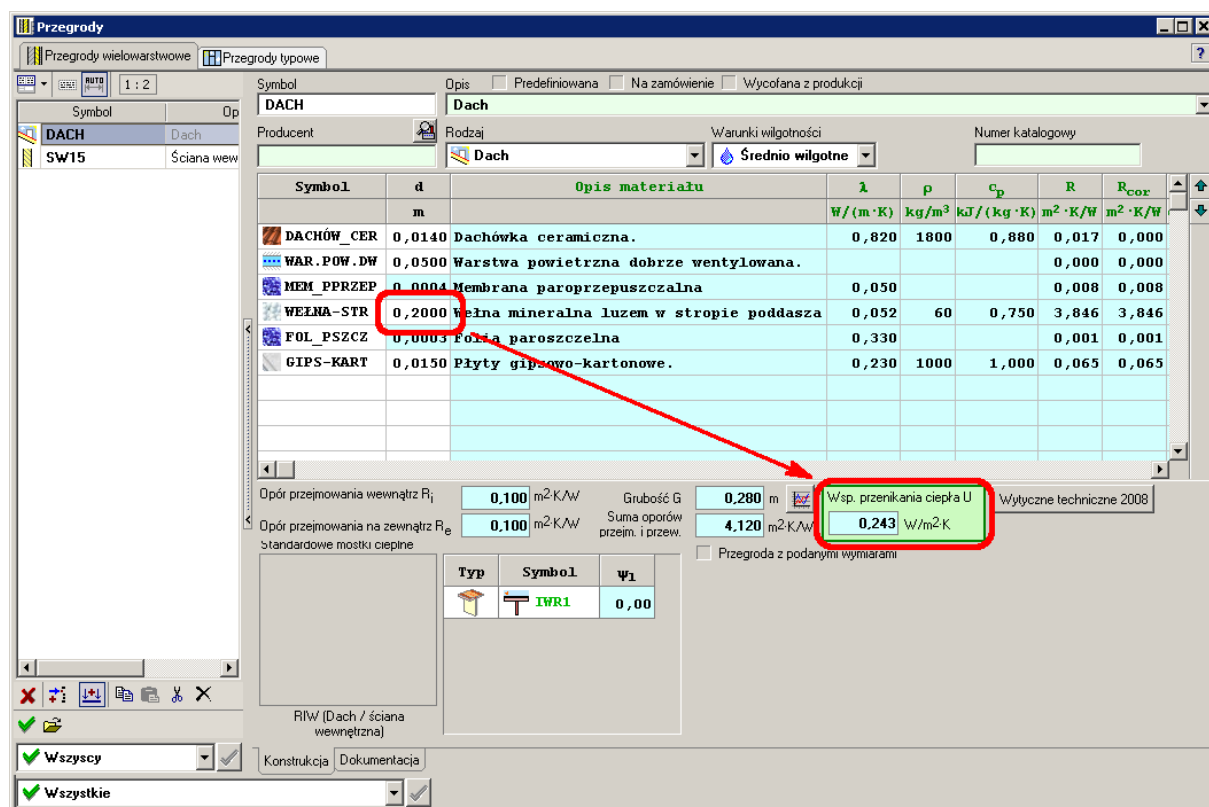
Standardowe mostki cieplne

Typ Symbol Ψ_1

IWR1 0,00

Rys. 3. Dobór grubości izolacji w celu spełnienia wymagania WT2008

W związku z tym przyjmujemy izolację o grubości 20 cm, co zapewnia współczynnik przenikania ciepła dachu $0,243 \text{ W/m}^2\text{K}$, czyli poniżej wartości maksymalnej (rys. 4).



Rys. 4. Przyjęcie grubości izolacji 20 cm

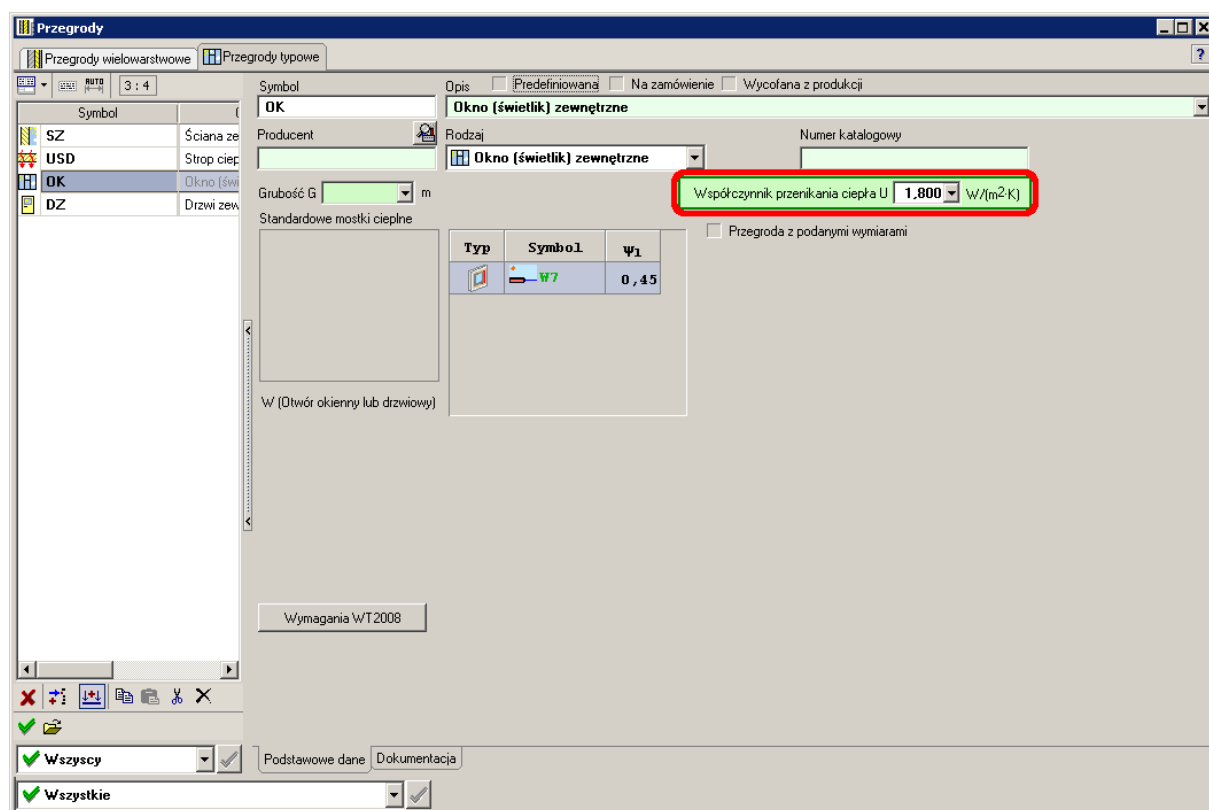
Poprawę izolacyjności można również osiągnąć stosując materiały o niższym współczynniku przewodzenia ciepła.

Krok 3 – Poprawa izolacyjności okien

Aby spełnić wymagania, należy zastosować okna o niższym współczynniku przenikania ciepła.

W oknie **Przegrody** wybieramy zakładkę **Przegrody typowe** i zaznaczamy okno (symbol OK). W polu **Współczynnik przenikania ciepła U** wpisujemy np. maksymalną dopuszczalną wartość czyli $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (rys. 5).

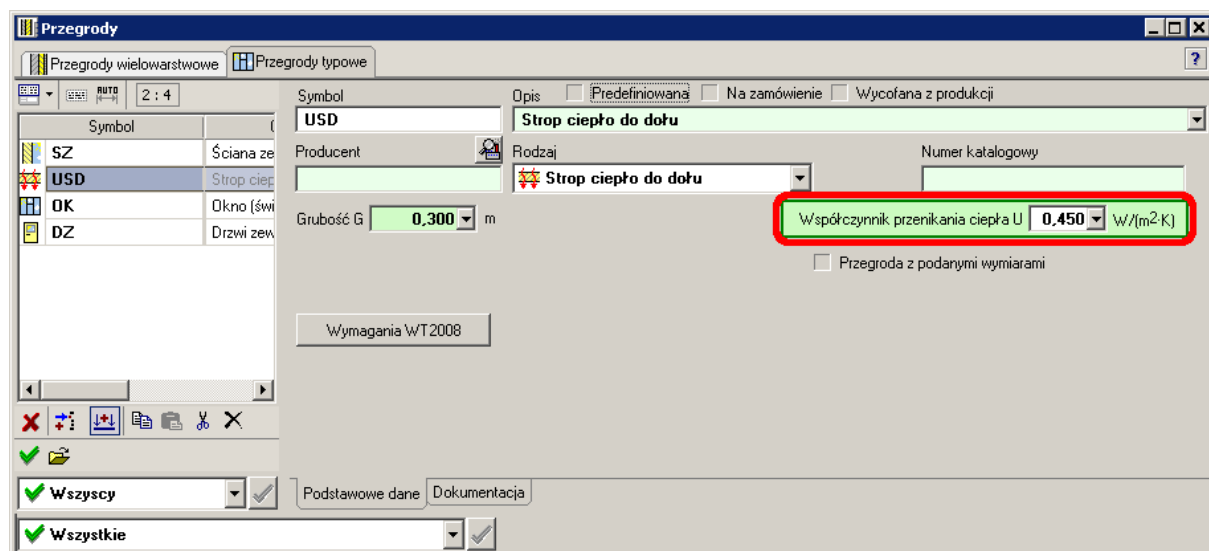
Należy zwrócić uwagę, że powinien to być całkowity współczynnik przenikania ciepła okna (uwzględniający zarówno szyby, jak i ramę). Sprzedawcy podają często współczynnik przenikania ciepła samych szyb, który jest zazwyczaj korzystniejszy (niższy) od współczynnika całkowitego.



Rys. 5. Wpisanie współczynnika przenikania ciepła okna

Krok 4 – Poprawa izolacyjności stropu nad piwnicą

Znacznego zwiększenia izolacyjności wymaga strop nad piwnicą. W naszym przykładzie nie obliczaliśmy współczynnika przenikania ciepła tego stropu, a jedynie wprowadziliśmy strop jako przegrodę typową i wpisaliśmy gotową wartość. W związku z tym jedynie obniżymy współczynnik przenikania ciepła do wartości dopuszczalnej, czyli 0,45 W/m²K (rys. 6).



Rys. 6. Wpisanie współczynnika przenikania ciepła stropu nad piwnicą

Krok 5 – Ponowne sprawdzenie wymagań WT2008

Po wprowadzeniu powyższych zmian sprawdzimy spełnienie wymagań WT2008 przez współczynniki przenikania ciepła. Najpierw wykonujemy obliczenia (polecenie **Obliczenia** z menu głównego), a następnie ponownie otwieramy okno **Wyniki – Zestawienie przegród** (rys. 7). Jak widać, po wprowadzeniu odpowiednich korekt, współczynniki przenikania ciepła wszystkich przegród spełniają wymagania WT2008.

Wyniki - Zestawienie przegród						
Symbol	Rodzaj	U	U _{max}	WT2008	Φ _T	A
		W/m ² · K	W/m ² · K		W	m ²
 DACH	 Dach	0,243	0,250	✓ Tak	291	32,75
 DZ	 Drzwi zewnętrzne	2,000	2,600	✓ Tak	173	2,40
 OK	 Okno (światlik) zewnętrzne	1,800	1,800	✓ Tak	363	5,52
 SW15	 Ściana wewnętrzna	2,040		✓ Tak	0	13,82
 SZ	 Ściana zewnętrzna	0,300	0,300	✓ Tak	766	69,23
 USD	 Strop ciepło do dołu	0,450	0,450	✓ Tak	373	28,29

Rys. 7. Sprawdzenie wymagań WT2008 po wprowadzeniu zmian

Przykład 17 Świadectwo charakterystyki energetycznej

Sporządź świadectwo charakterystyki energetycznej dla budynku z poprzedniego przykładu.

Instalacja c.o.:

- $\vartheta_s/\vartheta_r = 55/45^\circ\text{C}$,
- paliwo – gaz ziemny,
- kocioł gazowy kondensacyjny o mocy do 50 kW,
- ogrzewanie mieszkaniowe,
- centralne ogrzewanie – grzejniki członowe/płytowe – z regulacją centralną i miejscową (zakres P – 2 K),
- urządzenia pomocnicze – pompy obiegowe w budynku do A_U 250 m² (granica ogrzewania 12°C).

Instalacja wentylacyjna:

- wentylacja naturalna (grawitacyjna).

Instalacja cwu:

- paliwo – gaz ziemny,
- kocioł gazowy kondensacyjny o mocy do 50 kW,
- bez obiegów cyrkulacyjnych,
- bez zasobnika cwu,
- ilość mieszkańców: 2 osoby.

Szyby:

- w oknach – szyba zespolona jednokomorowa z jedną powłoką niskoemisyjną,
- w drzwiach zewnętrznych – brak szyby.

Uwaga:

Budynek ten co prawda nie podlega obowiązkowi certyfikacji (budynek wolnostojący o powierzchni użytkowej poniżej 50 m²) [18], jednak w celach szkoleniowych wykonamy dla niego świadectwo energetyczne.

Rozwiązanie

Krok 1 – Dodanie grupy do struktury budynku

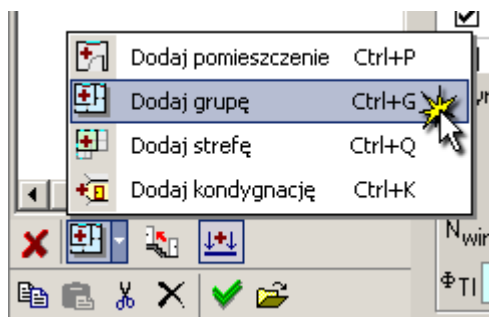
Budynek już został wprowadzony do programu w celu obliczenia obciążenia cieplnego (mocy szczytowej). W związku z tym przygotowanie świadectwa sprowadza się praktycznie do uzupełnienia danych, które są wymagane do świadectwa.

Przy czym istnieje następujące wymaganie:

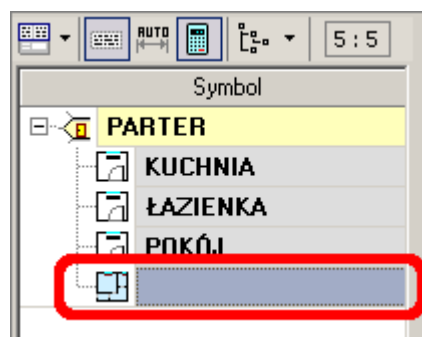
W przypadku sporządzania świadectwa energetycznego, wszystkie pomieszczenia ogrzewane muszą znajdować się w pewnej grupie.

W związku z tym musimy do struktury budynku dodać pozycję **Grupa** i przenieść do niej pomieszczenia. W tym celu klikamy przycisk **Pomieszczenia**. Następnie rozwijamy przycisk **Dodaj** i wybieramy funkcję **Dodaj grupę** (rys. 1).

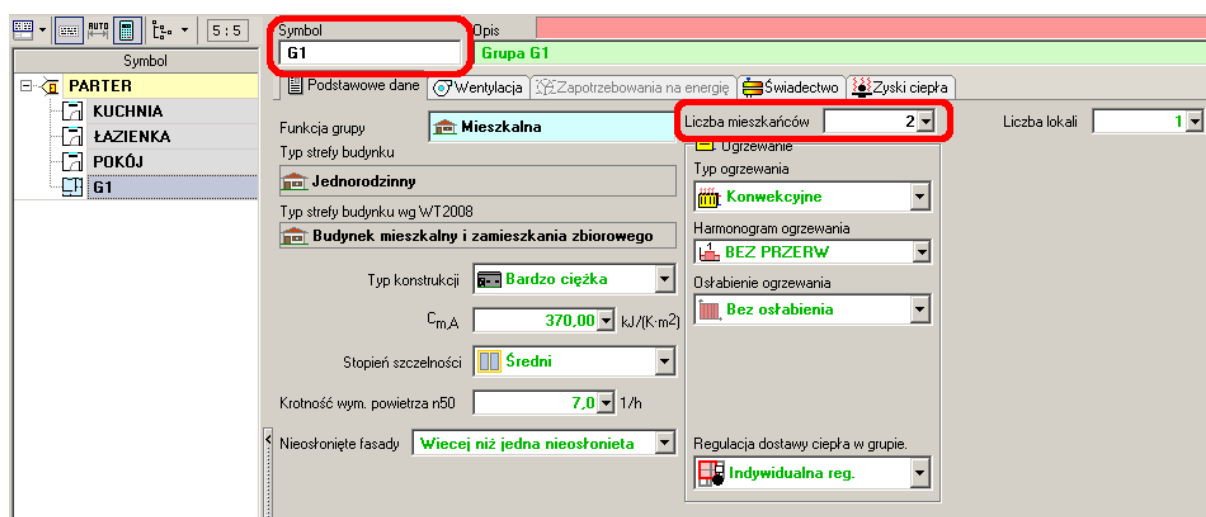
W strukturze budynku pojawiła się grupa (rys. 2). Teraz nadamy jej symbol, np. „G1”, oraz wpisujemy liczbę mieszkańców (rys. 3).



Rys. 1. Wybranie funkcji **Dodaj grupę**



Rys. 2. Struktura budynku po dodaniu grupy

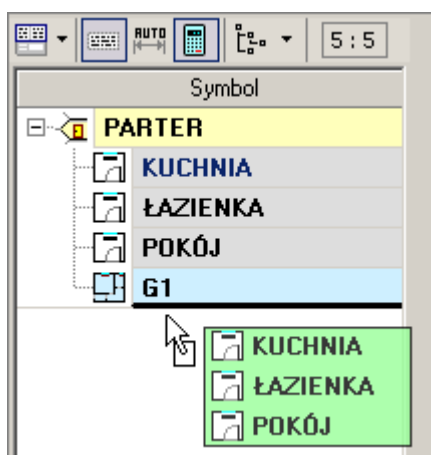


Rys. 3. Wprowadzenie symbolu grupy i liczby mieszkańców

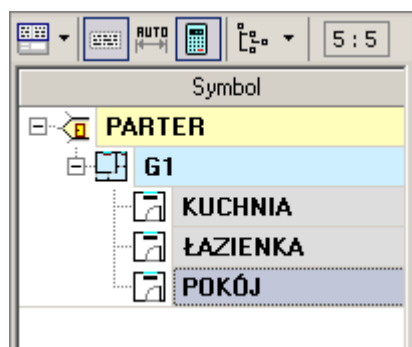
Grupa została wstępnie dodana na końcu, na tym samym poziomie, na którym znajdują się pomieszczenia. Teraz należy przenieść pomieszczenia „do grupy”. W tym celu zastosujemy technikę **przeciągnij i upuść** (ang. *drag and drop*).

Zaznaczamy wszystkie pomieszczenia, tzn. klikamy lewym klawiszem myszy pierwsze pomieszczenie (kuchnię), a następnie wraz z wciśniętym klawiszem **Shift** klikamy ostatnie pomieszczenie (pokój).

Teraz „przeciągniemy” pomieszczenia do grupy. Najeżdżamy kursorem myszy nad jedno z zaznaczonych pomieszczeń. Wciskamy i trzymamy lewy klawisz myszy, jednocześnie przesuwając kursor. Aktualne miejsce wstawiania zaznaczonych pomieszczeń cały czas pokazuje gruba czarna linia. Przesuwamy kursor myszy tak, aby uzyskać układ dokładnie jak na rysunku 4. Dzięki temu pomieszczenia zostaną przeniesione do grupy (rys. 5).



Rys. 4. Przenoszenie pomieszczeń do grupy



Rys. 5. Struktura budynku po przeniesieniu pomieszczeń do grupy

Krok 2 – Wybranie wariantu świadectwa

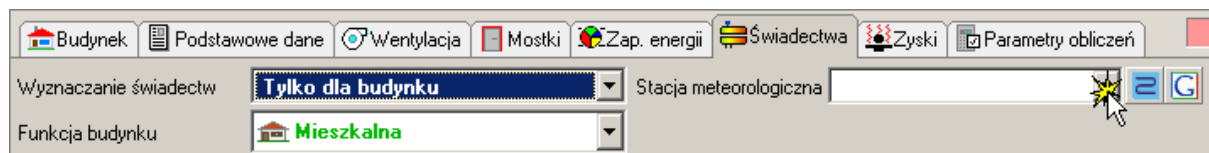
Większość danych, związanych ze świadectwem energetycznym, wprowadza się w oknie **Dane ogólne**, w zakładce **Świadectwa**. W związku z tym klikamy w przycisk **Ogólne** i otwieramy zakładkę **Świadectwa**. Następnie wybieramy wariant sporządzania świadectwa **Tylko dla budynku** (rys. 6). W polu **Funkcja budynku** pozostawiamy wartość zaproponowaną przez program (kolor zielony) **Mieszkalna**.



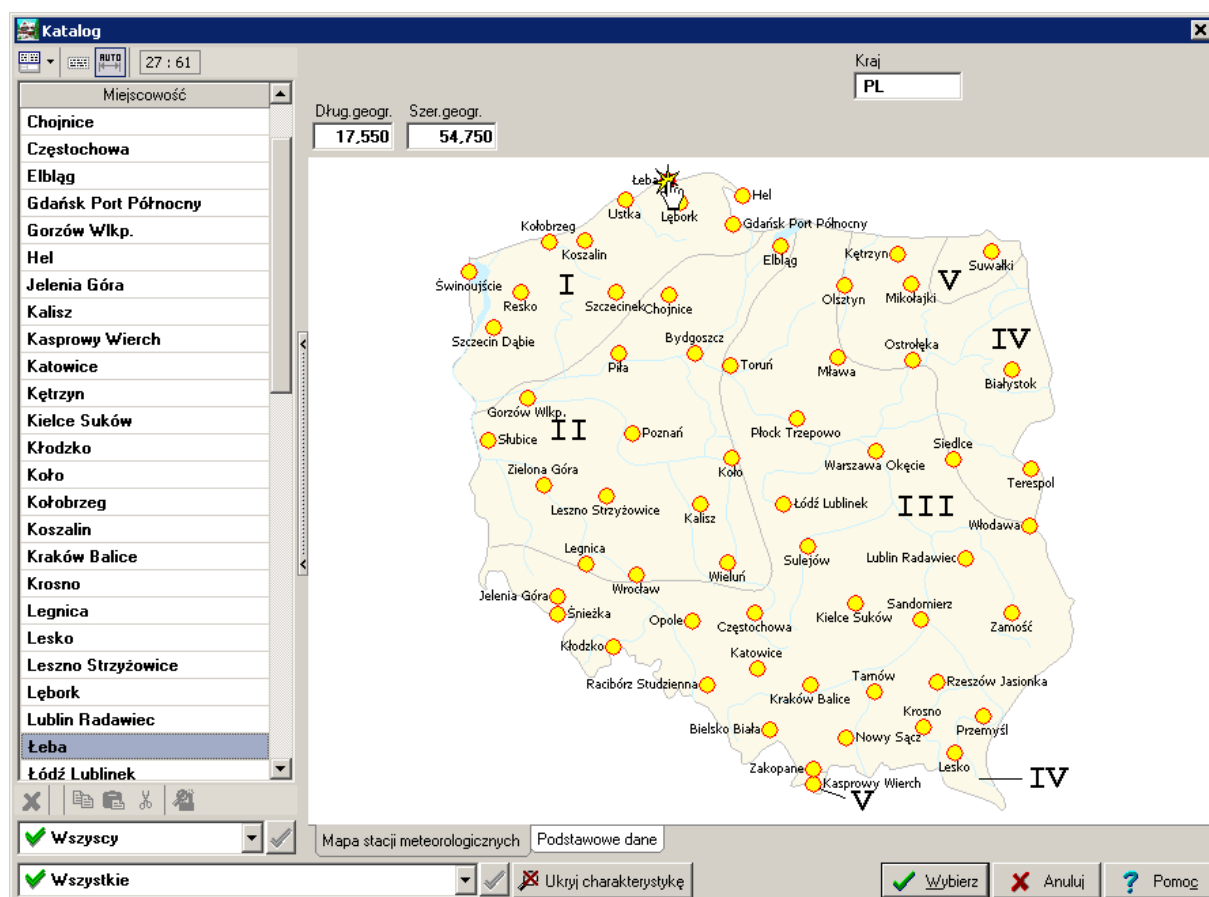
Rys. 6. Wybranie wariantu świadectwa

Krok 3 – Wybór stacji meteorologicznej

Przycisk z prawej strony pola **Stacja meteorologiczna** przywołuje katalog stacji (rys. 7). W wyświetlonym katalogu zaznaczamy stację **Łeba** i klikamy przycisk **Wybierz** (rys. 8).



Rys. 7. Rozwinięcie pola Stacja meteorologiczna



Rys. 8. Wybranie stacji meteorologicznej

Krok 4 – Ogólne informacje

Następnie przechodzimy do wypełnienia zakładki **Ogólne informacje** (rys. 9). Część pól zawiera informacje tekstowe, które zostaną umieszczone w formularzu świadectwa, ale nie mają wpływu na obliczenia. Niektóre dane przyjmowane są automatycznie (zielona czcionka), chociaż można je w razie potrzeby wpisać ręcznie (czarna czcionka). Pola $A_{w,e}$ i A mogą również być określone automatycznie, chociaż trzeba w tym celu kliknąć przycisk z ikoną kalkulatora, znajdujący się z prawej strony tych pól.

W celu określenia **Wskaźnika zawartości budynku** musi być znana jego kubatura zewnętrzna. Program dysponuje na razie (na podstawie danych o pomieszczeniach) jedy-

nie kubaturą wewnętrzną i na podstawie informacji podanej w polu **Typ wsp. V_e/V_i** może tylko oszacować kubaturę zewnętrzną. Jednak najlepszym rozwiązaniem jest niezależne obliczenie kubatury zewnętrznej, co w naszym przykładzie nie jest zbyt skomplikowane, i wpisanie gotowej wartości do pola V_e .

Przycisk z prawej strony pola **Zdjęcie budynku** pozwala na wczytanie zdjęcia z pliku. Jeżeli rozmiar pliku jest bardzo duży, to program zaproponuje jego zmniejszenie. Analogicznie można wczytać zeskanowaną pieczętkę wraz z podpisem.

Pieczętka wraz z podpisem powinny być wczytane do programu w celu sporządzenia wersji elektronicznej świadectwa. Natomiast przed drukowaniem należy je usunąć, tak aby na wersji papierowej można było złożyć oryginalny podpis i przystawić pieczętkę.

Ogólne informacje | Ogrzewanie | Wentylacja | Cwu | Elektryczność | Uwagi i propozycje zmian

Charakterystyka budynku
 Cel wykonania świadectwa: **Wynajem / sprzedaż**
 Miejsowość: **Łeba**
 Adres budynku: **ul. Przykładowa 5**
 Opis budynku: **Budynek mieszkalny parterowy**
 Całość / część budynku: **Całość budynku**
 Przeznaczenie budynku: **Jednorodzinny**
 Rodzaj budynku: **Budynek wolnostojący**
 Rodzaj konstrukcji: **Tradycyjna**
 Ochrona budynku: **Ściana zewnętrzna $U = 0,300 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
 Dach $U = 0,243 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
 Strop nad piwnicą $U = 0,450 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$**

Liczba lokali / mieszkań: **1** Rok zakończenia budowy: **2010**
 Liczba kondygnacji: **1** Rok oddania do użytkowania: **2010**
 Normalne temperatury eksploatacyjne: Zima **20** °C Lato **26** °C

Powierzchnie kubatury i współczynnik zwartości budynku
 Udział powierzchni mieszkalnej: **100** % Udział powierzchni niemieskalnej: **0** %
 Ogrzewanie
 Powierzchnia: **23,18** m² Powierzchnia całkowita: **23,18** m²
 Powierzchnia użytkowa: **23,18** m² Powierzchnia użytkowa: **23,18** m²
 Kubatura: **67,2** m³ Kubatura całkowita: **67,2** m³
 V_e/V_i : **1,63**
 $A_{w,e}$: **77,15** m² A_i : **138,19** m² V_e : **109,4** m³ $m^2 V_e$: **1,26**
 Kubatura budynku: **Całkowita w świetle** **67,2** m³

Zdjęcie budynku
 Świadectwo
 Data sporządzenia: **07.08.2010**
 Ważne do: **06.08.2020**
 Numer świadectwa: **1**
 Sporządzający świadectwo
 Imię i nazwisko: **dr inż. Michał Strzeszewski**
 Nr uprawnień: **008**
 Data wystawienia: **07.08.2010**
 Pieczętka

Rys. 9. Zakładka Ogólne informacje

Krok 5 – Ogrzewanie

Teraz przechodzimy do zakładki **Ogrzewanie** (rys. 10). W polu **Liczba systemów instalacji** pozostawiamy wartość domyślną **Jeden system instalacji** i wypełniamy pozostałe pola. Program przyjmuje wstępnie poszczególne sprawności, równe wartościom średnim przedziałów, podanych w *Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej...* [22]. Użytkownik programu może następnie ręcznie wprowadzić dowolną wartość z danego przedziału.

Ogólne informacje **Ogrzewanie** Wentylacja Cwu Elektryczność Uwagi i propozycje zmian

Rok budowy instalacji: 2010
Opis instalacji: Instalacja c.o. wodna, pompowa, system zamknięty.

Systemy instalacji **Urządzenia pomocnicze**

Liczba systemów instalacji: Jeden system instalacji

Parametry pracy: 55/45 °C

Nośnik energii końcowej: ☒ PALIWA - Gaz ziemny $\eta_{H,gnH,q}$ 1.10

Rodzaj źródła ciepła: ☐ KOCIOŁ GAZOWY KONDENSACYJNY - do 50 kW (55/45°C) $\eta_{H,gnH,q}$ 0.97

Lokalizacja źródła ciepła: ☐ OGRZEWANIE MIESZKANIOWE - kocioł gazowy lub miniwęzeł $\eta_{H,gnH,d}$ 1.00

Rodzaj instalacji: ☐ CENTRALNE OGRZEWANIE - grzejniki członowe/płytkowe - z regulacją centralną - i miejscową (zakres P - 2 K) $\eta_{H,gnH,e}$ 0.93

Parametry zasobnika buforowego i jego usytuowanie: ☒ BRAK ZASOBNIKA BUFOROWEGO $\eta_{H,gnH,s}$ 1.00

Rys. 10. Zakładka Ogrzewanie – Systemy instalacji

Następnie wybieramy podzakładkę **Urządzenia pomocnicze** i wprowadzamy informacje nt. pomp obiegowych (rys. 11). W pozostałych polach wybieramy opcję **Brak urządzenia**.

Ogólne informacje **Ogrzewanie** **Urządzenia pomocnicze** Wentylacja Cwu Elektryczność Uwagi i propozycje zmian

Rok budowy instalacji: 2010
Opis instalacji: Instalacja c.o. wodna, pompowa, system zamknięty.

Systemy instalacji **Urządzenia pomocnicze**

☒ Przyjmij czas pracy wybranych urządzeń pomocniczych równy obliczonej długości sezonu grzewczego L_H

Pompy obiegowe: ☒ POMPY OBIEGOWE ogrzewania - w budynku o A_L do 250 m² - grzejniki członowe/płytkowe - granica ogrzewania 12°C q_{el} W/m² 0.45 t_{el} h/rok L_H

Pompa ładująca bufor w układzie ogrzewania: ☒ Brak urządzenia

Napęd pomocniczy i regulacja kotła: ☒ Brak urządzenia

Napęd pomocniczy pomp ciepła: ☒ Brak urządzenia

Pompy i regulacja instalacji solarnej: ☒ Brak urządzenia

Rys. 11. Zakładka Ogrzewanie – Urządzenia pomocnicze

Krok 6 – Wentylacja

W zakładce **Wentylacja** należy wybrać wariant **Brak instalacji wentylacji mechanicznej i ew. opisać instalację grawitacyjną** (rys. 12).

Ogólne informacje **Ogrzewanie** **Wentylacja** Cwu Elektryczność Uwagi i propozycje zmian

Czy w obiekcie jest instalacja wentylacji mechanicznej? ☒ Brak instalacji wentylacji mechanicznej ☐ Instalacja wentylacji mechanicznej

Opis instalacji grawitacyjnej: Kratki wywiewne w kuchni i łazience

Rok budowy instalacji: 2010

Rys. 12. Zakładka Wentylacja

Krok 7 – Ciepła woda użytkowa

Zakładka Cwu składa się z trzech podzakładek. Podzakładkę Systemy instalacji wypełniamy analogicznie, jak w przypadku ogrzewania (rys. 13). W polu Lokalizacja źródła ciepła i rodzaj instalacji wybieramy wariant Miejscowe przygotowanie – w jednym pomieszczeniu – dla grupy punktów poboru – bez obiegów cyrkulacyjnych jako najbliższy do sytuacji w naszym budynku.

W zakładce Urządzenia pomocnicze wybieramy jedynie urządzenia w polu Napęd pomocniczy i regulacja kotła (rys. 14). W pozostałych kategoriach ustawiamy Brak urządzenia.

W zakładce Użytkowanie instalacji w polu Jednostkowe dobowe zużycie ciepłej wody użytkowej... wybieramy Budynki jednorodzinne, co powoduje przyjęcie zużycia ciepłej wody na poziomie 35 l/os/dobę (rys. 15). W pozostałych polach zostawiamy dane domyślne (zielona czcionka).

Rys. 13. Zakładka Cwu – Systemy instalacji

Rys. 14. Zakładka Cwu – Urządzenia pomocnicze

Rys. 15. Zakładka Cwu – Użytkowanie instalacji

Krok 8 – Elektryczność

W zakładce **Elektryczność** musimy jedynie ustawić w polu **Nośnik energii końcowej** wariant **ENERGIA ELEKTRYCZNA – produkcja mieszana** (rys. 16).

Rys. 16. Zakładka Elektryczność

Krok 9 – Uwagi i propozycje zmian

W zakładce **Uwagi i propozycje zmian** wpisuje się uwagi eksperta i propozycje zmian w budynku, zmierzające do ograniczenia zużycia energii końcowej. W naszym przykładzie wpisujemy „Bez uwag.” (rys. 17).

Rys. 17. Zakładka Uwagi i propozycje zmian

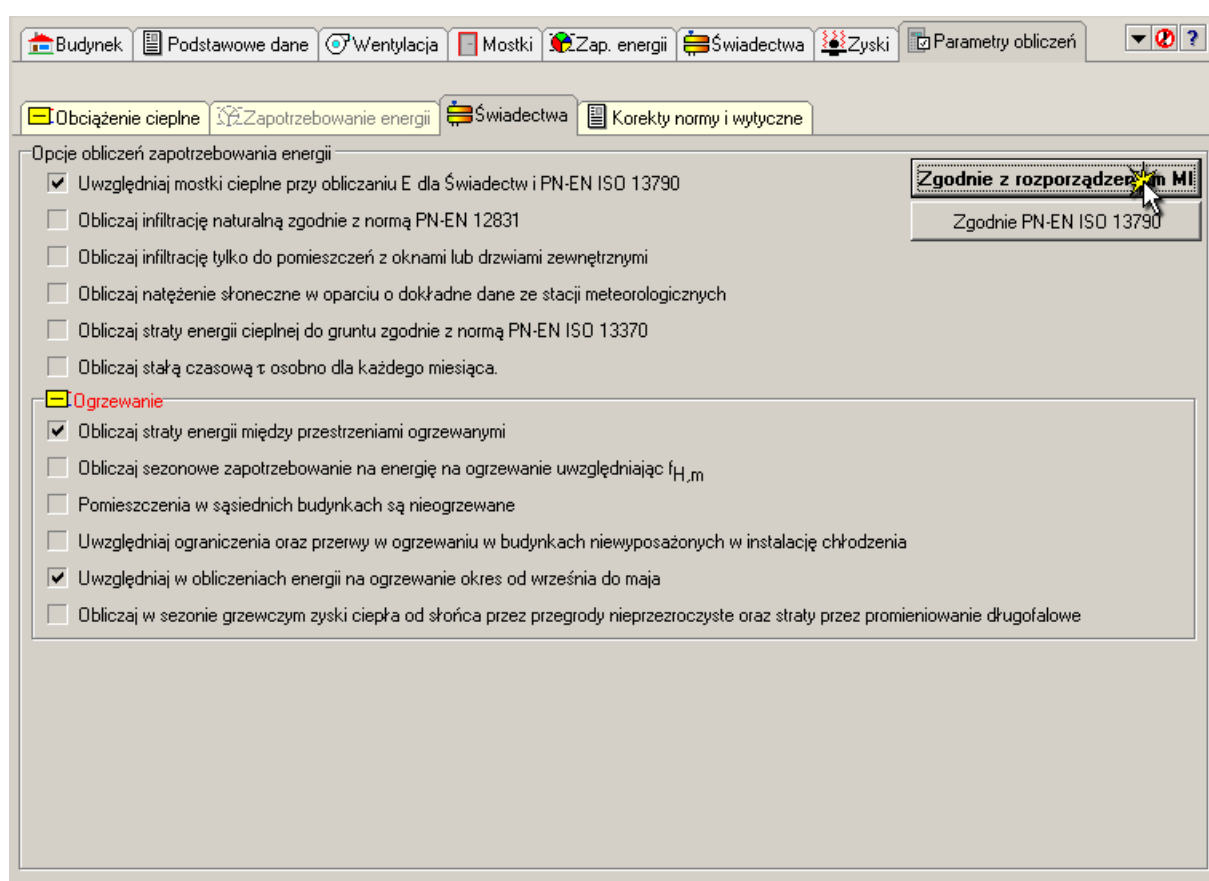
Krok 10 – Zyski ciepła

Teraz przechodzimy do zakładki **Zyski** (rys. 18). Program domyślnie przyjmuje metodę szacowania wewnętrznych zysków ciepła **W** oparciu o metodę uproszczoną wg rozporządzenia MI. W tym przykładzie pozostawimy tę metodę. Wybieramy więc typ budynku **Dom jednorodzinny**. Program przyjął średnią wartość wewnętrznych zysków ciepła $3,0 \text{ W/m}^2$. Użytkownik może tę wartość następnie zmienić ręcznie w ramach przewidzianego przedziału.

Rys. 18. Zakładka Zyski

Krok 11 – Parametry obliczeń

Zakładka **Parametry obliczeń – Świadectwa** zawiera pola wyboru pozwalające użytkownikowi wpływać szczegółowo na metodę obliczeń (rys. 19). W tym przykładzie wykorzystamy zestaw parametrów, zgodnych z *Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej...* [22]. W tym celu klikamy w przycisk **Zgodnie z rozporządzeniem MI**.

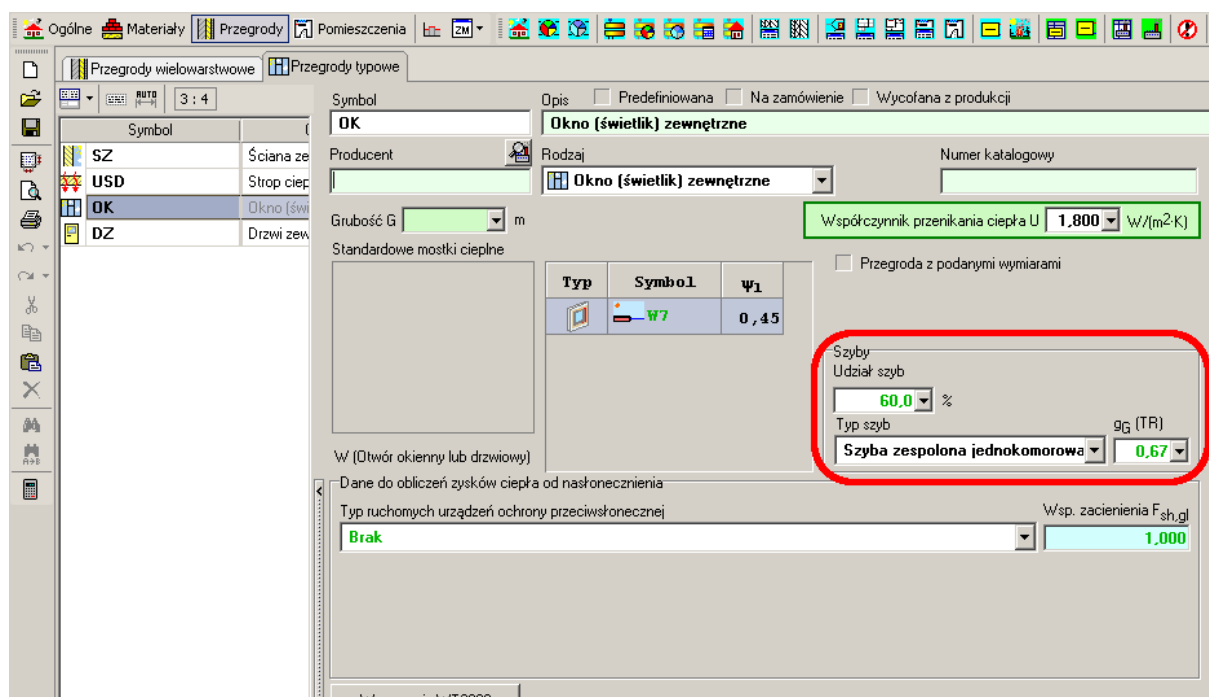


Rys. 19. Zakładka Parametry obliczeń – Świadectwa

Krok 12 – Parametry szyb

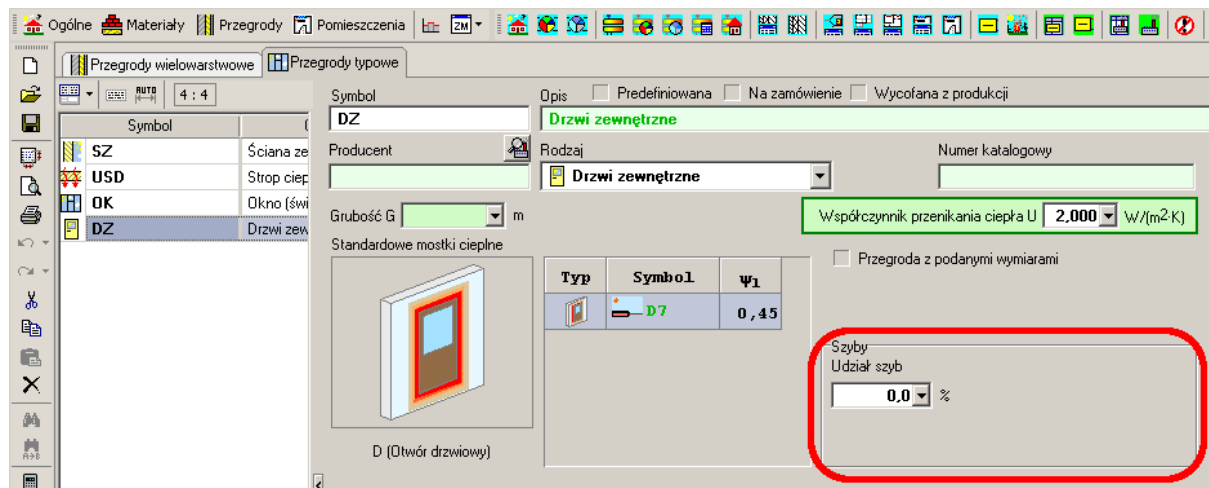
Aby sporządzić świadectwo energetyczne musimy jeszcze uzupełnić dane nt. szyb. Jest to związane z faktem, że w obliczeniach rocznego zapotrzebowania na ciepło uwzględniane są zyski ciepła od nasłonecznienia. Zyski te natomiast nie są brane pod uwagę przy obliczeniach mocy. Dlatego dane te nie były wymagane w czasie obliczeń projektowego obciążenia cieplnego.

W związku z tym klikamy przycisk **Przegrody** i w zakładce **Przegrody typowe** wybieramy okno (OK). Udział szyb pozostawimy na domyślnym poziomie. Natomiast jako typ szyb wybierzemy **Szyba zespolona jednokomorowa z jedną powłoką niskoemisyjną** (rys 20).



Rys. 20. Parametry szymb okiennych

Natomiast dla drzwi zewnętrznych ustawiamy udział szymb 0% (rys. 21)



Rys. 21. Udział szymb w drzwiach zewnętrznych

Krok 13 – Obliczenia

Teraz możemy wykonać obliczenia. W tym celu wybieramy polecenie **Obliczenia** z menu głównego. Można również skorzystać z przycisku z ikonką kalkulatora, znajdującego się na pasku narzędzi, lub klawisza F9.

Jeżeli nie zostaną wykryte błędy uniemożliwiające przeprowadzenie obliczeń, to można zapoznać się z wynikami.

[illegible]

Rys. 22. Przeglądanie świadectwa energetycznego

Utworzone świadectwo można teraz wydrukować lub zapisać do pliku. Służą do tego przyciski, znajdujące się na pasku narzędzi w górnej części okna. Dokument w formacie PDF jest zabezpieczony przed edycją, zgodnie z wymaganiami *Rozporządzenia w sprawie metodologii...* [22]. Natomiast pliki *Excels* i *Words* mogą być modyfikowane.

5. Literatura

1. Markert H.: *Europäische Norm DIN EN 12831. Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast. Die neue Norm ist gültig – Übergangsfrist für DIN 4701 bis Oktober 2004*, BHKS-Almanach 2004.
2. Sowa J., Narowski P.: *Nowa norma dotycząca obliczeń energetycznych w budynkach PN-EN ISO 13790:2009*. Zrzeszenie Audytorów Energetycznych. Materiały konferencyjne Forum Termomodernizacja 2010, Warszawa 13 kwietnia 2010.
3. Strzeszewski M., Wereszczyński P.: *Norma PN-EN 12831. Nowa metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego*. Poradnik PURMO. 2006-2010.
4. Wereszczyński P. et al.: *PURMO OZC. Program wspomagający obliczanie projektowego obciążenia cieplnego budynku oraz sezonowego zapotrzebowania na ciepło. Podręcznik użytkownika*. SANKOM Sp. z o.o., Warszawa, 2009.
5. PN-82/B-02402. *Ogrzewnictwo – Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach*.
6. PN-82/B-02403. *Ogrzewnictwo – Temperatury obliczeniowe zewnętrzne*.
7. PN-B-03406:1994. *Obliczanie zapotrzebowania ciepła pomieszczeń o kubaturze do 600 m³*.
8. PN-B-02025:2001. *Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego*.
9. PN-EN ISO 13370:2001. *Właściwości cieplne budynków – Wymiana ciepła przez grunt – Metody obliczania*.
10. PN-EN ISO 14683:2001. *Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne*.
11. PN-EN ISO 10211-2:2002. *Mostki cieplne w budynkach – Obliczanie strumieni cieplnych i temperatury powierzchni – Część 2: Liniowe mostki cieplne*.
12. EN 12831:2003. *Heating Systems in Buildings - Method for Calculation of the Design Heat Load*.
13. PN-EN 13465:2004. *Wentylacja budynków – Metody obliczeniowe do określenia przepływów powietrza w pomieszczeniach*.
14. PN-EN ISO 6946:2004. *Komponenty budowlane i elementy budynku – Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metoda obliczania*.
15. PN-EN 12831:2006. *Instalacje ogrzewcze w budynkach – Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego*.
16. PN-EN ISO 10077-1:2006. *Cieplne właściwości użytkowe okien, drzwi i żaluzji – Obliczanie współczynnika przenikania ciepła – Część 1: Metoda uproszczona*.
17. PN-EN ISO 13790:2009. *Energetyczne właściwości użytkowe budynków – Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia*.
18. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. *Prawo budowlane* (Dz.U. 1994 nr 89, poz. 414 z późn. zm.)
19. *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*. (Dz. U. z dnia 15 czerwca 2002 r. z późniejszymi zmianami).
20. *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (Dz.U. 2008 nr 201, poz. 1238).
21. *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego* (Dz.U. z 2008 r. nr 201, poz. 1239).
22. *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. 2008 nr 201, poz. 1240).
23. *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego* (Dz.U. 2009 nr 43, poz. 346).

6. Załączniki

Załącznik 1. Porównanie wybranych pojęć i symboli występujących w normach PN-EN 12831:2006 i PN-B-03406:1994

PN-EN 12831:2006			PN-B-03406:1994		
Pojęcie	Symbol	Jednostka	Pojęcie	Symbol	Jednostka
projektowe obciążenie cieplne	Φ_{HL}	W	zapotrzebowanie na ciepło	Q	W
całkowita projektowa strata ciepła	Φ	W			
projektowa strata ciepła przez przenikanie	Φ_T	W	straty ciepła przez przenikanie	Q_p	W
projektowa wentylacyjna strata ciepła	Φ_V	W	zapotrzebowanie na ciepło do wentylacji	Q_w	W
nadwyżka mocy cieplnej wymagana do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania	Φ_{RH}	W	–	–	–
współczynnik projektowej straty ciepła	H	W/K	–	–	–
projektowa temperatura wewnętrzna ¹	ϑ_{int}	°C	obliczeniowa temperatura powietrza w pomieszczeniu	t_i	°C
projektowa temperatura zewnętrzna	ϑ_e	°C	obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego	t_e	°C
średnia roczna temperatura zewnętrzna	$\vartheta_{m,e}$	°C	–	–	–
powierzchnia elementu budynku (k)	A_k	m ²	powierzchnia przegrody	A	m ²
współczynnik przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego (l)	ψ_l	W/mK	–	–	–

¹ Temperatura operacyjna w centralnym miejscu przestrzeni ogrzewanej (na wysokości między 0,6 m a 1,6 m) stosowana do obliczeń projektowych strat ciepła

PN-EN 12831:2006			PN-B-03406:1994		
Pojęcie	Symbol	Jednostka	Pojęcie	Symbol	Jednostka
długość liniowego mostka cieplnego (l)	l_l	m	–	–	–
współczynnik redukcji temperatury, uwzględniający różnicę między temperaturą przestrzeni nieogrzewanej i projektową temperaturą zewnętrzną	b_u	–	–	–	–
współczynnik redukcji temperatury, uwzględniający różnicę temperatury przyległej przestrzeni i projektowej temperatury zewnętrznej	f_{ij}	–	–	–	–
strumień objętości powietrza wentylacyjnego	$\dot{V}$	m^3/s m^3/h	strumień objętości powietrza wentylacyjnego	$\dot{V}$	m^3/s m^3/h
strumień powietrza infiltrującego	$\dot{V}_{inf}$	m^3/s m^3/h	–	–	–
minimalny strumień objętości powietrza, wymagany ze względów higienicznych	$\dot{V}_{min}$	m^3/s m^3/h	(zakładano równy 1 kubaturze pomieszczenia w ciągu 1 godziny)	–	–
kubatura	V	m^3	kubatura	V	m^3
krotność wymiany powietrza wewnętrznego, wynikająca z różnicy ciśnienia 50 Pa między wnętrzem a otoczeniem budynku, z uwzględnieniem wpływu nawiewników powietrza	n_{50}	h^{-1}	–	–	–
minimalna krotność wymiany powietrza zewnętrznego	n_{min}	h^{-1}	(zakładano 1 h^{-1})	–	–
współczynnik osłonięcia	e	–	–	–	–

PN-EN 12831:2006			PN-B-03406:1994		
Pojęcie	Symbol	Jednostka	Pojęcie	Symbol	Jednostka
współczynnik poprawkowy uwzględniający wzrost prędkości wiatru w zależności od wysokości położenia przestrzeni ogrzewanej ponad poziomem terenu	ε	—	—	—	—

Załącznik 2. Wybrane indeksy występujące w normie PN-EN 12831:2006

Indeks	Znaczenie
T	przenikanie ciepła
V	wentylacja
i	przestrzeń ogrzewana
j	przyległa przestrzeń, ogrzewana do znacząco różnej temperatury
u	przestrzeń nieogrzewana
e	otoczenie
g	grunt
k	element budynku
l	liniowy mostek cieplny
int	wewnętrzny
m	średnia roczna

Załącznik 3. Alfabet grecki

Litera	Nazwa polska	Oznacza wielkość
$A \alpha$	alfa	
$B \beta$	beta	
$\Gamma \gamma$	gamma	
$\Delta \delta$	delta	
$E \epsilon \epsilon$	epsilon	współczynnik poprawkowy ze względu na wysokość
$Z \zeta$	dzeta	
$H \eta$	eta	sprawność odzysku ciepła z powietrza usuwanego
$\Theta \theta \vartheta$	teta	temperatura
$I \iota$	jota	
$K \kappa$	kappa	
$\Lambda \lambda$	lambda	współczynnik przewodzenia ciepła
$M \mu$	mi	
$N \nu$	ni	
$\Xi \xi$	ksi	
$O \omicron$	omikron	
$\Pi \pi$	pi	
$\rho \rho$	ro	gęstość
$\Sigma \sigma \varsigma$	sigma	
$T \tau$	tau	
$\Upsilon \upsilon$	ipsylon	
$\Phi \phi \phi$	fi	strata ciepła, moc cieplna
$\chi \chi$	chi	
$\psi \psi$	psi	liniowy współczynnik przenikania ciepła
$\Omega \omega$	omega	

WWW.PURMO.PL

Rettig Heating Sp. z o.o.
02-777 Warszawa, ul. Ciszewskiego 15
budynek KEN Center
tel. (22) 544 10 00, fax (22) 544 10 01, e-mail: purmow@purmo.pl

PURMO 
clever heating solutions