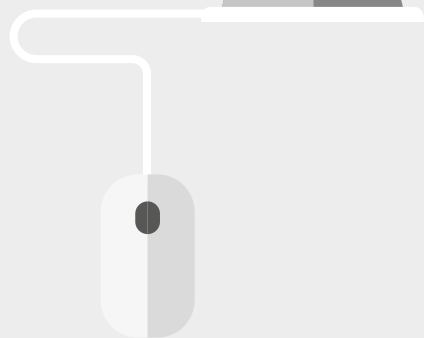


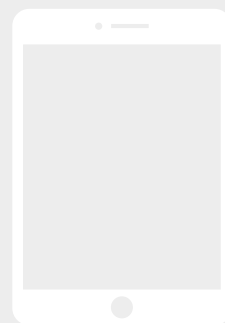


PORADNIK TECHNICZNY PROMIENNIKI



Wystarczy kliknąć

Ułatwiamy codzienne życie, dostarczając istotnych informacji o produktach oraz wiedzę z dziedziny ogrzewania. Pod adresem www.frico.pl zawsze znajdziecie państwo aktualne informacje, oraz pomoc w wyborze właściwego produktu i inspirację w postaci materiałów referencyjnych, a także aktualności, instrukcje, schematy połączeń itd.



Poradnik techniczny Promienniki

- 86** Ogrzewanie – Energia
- 87** Systemy grzewcze
- 88** Oszczędności energii
- 91** Czym jest ogrzewanie promiennikowe?
- 92** Przewodnik – ogrzewanie promiennikowe pomieszczeń
- 94** Przewodnik – ogrzewanie promiennikowe na zewnątrz
- 96** Obliczanie mocy i energii
- 101** Tabele do wymiarowania

Ogrzewanie – Energia

Konieczność ogrzewania budynków zależy od różnicy temperatur między powietrzem w pomieszczeniu i powietrzem na zewnątrz.

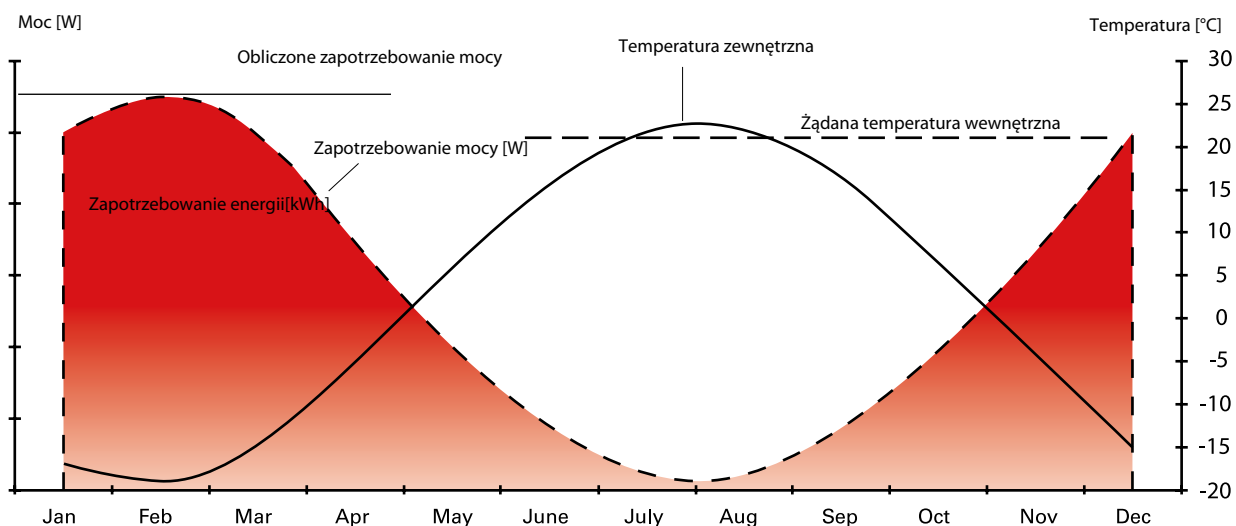
Straty energii w budynku można podzielić na dwie grupy:

- Straty przez przenikanie: straty przez konstrukcję budynku (dach, ściany itd.).
- Straty przez wentylację: wentylacja, nieszczelne powierzchnie i otwory.

Temperatura powietrza na zewnątrz różni się w zależności od pory roku i lokalizacji, natomiast temperatura pomieszczeń powinna być utrzymywana na stałym, komfortowym poziomie.

Zapotrzebowanie energii dla budynku to energia zużycia w ciągu roku, tj. kolorowy obszar na wykresie poniżej.

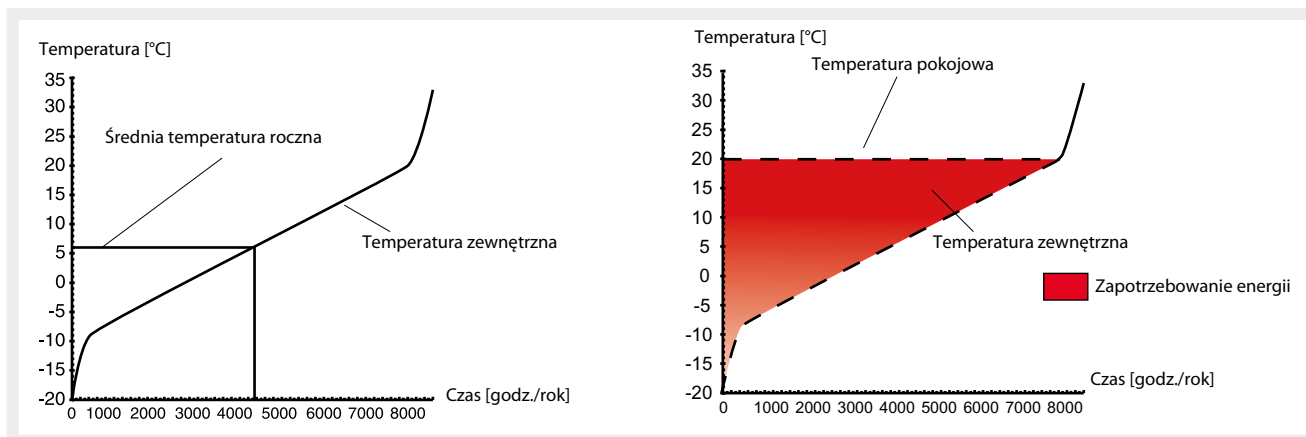
Projektowe zapotrzebowanie mocy dla budynku to moc wymagana do utrzymania wymaganej temperatury pomieszczenia, kiedy na zewnątrz jest zimno.



Wykres okresowy

Powszechną metodą ilustrowania zapotrzebowania energii cieplnej jest wykorzystanie wykresu okresowego. Wykres okresowy ma dwie osie. Oś X przedstawia liczbę godzin w roku, a oś Y temperaturę zewnętrzną w °C. Dzięki temu można narysować krzywą pokazującą czas występowania temperatury zewnętrznej w każdym miejscu. Jeśli średnia temperatura w danym roku wynosi +8°C, to przez sześć miesięcy lub 4380 godzin będzie niższa od +8°C. Jeśli umieścimy na wykresie linię żądanej temperatury powietrza w pomieszczeniu, na przykład 20°C, linia ta będzie przecinać wykres okresowy, pokazując liczbę stopniogodzin, potrzebnych do

ogrzenia do temperatury 20°C. Liczba stopniogodzin to wielkość proporcjonalna do zapotrzebowania energii cieplnej. Można ją obliczyć dla każdego miejsca na podstawie takiego wykresu lub tabel klimatycznych – patrz niżej w tym rozdziale.



Systemy grzewcze

System grzewczy musi pokrywać wszystkie straty energii, zarówno przez przenikanie, jak i przez wentylację.

Istnieją trzy główne rodzaje systemów grzewczych:

- Ogrzewanie promiennikowe
- Ogrzewanie powietrzne
- Ogrzewanie konwekcyjne, tj. grzejniki i konwektory

Ogrzewanie promiennikowe

Ogrzewanie promiennikowe polega na ogrzewaniu powierzchni i przedmiotów bez jednoczesnego ogrzewania powietrza. Ogrzewane powierzchnie ogrzewają z kolei powietrze w pomieszczeniu. Ludzie odczuwają bezpośredni udział ciepła promieniowania jako ciepło. Pomieszczenie wydaje się komfortowo ogrzane, nawet jeśli temperatura powietrza jest stosunkowo niska. Ogrzewanie promiennikowe zapobiega także gromadzeniu się przegrzanego powietrza pod sufitem. Równomierny rozkład temperatury w pionie oraz nieco niższa temperatura powietrza umożliwiają duże oszczędności energii.

Ciepło promieniowania przeciwdziała zimnemu promieniowaniu i przeciągom, na przykład od dużych okien.



Ogrzewanie powietrzne

Ogrzewanie ciepłym powietrzem pokrywa straty przez przenikanie i wentylację, dostarczając ogrzane powietrze do budynku. Ciepłe powietrze ochładza się przy ścianach zewnętrznych z powodu strat przez przenikanie. Dlatego temperatura napływającego powietrza musi być wyższa od żądanej temperatury pomieszczenia.

Ponieważ ogrzane powietrze jest lżejsze i unosi się, w pomieszczeniu mogą występować duże różnice temperatur między sufitem i podłogą. Czasami może zachodzić konieczność ich wyrównania za pomocą np. wentylatorów sufitowych.



Ogrzewanie konwekcyjne

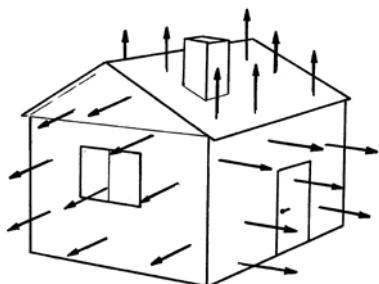
Ogrzewanie konwekcyjne polega na ogrzewaniu powietrza przepływającego obok gorących powierzchni, grzejników lub konwektorów. Taki przepływ powietrza jest utrzymywany przez prądy termiczne. Ogrzane powietrze unosi się i jest zastępowane przez chłodniejsze powietrze. W ten sposób dochodzi do rotacji czyli konwekcji powietrza.

Umieszczając źródło ciepła pod oknem, unoszący się strumień ciepłego powietrza będzie skutecznie przeciwdziałał przeciągom.



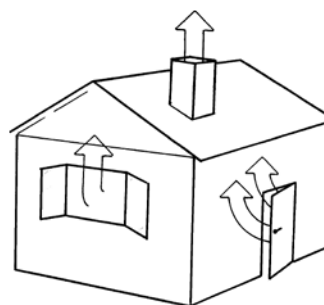
Oszczędności energii

Straty ciepła



Straty przez przenikanie

Wielkość strat przez przenikanie zależy od powierzchni części budynku i izolacji. Straty są proporcjonalne do różnicy temperatury między powietrzem wewnątrz i na zewnątrz.



Straty przez wentylację

Budynek może być wyposażony w wentylację mechaniczną lub naturalną. Wentylacja mechaniczna najczęściej składa się z urządzenia nawiewno-wywiewnego, które umożliwia odzysk ciepła. Wentylacja naturalna i mimowolna obejmuje prądy termiczne, powodujące unoszenie ciepłego powietrza i straty przez otwory i nieszczelne powierzchnie.

Metody ograniczania strat ciepła i kosztów ogrzewania

Lepsza izolacja budynku naturalnie zmniejszy straty ciepła i zwiększy oszczędności energii, choć są także inne metody obniżenia kosztów ogrzewania.

Wyrównywanie różnic temperatur

Ciepłe powietrze jest lżejsze niż zimne i gromadzi się w najwyższym punkcie wewnątrz budynku. Powstają pionowe różnice temperatur między podłogą i sufitem. Gradient temperatury ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$) to norma wzrostu temperatury na metr wysokości, uzależniona od systemu grzewczego i pory roku. W pomieszczeniach o wysokim sklepieniu, różnica temperatur między poziomem mieszkalnym i sufitem jest często bardzo duża i wynosi nawet $10\text{-}15^{\circ}\text{C}$.

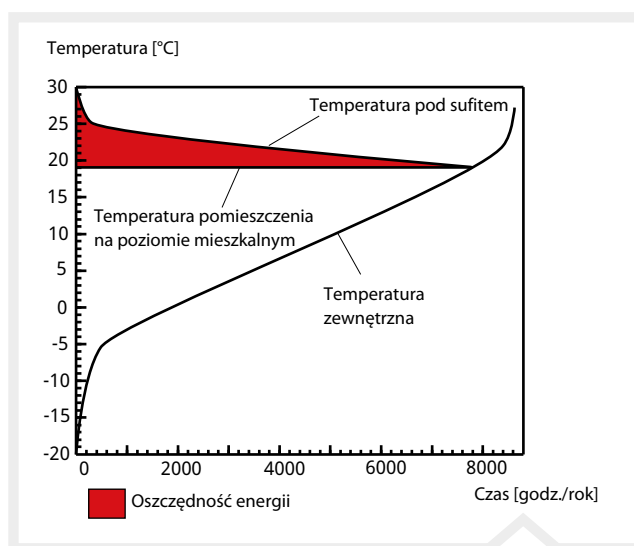
Wyrównanie różnic temperatur może zmniejszyć straty ciepła aż o 30%, umożliwiając jego optymalne wykorzystanie.

Promienniki

Ogrzewanie za pomocą zamontowanych pod sufitem promienników ma charakter pośredni. Ciepło powstaje, kiedy promienie ciepłe docierają do takich powierzchni, jak podłogi, ściany, maszyny itp. Następnie powierzchnie te oddają ciepło do powietrza na poziomie mieszkalnym. Dzięki temu różnica temperatur między sufitem i podłogą jest bardzo mała.

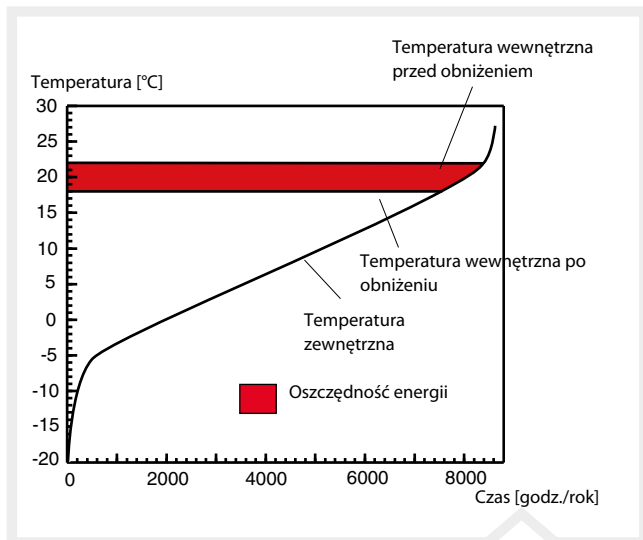
Wentylatory sufitowe

Ogrzewanie za pomocą np. nagrzewnic lub promienników oferuje stosunkowo wysokie gradienty temperatury. Montaż wentylatorów sufitowych to bardzo prosty i tani sposób wyrównania różnicy temperatury. Ogrzane powietrze jest spychane spod sufitu na poziom mieszkalny.



Niższa temperatura wewnętrzna

Inną metodą oszczędzania energii jest obniżenie temperatury wewnętrznej. Nie może to jednak negatywnie wpływać na komfort.



Niższe temperatury powietrza

Używając promienników można obniżyć o kilka stopni temperaturę powietrza w pomieszczeniu, zachowując wysoką temperaturę odczuwalną, tzw. temperaturę operatywną. Obniżenie temperatury o 1°C zapewni oszczędności energii na poziomie 5%. Temperatury operatywne to temperatury odczuwane przez ludzi, będące sumą temperatury powietrza i temperatur radiacyjnych. Wszystkie przedmioty powodują zmiany temperatur radiacyjnych. Zimne powierzchnie obniżają, a ciepłe zwiększają temperaturę. Temperatury operatywne można opisać następująco:

$$t_{op} = \frac{t_{air} + t_{rad.}}{2} = \frac{t_{air} + (t_{air} + \Delta t_{rad.})}{2} = t_{air} + \frac{\Delta t_{rad.}}{2}$$

gdzie t_{air} = temperatura powietrza
 $t_{rad.}$ = temperatura radiacyjna (z uwzgl. temperatury powietrza)
 $\Delta t_{rad.}$ = zmiana temperatury radiacyjnej (bez temperatury powietrza)

Ogrzewanie strefowe i miejscowe

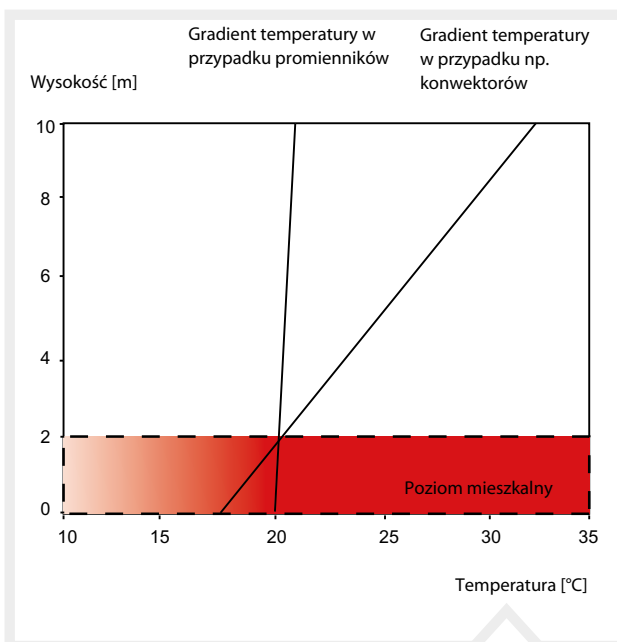
Stosując promienniki, w poszczególnych strefach budynku może panować inna temperatura. Cały budynek nie musi mieć równej wysokiej temperatury, jeśli na przykład stanowiska pracy są od siebie bardzo oddalone. Nawet z punktu widzenia komfortu, różne warunki pracy wymagają różnych temperatur. Ogrzewanie miejscowe należy traktować tak samo, jak oświetlenie miejscowe. Kiedy w danym miejscu przebywają ludzie, ogrzewanie lub oświetlenie jest zwiększane.

Niski gradient temperatury

Ogrzewanie za pomocą promienników zapewnia bardzo równomierny pionowy rozkład temperatur. Ciepło powstaje, kiedy promienie docierają do takich powierzchni, jak podłogi, ściany, maszyny itp. Następnie powierzchnie te oddają ciepło do powietrza na poziomie mieszkalnym. Różnice temperatur między sufitem i podłogą stają się bardzo małe, a „przegrzanie” minimalne. Szczególnie w wysokich pomieszczeniach można uzyskać olbrzymie oszczędności energii w porównaniu z konwencjonalnymi systemami grzewczymi.

Gradient temperatury [$^{\circ}\text{C}/\text{m}$], wzrost temperatury na metr wysokości, jest bardzo niski w przypadku promienników, ok. $0,3^{\circ}\text{C}/\text{m}$.

Ogrzewanie ciepłym powietrzem lub ogrzewanie konwencjonalnymi grzejnikami powoduje znacznie większe różnice temperatur na metr wysokości przy gradientach temperatur odpowiednio $2,5$ i $1,7^{\circ}\text{C}/\text{m}$, przy pełnej mocy.



Sterowanie czasowe

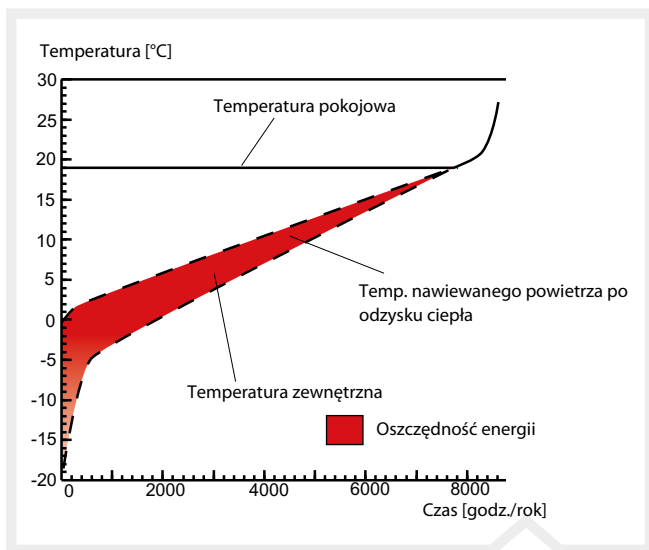
Temperaturę można obniżyć, kiedy budynek jest pusty, np. nocą lub w święta.

Redukcja strat

Do ogromnych strat energii często dochodzi przez otwory, takie jak drzwi i bramy. Kosztowne ogrzane lub schłodzone (klimatyzowane) powietrze ucieka. Można temu zapobiec, instalując kurtyny powietrzne, które tworzą barierę między strefami różnych temperatur. Zrównoważona wentylacja i krótsze czasy otwarcia także przyczyniają się do obniżenia strat energii. Więcej informacji o kurtynach powietrznych Frico można znaleźć na naszej stronie internetowej.

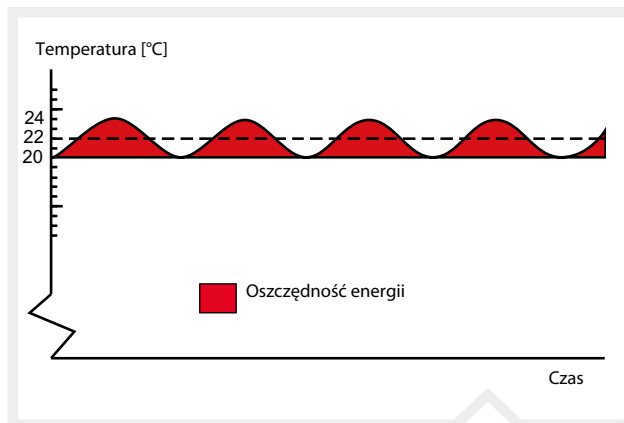
Odzysk ciepła

W celu obniżenia strat powodowanych przez wentylację mechaniczną, można odzyskać część energii z wywiewanego powietrza. Prosta metoda jest natychmiastowe ponowne wprowadzanie do obiegu części ciepłego wywiewanego powietrza do urządzenia nawiewnego – jest to tzw. powietrze powrotne. Innym sposobem jest zastosowanie wymiennika ciepła, który pobiera i oddaje część energii ogrzewania do budynku.



Większe ujednoczenie temperatur

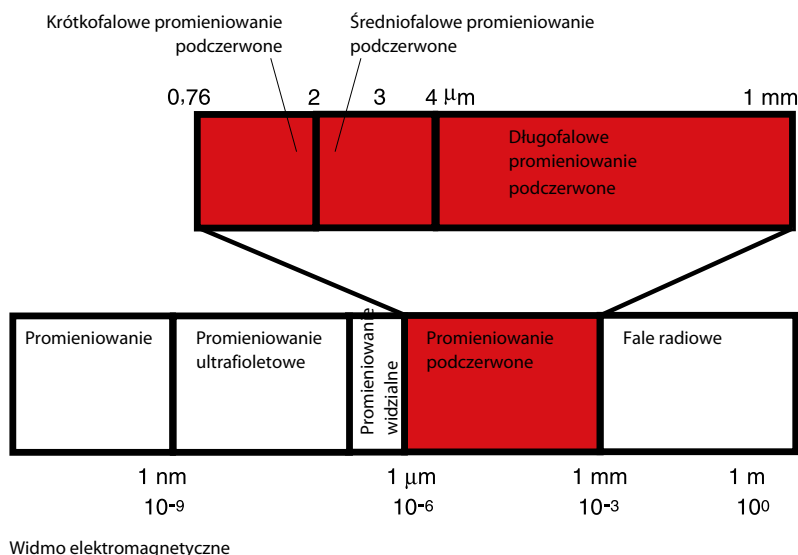
W celu ustawienia temperatury mniej więcej na jednakowym poziomie można wykorzystać standardowy termostat dwupozycyjny. Jeśli żądana temperatura nigdy nie powinna spaść poniżej 20°C, średnia temperatura będzie wynosić około 22°C. Na przykład, tyrystorowy regulator mocy pozwoli ustawić temperaturę pomieszczenia na 20°C i sprawi, że pozostanie niezmienną na tym poziomie. Obniżenie temperatury o 1°C zapewni oszczędności energii rzędu 5%.



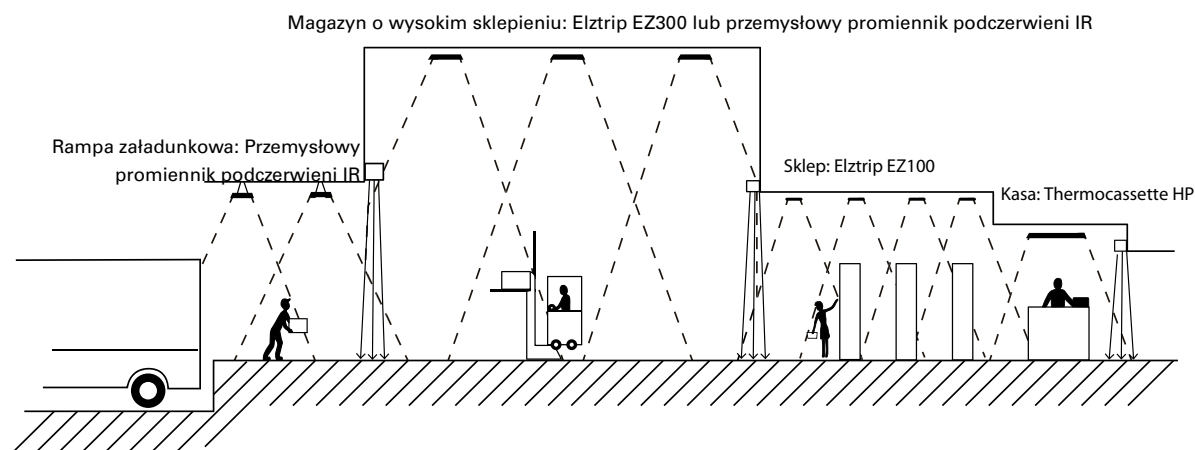
Czym jest ogrzewanie promiennikowe?

Promieniowanie temperaturowe rośnie, ponieważ wszystkie ciała emitują energię w postaci promieniowania elektromagnetycznego. A ponieważ promieniowanie to pochodzi od ciał ciepłych, nazywamy je promieniowaniem cieplnym. Poniższy rysunek pokazuje miejsca występowania promieniowania temperaturowego w widmie elektromagnetycznym. Długość fali i natężenie promieniowania w przypadku promienników zależą od temperatury. Im wyższa temperatura elementu grzejnego promiennika, tym mniejsza długość fali i wyższe natężenie promieniowania.

Dwa ciała wymieniają promieniowanie tylko wtedy, jeśli występuje między nimi różnica temperatur. Ludzie nieustannie wymieniają ciepło z otoczeniem. Kiedy tracimy dużo ciepła, odczuwamy chłód. Należy osiągnąć punkt termiczny, w którym panuje równowaga. Ten punkt odpowiada tzw. temperaturze komfortu. Temperatura komfortu zależy od temperatury powietrza, temperatury ścian, prędkości powietrza i wilgotności atmosferycznej. Ogrzewanie za pomocą promienników doskonale nadaje się do utrzymania dobrego komfortu.



Przykładowe zastosowania różnych promienników



Przewodnik – ogrzewanie promiennikowe pomieszczeń

Kompleksowe ogrzewanie

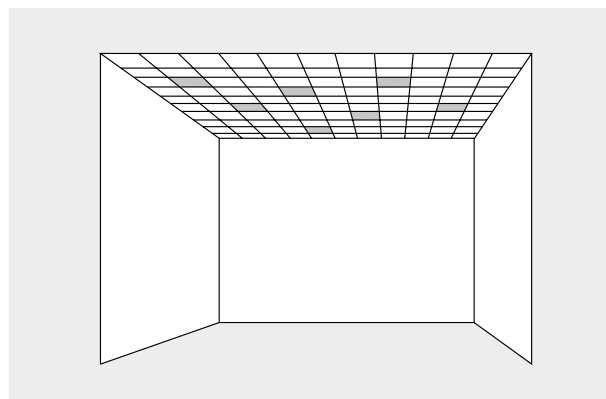
Projektując system grzewczy należy obliczyć zapotrzebowanie mocy budynku. Obliczenia mocy i energii zostały podane na kolejnych stronach. W przypadku promienników o niższej temperaturze elementu grzejnego (np. Thermocassette HP i Elztrip) istnieje ogólna zasada przybliżonego szacowania liczby promienników wymaganych do ogrzania budynku:

$$\text{Min. liczba promienników} = \frac{\text{Powierzchnia budynków [m}^2\text{]}}{\text{Wysokość montażu [m]} \times \text{Wysokość montażu [m]}}$$

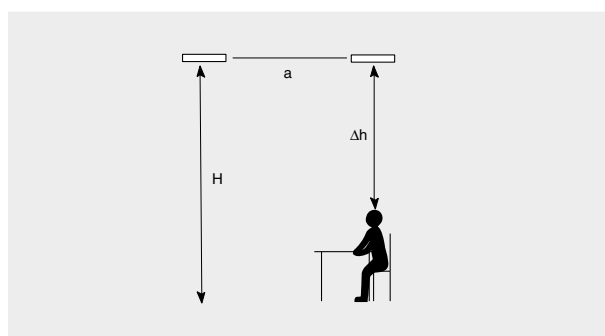
Ten wzór umożliwia ogólne obliczenie minimalnej liczby promienników, które pozwolą zapewnić komfort. W celu obliczenia odpowiedniej mocy poszczególnych promienników, należy obliczyć całkowite zapotrzebowanie na ogrzewanie.

Zalecana odległość w przypadku promienników Elztrip

Planując montaż promienników Elztrip należy pamiętać, że odległość między urządzeniami nie może być większa, niż wysokość między promiennikiem i podłogą, czyli (a) powinno być mniejsze niż (H). Patrz Rys. W rzadko używanych pomieszczeniach wymagania odnośnie komfortu są zwykle niższe, a odległość między promiennikami może być większa. W często używanych pomieszczeniach, odległość między osobą siedzącą i promiennikiem powinna wynosić co najmniej od 1,5 do 2 metrów (Δh). Przy spełnieniu tych dwóch warunków, różnica w temperaturze operatywnej nie przekroczy poziomu komfortu $\Delta t_{op} = 5^\circ\text{C}$. Oznacza to, że różnica między temperaturą rzeczywistą i odczuwalną nie będzie większa, niż 5°C .



Przykład kompleksowego ogrzewania za pomocą promienników Thermocassette HP zainstalowanych w suficie podwieszanym.



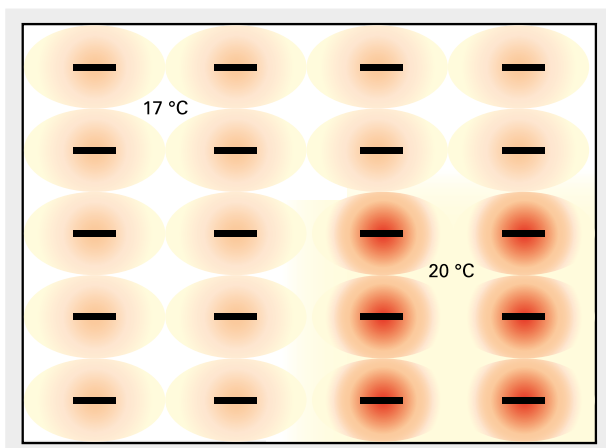
Zalecana odległość w przypadku promienników Elztrip

Ogrzewanie strefowe

Różne warunki pracy wymagają różnych temperatur. W przypadku promienników można łatwo podzielić budynek na strefy temperatur lub ogrzewać miejscowo poszczególne stanowiska pracy. Spowoduje to obniżenie kosztów i lepszy komfort ogrzewania.

Ogrzewanie uzupełniające

Promienniki często stanowią proste i niedrogi uzupełnienie innych systemów ogrzewania i rozszerzenie istniejącego systemu. W przypadku budynku ogrzewanego wodą, zainstalowanie jednego lub kilku promienników elektrycznych często jest łatwiejszym i bardziej uniwersalnym rozwiązaniem, niż rozbudowa instalacji rurowej.



Szkic: Strefy temperatur w przypadku promienników.

Odpowiednie promienniki do ogrzewania strefowego to Thermocassette HP, Elztrip, IR oraz Aquaztrip, w zależności od wysokości montażu i stanu budynku.

Dalsza poprawa efektywności energetycznej

Ogrzewanie za pomocą promienników jest bardzo energooszczędne, choć istnieją jeszcze większe możliwości oszczędzania energii przy jednoczesnym zachowaniu komfortu. Aby dodatkowo zwiększyć oszczędności, można zastosować czujnik ciepła promieniowania (który mierzy temperaturę operatywną) lub czujnik ruchu (który dba o to, aby promienniki były używane tylko wtedy, kiedy to konieczne).

Czujnik ciepła promieniowania

Dodatkowe bezpośrednie ciepło z promienników umożliwia obniżenie temperatury powietrza w budynku o kilka stopni bez wpływu na poziom komfortu. Informacje na temat odczuwalnej temperatury operatywnej zostały podane na poprzednich stronach.

Czujnik ciepła promieniowania, który mierzy łączną odczuwalną temperaturę powietrza i promieniowania, jest połączony z termostatem, aby w pełni wykorzystać tę moc. Kiedy jest najzimniej, promienniki spisują się najlepiej, oferując największe oszczędności dzięki czujnikowi ciepła promieniowania. Obniżenie temperatury o 1°C zapewni oszczędność energii na poziomie ok. 5%.



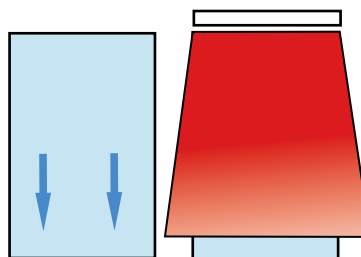
Czujnik ruchu

Promienniki zaczynają grzać bezpośrednio po włączeniu, dlatego doskonale sprawdzają się w kombinacji z czujnikami ruchu. W ten sposób promienniki są używane tylko wtedy, kiedy to konieczne, zapewniając oszczędność energii.



Ochrona przed przeciągami

Zimne powierzchnie, takie jak okna, wychładzają sąsiadujące powietrze. Promienniki zapewniają wydajną i oszczędną ochronę przed przeciągami od okien, ogrzewając powierzchnie szyb. Im zimniejsze okno, tym więcej zużywa promieniowanego ciepła. Wypromieniowane ciepło „automatycznie” przenosi się tam, gdzie jest najbardziej potrzebne, co ułatwia tworzenie klimatu komfortowego wnętrza.



Odpowiednie promienniki do ochrony przed przeciągami to Thermoplus, Thermocassette HP, Elztrip oraz Industriinfra IR, w zależności od wysokości montażu i powierzchni okien.

Przewodnik – ogrzewanie promiennikowe na zewnątrz

Lokalizacja

Promienniki należy tak rozmieścić, aby pokrywały ogrzewany obszar. Optymalny komfort osiąga się, jeśli ciepło pochodzi co najmniej z dwóch kierunków.

Zapotrzebowanie mocy

Zazwyczaj do oszacowania liczby i typu wymaganych promienników można wykorzystać zapotrzebowanie mocy. Zapotrzebowanie mocy można zmniejszyć, jeśli ogrzewana powierzchnia jest zabezpieczona. Zapotrzebowanie mocy dla pomieszczeń zamkniętych należy obliczyć oddzielnie.

Jeśli występują silne wiatry, zaleca się promienniki o większej mocy, aby zapewnić odpowiednie ogrzewanie. To samo odnosi się do wysokości montażu – promienniki instalowane dość wysoko muszą oferować większą moc.

Promiennik podczerwieni z rurowymi wymiennikami ciepła

750-1000 W/m² zwiększa odczuwalną temperaturę o ok. 10°C.

Jeśli jest tylko zadaszenie: co najmniej 1000 W/m².

W przypadku powierzchni otoczonej trzema ścianami: 750 W/m².

Promienniki podczerwieni halogenowe i z włókna węglowego

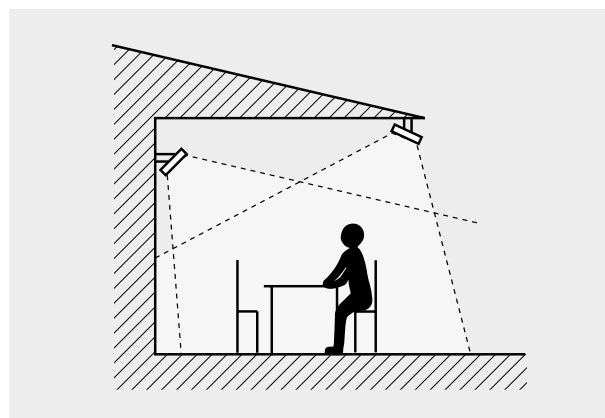
600-800 W/m² zwiększa odczuwalną temperaturę o ok. 10°C.

Jeśli jest tylko zadaszenie: co najmniej 800 W/m².

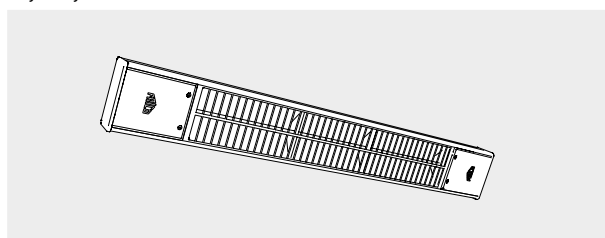
W przypadku powierzchni otoczonej trzema ścianami: 600 W/m².

Wysokość montażu

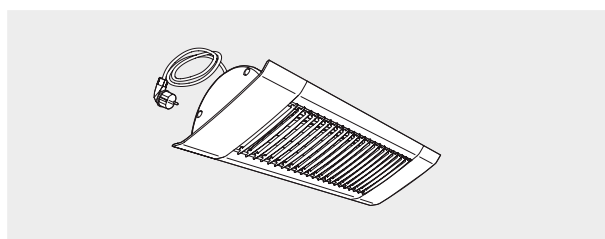
Instalując promienniki na większej wysokości, należy je odpowiednio ustawić, aby ogrzewały całą przestrzeń aż do miejsca przebywania ludzi. Natomiast w przypadku nisko umieszczonych promienników, ich ciepło może być odczuwane jako niekomfortowe. W takim przypadku lepiej sprawdzą się promienniki o szerokiej dystrybucji ciepła.



Aby zapewnić równomierne ogrzewanie, ciepło powinno pochodzić co najmniej z dwóch kierunków.



Model Infracalm jest przykładowym promiennikiem podczerwieni z rurowymi wymiennikami ciepła.



Halogenowy promiennik podczerwieni IH i promienniki podczerwieni z włókna węglowego IHC wyglądają tak samo, ale różnią się lampami i dystrybucją ciepła.



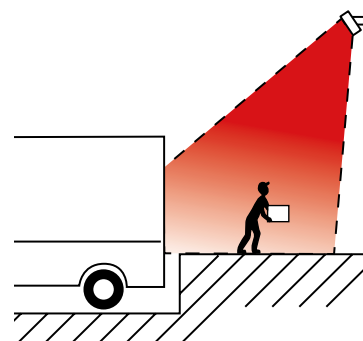
Rozwiązania problemów w zastosowaniach na zewnątrz

Promienniki służą nie tylko do ogrzewania ogródków restauracyjnych i tarasów. Mogą także stanowić rozwiązanie licznych problemów z ogrzewaniem miejsc na zewnątrz.

Doskonale poradzą sobie z ogrzewaniem siedzących kibiców w obiektach sportowych.

Zamontowany na ścianie zewnętrznej promiennik podczerwieni do użytku na zewnątrz z łatwością pomoże rozwiązać problemy z oblodzeniem, np. ramp załadunkowych.

W czasie imprez organizowanych dla klientów na wolnym powietrzu często potrzebne jest tymczasowe ogrzewanie. Praktycznym rozwiązaniem jest promiennik na przenośnym stojaku, który można dowolnie przemieścić.

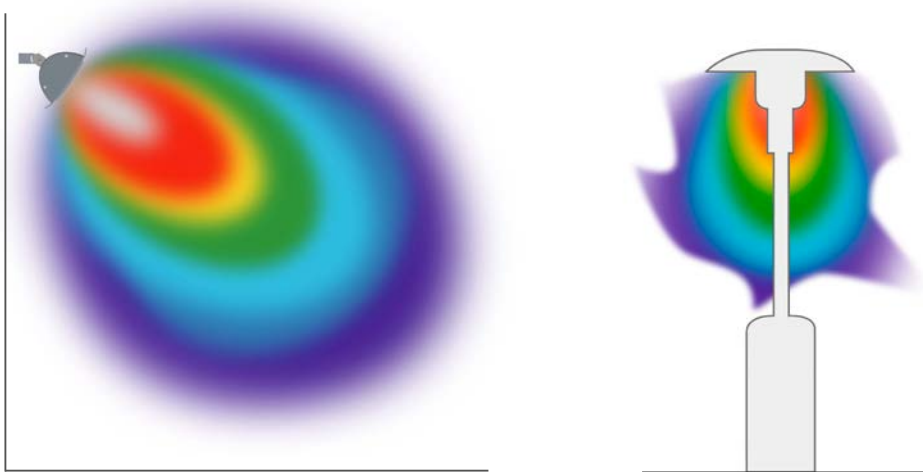


Porównanie elektrycznych promienników podczerwieni i piecyków gazowych (LPG)

Alternatywą dla elektrycznego promiennika podczerwieni jest tarasowy piecyk gazowy. Piecyk gazowy nie wymaga przyłącza elektrycznego, co czasami może być praktyczne. Niemniej jednak elektryczne promienniki podczerwieni mają więcej zalet.

Zalety elektrycznych promienników podczerwieni:

- Energooszczędność – niemal cała dodatkowa energia jest przekształcana w ogrzewanie
- Bezpieczne użytkowanie
- Lepsze radzenie sobie z warunkami pogodowymi i wiatrem
- Konserwacja ograniczona do minimum
- Natychmiastowa emisja ciepła w momencie uruchomienia
- Możliwość stosowania na mniejszych powierzchniach o ograniczonym dopływie powietrza
- Przyjazne dla środowiska
- Efektywne zagospodarowanie przestrzeni
- Niskie koszty eksploatacji



Porównanie promiennika podczerwieni IHW firmy Frico i piecyka gazowego (LPG) pokazuje, że piecyk gazowy nie działa równie długo i oferuje zmienne rezultaty.

Przykładowe obliczenie – koszty eksploatacji

Powierzchnia: 15 m²
Czas pracy 8 godz./doba
Czas pracy 100 dni/rok

Promiennik podczerwieni IHW10 (2 szt.)

Stawka za energię elektryczną (średnia europejska)	0,2€/kWh
Koszt eksploatacji przez godzinę	0,4 €
Dobowy koszt eksploatacji	3,2 €
Roczny koszt eksploatacji	320 €

Piecyk gazowy (LPG)

Butla z gazem 11 kg	20€
Zużycie gazu	1 kg/h
Koszt eksploatacji przez godzinę	1,8 €
Dobowy koszt eksploatacji	14,4 €
Roczny koszt eksploatacji	1440 €



Obliczanie mocy i energii

Zapotrzebowanie mocy

Straty ciepła w budynku pochodzą z dwóch źródeł. Straty przez przenikanie przez ściany, podłogi, okna, drzwi i dach, oraz straty przez wentylację.

Straty przez przenikanie:
 $P_T = A \times U \times (t_{\text{pokój}} - DUT)$

Straty przez wentylację:
 $P_v = q \times c \times \rho \times (t_{\text{pokój}} - DUT)$ lub $P_v = Q \times (1 - \alpha) \times (t_{\text{pokój}} - DUT) \times 0.33$

gdzie

U = współczynnik przenikalności cieplnej [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]
 (=K-value)

A = powierzchnia zamkniętych pomieszczeń [m^2]

$t_{\text{pokój}}$ = temperatura pomieszczenia [$^\circ C$]

DUT = najniższa obliczona temperatura zewnętrzna regionu [$^\circ C$]

q = obliczony przepływ powietrza zewnętrznego [m^3/s];
 wymuszonego przepływu powietrza nie trzeba uwzględniać

c = określona wydajność ogrzewania [$J/kg \cdot ^\circ C$]

ρ = gęstość [kg/m^3]

Q = przepływ powietrza [m^3/s]

α = wydajność odzysku ciepła, 0 - 1

Współczynniki przenikalności cieplnej, wartości U , zostały podane w tabelach i na wykresach. Znając materiały składowe, można je również obliczyć.

Współczynnik czasu działania oblicza się na podstawie czasu działania dla danej działalności, tj.: Działanie = (godz./24) \times (dni/7) godz. = liczba godzin działania dziennie; dni = liczba dni działania tygodniowo

Systemy wentylacyjne także mogą mieć współczynniki czasu działania, jeśli działają z połową prędkości lub są wyłączane na noc.

Obsługa techniczna

Firma Frico oferuje bezpłatną pomoc techniczną w następującym zakresie:

- Obliczanie mocy i energii
- Rozwiązywanie problemów z ogrzewaniem i porady dotyczące oszczędzania energii
- Wymiarowanie i pozycjonowanie
- Rozwiązania dotyczące ogrzewania i komfortu

Zapraszamy do konsultacji dotyczących oszczędności ciepła i energii.

W naszej witrynie internetowej www.frico.se można bez trudu obliczyć moc, podając dane budynku i temperatury. Im dokładniejsze będą podane informacje, tym pewniejszy będzie wynik obliczeń.

Zapotrzebowanie energii

Zapotrzebowanie energii cieplnej zależy od zapotrzebowania mocy i liczby stopniogodzin, wymaganych do ogrzania do żądanej temperatury. Teoretyczne zapotrzebowanie energii maleje z powodu wewnętrznej energii cieplnej E_1 .

Rzeczywiste zapotrzebowanie energii

$$E = \frac{P_t}{t_{\text{pokój}} - DOT} \times ^\circ Ch + \frac{P_v}{t_{\text{pokój}} - DOT} \times ^\circ Ch - E_1$$

Wewnętrzna energia cieplna $E_1 = P_i \times A_{\text{podłoga}} \times \text{Działanie} \times 8760$

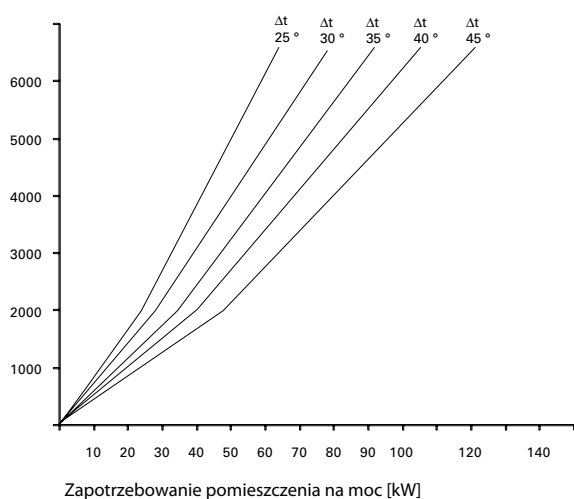
$^\circ Ch$ = liczba stopniogodzin ogrzewania E_1 = wewnętrzna energia cieplna [Wh/rok] (zależnie od przeznaczenia pomieszczenia, podana w tabelach i na wykresach) P_i = wewnętrzna moc cieplna [W/m^2] Działanie = współczynnik czasu działania dla wewnętrznej mocy cieplnej

Tabele przeliczeniowe, zapotrzebowanie mocy

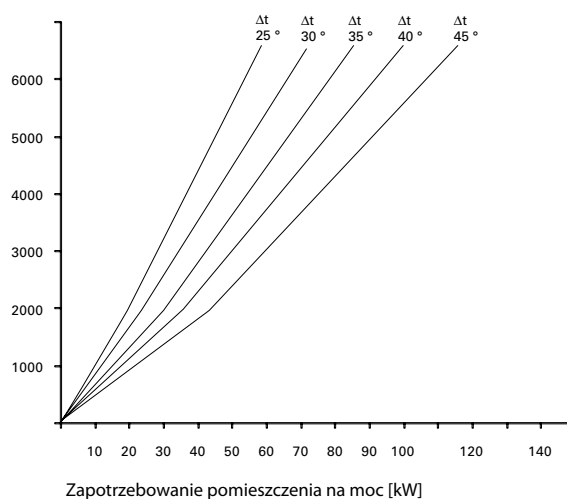
W przypadku osób, które nie znają tych informacji o budynkach, można obliczyć szacunkowe zapotrzebowanie mocy. Znając kubaturę i żadaną temperaturę pomieszczeń, można odczytać zapotrzebowanie mocy na poniższym wykresie. Podstawą dla wykresu są obliczenia zapotrzebowania mocy, wykonane zgodnie z przyjętymi metodami. W obliczeniach przepływ powietrza ustawia się na jedną wymianę powietrza w pomieszczeniu lub budynku na godzinę. Przyjmuje się, że cztery ściany oraz dach nad sufitem są zewnętrzne. Na wykresie zapotrzebowania mocy A i B, średni współczynnik U ustawia się na 0,25 i 0,4, co odpowiada dobrze

ocieplonemu budynkowi. Na wykresie C średni współczynnik U ustawia się na 1,0, zaznaczając, że budynek jest gorzej ocieplony. Krzywe Δt na wykresie pokazują różnicę między temperaturą pomieszczenia i najniższą temperaturą zewnętrzną.

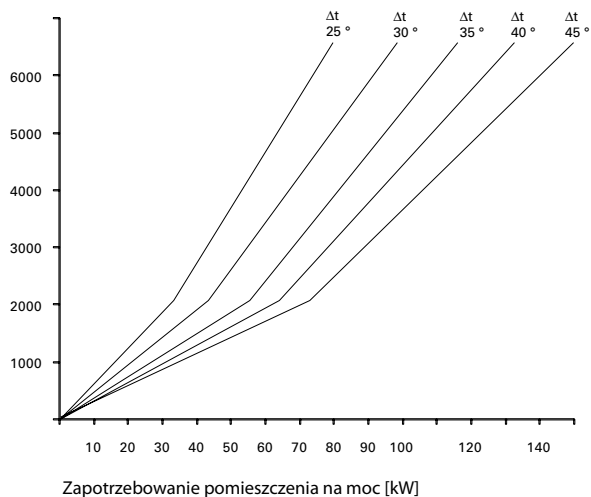
Wykres zapotrzebowania mocy A Średni współczynnik U 0,25



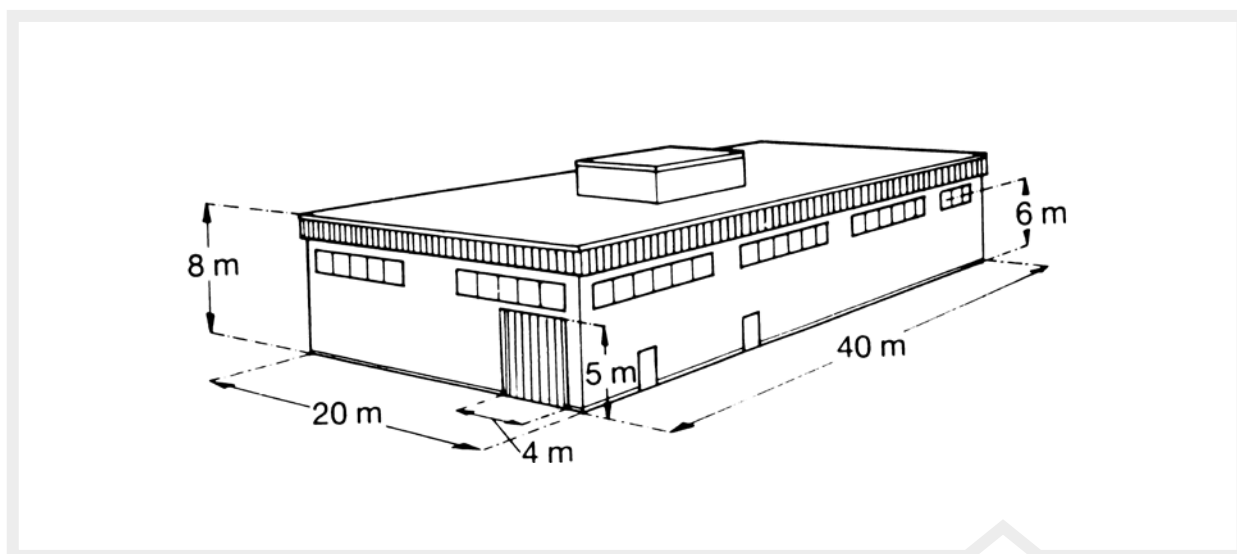
Wykres zapotrzebowania mocy B Średni współczynnik U 0,4



Wykres zapotrzebowania mocy C Średni współczynnik U 1,0



Przykładowe obliczenie



Dane

Obiekt: Budynek przemysłowy

Wymiary budynku

Długość: 40 m
Szerokość: 20 m
Wysokość: 8 m
Powierzchnia okien: 130 m²
Drzwi: 25 m²

Materiały konstrukcyjne:

Ściany: Błoczek z lekkiego betonu 30 cm U = 0,6
Dach: Błoczek z lekkiego betonu 30 cm U = 0,6
Okna: 2-szybowe, 6 m nad podłogą U = 3,0
Drzwi: Izolowana blacha cienka, drzwi składane U = 1,0

Czas działania: 12 godz./dzien., 5 dni w tygodniu

Wentylacja

Naturalna wentylacja, w dzień: 0,4 wym./godz.
Naturalna wentylacja, w nocy: 0,3 wym./godz.
Wewnętrzna moc cieplna: 5 W/m²

Temperatura pomieszczenia

Żądana temperatura w dzień: +18°C
Żądana temperatura w nocy: +15°C

Dane regionu

Temperatura obliczeniowa zewnętrzna DOT: -18°C
Średnia temperatura roczna: 5°C
Średnia prędkość wiatru: 4,0 m/s

Oszacowanie

Zapotrzebowanie mocy

Straty przez przenikanie: $PT = A \times U \times \Delta t$

	Powierzchnia [m ²]	Współczynnik U	Δt [°C]	Moc [W]
Ściana zewnętrzna	805	0,6	36	17388
Dach	800	0,6	36	17280
Podłoga	800	0,3	36/2	4320
Okno	130	3,0	36	14040
Drzwi	25	1,0	36	900

Całkowite straty w wyniku przenikania: 53 928 W

Straty przez wentylację: $PV = V_{\text{budynek}} \times n \times \Delta t \times 0,33$

	Kubatura budynku [m ³]	Wymiany powietrza [wym./godz.]	Δt [°C]	Moc [W]
Dzień	6400	0,4	36	30413
Noc	6400	0,3	33	20909

Maksymalne straty przez wentylację w ciągu dnia.

Obliczone zapotrzebowanie mocy:

$$53\,928 + 30\,413 = 85\,341 \text{ kW}$$

Zapotrzebowanie energii

Energia przenikania: $ET = PT/\Delta t \times \text{°Ch}$
 $ET = 53\,928/36 \times 97\,330 = 146 \text{ MWh/rok}$

Energia wentylacji: $EV = PV/\Delta t \times \text{°Ch}$
Dzień: $30413/36 \times 97330 \times 12/24 \times 5/7 = 29 \text{ MWh/rok}$
Noc: $20909/33 \times 97330 \times (1 - 12/24 \times 5/7) = 40 \text{ MWh/rok}$

Temperatura wewnątrz: $EI = PI \times A_{\text{podłoga}} \times 8760$
 $EI = 5 \times 800 \times 8760 \times 12/24 = 12,5 \text{ MWh/rok}$

Całkowite zapotrzebowanie energii: $ET + EV - EI = 202,5 \text{ MWh/rok}$



Przykładowe obliczenie

Przyjmijmy, że budynek przemysłowy w tym przykładzie ma być ogrzewany promiennikami, np. przemysłowymi promiennikami podczerwieni IR lub nagrzewnicami. Na tej podstawie obliczamy komputerowo zapotrzebowanie mocy i energii dla tych metod ogrzewania.

Program obliczeniowy uwzględni także gradient temperatury °C/m (wzrost temperatury na metr wysokości), co ma olbrzymie znaczenie w odniesieniu do wysokości budynku i metody ogrzewania.

Powierzchnia i wysokość

Powierzchnia budynku na gruncie	800 m ²
Powierzchnia dachu	800 m ²
Wysokość budynku	8 m
Powierzchnia okien	130 m ²
Wysokość montażu, okno	6 m
Powierzchnia drzwi	25 m ²
Powierzchnia ścian zewnętrznych	805 m ²

Przenikalność

Wymiany powietrza, dziennie	0,4 wym./godz.
Wymiany powietrza, w nocy	0,3 wym./godz.

Współczynnik U

Współczynnik U okien	3,0 W/m ² °C
Współczynnik U drzwi	1,0 W/m ² °C
Współczynnik U ścian zewnętrznych	0,6 W/m ² °C
Współczynnik U dachu	0,6 W/m ² °C
Współczynnik U podłogi	0,3 W/m ² °C

Dodatkowe źródła ciepła

Ciepło wewnętrzne	5 W/m ²
-------------------	--------------------

Cena energii

Stawka za energię elektryczną (średnia europejska)	0,2 €/kWh
--	-----------

	Promienniki	Nagrzewnice	Nagrzewnice i wentylatory sufitowe	
Temperatura				
Temperatura obl. wewnętrzna	17	18	18	°C
Temperatura obl. zewnętrzna	-18	-18	-18	°C
Średnia temp. roczna	5	5	5	°C
Gradient temperatury	0,3	2,5	0,3	°C/m
Temperatura w nocy	14	15	15	°C
Czas działania (TIO)				
Temperatura TIO w dzień	11	12	12	godz./dzień
Temperatura TIO w nocy	13	12	12	godz./dzień
Dni/tydzień działania	5	5	5	dni
WYNIKI				
Moc				
Straty przez przenikanie	54 201	68 684	55 699	W
Straty przez wentylację	+ 30 202	+ 35 693	+ 31 046	W
Straty łącznie	84 402	104 377	86 745	W
Ciepło wewnętrzne	- 4 000	- 4 000	- 4 000	W
Całkowite zap. mocy netto	80 402	100 377	82 745	W
Zap. mocy/m ²	101	125	103	W/m ²
Zap. mocy/m ³	13	16	13	W/m ³
Energia kWh/rok				
Zap. energii w dzień	88 075	130 340	103 787	kWh/rok
Zap. energii w nocy	+ 70 252	+ 88 309	+ 71 975	kWh/rok
Łączne zap. energii brutto	158 327	218 649	175 761	kWh/rok
Ciepło wewnętrzne	- 12 514	- 12 514	- 12 514	kWh/rok
Łączne zap. energii netto	145 813	206 135	163 247	kWh/rok
Roczny koszt działania	29 163	41 227	32 649	€/rok

Oszczędność energii

Porównanie wyników zapotrzebowania energii otrzymanych z obliczeń: Przemysłowy promiennik podczerwieni IR: 146 MWh/rok
 Nagrzewnice: 206 MWh/rok
 Nagrzewnice i wentylatory sufitowe ICF: 163 MWh/rok
 Oszczędności energii dzięki promiennikom: 60 MWh/rok

Promiennik IR zapewnia o ok. 30% mniejsze zużycie energii w porównaniu z nagrzewnicami. W przypadku połączenia wentylatorów sufitowych z nagrzewnicami różnica wynosi 20%.

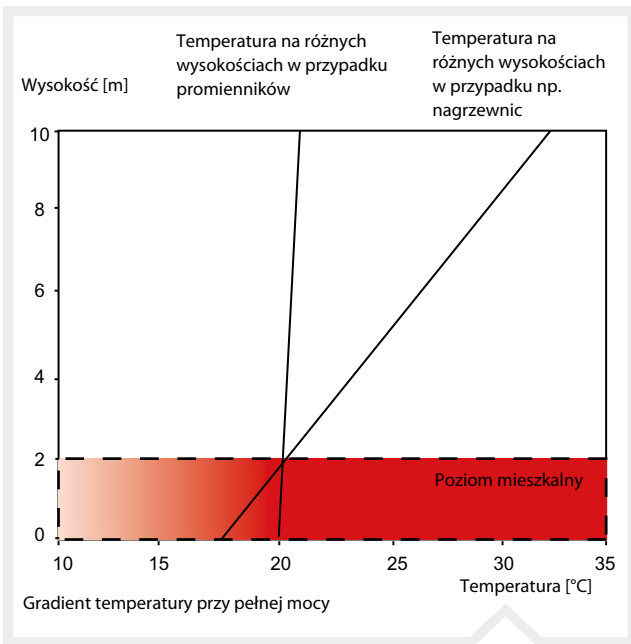
Współczynniki oszczędności

• Niski gradient temperatury

Promienniki mają stosunkowo niski gradient temperatury (ok. 0,3°C/m) w porównaniu z nagrzewnicami (ok. 2,5°C/m). Zapewniają bardziej wyrównaną temperaturę w pionie, co oznacza mniejsze straty ciepła i lepsze wykorzystanie dostarczonej mocy grzewczej na poziomie mieszkalnym.

• Dogrzewanie promiennikowe

Przemysłowe promienniki podczerwieni oferują także „bezpłatne” dogrzewanie promiennikowe. Temperatura powietrza w pomieszczeniu może być nieco niższa od utrzymywanej

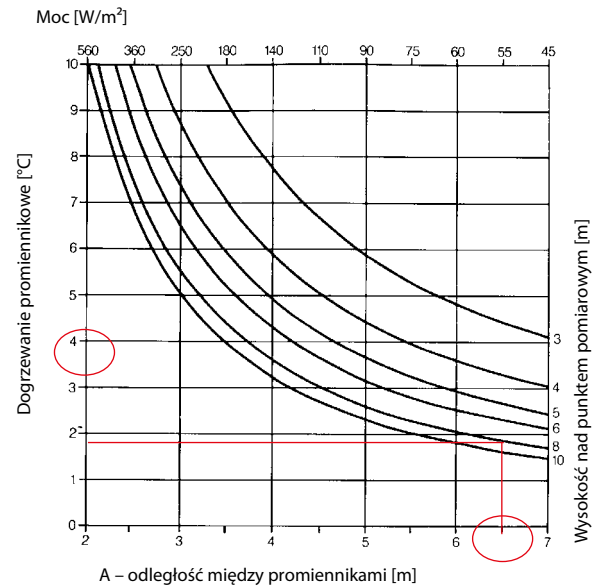
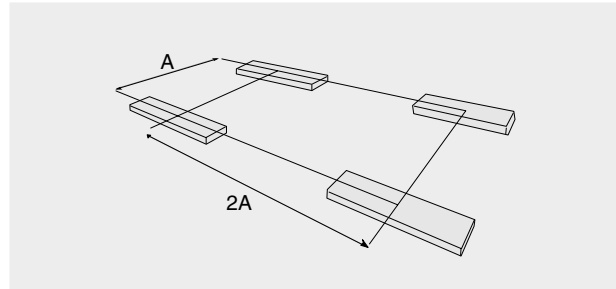


temperatury operatywnej (odczuwanej). Poniższy wykres przedstawia, jak duży jest udział temperatury promiennikowej w przypadku modelu IR 4500. Promienniki są montowane pod sufitem na wysokości 8 m nad podłogą. Pomiar wykonuje się 1,5 m nad podłogą. (Wysokość nad punktem pomiarowym = 6,5 m)

Wykres udziału temperatury promiennikowej przedstawia: $\Delta t_{rad} = 2^\circ C$, A-odległość 6,5 m między urządzeniami.

$$\Delta t = t_{pokój} + \Delta t_{rad}/2 \Rightarrow t_{pokój} = t_{op} - \Delta t_{rad}/2$$

W naszym przykładzie: $t_{pokój} = 18 - 2/2 = 17^\circ C$



Dogrzewanie promiennikowe IR 4500

• Szybkie ogrzewanie

Ogrzewanie za pomocą promienników jest szybsze, niż ogrzewanie powietrza. Jeśli nocą temperatura jest niższa, jak na przykładzie, można wydłużyć czas jej obowiązywania.

Zalecenia i lokalizacja

Zapotrzebowanie mocy w przypadku budynku przemysłowego ogrzewanego promiennikiem podczerwieni IR wynosi niewiele ponad 80 kW. Zalecenie: 18 przemysłowych promienników podczerwieni IR o mocy 4,5 kW każdy.

Tabele do wymiarowania

Podstawowe wzory elektryczne

Natężenie

Prąd stały i 1-fazowy prąd przemienny przy $\cos\varphi=1$	3-fazowy prąd przemienny, połączenie w gwiazdę	3-fazowy prąd przemienny, połączenie w trójkąt
$I=U/R=P/U$	$I_f=I$	$I=I_f \cdot \sqrt{3}$

Napięcie

Prąd stały i 1-fazowy prąd przemienny przy $\cos\varphi=1$	3-fazowy prąd przemienny, połączenie w gwiazdę	3-fazowy prąd przemienny, połączenie w trójkąt
$U=RI$	$U=U_f \cdot \sqrt{3}$	$U_f=U$

Moc

Prąd stały i 1-fazowy prąd przemienny przy $\cos\varphi=1$	3-fazowy prąd przemienny, połączenie w gwiazdę	3-fazowy prąd przemienny, połączenie w trójkąt
$P=UI$	$P= \sqrt{3}UI\cos\varphi$	$P= \sqrt{3} UI \cos\varphi$

U = napięcie robocze w woltach: prąd stały (DC) i jednofazowy prąd przemienny (AC) między dwiema żyłami, dwie fazy przy 3-fazowym prądzie przemiennym (AC) (nie między fazą i zerem).

U_f = napięcie między fazą i zerem oraz zero w przewodzie 3-fazowym.

$\sqrt{3} \cong 1.73$

I = natężenie w amperach

I_f = natężenie w amperach w przewodzie fazowym

R = rezystancja w omach

P = moc w watach

Symbole stopnia ochrony

= obudowa normalna (brak symboli), IPX0

● = obudowa odporna na kapanie, IPX1

▲ = obudowa odporna na spryskanie, IPX4

▲▲ = obudowa odporna na strumienie, IPX5

Stopnie ochrony urządzeń elektrycznych

IP, pierwsza cyfra	Ochrona przed ciałami stałymi
0	Brak ochrony
1	Ochrona przed ciałami stałymi ≥ 50 mm
2	Ochrona przed ciałami stałymi $\geq 12,5$ mm
3	Ochrona przed ciałami stałymi $\geq 2,5$ mm
4	Ochrona przed ciałami stałymi $\geq 1,0$ mm
5	Ochrona przed pyłem
6	Całkowita ochrona przed pyłem

IP, druga cyfra	Ochrona przed wodą
0	Brak ochrony
1	Ochrona przed kroplami wody spadającymi pionowo
2	Ochrona przed wodą kapiącą pod kątem maks. 15°
3	Ochrona przed mgłą wodną
4	Ochrona przed rozbryzgami wody
5	Ochrona przed strumieniami wody
6	Ochrona przed zalaniem dużymi falami
7	Ochrona przed krótkim zanurzeniem w wodzie
8	Ochrona przed skutkami długiego zanurzenia w wodzie

Tabela wymiarowania kabli i przewodów

Przewody montażowe, odkryte lub w kanale kablowym		Przewody połączeniowe		
Przekrój [mm ²]	Bezpiecznik [A]	Przekrój [mm ²]	Prąd ciągły [A]	Bezpiecznik [A]
1,5	10	0,75	6	10
2,5	16	1	10	10
4	20			
6	25	1,5	16	16
10	35	2,5	25	20
16	63	4	32	25
25	80	6	40	35
35	100	10	63	63
50	125			
70	160			
95	200			
120	250			
150	250			
185	315			
240	315			
300	400			
400	500			

Tabela wymiarowania

Natężenie prądu przy różnych mocach i napięciach

Moc [kW]	Napięcie [V]					
	127/1	230/1	400/1	230/3	400/3	500/3
1,0	7,85	4,34	2,50	2,51	1,46	1,16
1,1	8,65	4,78	2,75	2,76	1,59	1,27
1,2	9,45	5,22	3,00	3,02	1,73	1,39
1,3	10,2	5,65	3,25	3,27	1,88	1,50
1,4	11,0	6,09	3,50	3,52	2,02	1,62
1,5	11,8	6,52	3,75	3,77	2,17	1,73
1,6	12,6	6,96	4,00	4,02	2,31	1,85
1,7	13,4	7,39	4,25	4,27	2,46	1,96
1,8	14,2	7,83	4,50	4,52	2,60	2,08
1,9	15,0	8,26	4,75	4,78	2,75	2,20
2,0	15,8	8,70	5,00	5,03	2,89	2,31
2,2	17,3	9,67	5,50	5,53	3,18	2,54
2,3	18,1	10,0	5,75	5,78	3,32	2,66
2,4	18,9	10,4	6,00	6,03	3,47	2,77
2,6	20,5	11,3	6,50	6,53	3,76	3,01
2,8	22,0	12,2	7,00	7,03	4,05	3,24
3,0	23,6	13,0	7,50	7,54	4,34	3,47
3,2	25,2	13,9	8,00	8,04	4,62	3,70
3,4	26,8	14,8	8,50	8,54	4,91	3,93
3,6	28,4	15,7	9,00	9,04	5,20	4,15
3,8	29,9	16,5	9,50	9,55	5,49	4,39
4,0	31,1	17,4	10,0	10,05	5,78	4,62
4,5	35,4	19,6	11,25	11,31	6,50	5,20
5,0	39,4	21,7	12,50	12,57	7,23	5,78
5,5	43,3	23,9	13,75	13,82	7,95	6,36
6,0	47,3	26,1	15,0	15,1	8,67	6,94
6,5	51,2	28,3	16,25	16,3	9,39	7,51
7,0	55,0	30,4	17,50	17,6	10,1	8,09
7,5	59,0	32,6	18,75	18,8	10,8	8,67
8,0	63,0	34,8	20,0	20,1	11,6	9,25
8,5	67,0	37,0	21,25	21,4	12,3	9,83
9,0	71,0	39,1	22,5	22,6	13,0	10,4
9,5	75,0	41,3	23,75	23,9	13,7	11,0
10,0	78,5	43,5	25,0	25,1	14,5	11,6

Przy mocy od 0,1 do 1 kW, odczyt natężenia prądu mnoży się przez 0,1. Przy mocy od 10 do 100 kW, odczyt natężenia prądu mnoży się przez 10.

Dane klimatyczne

Miejsce	Śr. temp. dzienna [°C]	Min. temp. w grudniu [°C]	Śr. pręd. wiatru [m/s]
Skandynawia			
Tromsö	2,9	-14,9	3,0
Karesoando	-1,5	-30,2	1,5
Sodankyle	-0,4	-43,1	3,0
Trondheim	4,9	-20,2	3,2
Vaasa	3,5	-30,2	3,8
Bergen	7,8	-8,4	3,2
Oslo	5,9	-20,2	2,2
Sztokholm	6,6	-16,3	3,8
Göteborg	7,6	-15,8	4,0
Kopenhaga	8,5	-11,4	2,3
Wyspy Brytyjskie, Francja, Belgia, Holandia, Luksemburg			
Londyn	10,4	(-12)	-
Eelde	8,7	-14,6	5,3
De Bilt	9,3	-20,8	3,3
Ostend	9,9	-13,5	6,5
Bruksela	9,9	-16,0	3,8
Lille	9,7	-14,0	4,5
Luxemburg-City	8,8	-15,2	
Le Havre	10,6	-7,8	-
Paryż	10,9	-13,2	3,9
Strasburg	9,7	-21,0	2,2
Brest	10,8	-5,0	5,0
Tours	11,2	-18,0	3,7
Nantes	11,7	-10,8	3,6
Lion	11,4	-24,6	3,0
Bordeaux	12,3	-13,4	3,1
Tuluza	12,5	-10,5	3,6
Marsylia	14,2	-12,8	4,4
Ajaccio, Korsyka	14,7	-3,6	2,6
Półwysep Iberyjski			
Santander	13,9	-0,2	3,6
Barcelona	16,4	-2,5	2,2
Porto	14,4	-3,7	5,1
Madryt	13,9	-6,5	2,7
Palma de Mallorca	16,8	-1,5	2,8
Lizbona	16,6	0,0	4,1
Sewilla	18,8	-2,8	1,7
Malaga	18,5	2,0	2,1
Polska, Republika Czeska, Słowacja, Węgry			
Gdynia	7,9	-14,8	3,6
Warszawa	8,1	-18,9	4,1
Kraków	8,6	-17,1	2,7
Praga	7,9	-20,4	-
Ostrawa	8,1	-27,9	-
Bratysława	9,6	-22,8	3,4
Budapeszt	11,2	-19,1	2,3
Pecs	11,5	-	3,3

Miejsce	Śr. temp. dzienna [°C]	Min. temp. w grudniu [°C]	Śr. pręd. wiatru [m/s]
Europa Środkowa			
List auf Sylt	8,4	-8,0	6,7
Greifswald	8,3	-17,4	5,3
Hamburg	8,4	-16,4	4,2
Drezno-Wahnsdorf	8,6	-20,3	4,9
Aschen	9,7	-16,5	3,0
Karlsruhe	10,1	-21,5	2,3
Wiedeń	9,8	-15,3	3,0
Salzburg	8,1	-27,7	2,0
Garmisch-Partenkirchen	6,3	-22,7	1,3
Zurych	8,5	-19,3	2,8
Innsbruck	8,6	-24,8	1,3
Graz	8,3	-19,0	1,4
Genewa	10,3		-
Włochy			
Mediolan	3,8	-7,0	-
Genua	9,2	-2,8	-
Florencja	14,4	-8,0	-
Rzym	15,6	-5,0	-
Neapol	16,8	-1,6	-
Mesyna	17,9	-0,2	-
Europa Południowo-Wschodnia			
Zagrzeb	11,6	-26,3	-
Belgrad	11,8	-19,3	-
Bukareszt	11,1	-19,9	2,0
Sarajewo	9,8	-22,4	1,4
Sofia	10,4	-20,3	2,0
Skopje	12,4	-21,8	-
Tirana	16,0	-8,0	1,5
Saloniki	16,1	-	-
Ateny	17,8	-	2,0
Europa Wschodnia i Rosja			
Region Murmańska	-0,6	-	4,2
Region Archangielska	-1,0	-	-
Moskwa	4,9	-	-
Region St Petersburga	4,4	-	3,6
Kraje Bałtyckie	6,2	-	5,0
Białoruś	6,3	-	3,4
Kijów	7,6	-	-
Nowosybirsk	1,0	-	-

Termoizolacja, współczynnik U

U = współczynnik przenikania ciepła [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]

Współczynniki U informują o właściwościach termoizolacyjnych elementów budynku. Do obliczenia współczynnika U można wykorzystać następujące równanie:

$$1/U = R_{si} + R + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + \dots + d_n/\lambda_n + R_{se}$$

R = współczynnik przenikania ciepła [$m^2 \cdot ^\circ C/W$]

Wartości R informują o właściwościach termoizolacyjnych produktu lub elementów budynku.

R_{si} = współczynnik przenikania ciepła przy przenikaniu powietrza wewnętrznego do powierzchni ściany [$m^2 \cdot ^\circ C/W$].

R_{se} = współczynnik przenikania ciepła przy przenikaniu świeżego powietrza do powierzchni ściany [$m^2 \cdot ^\circ C/W$].

d_1, d_2, \dots, d_n = grubość poszczególnych materiałów [m].

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ = współczynnik przewodzenia ciepła [$W/m \cdot ^\circ C$].

Material	Współczynnik U [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]
Ściany	
Nowy budynek	
Oblicówka drewniana z ociepleniem 15 cm i tynkiem	0,27
Oblicówka drewniana z ociepleniem 20 cm i tynkiem	0,25
Oblicówka drewniana z ociepleniem 25 cm i tynkiem	0,22
Oblicówka z cegły z ociepleniem 15 cm i tynkiem	0,27
Oblicówka z cegły z ociepleniem 20 cm i tynkiem	0,24
Lekki beton z ociepleniem 15 cm	0,25
Lekki beton z ociepleniem 20 cm	0,2
Oblicówka z blachy z ociepleniem 5 cm	0,8
Oblicówka z blachy z ociepleniem 10 cm	0,4
Oblicówka z blachy z ociepleniem 15 cm	0,3
Nowy materiał do domu energooszczędnego	0,18
Magazyn	0,3
Jedna warstwa PCW (900 g)	5,0
Hala ocieplana (Thermohall)	0,6
Stary budynek	
Pojedyncza cegła 12 cm	1,8
1 1/2 cegły 18 cm	1,1
Błoczek z lekkiego betonu 20 cm	0,8
Błoczek z lekkiego betonu 30 cm	0,6
Beton 15 cm	2,8
Beton z ociepleniem 5 cm	0,8
Beton z ociepleniem 10 cm	0,4
Ściana szkieletowa z ociepleniem 5 cm	0,8
Ściana szkieletowa z ociepleniem 10 cm	0,4
Ściana szkieletowa z ociepleniem 15 cm	0,3
Nowy materiał	0,3
Dach	
Nowy budynek	
Dach spadzisty pokryty blachą z ociepleniem 20 cm	0,24
Dach spadzisty pokryty dachówką z ociepleniem 20 cm	0,23
Stary budynek	
Rama betonowa 15 cm	2,8
Rama betonowa z ociepleniem 5 cm	0,8
Rama betonowa z ociepleniem 10 cm	0,4
Lekki beton 20 cm	0,8
Lekki beton 30 cm	0,6
Dach pokryty blachą, bez ocieplenia	4,0
Dach pokryty blachą z ociepleniem 5 cm	0,8
Dach pokryty blachą z ociepleniem 10 cm	0,6
Dach pokryty blachą z ociepleniem 25 cm	0,2

Material	Współczynnik U [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]
Okna	
Nowy budynek	
Okno 1+1 (1 szyba zewnętrzna i 1 szyba izolowana)	2,5
Okno dwuszybowe (2 szyby izolowane)	2,7
Okno 2+1 (1 szyba zewnętrzna i 2 szyby izolowane)	1,0
Okno trzyszybowe (3 szyby izolowane)	1,2
Klasa energetyczna A	0,9
Klasa energetyczna B	1,0
Klasa energetyczna C	1,1
Klasa energetyczna D	1,2
Klasa energetyczna E	1,3
Klasa energetyczna F	1,4
Klasa energetyczna G	1,5
Stary budynek	
Okno jednoszybowe	5,0
Okno dwuszybowe	3,0
Okno trzyszybowe	2,0
Okno trzyszybowe z izolacją	1,8
Drzwi	
Wejście z drzwiami przesuwными w całości przeszklonymi	0,8
Wejście z oknami i drzwiami przesuwными	1,3
Drzwi składane z oknami	2,2
Drzwi składane w całości przeszklone	3,4
Pojedyncze drzwi frontowe bez szyby	1,0
Pojedyncze drzwi frontowe z szybą	3,4
Podwójne drzwi frontowe bez szyb	0,7
Podwójne drzwi frontowe z szybami	1,7
Podłoga	
Nowy budynek	
Podłoga z ociepleniem 10 cm	0,2
Podłoga z ociepleniem 15 cm	0,16
Podłoga z ociepleniem 20 cm	0,13
Stary budynek	
< 300 m ²	0,4
> 300 m ²	0,3

Gradienty temperatury

Ogrzewanie konwektorowe	2 - 2,5 °C/m
Ogrzewanie ciepłym powietrzem - nagrzewnice	2 - 2,5 °C/m
Ogrzewanie grzejnikowe i ciepłym powietrzem	1,7 °C/m
Ogrzewanie grzejnikowe	1,2 °C/m
Ogrzewanie promiennikowe	0,2 - 0,4 °C/m
Ogrzewanie podłogowe	~0,1 °C/m

Wartości obowiązują przy pełnej mocy.

Ciepło wewnętrzne

Działalność	W/m ² pow. podł.	W/pracownik
Sklep	15	
Kawiarnia	15	
Biuro	0-20	100
Centrum sportowe	10	
Piekarnia	30	
Huta stali	50-70	
Warsztat samochodowy	15	
Warsztat mechaniczny	20	
Duże warsztaty	50	
Spawalnie	25	

Odpowiedniki energii

Ilość i substancja	Ilość energii [MWh]
1 m ³ oleju	8.000
1 Nm ³ ciekłego propanu	0.022
1 Nm ³ gazu ziemnego	0.009
1 Nm ³ gazu miejskiego	0.004
1 kg ciekłego propanu	0.087
1 kg gazu ziemnego	0.007
1 kg gazu miejskiego	0.003

Współczynnik przewodzenia ciepła

Materiał	λ-wartości [W/m°C]
Kamień naturalny	2.4-3.6
Piaskowiec kredowy	1.0
Beton	1.7
Lekki beton klinkierowy	0.6
Cegła i pustak betonowy	0.6
Zaprawa cementowa	1.0
Drewno, płyta wiórowa	0.14
Płyta gipsowa	0.22
Sklejka	0.13
Płytki piłśniowa	0.08
Wełna mineralna	0.045
Plastic komórkowy	0.04

Opór cieplny R

Materiał	R opór cieplny [m ² C/W]
Opór wewnętrzny + zewnętrzny R _{si} + R _{se}	0.17
Ściana piwnicy, pod ziemią 1-2 m	1.0
Pod podłogą na gruncie Zewnętrzna strefa krawędzi	0.7
Pod podłogą na gruncie Wewnętrzna strefa krawędzi	2.0

Infiltracja

Budynek	Wymiana powietrza/h
Nowy budynek	
< 1000 m ²	0,3
> 1000 m ²	0,1
Stary budynek	
< 1000 m ²	0,4
> 1000 m ²	0,2

Przepływ powietrza wentylacyjnego

Do obliczenia przepływu powietrza wentylacyjnego można zastosować następujące równanie:

$$Q = q \times A_{\text{podłogi}} \times 3.6 \quad \text{lub} \quad Q = n \times V_{\text{bud}}$$

gdzie q = przepływ powietrza [l/sm²]
 n = liczba wymian powietrza na godzinę
 $A_{\text{podłogi}}$ = powierzchnia podłogi budynku [m²]
 V_{bud} = kubatura budynku [m³]

Poniższe przepływy powietrza stanowią tylko zalecenie.

Budynek	l/s m ²	l/s osoba	Wymiana powietrza/h
Sklep	2.1	7	4-5
Kawiarnia	5	7	6.0
Budynek użyt. publ.	0.35	+7	3.0
Biuro	0.35	+7	1-2
Szkoła	0.35	+7	4-5
Centrum sportowe	2.1	7	2.0
Piekarnia	6		6.0
Huta stali	40.0		10-15
Warsztat samochodowy	30		3.0
Warsztat mechaniczny	0.35	+7	5.0
Spawanie	5.0		5.0
Sala spotkań/palenie		20	8.0
Sala spotkań/zakaz palenia	7	7	6.0
Minimalne wymagania	0.35		ok. 0.5